



**UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E**

FACULDADE DE LETRAS E CIÊNCIAS SOCIAIS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Trabalho de Licenciatura

**ANÁLISE ESPAÇO - TEMPORAL DA EVOLUÇÃO DE ASSENTAMENTOS
HUMANOS NO MUNICÍPIO DE CHIMOIO ENTRE 1993 E 2023**

Filimone Carlos António

Maputo, 2024

Filimone Carlos António

**ANÁLISE ESPAÇO - TEMPORAL DA EVOLUÇÃO DE ASSENTAMENTOS
HUMANOS NO MUNICÍPIO DE CHIMOIO ENTRE 1993 E 2023**

Monografia apresentada à Faculdade de Letras e Ciências Sociais, Departamento de Geografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciatura em Geografia.

Supervisora: Dr.^ª Alice Zua Nunes

Oponente	Presidente do Júri	Supervisor	Data
_____	_____	_____	___ / ___ / ___

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu **Filimone Carlos Antonio**, estudante de Geografia na Faculdade de Letras e Ciências Sociais (FLCS), da Universidade Eduardo Mondalne (UEM), declaro por minha honra que esta dissertação nunca foi antes apresentada, na essência, para obtenção de qualquer grau, e que constituiu o resultado da minha investigação pessoal, estando indicadas no texto e na bibliografia as fontes utilizadas.

Filimone Carlos António

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais, faróis incansáveis que iluminam meu caminho, cujo amor e apoio incondicional são a base de todas as conquistas. Vocês são a minha inspiração e força.

Ao meu querido e amado tio e sua esposa, mentores generosos e exemplos de vida, que com sabedoria e carinho me guiaram nesta jornada acadêmica. Seu suporte e amor foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Que esta monografia seja um testemunho de amor, da dedicação e da fé que vocês depositaram em mim ao longo dos anos.

AGRADECIMENTO

Em primeiríssimo lugar a Deus todo-poderoso pelo dom da vida e sabedoria, saúde e força que me concedeu para perseverar e concluir esta importante etapa da minha jornada académica. Em segundo aos meus pais Carlos António e em especial a minha mãe Inês Paulino, meu eterno agradecimento pelo amor incondicional, pelo apoio constante e pelos sacrifícios que fizeram para que eu pudesse chegar até aqui. Vocês são os alicerces da minha vida e os maiores incentivadores dos meus sonhos. Em terceiro ao meu querido tio Nomen Traquino e sua esposa Zaida Assane, seus filhos Traquino, Wagner e o mais recente membro da família Milton, as minhas manas Fáusia, Maria e Tainara expresso minha profunda gratidão pelo carinho, força, amizade e apoio que me ofereceram ao longo deste percurso. Seus conselhos e exemplos foram fundamentais.

Em quarto a tia Luísa Traquino, por ter acreditado em mim e tornar o sonho de estudar e ter um lar para morar e viver em um lugar que era totalmente novo para mim. Em quinto ao tio Chiocho e sua família pelas brilhantes ideias, conselhos, confiança e ensinamentos que me ofereceram para que eu migrasse para o mundo académico e de nunca desistir dos meus sonhos. Endereço também o meu agradecimento a Suelma Joia, que foi uma óptima companheira e amiga durante este percurso, me incentivando nunca a desistir e acreditar nos meus sonhos.

Meu especial agradecimento endereço a minha supervisora, dr^a Alice Zua pelo suporte e orientação ao longo do meu percurso académico e na materialização do presente trabalho.

Meu especial agradecimento também endereço aos meus colegas e amigos Paulo Mate, Afonso Bernardino, Shaquil Rachide e Adil Edmundo e a todos que os nomes não pude aqui mencionar, que directa ou indirectamente fizeram parte do meu percurso, o meu muito obrigado.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CENACARTA – Centro Nacional de Cartografia e Teledeteção

DINAPOT – Direção Nacional de Planeamento e Ordenamento Territorial

ESRI – Instituto de Pesquisa de Sistemas Ambientais

HPC – Hospital Provincial de Chimoio

INAM – Instituto Nacional de Meteorologia

INE – Instituto Nacional de Estatística

LandSat – Land Satellite

MICOA – Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental

NASA – National Aeronautics and Space Administration

SIG – Sistemas de Informação Geográficas

USGS – Centro de Pesquisa Geológica dos Estados Unidos

UTM – Universal Transversal Mercator

WGS – World Geodetic System

RESUMO

O presente estudo examina a dinâmica espaço temporal da evolução dos assentamentos humanos no município de Chimoio, Província de Manica ao longo de um período de 3 décadas, de 1993 a 2023. Utilizando uma combinação de técnicas de Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e análise de dados socioeconómicos, a pesquisa visa compreender os padrões, as mudanças no uso e cobertura da terra e as áreas que sofreram alterações decorrentes da expansão de assentamentos humanos e os factores que impulsionaram a rápida expansão ao longo do município.

A metodologia empregada no estudo envolveu a análise de imagens de satélites de múltiplos dados, complementados por dados censitários e pesquisa documental. Foram aplicadas técnicas de classificação supervisionada para mapear as mudanças no uso e cobertura da terra com foco principal na expansão das áreas construídas. A solução da classificação foi avaliada através da acurácia e índice Kappa.

Uma análise dos dados de 1993 a 2023 revela uma expansão significativa das áreas urbanas e semi-urbanas na região de estudo. Os assentamentos urbanos apresentaram um crescimento constante, aumentando de 1,68 km² na década de 1993-2003 para 7,17 km² em 2013-2023, resultando em um ganho total de 10,82 km² ao longo das 3 décadas trabalhadas.

A rápida expansão dos assentamentos humanos no município de Chimoio entre 1997 e 2017 é o resultado de uma confluência de factores demográficos e socioeconómicos. A alta taxa de fecundidade, combinada com padrões migratórios dinâmicos e a atractividade económica da cidade, criou um ambiente propício para o crescimento urbano acelerado.

Palavras-Chave: Assentamentos humanos, espaço temporal, sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica, município de Chimoio

ÍNDICE

CONTEÚDO	PÁG
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	i
DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	iv
RESUMO.....	v
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMATIZAÇÃO.....	3
1.2. HIPÓTESES.....	4
1.3. OBJECTIVOS.....	4
1.3.1. Objectivo geral.....	4
1.3.2. Objectivo específico.....	4
1.4. JUSTIFICATIVA.....	5
CAPÍTULO II.....	7
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1.2. Assentamentos Humanos.....	9
2.1.3. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG).....	10
2.1.4. Satélite Landsat.....	10
2.1.5. Classificação de imagens.....	11
2.1.5.1. Classificação supervisionada: Método Distância Mínima.....	11
2.1.5.2. Método Paralelepípedo.....	12
2.1.5.3. Método Máxima Verossimilhança.....	12
2.1.6. Validação.....	13
CAPÍTULO III: METODOLOGIA.....	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
3.1. Revisão da Literatura e Aquisição de Dados.....	15
3.2. Pré-processamento dos dados.....	16

3.3.	Processamento dos dados.....	17
3.3.1.	Composição Falsa Cor	17
3.3.2.	Extração de Amostras	18
3.3.3.	MAKESIG (Criação de Assinaturas Espectrais)	19
3.3.4.	Classificação Supervisionada com MAXLIKE	20
3.3.5.	Cálculo das Áreas	20
3.3.6.	Criação da Matriz de Transição (Cross Tabulation).....	20
3.3.6.1.	Conversão de Valores de Pixel para km ²	21
3.4.	Análise e Visualização de Dados no Microsoft Excel	21
3.4.1.	Produção de Gráficos de Áreas.....	21
3.4.2.	Criação de Gráficos de Ganhos e Perdas	22
3.5.	Taxa de Crescimento.....	22
3.6.	Validação dos resultados.....	22
3.7.	Produção de Layouts no ArcGIS Pro.....	26
3.8.	Factores que determinaram a expansão dos assentamentos.....	26
CAPÍTULO IV: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....		27
4.	Localização e caracterização da área de estudo.....	27
4.1.	Características físico-geográficas.....	28
4.1.1.	Clima.....	28
4.1.2.	Geomorfologia	29
4.1.3.	Solos.....	31
4.1.4.	Recursos Hídricos	32
4.1.5.	Recursos Vegetais.....	33
4.2.	Características socioeconómicas	33
4.2.1.	População.....	33
4.2.2.	Actividade Económica	36
4.2.3.	Infraestruturas	36
CAPÍTULO V: RESULTADOS E DISCUSSÕES		37
5.	Dinâmica espaço temporal dos assentamentos humanos para cada década	37
5.1.	Tendências da evolução espaço temporal dos assentamentos.....	39
5.2.	Quantificação dos ganhos e perdas em km ²	41

5.3. Análise comparativa das classes de uso e cobertura quanto as áreas que permaneceram, ganharam e perderam para outras classes (1993 – 2023).....	43
4.1. Taxa de crescimento.....	44
4.2. Factores que impulsionaram a rápida expansão de assentamentos.....	46
4.3. Limitações do estudo.....	48
CAPÍTULO VI: CONCLUSÃO	49
5. Conclusão e recomendações	49
Referências bibliográficas.....	51
Anexos	56
Anexo 1: Pontos de amostragens estratificadas e resultados da acurácia e Índice kappa (Acatama).....	56

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros do índice Kappa para avaliação da qualidade da classificação.....	13
Tabela 2: Informações e Características dos dados matriciais.....	16
Tabela 3: Combinação de Bandas.....	18
Tabela 4: Relatório do Makesig.....	19
Tabela 5: Resultado da Acurácia e Índice Kappa	23
Tabela 6: Total de áreas ocupadas por cada classe de uso e de cobertura da terra e as suas respectivas percentagens em 1993, 2003, 2013 e 2023, no município Chimoio	39
Tabela 7: Frequência de mudanças	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Precipitação e Temperatura	29
--	----

Gráfico 2: Tendência do crescimento da população em Chimoio (1997-2020)	35
Gráfico 3: Variação temporal das classes de uso e cobertura da terra.....	40
Gráfico 4: Total de ganhos e perdas em cada década	41
Gráfico 5: Taxa de crescimento anual das classes em análise	45

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Localização da área de estudo	28
Mapa 2: Geomorfologia.....	30
Mapa 3: Solos.....	31
Mapa 4: Recursos Hídricos	32
Mapa 5: Mapa Dasimétrico da População em 2017	36
Mapa 6: Evolução nas classes de uso e cobertura.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Princípio físico do sensoriamento remoto.....	10
Figura 2: Fluxograma metodológico.....	14
Figura 3: Avaliação da exatidão de algumas classes em 2003	24
Figura 4: Avaliação da exatidão de algumas classes em 2013	24
Figura 5: Avaliação da exatidão de algumas classes em 2023	25
Figura 6: Pontos de amostragem e resultados da acurácia.....	56
Figura 7: Resultados da acurácia e Índice kappa de 1993 (Acatama)	57
Figura 8: Resultados da acurácia e Índice kappa de 2003 (Acatama)	57
Figura 9: Resultados da acurácia e Índice kappa de 2013 (Acatama)	58
Figura 10: Resultados da acurácia e Índice kappa de 2023 (Acatama)	58

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo insere-se na geografia humana e procura analisar a tendência de expansão de assentamentos humanos no município de Chimoio no período temporal que vai de 1993 a 2023.

Arnaldo e Muanamoha (2011) destacam que o crescimento populacional resulta de um excesso de nascimentos sobre declínios em óbitos numa população. A população no mundo todo tem estado a registar, nas últimas décadas, um crescimento muito elevado e como consequência desse fenómeno, está a taxa de natalidade ainda alta e a taxa de mortalidade em declínio. Este crescimento é evidenciado particularmente nos países em vias de desenvolvimento, com maior destaque para a África, onde de acordo com a Population Reference Bureau (2024) a população da região deve crescer 91%, de 1,3 bilhão em 2020 para 2,6 bilhões em 2050, respondendo por quase 60% do crescimento populacional projectado em todo o mundo durante o mesmo período e a taxa de crescimento natural está, atualmente, acima dos 2,7% (Banco Mundial, 2022).

O rápido crescimento populacional em Moçambique que esta atualmente em torno dos 2,78% (The world bank, 2024) tem estado a contribuir para a geração da necessidade de expansão dos assentamentos humanos, o que tem gerado transformações no meio ambiente e no espaço. Esses assentamentos têm-se expandido no espaço, principalmente devido a factores como o rápido crescimento populacional, a migração rural-urbana e a urbanização acelerada. Esses factores têm sido determinantes para a expansão dos assentamentos humanos no país (Arnaldo e Muanamoha, 2011; Hansine & Arnaldo, 2019; Fijamo & Mazembe, 2021).

A expansão dos assentamentos humanos é um fenómeno inevitável que ocorre nos três anéis concêntricos que Araújo (2003) definiu nas áreas urbanas moçambicanas, estas que compreendem a zona urbana que é caracterizada por ser organizada territorialmente, com uma planta ortogonal e de construção vertical, rede viária, serviços de saneamento básico, redes de abastecimento de energia eléctrica e de água potável. O segundo anel é a área suburbana (ibidem, 2003), conhecida

também por cidade de caniço, constituída por bairros não planeados, de planta indiferenciada ou anárquica, com redes de abastecimento de energia elétrica e de água potável deficientes ou inexistentes, falta rede de telecomunicações e serviços de saneamento básico, construção horizontal e é uma área residencial de trabalhadores de classe média que se alternam com populações de classe ou renda baixa. O terceiro anel é a área periurbana (ibidem, 2003), tida como espaço de expansão da cidade, ainda com muito terreno para construção, e é marcada pela junção de bairros planeados que alternam com bairros espontâneos e residências rurais dispersas e construção totalmente horizontal. Contudo, actualmente estes espaços são ocupados por pessoas de diversas classes sociais pois, nessas áreas há maior acessibilidade de terrenos e a custos acessíveis, e devido a pressão sobre as áreas centrais estes espaços tem sido visto como opção sobretudo pelas classes de baixa renda.

A rapidez e a dimensão do crescimento da expansão humana desses espaços, que não tem sido acompanhado por um desenvolvimento urbano equivalente (Dyson, 2011), têm contribuído profundamente na alteração do meio ambiente e toda a estrutura socioeconómica urbana, suburbana, peri-urbana e mesmo a rural, impulsionado pela expansão humana e pela migração rural-urbana (Hansine & Arnaldo, 2019).

O município de Chimoio, tal como os outros municípios que circundam o país tem estado a registar um elevado índice de expansão de assentamentos humanos influenciadas pelas elevadas taxas de crescimento que as cidades têm vindo a registar desde o período pós-independência. Diante deste cenário que a maior parte das cidades moçambicanas tem estado a registar, com maior destaque para o município de Chimoio, o estudo proposto é altamente relevante devido a rápida expansão humana enfrentado pela cidade (INE, 2019) e o registo crescente de redução da cobertura vegetal resultante deste fenómeno e devido à importância da vegetação para a qualidade de vida e o equilíbrio ambiental (Almeida et al., 2012).

No entanto, essa expansão muitas vezes ocorre de forma descontrolada, exercendo pressão sobre os recursos naturais, como a cobertura vegetal. Este trabalho tenciona observar a evolução espaço

-temporal dos assentamentos humanos no município de Chimoio entre 1993 e 2023, um período que testemunhou uma rápida expansão humana no país.

1.1. PROBLEMATIZAÇÃO

Chandamela (2020) observa que a nível da província de Manica durante o período de 2001 a 2016, cerca de 406.000 hectares de cobertura florestal foram perdidos, onde a mesma fonte enfatiza que na cidade de Chimoio extensas áreas nativas de cobertura vegetal onde eram praticadas actividades agrícolas sofreram alterações influenciadas pelo aumento populacional.

A evolução da cobertura vegetal e dos assentamentos humanos são inversos, sendo que os assentamentos crescem continuamente enquanto a área abrangida pela cobertura vegetal apresenta declínio, isto porque, a medida que a população cresce os assentamentos humanos tendem a se dispersar no espaço, criando maior procura de terras para a construção de habitações e a procura massiva dos recursos vegetais/florestais para a satisfação das necessidades das comunidades locais (Chandamela, 2020).

O município de Chimoio tem experimentado um rápido crescimento populacional nas últimas décadas, levando à expansão dos assentamentos humanos, muitas vezes de forma desordenada e informal. Esse crescimento rápido e descontrolado exerce pressão sobre a cobertura vegetal, resultando em desmatamento e perda de áreas verdes. No entanto, apesar dessas constatações gerais no que concerne a existência de estudos sobre a expansão humana e seus impactos em outras cidades moçambicanas e africanas, existem poucos estudos que analisam essa componente ao longo do município de Chimoio, o que proporciona a existência de uma lacuna de conhecimento específico sobre a magnitude da expansão dos assentamentos humanos no município de Chimoio, uma das áreas urbanas que regista um elevado crescimento em Moçambique nas últimas décadas (UN-Habitat, 2020). Essa lacuna é significativa ao se considerar o longo período proposto para a investigação (1993-2023), que abrange as transformações urbanas críticas pós-guerra civil do país.

Compreender os padrões da expansão humana no município de Chimoio é crucial, pois essa expansão apresenta desafios e oportunidades únicas que merecem uma análise aprofundada. O

rápido crescimento urbano em Moçambique levou a uma expansão não planeada de assentamentos humanos, o que é comum em várias cidades moçambicanas (Araújo, 2003) resultando em diversos desafios urbanos como a pressão sobre os recursos naturais e áreas verdes circundantes (Nhantumbo et al, 2018) que desempenha funções ecológicas vitais, como a regulação do ciclo hidrológico, sequestro de carbono e manutenção da biodiversidade (Dewan & Yamaguchi, 2009).

Dada a relevância dessa questão e a escassez de estudos específicos de investigação, o tema em alusão busca preencher lacunas no conhecimento científico aliado ao tema proposto no município de Chimoio. Nesse contexto, considerando a problemática identificada e a relevância do tema, este estudo é orientado pela seguinte pergunta de partida para a pesquisa: **Quais foram os padrões espaço – temporais da expansão dos assentamentos humanos no município de Chimoio entre 1993 e 2023, e como essa expansão afectou o uso e cobertura da terra?**

1.2. HIPÓTESES

- i. Factores como o rápido crescimento populacional, a migração rural – urbana contribuíram para a rápida expansão de assentamentos humanos no município de Chimoio.
- ii. A expansão de assentamentos humanos em Chimoio entre 1993 e 2023 ocorreu preferencialmente em áreas com cobertura vegetal e áreas agrícolas, resultando em uma redução desproporcional dessas áreas em comparação com outras categorias de uso de terra.

1.3. OBJECTIVOS

1.3.1. Objectivo geral

- Analisar a dinâmica espaço temporal da expansão dos assentamentos humanos no município de Chimoio entre 1993 e 2023.

1.3.2. Objectivo específico

- Identificar as diferentes classes de uso e cobertura da terra ao longo da área de estudo
- Caracterizar as mudanças que se registaram ao longo dos anos

- Estimar e quantificar os ganhos e perdas decorrentes do uso e ocupação da terra nas classes em análise
- Descrever os factores que influenciaram a expansão dos assentamentos.

1.4. JUSTIFICATIVA

A escolha do tema em análise justifica-se por diversas razões de ordem académica, científica e social e a investigação proposta alinha-se com o escopo central da Geografia, que busca compreender os padrões e processos socio-espaciais e suas relações com o meio ambiente.

Em primeiro lugar, a expansão dos assentamentos humanos é um fenómeno de relevância global, que vem transformando aceleradamente a paisagem de muitos municípios ao nível do país, incluindo Chimoio. De acordo com o INE (2022), a população urbana em Moçambique cresceu de 30% em 1997 para 36% em 2017, evidenciando a rápida urbanização que o país vem enfrentando. O município de Chimoio em particular teve um crescimento populacional de 4,1% ao ano entre 2007 e 2017 (INE, 2019), colocando-o como um dos centros urbanos de maior dinamismo no país.

Essa expansão acelerada dos assentamentos humanos em Chimoio tem gerado diversos desafios, como a ocupação desordenada de áreas, a proliferação de habitações precárias, a sobrecarga de infraestruturas e serviços públicos, bem como impactos ambientais como a degradação da cobertura vegetal e a poluição (Araújo, 2021; Matos, 2020; Habitat III, 2015). Portanto, compreender a dinâmica espaço - temporal desse processo é fundamental para subsidiar o planeamento e a gestão territorial do município.

Do ponto de vista académico e científico, este estudo contribuirá para preencher uma lacuna existente na literatura sobre a expansão espaço temporal de assentamentos humanos no município de Chimoio, atendendo e considerando um longo período temporal prevista para a análise. Apesar de alguns autores moçambicanos terem analisado a expansão urbana em cidades como Maputo

(Mahumane et al., 2019), Nampula (Mate et al., 2021) e Chimoio (Maidjelele et al., 2021) que discute a temática relacionada aos assentamentos humanos entre 2003, 2008 e 2014 e propõe um planeamento de uso da terra para o município decorrente das mudanças no uso e cobertura. Contudo, não foram encontrados estudos específicos sobre o município de Chimoio que evidenciam a tendência da expansão humana com um período temporal longo proposto para análise e as implicações que essa expansão criou no espaço. Desta forma esta pesquisa irá gerar conhecimentos aprofundados sobre a evolução dos assentamentos nesse município, ampliando a compreensão desse fenómeno no contexto moçambicano.

Adicionalmente, a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica neste estudo representaram uma abordagem metodológica robusta e inovadora para análise da expansão humana, conforme demonstram os trabalhos de Cumbane et al., (2019) e Macamo (2018). Essa abordagem tem-se revelado eficaz para mapear, quantificar e compreender os padrões de crescimento das cidades, em comparação com os anteriores métodos tradicionais baseados em dados censitários.

Compreender essa dinâmica é essencial para o desenvolvimento de políticas e estratégias de planeamento sustentável, visando conciliar o crescimento da cidade com a preservação do meio ambiente. Os resultados deste estudo podem contribuir para o conhecimento sobre a dinâmica da expansão dos assentamentos humanos em cidades moçambicanas e africanas, além de fornecer subsídios para a tomada de decisões por parte das autoridades locais e regionais, buscando mitigar os efeitos negativos da expansão humana e promover um desenvolvimento mais equilibrado. Adicionalmente, os resultados podem ser utilizados para identificar áreas prioritárias para conservação da vegetação remanescente, restauração ecológica e implementação de infraestruturas verdes, contribuindo para melhorar a qualidade de vida e a resiliência dos assentamentos em Chimoio.

CAPÍTULO II

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Contextualização

Estudos anteriores em Moçambique, como o da Direção Nacional de Planeamento e Ordenamento Territorial [DINAPOT] e Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental [MICOA] (2006) e o de ONU-Habitat (sd), destacaram a rápida urbanização e o crescimento desordenado dos assentamentos informais, como um factor que contribui para a degradação ambiental e a perda de cobertura vegetal. Os assentamentos informais comumente encontrados nas cidades moçambicanas, são caracterizados pela falta de planeamento adequado, infraestruturas precárias e ocupação irregular de terras (ONU-HABITAT, s/d) que exerce maior pressão sobre os recursos naturais devido à ausência de regulamentação e políticas eficazes de uso do solo (Maloa, 2019).

O crescimento e a expansão das cidades em Moçambique foram aceleradas em duas fases, onde a primeira fase decorreu entre os anos 1975 e 1990, que foi particularmente estimulado pela reclassificação urbana (Pililão, 1989) (conforme citado em Hansine & Arnaldo, 2019) onde do dia para noite parte da população dormiu rural e acordou urbano mas que essa transformação não foi acompanhada pela reestruturação do espaço, o que significa que a população era considerada urbana mas vivendo em hábitos e costumes rurais (Araújo, 2003). A segunda fase teve início em 1990, foi impulsionado sobretudo pela dinâmica demográfica dentro dos espaços urbanos (Araújo, 2003). Como resultado deste rápido crescimento, no ano de 2000 a proporção da população em Moçambique atingiu 30 % e, até 2017 estava situada em torno de 34 % (BM, 2019; INE, 2019).

À medida que as cidades crescem e se expandem, ocorre a conversão de áreas naturais, como florestas e áreas agrícolas, em áreas construídas para acomodar o aumento da população e a demanda por habitação e serviços urbanos. Esse processo gera impactos significativos no meio ambiente com maior destaque para a cobertura vegetal, levando à perda de áreas verdes e à fragmentação de habitats naturais (Grimm et al., 2008; Alberti, 2005).

A evolução dos assentamentos humanos na África, particularmente em Moçambique, tem sido objecto de estudo de diversos pesquisadores nas últimas décadas. Araújo (2003) examina os processos de urbanização em Moçambique pós-independência, focando-se nas cidades de Maputo e Matola. Seu trabalho destaca como as dinâmicas políticas e socioeconômicas influenciaram o crescimento urbano em Moçambique através do uso de alguns indicadores sociodemográficos. Contudo, com a evolução tecnológica surgem novas formas de se compreender essa dinâmica através do uso de ferramentas de sensoriamento remoto, que se tem representado como uma ferramenta importante para o monitoramento ambiental através da realização de mapeamentos de solos e a monitorização das dinâmicas que nelas ocorrem (Magalhães et al, 2014).

Um estudo global levado a cabo por Angel et al., (2011) expandiu esta análise utilizando imagens de satélite e técnicas de sensoriamento remoto para analisar a expansão urbana em 120 cidades entre 1990 e 2000. A metodologia empregada baseou-se em técnicas de classificação supervisionada, onde os pesquisadores definiram áreas de treinamento como urbano e não urbano. Utilizaram o algoritmo Máxima Verossimilhança para classificar os pixels da imagem seguida por uma análise pós classificação para quantificar as mudanças na área urbana ao longo do tempo, o que permitiu comparar a expansão em diferentes contextos globais.

Na Europa, Taubenböck et al. (2012) adoptaram uma abordagem mais avançada, combinando dados ópticos do Landsat com dados de radar do TerraSAR-X para mapear o crescimento urbano em 52 megacidades. A metodologia envolveu a fusão de dados, onde as imagens ópticas forneceram informações espectrais e o radar ofereceu detalhes sobre a estrutura vertical urbana. Utilizaram técnicas de segmentação voltadas para objectos, que agrupam pixels em objetos significativos antes da classificação, melhorando a precisão na detecção de estruturas urbanas complexas.

Focando na África Subsaariana, Brink e Eva (2009) conduziram um estudo abrangente sobre as mudanças no uso da terra entre 1975 e 2000. Sua metodologia combinou interpretação visual com classificação supervisionada de imagens Landsat. Inicialmente, realizaram uma estratificação da

área de estudo em correções, onde para cada correção amostras sistemáticas foram interpretadas visualmente por especialistas para os anos de 1975 e 2000. Esta abordagem permitiu uma análise detalhada das mudanças em diferentes classes de uso da terra, como floresta, savana, agricultura e áreas urbanas.

Em Moçambique, especificamente na Matola, Matule, Panzoni e Chaves (2017) realizaram a análise espaço temporal dos índices de cobertura vegetal usando imagens Landsat de 1997, 2007 e 2014, e empregaram técnicas de processamento de imagens para mapear a cobertura vegetal no município da matola ao longo das três décadas.

2.1.2. Assentamentos Humanos

Os assentamentos humanos são aglomerações onde há existência de pessoas, e que estes podem ser de grande a pequenos espaços urbanos ou rurais, formais e informal onde as pessoas desenvolvem-se, vivem, aprendem, trabalham e criam actividades (South Africa Environment Outlook, sd). Num estudo levado a cabo por Jenkins (2001) constata que os assentamentos humanos podem ser formais, planeados e regulados pelas autoridades, ou informais, que surgem de forma espontânea e desordenada, muitas vezes em áreas periféricas das cidades.

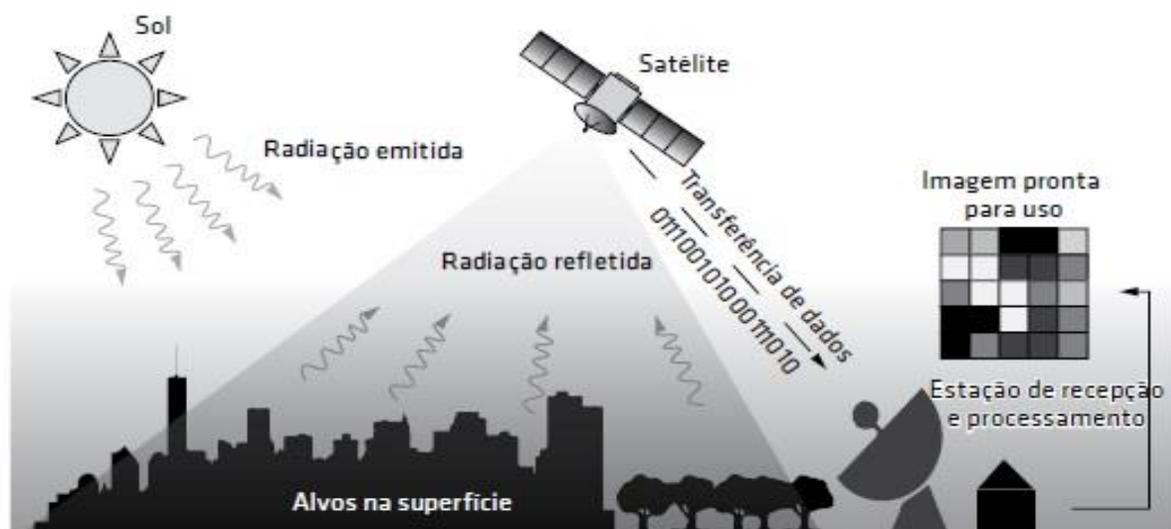
Os assentamentos humanos não se restringem apenas às áreas urbanas formais e planeadas, mas também inclui assentamentos informais, irregulares ou espontâneos. Portanto o uso do termo assentamentos humanos em vez de outros termos como assentamentos urbanos, cidades ou povoações deve-se ao facto do termo possuir abrangência conceitual, pois engloba uma variedade de formas de ocupação humana no espaço, desde pequenas vilas rurais até grandes metrópoles urbanas, incorporando assentamentos informais, irregulares ou espontâneos (Hansine & Arnaldo, 2019; Fijamo & Mazembe, 2021) e enfatiza o processo de ocupação e estabelecimento humano no espaço, em contraste com termos como cidades ou áreas urbanas, que se concentram mais na forma física e no grau de urbanização, e por serem termos com conceitos diferentes mas que se complementam, como referido por Matos e Medeiros (2010).

2.1.3. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Sensoriamento Remoto é a ciência de obter informações sobre objectos ou áreas na superfície terrestre, sem contato físico directo, por meio da detecção e medição da radiação electromagnética reflectida ou emitida por esses objectos (Lillesand, Kiefer & Chipman, 2015).

A aquisição de informação inerente a um determinado objecto na superfície é feita através do registo da energia reflectida ou emitida (em forma de radiação eletromagnética) pelo objecto a detectar. Deste modo, são capturados dados brutos que depois passa por uma análise e processamento para extrair informação de interesse sobre o objecto a detectar (Sousa e Silva, 2011).

Figura 1: Princípio físico do sensoriamento remoto



Fonte: Oficina de textos (Blog)

2.1.4. Satélite Landsat

A serie dos Satélites Landsat é um programa de satélites de observação da Terra operado pela NASA e pelo Serviço Geológico dos EUA, que fornece imagens multiespectrais da superfície terrestre desde 1972. A utilização de imagens de satélite, particularmente provenientes do programa Landsat tem sido amplamente adoptada para a análise da dinâmica de uso e cobertura

da terra, incluindo a expansão de assentamentos humanos. O satélite Landsat, em particular, tem desempenhado um papel crucial nesse processo. Segundo Weng (2012), os dados do Landsat têm sido amplamente utilizados para mapear e monitorar a cobertura terrestre e as suas mudanças devido à sua resolução espacial moderada, cobertura espectral e resolução temporal alargada. Vários estudos realizados em Moçambique, como é o caso de Mahumane, Muanamoha e Artur (2019); Mate, Macamo e Falcão (2021); Cumbane, Mabunda e Neves (2018) e Macamo (2018) utilizaram imagens da serie Landsat para analisar a dinâmica de uso e cobertura da terra, incluindo expansão urbana ao longo das diferentes cidades do país demonstrando o potencial destas imagens para a análise da dinâmica temporal dos diversos eventos espaciais que ocorrem ao longo do país.

2.1.5. Classificação de imagens

Para a criação e produção de um mapa de uso e cobertura da terra, realiza-se um processo de classificação multiespectral, esta que consiste em atribuir a cada pixel de uma imagem a uma classe presente na qual pertence (Santos, 2019). Essa atribuição de valores é realizada com base em observações no pixel em si e na sua vizinhança. Como resultado de uma classificação de imagem, tem-se um mapa de pixels agrupados, associados às classes espectrais de interesse (ibidem, 2019).

À classificação de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto, podem ser realizadas de duas formas principais: através da classificação supervisionada, onde o usuário identifica alguns dos pixels pertencentes às classes desejadas e realiza um treinamento mostrando ao programa o que representa cada pixels, ou por outra o usuário faz a extração manual das amostras, utilizando pontos ou polígonos e classificação não supervisionada, onde o computador executa o treinamento de forma automática (Buleco, 2002).

2.1.5.1. Classificação supervisionada: Método Distância Mínima

De acordo com Anderson & Shimabukuro (2016), as técnicas de classificação de imagens de satélite foram desenvolvidas significativamente como ferramentas fundamentais no processamento digital de imagens e sensoriamento remoto. O classificador de Distância Mínima (Mindistance) opera com base no princípio de proximidade espectral, onde cada pixel é associado

à classe cuja média apresenta a menor distância euclidiana em relação ao valor do pixel (Campbell & Wynne, 2011). Esta técnica se destaca pela sua simplicidade computacional e eficiência em áreas com características espectrais bem definidas, embora possa apresentar limitações quando as classes têm variância significativa ou quando há sobreposição espectral entre diferentes classes.

2.1.5.2. Método Paralelepípedo

Jensen (2015) explica que o classificador Paralelepípedo utiliza uma abordagem mais geométrica, definindo limites de decisão em forma de um Hiper retângulo no espaço espectral para cada classe. Este método considera os valores máximos e mínimos de reflectância para cada banda espectral dentro de cada aula de treinamento, criando assim caixas de decisão. Sua principal vantagem reside na rapidez de processamento e simplicidade conceitual, sendo particularmente eficaz quando as classes são espectralmente distintas. No entanto, pode enfrentar dificuldades em situações onde há alta clareza entre bandas ou quando os limites entre classes são complexos, podendo resultar em pixels não classificados nas regiões de sobreposição dos paralelepípedos (Campbell & Wynne, 2011).

2.1.5.3. Método Máxima Verossimilhança

Richards e Jia (2006) descrevem o classificador de Máxima Verossimilhança como uma abordagem estatística mais sofisticada, fundamentando-se na probabilidade de um pixel pertencer a uma determinada classe. Este método considera não apenas a média das aulas, mas também a variância e covariância dos dados de treinamento, assumindo uma distribuição normal dos dados espectrais. Esta característica o torna particularmente robusto em situações complexas, onde existe variabilidade significativa dentro das classes. Jensen (2015) acrescenta que sua principal vantagem está na capacidade de lidar com classes que apresentam alguma sobreposição espectral, produzindo resultados mais precisos em comparação com os métodos anteriores.

2.1.6. Validação

De acordo com Moreira (2007), a qualidade de um mapa temático é avaliada com base em dois pressupostos: a precisão e exatidão ou acurácia de mapeamento. A precisão do mapeamento significa quanto à área de cada classe reflete a verdade no campo e a exatidão é um número (índice) que avalia o posicionamento da distribuição espacial de cada uma das classes que foram mapeadas. Campbell (1996) afirma que os erros estão presentes em qualquer tipo de classificação. A forma padrão para se verificar os erros em locais específicos é a chamada matriz de erros ou matriz de confusão que identifica o erro global da classificação para cada categoria.

O Índice Kappa é o método mais usado para avaliar a exatidão através de matrizes de erro, apresentando a distribuição da percentagem de pixels classificados de forma correta ou não, calculando ao final o índice Kappa de concordância (Congalton e Green, 1999).

$$K = \frac{P0 - Pe}{1 - Pe}$$

Onde:

K – índice de exatidão Kappa;

$P0$ – Concordância total ou Exatidão global;

Pe - Concordância esperada.

Tabela 1: Parâmetros do índice Kappa para avaliação da qualidade da classificação

Valor de Índice Kappa	Qualidade da classificação
<0,00	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito Boa
0,80 – 1,00	Excelente

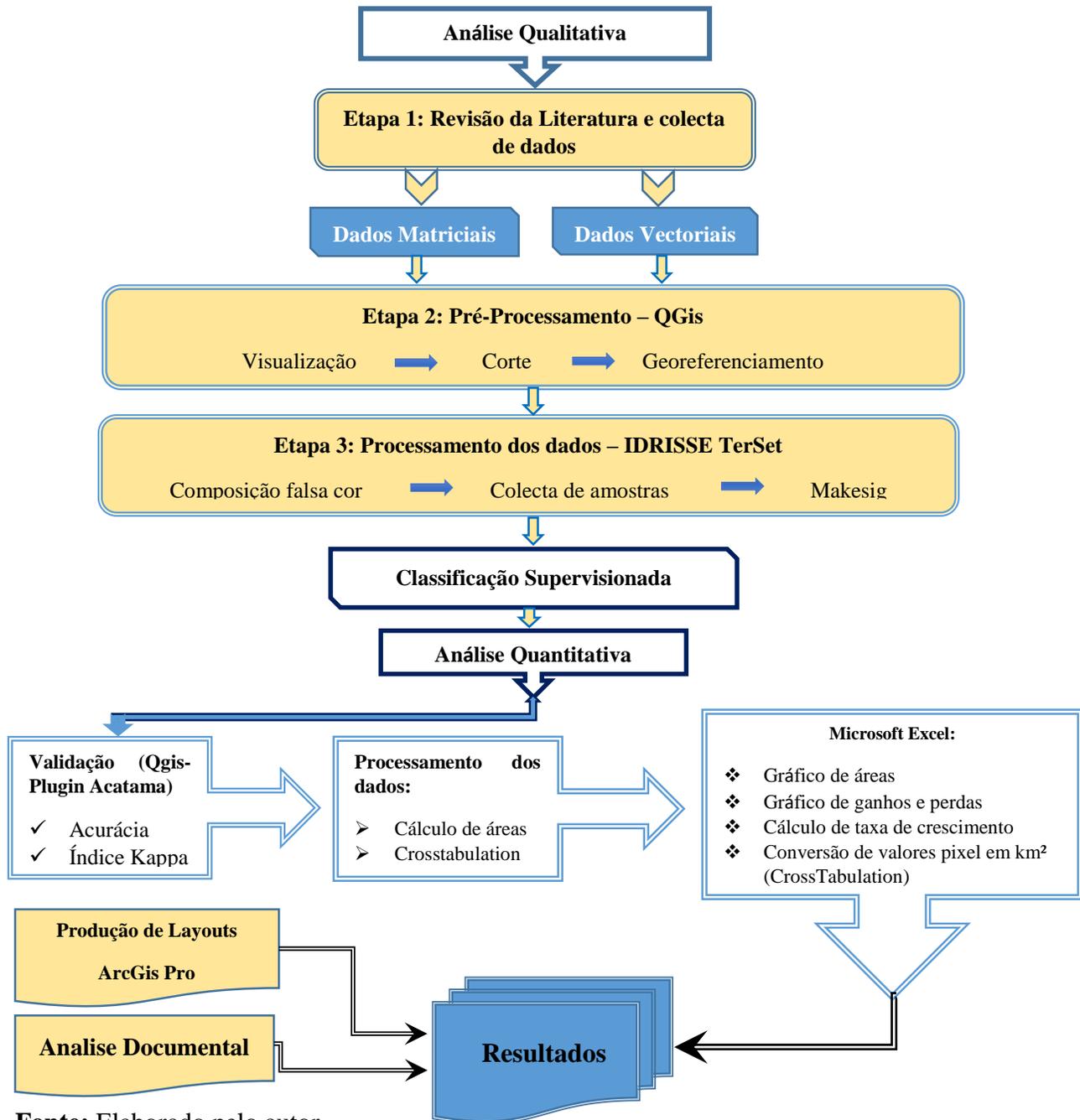
Fonte: Landis e Koch, (1977)

CAPÍTULO III: METODOLOGIA

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Com vista a se alcançar os objectivos definidos para o desenvolvimento e execução do presente trabalho, foram desenvolvidos os seguintes procedimentos metodológicos:

Figura 2: Fluxograma metodológico



Fonte: Elaborado pelo autor

3.1. Revisão da Literatura e Aquisição de Dados

De acordo com Marconi e Lakatos (2003) a revisão da literatura permite fazer uma análise das informações das obras colectadas, de modo a buscar o conteúdo essencial para atingir os objectivos. Mesmo que exploratória, isto é, de avaliação de uma situação concreta desconhecida, em um dado local, alguém ou um grupo, em algum lugar, já deve ter feito pesquisas iguais ou semelhantes, ou mesmo complementares de certos aspectos da pesquisa pretendida (Ibdem, 2003). A revisão da literatura consistiu em uma análise abrangente de publicações de artigos científicos, relatórios técnicos e documentos governamentais relacionados ao uso e cobertura da terra em Moçambique e no município de Chimoio. Esta etapa foi fundamental para estabelecer o contexto teórico e metodológico do estudo, bem como para se ter uma melhor compreensão contextual da evolução da população ao longo de Moçambique e no município de Chimoio, caracterização física e económica do município e os factores condicionantes da expansão de assentamentos humanos.

As principais obras consultadas incluíram, dados censitários da população ao nível de Moçambique e município de Chimoio (INE, 1997, 2007, 2017, e 2021), artigos científico de Madjeilele et al., (2019), que forneceu uma visão geral das mudanças no uso da terra no município de Chimoio em alguns anos e apresentou metodologias de classificação de imagens de satélite para mapeamento do uso da terra, Ferreira (2021) que fornece uma visão abrangente na análise dos impactos resultantes do processo de urbanização sobre a cobertura vegetal (estrutura verde municipal) e Mazalo (2018) que aplica técnicas de sensoriamento remoto e imagens da serie Landsat para fazer o mapeamento do uso e cobertura da terra em um dos distritos do país.

Os dados vectoriais foram obtidos a partir da base de dados do CENACARTA (Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção de Moçambique), e que contempla os seguintes arquivos shapefiles: Shapefile das províncias de Moçambique, Shapefile dos distritos de Moçambique e Shapefile dos países mundiais para criação de layouts e corte da área de estudo.

Estes dados vetoriais foram essenciais para a delimitação precisa da área de estudo, criação de layouts cartográficos e para a análise espacial das mudanças no uso e cobertura do solo.

Os dados matriciais foram obtidos do website da United States Geological Survey (USGS) através da plataforma Earth Explorer. Foram adquiridas imagens das seguintes séries Landsat que permitiram uma análise multi-temporal das mudanças no uso e cobertura da terra para os anos de interesse:

Tabela 2: Informações e Características dos dados matriciais

Satélite	Ano de lançamento	Ano de aquisição da imagem	Bandas	Sensor	Resolução Espacial	Período de Revisita	Área Imageada
Landsat 4 - 5	1972 - 1984	1993	1-2-3-4-5	TM	30 m	16 - 18 dias	185 km
Landsat 7	1999	2003	1-2-3-4-5	ETM+	30 m	16 dias	183 km
Landsat 8	2013	2013	2-3-4-5-6	OLI	30 m	16 dias	185 km
Landsat 9	2021	2023	2-3-4-5-6	OLI-2	30 m	16 dias	185 km

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2. Pré-processamento dos dados

Para o pré-processamento dos dados vetoriais e matriciais, foi utilizado o software QGIS (Quantum GIS, versão 3.32.2), um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto.

O QGIS serviu de base para a visualização inicial dos dados vetoriais e matriciais, que incorporou uma avaliação preliminar da qualidade e cobertura dos dados, bem como a identificação de possíveis inconsistências ou erros e através do uso de ferramentas de geoprocessamento do QGIS, os dados matriciais (imagens Landsat) foram registados para a área de estudo definida. Este processo foi realizado utilizando o shapefile dos distritos de Moçambique, e o município de

Chimoio como máscara, garantindo que todas as imagens ocupassem a mesma extensão geográfica.

De seguida foi efectuado o georreferenciamento ou reprojeção dos dados. Por padrão, os dados Matricias da USGS estavam no sistema de coordenadas WGS 84 UTM Zona 36N. Foi realizada a transformação para WGS 1984 UTM Zona 36S, que é o sistema de projecção para a localização geográfica de Moçambique no hemisfério sul, processo este que incluiu a identificação do sistema de coordenadas original dos dados, seguida pela seleção do sistema de coordenadas alvo (WGS 1984 UTM Zona 36S), aplicação da transformação de coordenadas usando as ferramentas de reprojeção do QGIS e verificação da precisão do georreferenciamento através da sobreposição com camadas de referência conhecidas.

Esta etapa de pré-processamento no QGIS foi fundamental para garantir a consistência espacial e a qualidade dos dados, estabelecendo uma base sólida para as análises subsequentes do estudo.

3.3. Processamento dos dados

Para o processamento das imagens de satélite e análise de mudança de uso e cobertura da terra, foi utilizado o software IDRISI TerrSet 2020, que é um sistema de informação geográfica de processamento de imagens desenvolvido pela Clark Labs. Este software oferece um conjunto abrangente de ferramentas para análise espacial e sensoriamento remoto, tornando-o uma escolha adequada para estudos ambientais e geográficos (Eastman, 2020).

3.3.1. Composição Falsa Cor

Inicialmente, foi realizada a composição falsa cor para cada conjunto de imagens Landsat. Esta composição consiste em produzir imagens coloridas através de três imagens independentes em padrões de cinza. São designados de composição falsa cor sempre que contiverem informação espectral fora do intervalo sensível ao olho humano (UFMS, 2024). Essa composição é obtida através da sobreposição de 3 bandas multiespectrais que compreendem o vermelho, verde e azul respectivamente. O Idrisse sobrepõe as bandas em suas respectivas cores, obtendo-se assim, uma

imagem colorida (Falsa cor). Este processo envolveu a seleção das seguintes bandas atribuídas para cada sensor Landsat:

Tabela 3: Combinação de Bandas

Tipo de composição	No Landsat 5 e 7	No Landsat 8/9
Falsa cor	4,3,2	5,4,3
Cores Naturais	3,2,1	4,3,2
Cores Naturais Simuladas	5,4,3	6,5,4

Fonte: USGS

3.3.2. Extração de Amostras

A extração de amostras foi realizada para obter dados de treinamento para a classificação supervisionada. O processo incluiu:

1. Identificação visual de áreas representativas para cada classe de uso e cobertura do solo na imagem de composição falsa cor.
2. Utilização da ferramenta de digitalização do IDRISI TerrSet para criar polígonos de amostra para cada classe.
3. Extração dos valores espectrais correspondentes a cada amostra.

Para a adopção dos nomes das classes de uso e cobertura da terra, adoptou-se uma abordagem híbrida que combina classes localmente relevantes com padrões internacionalmente reconhecidos, garantindo assim uma categorização precisa e contextualmente apropriada. Assim, para as áreas de assentamentos humanos, adoptou-se a classificação proposta por Neves, Dumpua e Lima (2020) em seu estudo no município de Chimoio, visto que este estudo foi realizado em um contexto geográfico e socioeconómico similar e a compatibilidade com as realidades locais. Sendo assim, as classes foram definidas como: Assentamento urbano, que reflete as áreas densamente povoadas com infraestrutura urbana desenvolvida, semi-urbano que reflete a área de transição entre áreas urbanas e parcialmente urbanas e habitação dispersa/não urbana que reflete as áreas com

assentamentos dispersos e de características tipicamente rurais. Para cada classe foram extraídas 30 amostras, devido a resolução espacial das imagens e a área de estudo não ser muito extensa, esse numero visava evitar a mistura de valores de pixel.

Para as classes remanescentes, adoptou-se a nomenclatura da USGS devido a sua abrangência e reconhecimento internacional, aliado à sua consistência na classificação que facilita a interpretação das classes. Estas classes incluem, solos descobertos que se referem as áreas sem cobertura vegetal significativa, incluindo solos expostos e áreas rochosas. A classe da água, que se refere aos recursos hídricos que incluem rios, lagoas e reservatórios. A classe da cobertura vegetal que incorpora áreas com vegetação natural ou seminatural, incluindo florestas e áreas agrícolas/machambas que se referem a terras utilizadas para a agricultura (Anderson, Hardy & Lima, 1976).

3.3.3. MAKESIG (Criação de Assinaturas Espectrais)

O módulo MAKESIG foi utilizado para criar assinaturas espectrais a partir das amostras extraídas. Este processo é essencial porque calcula as estatísticas (média, variância, covariância) dos valores espectrais para cada classe, cria um arquivo de assinatura que será usado pelo classificador e permite a avaliação da separabilidade espectral entre as classes, o que é crucial para uma classificação precisa (Eastman, 2020).

Tabela 4: Relatório do Makesig

Class ID	Class name	Sample size 1993	Sample size 2003	Sample size 2013	Sample size 2023
1	Assentamentos Urbanos	153	185	695	1367
2	Semi-Urbano	209	253	850	1025
3	Dispersos/Não Urbano	459	293	6830	2364
4	Água	85	51	109	103
5	Cobertura Vegetal	693	345	439	588
6	Solo descoberto	682	584	292	1129
7	Área Agrícola/Machambas	M	1143	302	436

Fonte: Idrisse TerrSet

3.3.4. Classificação Supervisionada com MAXLIKE

A classificação supervisionada foi realizada utilizando o classificador de Máxima Verossimilhança (MAXLIKE) do IDRISI TerrSet, pelo facto de ser um método robusto e amplamente utilizado em sensoriamento remoto, considera a variabilidade dentro de cada classe, por ter demonstrado bom desempenho na classificação, considerando que as amostras de treinamento são representativas e bem distribuídas.

Envolveu o processo de carregamento das imagens multiespectrais e do arquivo de assinatura criado pela MAKESIG, execução do algoritmo MAXLIKE para atribuir cada pixel da imagem a uma classe específica e geração de uma imagem variada para cada ano de estudo (1993, 2003, 2013, 2023).

3.3.5. Cálculo das Áreas

Após a classificação, as áreas de cada classe de uso e cobertura do solo foram calculadas em quilómetros quadradas (km²). Este processo envolve utilização da ferramenta de tabulação de área do IDRISI TerrSet, contagem do número de pixels para cada classe e conversão do número de pixels para área em km², considerando a resolução espacial das imagens Landsat (30m x 30m = 900m² por pixel).

3.3.6. Criação da Matriz de Transição (Cross Tabulation)

Por fim, foi criada uma matriz de transição (tabulação cruzada) para quantificar as mudanças entre as classes de uso e cobertura da terra ao longo do tempo. Este processo envolveu a utilização do módulo CROSSTAB do IDRISI TerrSet, conversão e comparação pixel a pixel das imagens ordinárias de 1993 vs 2023 e geração de uma matriz que mostra a quantidade de área que mudou de uma classe para outra entre os períodos analisados.

3.3.6.1. Conversão de Valores de Pixel para km²

Por padrão os dados do Cross Tabulation estavam em valores de pixel, foi necessário converter os valores da matriz de transição de pixels para km². Esses valores em pixels da matriz de transição foram importados para o Excel e considerando que cada pixel Landsat representa uma área de 900m² (30m x 30m), a seguinte fórmula foi aplicada para cada célula da matriz:

$$\text{Área em km}^2 = (\text{Número de pixels} * 0.0009)$$

Onde: 1 pixel equivale a 0.0009 km

Aplicou-se o Cross Tabulation para se analisar as alterações entre os pares de imagem de um ano recente para o ano anterior (Eastman, 2020), e isso permitiu a verificação das frequências com as quais as classes de uso e cobertura da terra permaneceram ou mudaram ao longo do tempo e permitiu transformar as imagens de satélite em informações quantitativas sobre as mudanças no uso e cobertura da terra ao longo do município no período temporal longo dos anos treinados.

3.4. Análise e Visualização de Dados no Microsoft Excel

Após o processamento no IDRISI TerrSet, o Microsoft Excel foi utilizado para análises adicionais e criação de visualizações gráficas dos resultados. Esta etapa foi crucial para interpretar e apresentar as mudanças no uso e cobertura do solo de forma clara e compreensível.

3.4.1. Produção de Gráficos de Áreas

Para visualizar as mudanças nas áreas de cada classe de uso e cobertura da terra ao longo do tempo, os dados de área (em km²) para cada classe e para cada ano (1993, 2003, 2013, 2023) foram importados para o Excel, de seguida produziram-se gráficos, mostrando a proporção de cada classe em relação à área total para cada ano. Estes gráficos permitem uma rápida visualização das mudanças gerais no uso e cobertura da terra do município durante o período treinado.

3.4.2. Criação de Gráficos de Ganhos e Perdas

Para quantificar e visualizar as mudanças específicas entre classes os dados da matriz de transição (cross tabulation) foram importados para o Excel e para cada classe, foram calculados os ganhos (área adquirida de outras classes) e as perdas (área convertida para outras classes) entre cada período (1993-2003, 2003-2013, 2013-2023). De seguida um gráfico de barras foi criado, com barras positivas representando ganhos e barras negativas representando perdas para cada classe.

Este gráfico de ganhos e perdas permite uma análise detalhada das dinâmicas de mudança, mostrando quais classes estão se expandindo e quais estão diminuindo, bem como a intensidade dessas mudanças.

3.5. Taxa de Crescimento

A fórmula utilizada para calcular a taxa de crescimento exponencial da expansão populacional foi:

$$r = [\ln(Pt/P0) / t] * 100$$

Onde: r é a taxa de crescimento populacional (em percentual), ln - logaritmo natural, Pt - População no ano final, P0 - População no ano inicial e t - intervalo de tempo entre as duas profundidades (em anos).

Thomas Robert Malthus (1766 – 1984) foi um dos primeiros a estudar sistematicamente o crescimento populacional em seu trabalho *An Essay on the Principle of Population* (1798) e a fórmula actual foi afinada pelos demógrafos ao longo dos séculos XIX e XX, e é amplamente utilizado por instituições como ONU, Banco mundial e INE.

3.6. Validação dos resultados

Neste estudo, a validação foi realizada utilizando o plugin ACATAMA (Accuracy Assessment of Thematic Maps) no software Qgis. O ACATAMA, conforme destacado por Olofsson et al. (2014),

permite uma avaliação sistemática e estatisticamente robusta da resolução temática, gerando índices importantes como a Exatidão Global (acurácia), Índice Kappa e erros de omissão e comissão. A validação foi realizada através da geração de pontos de verificação, que foram comparados com imagens de alta resolução espacial disponíveis no Google Earth Pro para os anos de 2003, 2013 e 2023, e para o ano de 1993 não foi possível efectuar a validação utilizando essas imagens devido aos ruídos e baixa qualidade que as imagens desse período apresentam, para tal recorreu-se ao uso a imagens da composição falsa cor como dados de referência.

Para garantir a robustez estatística da validação, foram utilizados 240 pontos de amostragem (Anexo 1), seguindo as recomendações de Stehman & Foody (2019), que sugerem cerca de 50 pontos por classe para obter uma avaliação confiável das conclusões. A distribuição dos pontos foi estratificada proporcionalmente à área de cada classe mapeada, garantindo uma representatividade adequada de todas as classes apresentadas no mapa, obtendo-se deste modo resultados muito bom para a classificação para 1993 e boa para as imagens remanescentes como ilustrado abaixo.

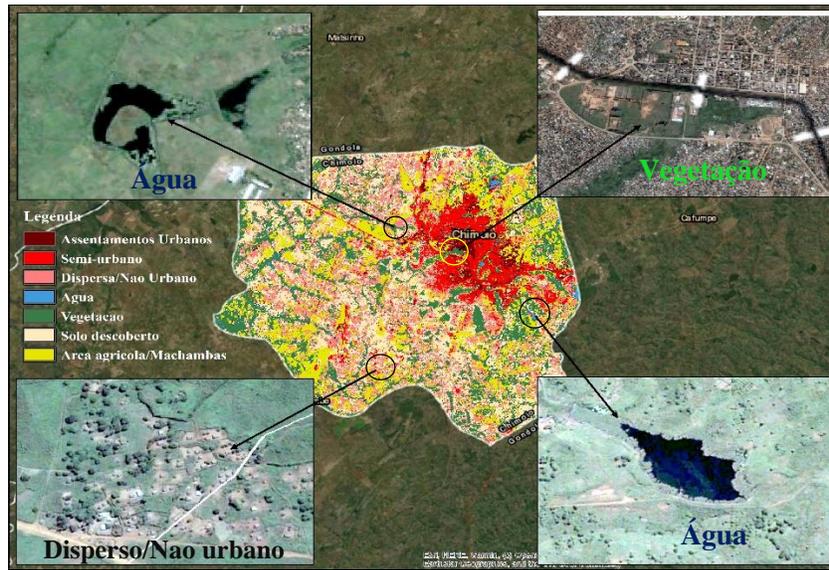
Tabela 5: Resultado da Acurácia e Índice Kappa

Ano da imagem	Acurácia	Índice Kappa	Qualidade da classificação
1993	0.88	0.63	Muito boa
2003	0.81	0.59	Boa
2013	0.72	0.47	Boa
2023	0.74	0.46	Boa

Fonte: ACATAMA (elaborado pelo autor)

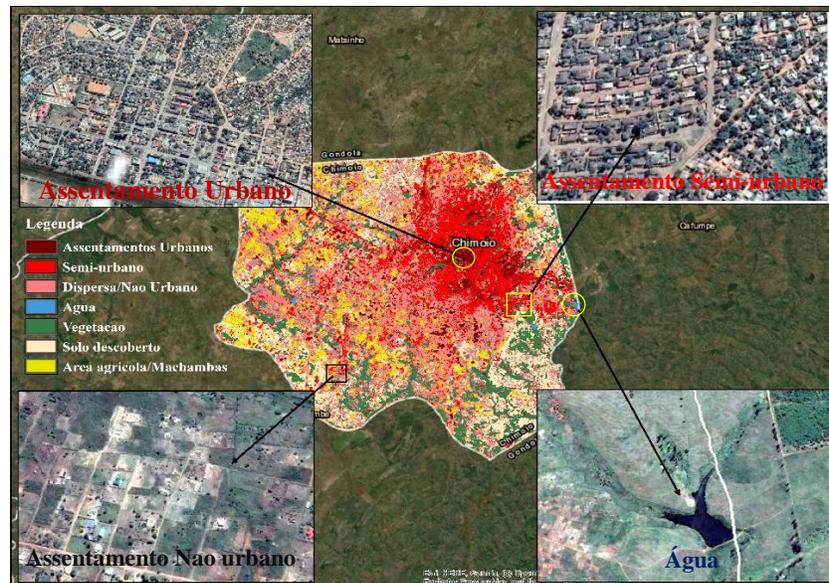
Para complementar a análise quantitativa, realizou-se uma validação visual utilizando imagens multitemporais disponíveis no Google Earth Pro. Este procedimento permitiu a verificação in situ das classes mapeadas através da interpretação visual de imagens de alta resolução espacial. A análise confirmou a correspondência entre as classes atribuídas no mapeamento e as características observadas nas imagens de referência, corroborando os índices de acurácia obtidos na análise.

Figura 3: Avaliação da exatidão de algumas classes em 2003



Fonte: Elaborado pelo autor com base em imagens multitemporais do Google Earth pro
A área identificada como água no mapeamento, corresponde a feição da água identificada na imagem de alta resolução da google, bem como as classes pertencentes a cobertura vegetal, área urbana, semi-urbana e não urbana corresponde a verdade no terreno, demonstrando a validação da acurácia de 0.81% e a robustez do mapeamento realizado.

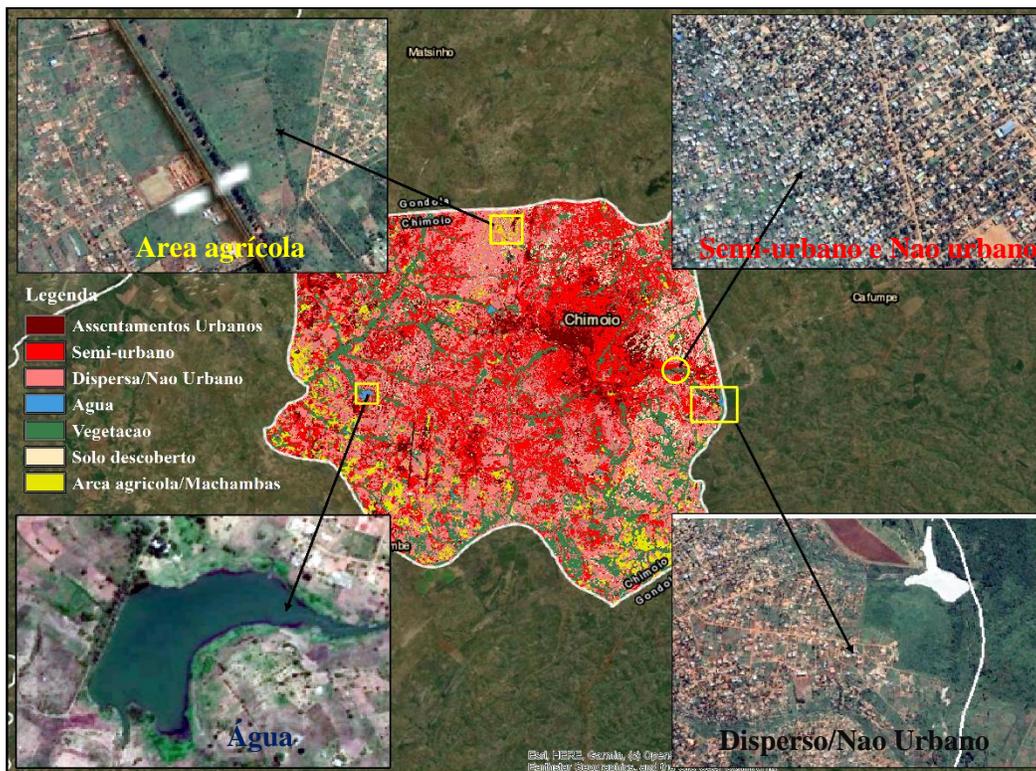
Figura 4: Avaliação da exatidão de algumas classes em 2013



Fonte: Elaborado pelo autor com base em imagens multitemporais do Google Earth pro

Para o ano de 2013, as classes pertencentes a área urbana, sub-urbana, não urbana e da água, a correspondência foi excelente, evidenciado desta feita a realidade terrestre comparativamente a realidade mapeada.

Figura 5: Avaliação da exatidão de algumas classes em 2023



Fonte: Elaborado pelo autor com base em imagens multitemporais do Google Earth pro

A análise da acurácia da classificação, com base na comparação visual com imagens multitemporais do Google Earth, mostrou que os resultados são altamente consistentes. A acurácia de 88% em 1993, apesar de ser levemente menor nos anos seguintes, refletiu uma boa representação das características da superfície terrestre. A correspondência observada entre as áreas urbanas, áreas de vegetação, solo descoberto e água nas imagens classificadas e no Google Earth valida que as mudanças de uso da terra ao longo do tempo foram corretamente capturadas.

3.7. Produção de Layouts no ArcGIS Pro

Após o processamento no IDRISI TerrSet e a análise de dados no Microsoft Excel, o ArcGIS Pro foi utilizado para a produção de layouts cartográficos de alta qualidade. Esta etapa final foi crucial para a apresentação visual dos resultados do estudo de mudança de uso e cobertura da terra ao longo da área de estudo. A utilização do ArcGIS Pro nesta etapa final garantiu que os resultados do estudo fossem apresentados de forma clara, profissional e visualmente impactante, facilitando a comunicação eficaz das mudanças que ocorreram ao longo do período treinado.

Esta combinação de softwares - QGIS para pré-processamento, IDRISI TerrSet para processamento e análise, Excel para análises adicionais e visualizações, e ArcGIS Pro para produção de layouts finais, permitiu aproveitar os pontos fortes de cada ferramenta, resultando em um fluxo de trabalho eficiente e na produção de resultados de alta qualidade.

3.8. Factores que determinaram a expansão dos assentamentos

Para compreender os factores que determinaram a rápida expansão dos assentamentos humanos no município de Chimoio, foi empregue a técnica de análise documental. Esta metodologia consiste na análise de diversos documentos que abordam esses factores, permitindo inferir as causas que desenvolveram para o crescimento acelerado urbano na região. A análise documental revelou uma ferramenta útil neste contexto, pois possibilitou uma visão abrangente e fundamentada das especificações em questão. Dentre as obras consultadas, destacam-se algumas contribuições significativas que forneceram dados importantes para a compreensão do processo de expansão urbana em Chimoio. Uma análise feita por Hansine e Arnaldo (2019) em sua obra *Natureza demográfica e consequências do crescimento urbano em Moçambique* ofereceu uma perspectiva ampla sobre os factores que contribuíram para o rápido crescimento urbano em todo o país, fornecendo um contexto nacional no qual se pode situar o caso específico de Chimoio. Por sua vez, o trabalho de Muanamoha e Raimundo (2018), intitulado *Cartografia da migração interna em Moçambique entre 1997 e 2007*, trouxe informações cruciais sobre os fluxos migratórios entre as províncias moçambicanas, permitindo compreender como os movimentos populacionais podem

ter influenciado o crescimento de Chimoio. Complementando essas perspectivas, o livro do INE e UNFPA (2023), Migração e urbanização em Moçambique, apresentou dados e análises sobre migração e crescimento urbano no país de 1997 a 2017, oferecendo um panorama histórico e estatístico significativo para contextualizar a expansão dos assentamentos em Chimoio. A análise conjunta dessas obras, entre outras fontes consultadas, permitiu identificar padrões, tendências e factores-chave que explicam as características da rápida expansão urbana no município, considerando aspectos demográficos, migratórios e socioeconômicos que moldaram o desenvolvimento do município ao longo das últimas décadas.

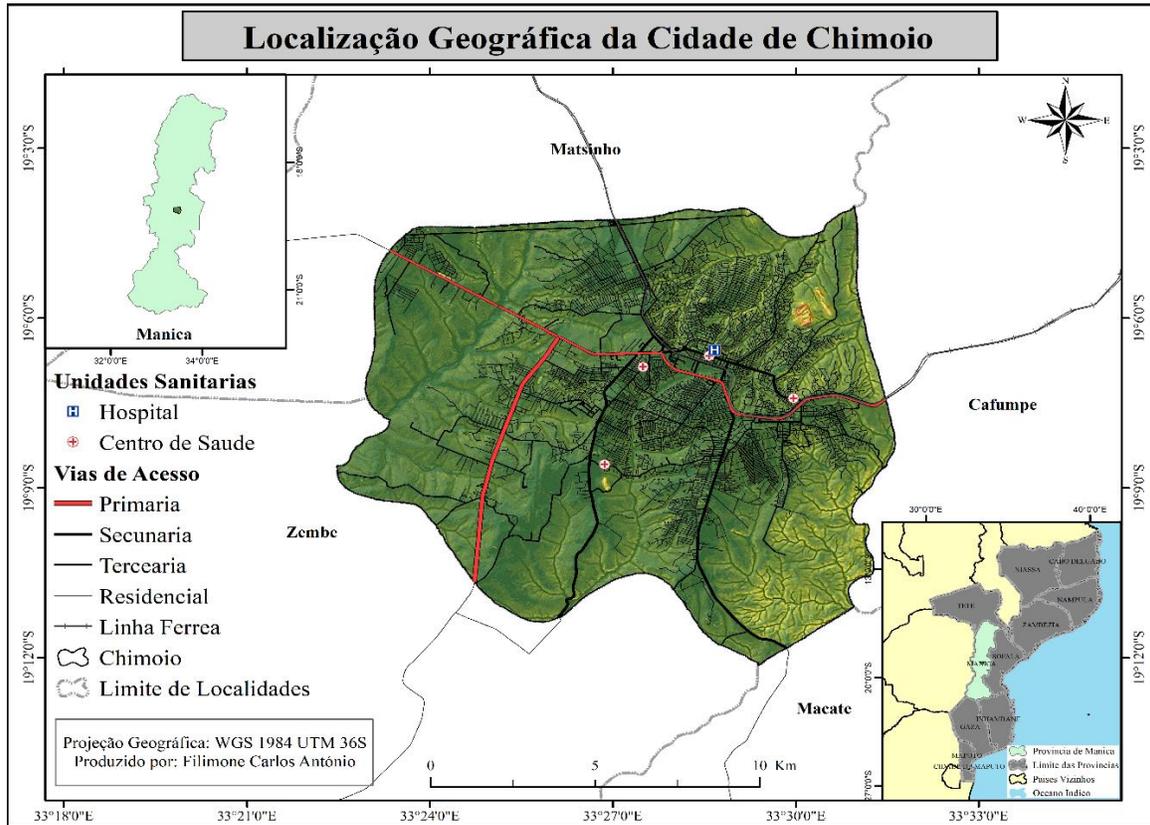
CAPÍTULO IV: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4. Localização e caracterização da área de estudo

O Município de Chimoio encontra-se localizado na região centro do país, entre as coordenadas geográficas 33°27'32"S a 33°27'35"S e entre 19°04'93"E a 19°04'99"E. O município de Chimoio é considerado como sendo a capital da província de Manica (Maidjelele, Carlos, Silva & Martorano, 2020).

O município ocupa uma área de aproximadamente 174 km² (INE, 2007), com os seguintes limites geográficos: a norte com o posto administrativo de Matsinho; a sul com o posto administrativo de Zembe; a leste, o posto administrativo de Cafumpe; a oeste, o posto administrativo de Matsinho e zembe; e a Sudeste com o distrito de Macate.

Mapa 1: Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1. Características físico-geográficas

A abordagem sobre a caracterização físico-geográfica desempenha um papel fundamental na compreensão das dinâmicas ambientais, sociais e económicas que moldam o espaço geográfico.

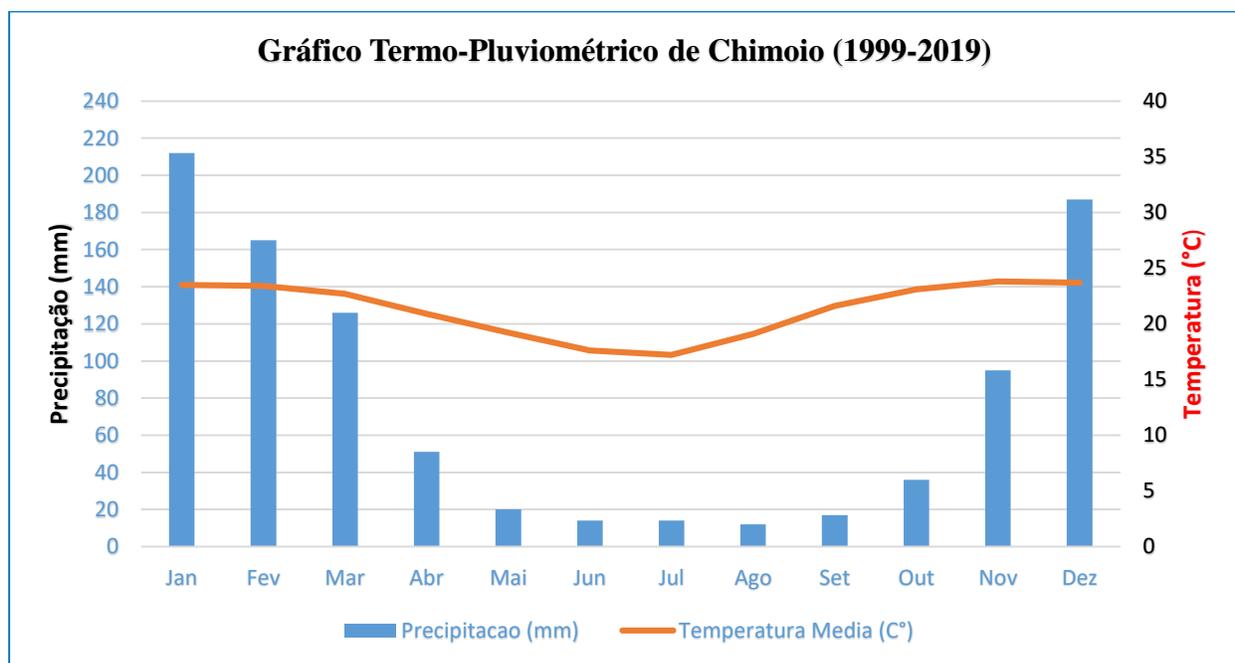
4.1.1. Clima

A maior parte do território moçambicano encontra-se localizado na zona intertropical, o que lhe confere naturalmente ao clima tropical (Raposo, 1999).

O clima do município de Chimoio é do tipo tropical húmido modificado pela altitude (De Deus, 2014). A precipitação média anual é de 1.044mm (análise efectuada no período de 1999 a 2019), que na sua maioria regista-se na época chuvosa, que abrange os meses de Novembro a Abril. O

mês que regista maior queda da precipitação é o mês de Janeiro com precipitações máximas que variam de 118 a 381mm/mês e Agosto é o mês que regista as menores quedas pluviométricas (cerca de 12 mm) (Relatório da MEC, 2019).

Gráfico 1: Precipitação e Temperatura

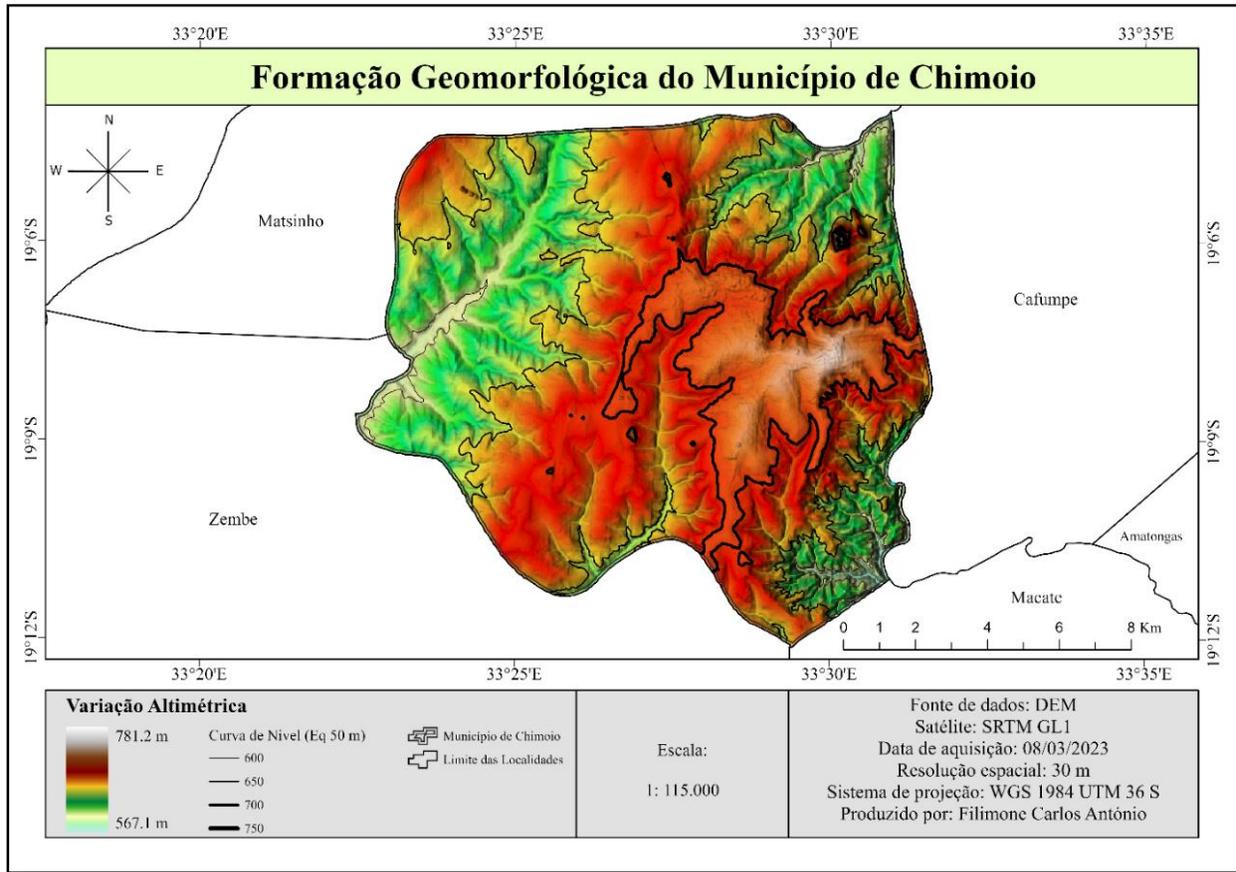


Fonte: INAM (2023)

4.1.2. Geomorfologia

De acordo com Muchangos (1999) distingue-se em moçambique sob o ponto de vista cronológico três fases essenciais na formação do relevo, a que compreende o pré-câmbrico, o Karro e Pós-Karro. O município de Chimoio pertence as formações do pré-câmbrico, que por sua vez é constituído por rochas de granito-gneissico do sistema de Manica e o mais rico em instruções básicas (Ibdem, 1999 & CENACARTA, 2003).

Mapa 2: Geomorfologia



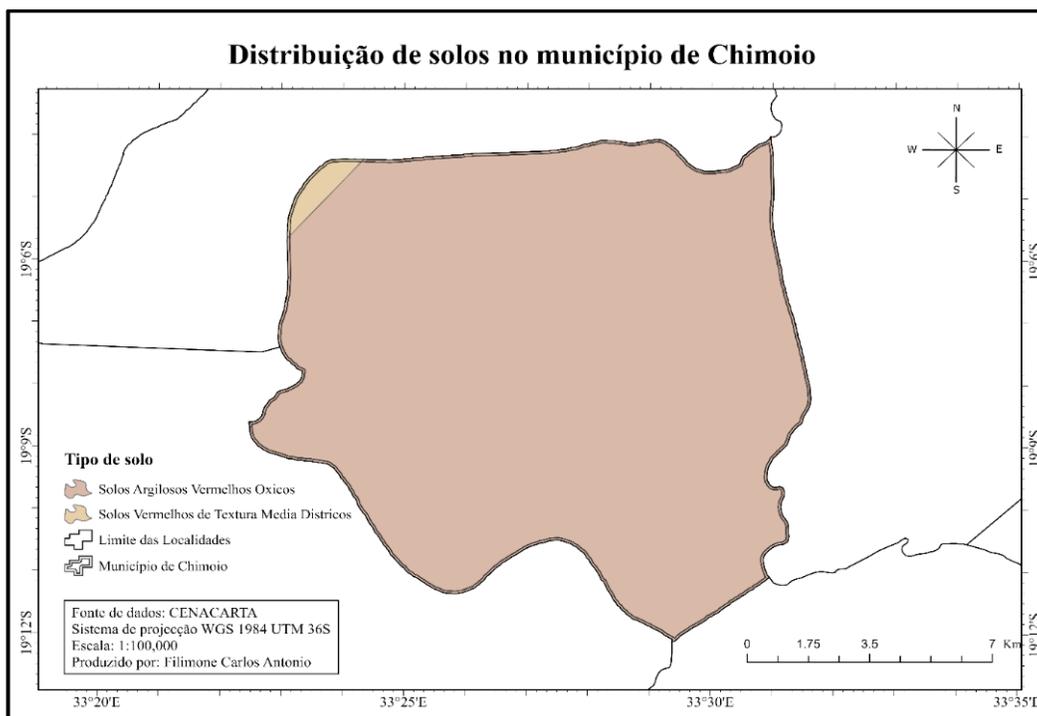
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na Mapa 2, pode-se observar que o município de Chimoio é formado por uma combinação de planícies, depressões e áreas montanhosas, com suas variações altimétrica de 560 m de altitude mínima e 781 m de altitude máxima. Mais ao oeste do município, a topografia se torna ainda mais acidentada, com elevações que chegam a 1.000 m nas áreas próximas com a fronteira com a república do Zimbabwe. Estas áreas de maior altitude fazem parte das terras altas de Manica, que se estendem ao longo da Fronteira com a república do Zimbabwe e onde se encontra o maciço montanhoso de Chimanimani (Nogueira, 2017).

4.1.3. Solos

Do ponto de vista geológico o município de Chimoio apresenta-se com rochas do tipo gnaíse e granitos (Raposo, 1999). O mesmo autor aponta ainda que devido as condições geológicas e o tipo de clima que o país apresenta, estes tem sido considerados os factores que possuem uma influência muito notória nas características dos solos.

Mapa 3: Solos



Fonte: Elaborado pelo autor

Na área de estudo é predominantemente notória a ocorrência de solos argilosos vermelhos profundos de fertilidade média (Ferralsolos Ródicos) e com baixa susceptibilidade a erosão (Herminde e Nhaca, 2008). De acordo com a base de dados do CENACARTA (Centro Nacional de Cartografia e Teledeteção) pode-se encontrar dois tipos de agrupamentos de solos predominantes ao longo do município de Chimoio, os solos argilosos vermelhos óxidos e em menor proporção solos vermelhos de textura média dísticos (Mapa 3).

4.1.4. Recursos Hídricos

A rede hidrográfica do município não é bastante densa, onde a área do município é caracterizada pela existência de cinco rios principais, estas que nomeadamente compreendem, o Rio Mudzingadzi, Muenedze, Nhyamatsane, Tembwe e Toa (Figura 5). Os caudais dos rios dependem fundamentalmente do clima. No período chuvoso tem causado inundações junto às suas margens, tornando húmidas as áreas de sua influência e no período de estiagem alguns desses rios chegam mesmo a secar (Hermind e Nhaca, 2008).

Mapa 4: Recursos Hídricos



Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com o Relatório da MEC (2019) as águas subterrâneas podem ser encontradas até a um nível não inferior a cinco metros de profundidade, o que possibilita a abertura de poços de forma

artesanal, com vista a atenuar a falta de água em determinados períodos, uma vez que a Barragem não abastece a cidade ao longo de todo o ano.

4.1.5. Recursos Vegetais

De acordo com Maidjelele et al., (2020) a vegetação nativa e predominante no município, em função do regime pluvial moderado, é típica de floresta de Miombo Semi-decídua, onde a caducidade das folhas é muito forte dando indicativo de redução dos estoques de água no solo.

Na região do município de Chimoio é predominante a ocorrência da vegetação do tipo Floresta Miombo Semi-Decídua de Alta Pluviosidade, onde a floresta de *Brachystegia spiciformis* se mistura com florestas semi-decíduas de *Pteleopsis*, *Erythrophleum* e *Newtonia*. Este tipo de floresta oferece, de uma forma geral, potencialidades para a exploração do seu material para a construção, extração do carvão e lenha (Relatório da MEC, 2019).

4.2. Características socioeconómicas

4.2.1. População

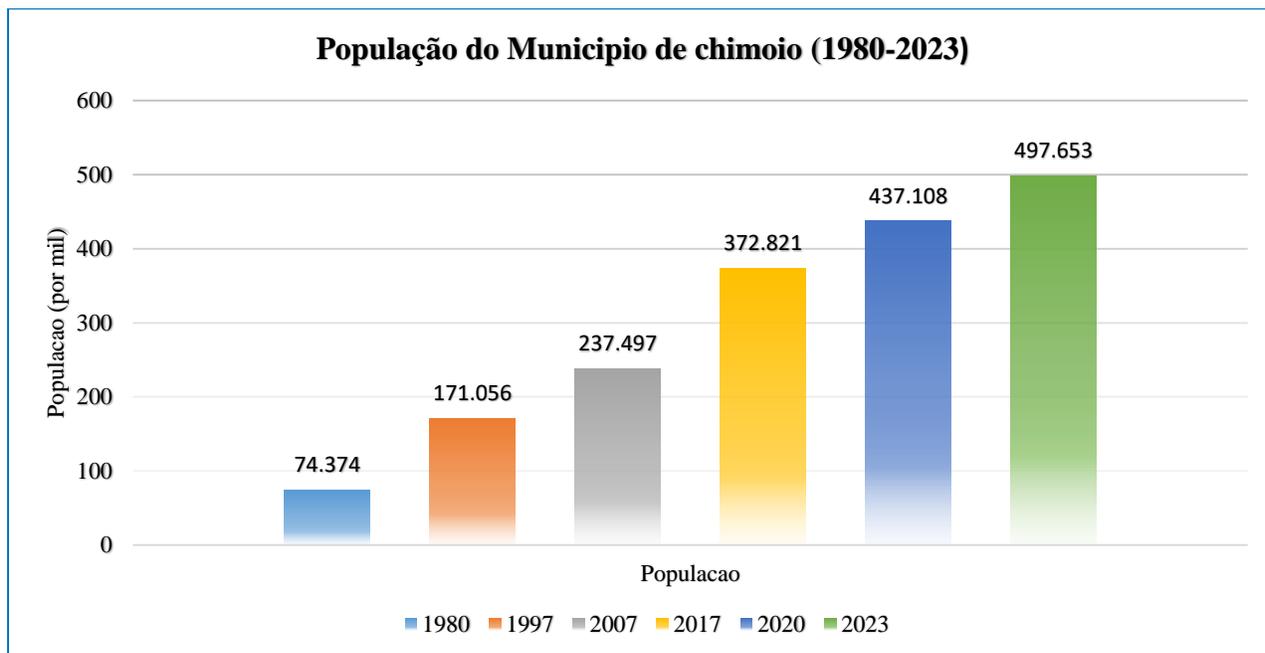
Segundo Arnaldo e Muanamoha (2011), a maior parte das cidades de Moçambique, após o período pós-independência e pós-guerra civil registaram elevados níveis de crescimento populacional, aliada ao rápido crescimento populacional em Moçambique está as elevadas taxas de natalidade numa altura em que a mortalidade começou a diminuir, devido ao avanço nas áreas da medicina e melhorias nas condições de vida como é o caso da dieta alimentar.

No início da década de 1980, Chimoio era uma cidade que acomodava um efectivo populacional de aproximadamente 74.374 habitantes registados no censo de 1980 (INE, 1980). Este número reflete o carácter ainda predominantemente rural do país na época, com a maioria da população vivendo em áreas não urbanas. Com tudo, os anos seguintes começaram a se testemunhar uma transformação significativa no aumento populacional, onde o período entre 1980 e 1997 marcou o primeiro grande salto no crescimento populacional de Chimoio. Os dados do censo populacional

de 1997 registaram cerca de 171.056 habitantes (INE, 1997) representando cerca de 18% da população a nível provincial (974.208 hab), mais que dobrando a população em menos de duas décadas. Este aumento substancial pode ser atribuído a diferentes factores interconectados como o fim da guerra civil em 1992, que permitiu maior mobilidade interna, início de políticas de desenvolvimento urbano e o papel crescente de Chimoio como centro administrativo e económico. A tendência de crescimento acelerada continua nas décadas seguintes, onde o censo de 2007 mostrou uma nova expansão significativa, com uma população atingindo 237.497 habitantes representando cerca de 17 % da população da província. Este aumento de quase 40% em uma década sinalizava não apenas o crescimento natural da população existente, mas também uma provável intensificação dos fluxos migratórios para a cidade, atraídos por oportunidades económicas e melhores condições de vida.

O último censo realizado em 2017, consolidou a posição de Chimoio como sendo um importante centro urbano em Moçambique, com uma população de 372.821 habitantes, representando cerca de 19% da população total da província, o que representa um aumento de mais de 56% em relação a 2007, mantendo uma taxa de crescimento anual superior a 4%. Tal ritmo de expansão coloca Chimoio entre as cidades de crescimento mais rápidas do país. No ano de 2020 a população era constituída por um pouco mais de 437.108 hab, representando cerca de 20.6% da população total, apresentando uma taxa de crescimento anual de 2.8% e a densidade populacional de 83 hab/km² (INE, 2020). De acordo com o INE (2023) a população atinge 497.654 habitantes, evidenciando um aumento constante da população e que reflete uma urbanização crescente e a consolidação do município como um grande centro urbano.

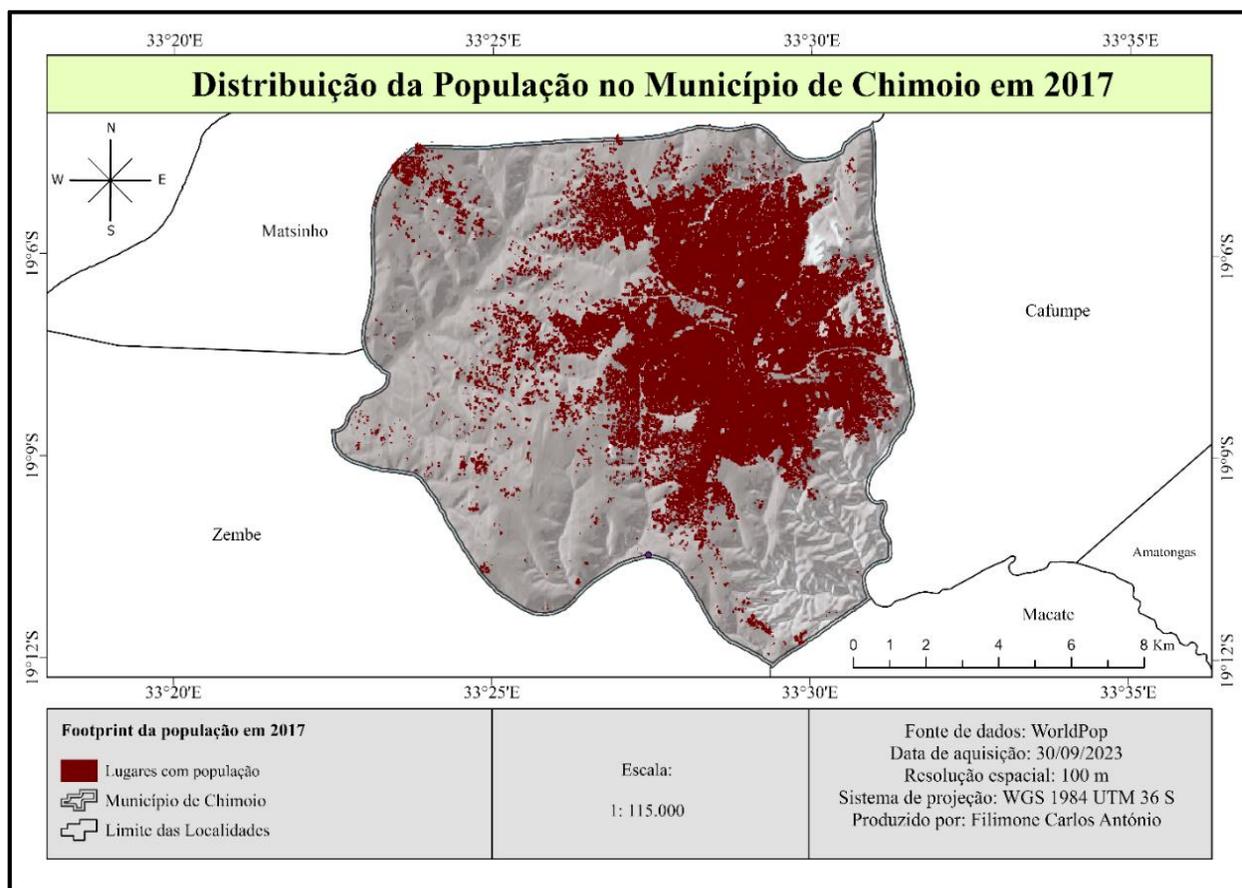
Gráfico 2: Tendência do crescimento da população em Chimoio (1997-2020)



Fonte: INE (1980 – 2023)

Diferentemente das habituais formas de representação da população (Mapas Chropleticos), abaixo temos uma forma de representação espacial diferenciada da distribuição da população, método este designado “Dasymetric Mapping”. É um método que de acordo com a ESRI (2023) consiste na reorganização de dados do mapa colectados de uma unidade de colecta em áreas inerentemente mais precisas ou seja, é uma forma de representação mais precisa da distribuição da população, pois através da sobreposição de algumas classes de uso e cobertura de uma unidade administrativa, como exemplo de corpos de água, terrenos baldios é razoável inferir que são áreas que as pessoas não vivem (Rafael, 2020).

Mapa 5: Mapa Dasimétrico da População em 2017



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2. Actividade Económica

De acordo com INE (2017-2021), associado aos solos férteis que a região apresenta influenciados pela sua classificação climática, a agricultura constitui o pilar da economia local. O Milho é tido como a base da alimentação local, dominando a paisagem agrícola, alternando com as plantações da Mandioca, Mapira, Cebola, Tomate, Repolho, Alface, Banana, Mangas, Pepino, Couve e feijão.

4.2.3. Infraestruturas

A posição estratégica do município ao longo do corredor da Beira é de elevada importância para a infraestrutura de transporte. Quanto as vias de acesso, o município é atravessado pela Estrada

Nacional N6 (EN6), esta que faz parte do corredor da Beira (De Deus, 2014) tida como uma das mais importantes vias para o comércio com países do Hinterland como o exemplo do Zimbabwe, pois é através dessa via que a república do Zimbabwe faz o escoamento dos seus produtos utilizando o porto da Beira (Portal do Governo, 2019).

O sistema educacional de Chimoio passou por um desenvolvimento significativo nas últimas décadas. Segundo o Plano Estratégico de Desenvolvimento do Município de Chimoio (2011-2021) o município tem estado a envidar esforços significativos para a expansão da rede escolar, onde existem no município de Chimoio cerca de 29 escolas do nível EP1 e EP2, 8 escolas do nível ESG1, 5 escolas do nível ESG2 e 3 instituições do ensino superior (INE, 2017-2021).

A infraestrutura de saúde em Chimoio é centrada no HPC de Chimoio, que serve como a unidade de referência para toda a província de Manica. Além disso, o município possui cerca de 6 Centros de Saúde e 3 Postos de Saúde (INE, 2017 – 2021).

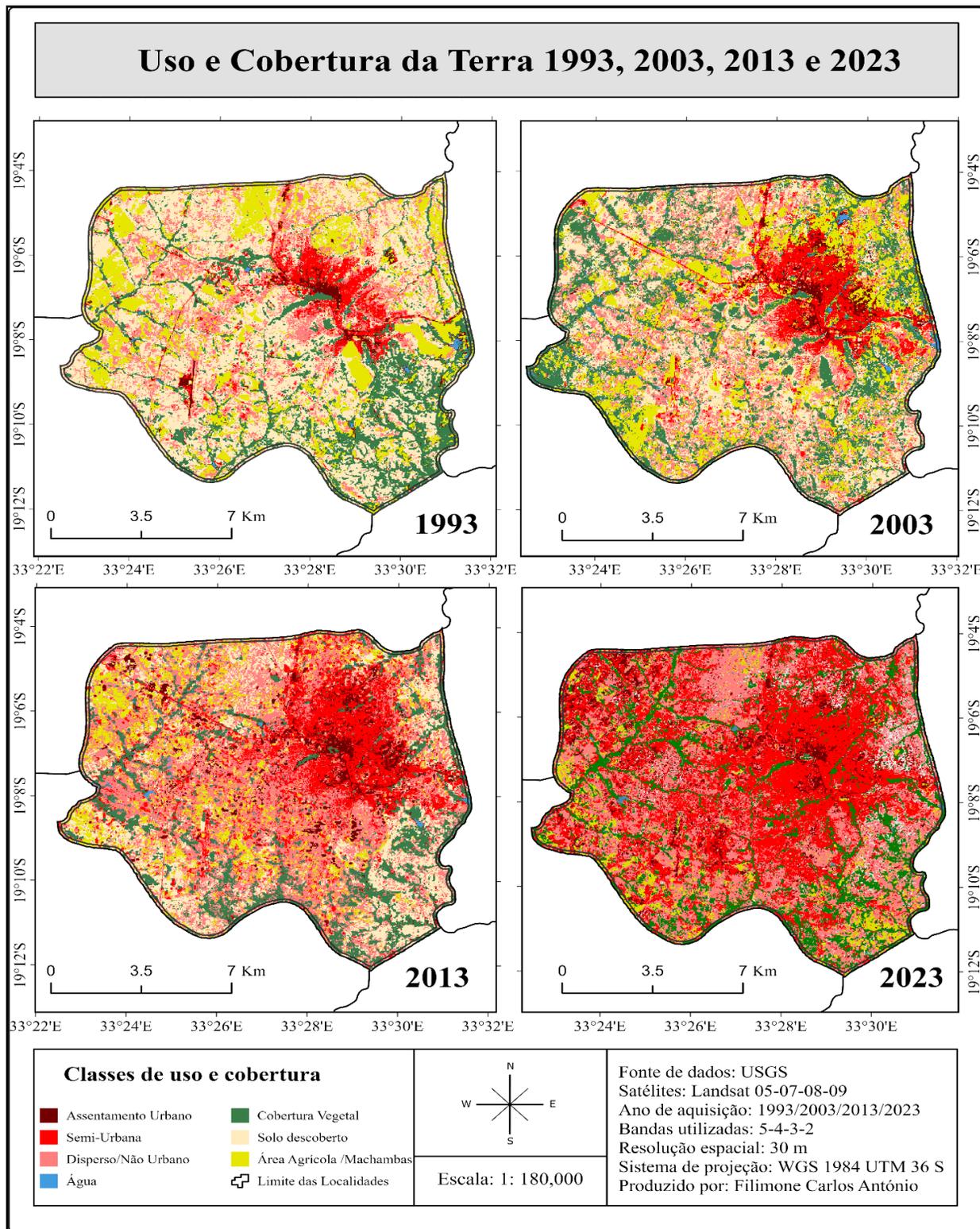
CAPÍTULO V: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta a análise dos resultados sobre a evolução espaço temporal dos assentamentos humanos no município de Chimoio entre os anos de 1993 e 2023. A partir dos mapas de uso e cobertura da terra gerados para cada década, foram identificadas as principais tendências de expansão de assentamentos humanos e as mudanças no uso da terra. Estes resultados são discutidos à luz do contexto socioeconómico da região, reflectindo sobre os factores que impulsionaram a expansão dos assentamentos humanos.

5. Dinâmica espaço temporal dos assentamentos humanos para cada década

Os mapas de uso e cobertura da terra para os anos de 1993, 2003, 2013 e 2023 revelam mudanças significativas nos padrões de ocupação do solo no município de Chimoio

Mapa 6: Evolução nas classes de uso e cobertura



Fonte: Elaborado pelo autor

5.1. Tendências da evolução espaço temporal dos assentamentos

Tabela 6: Total de áreas ocupadas por cada classe de uso e de cobertura da terra e as suas respectivas percentagens em 1993, 2003, 2013 e 2023, no município Chimoio

Nome da Classe	Área em km ² 1993	%	Área em km ² 2003	%	Área em km ² 2013	%	Área em km ² 2023	%
Assentamentos Urbanos	3.46	1.99	5.14	2.95	7.11	4.08	14.28	8.19
Assentamentos Semi-Urbanos	9.86	5.66	15.97	9.16	26.51	15.21	51.98	29.83
Assentamentos Dispersos	27.34	15.69	33.21	19.6	43.21	24.79	54.06	31.02
Água	0.38	0.22	1.21	0.70	0.76	0.44	0.48	0.28
Cobertura Vegetal	28.31	16.24	37.19	21.3	29.85	17.13	26.42	15.16
Solo Descoberto	72.69	41.71	47.49	27.25	41.09	23.58	14.98	8.59
Área Agrícola/Machamba	32.24	18.50	34.09	19.56	25.75	14.78	12.09	6.94
Total	174.29	100	174.29	100	174.29	100	174.29	100

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando a evolução do uso e cobertura da terra no município de Chimoio entre 1993 e 2023, observa-se uma clara e consistente tendência da expansão dos assentamentos humanos e transformação da paisagem. Inicialmente, em 1993, a área era dominada por solo descoberto (41,71%) e áreas agrícolas (18,50%), com uma presença significativa de cobertura vegetal (16,24%). Os assentamentos urbanos, semi-urbanos e dispersos ocupavam, conjuntamente, apenas 23,34% da área total.

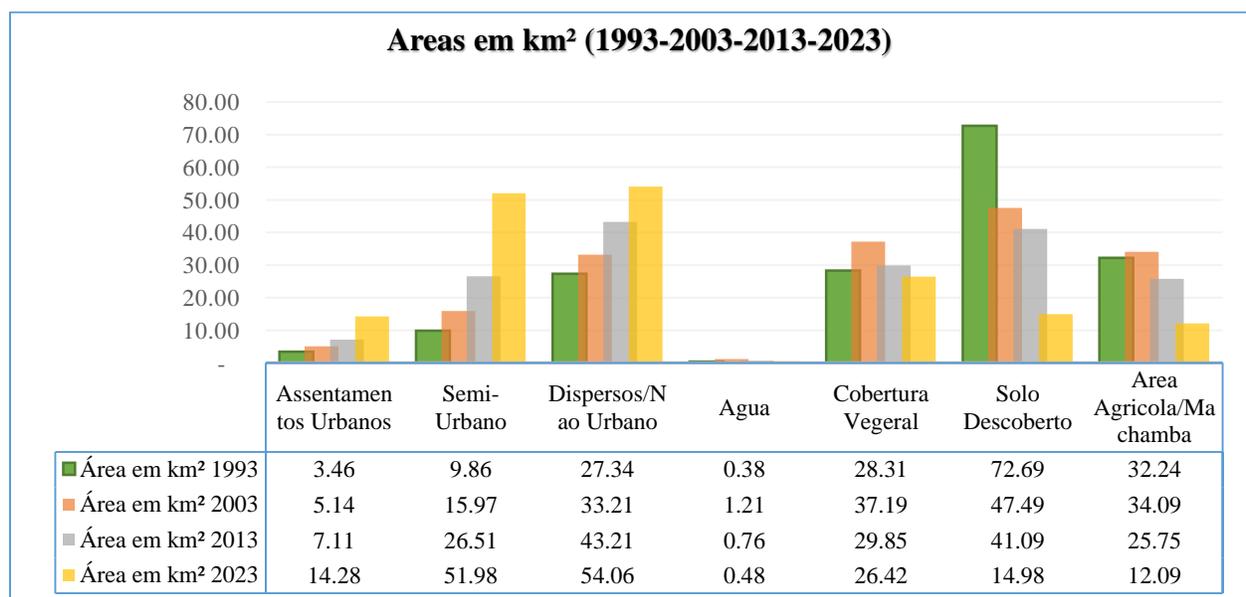
Ao longo das três décadas subsequentes, ocorreu uma drástica mudança neste cenário. Os assentamentos urbanos quadruplicaram sua extensão, passando de 1,99% para 8,19% da área total, refletindo um rápido processo de expansão urbana. Paralelamente, os assentamentos semi-urbanos experimentaram um crescimento ainda mais expressivo, progredindo de 5,66% para 29,83. Os

assentamentos dispersos também se expandiram consideravelmente, de 15,69% para 31,02%, indicando uma expansão da ocupação humana para áreas anteriormente não habitadas.

Esta expansão que ocorreu nas áreas urbanas, semi-urbanas e de assentamentos dispersos ocorreu principalmente às custas de outras categorias de uso do solo. O solo descoberto, que inicialmente era uma categoria predominante, sofreu uma redução drástica de 41,71% para apenas 8,59% em 2023. Da mesma forma, as áreas agrícolas, após um nível inicial, também experimentaram um declínio significativo, caindo de 18,50% para 6,94%. Essas reduções sugerem uma conversão maciça de terras anteriormente não utilizadas ou agrícolas para uso urbano e semi-urbano.

A cobertura vegetal, embora tenha sofrido flutuações ao longo do período, mostrou uma tendência geral de declínio, passando de 16,24% para 15,16%. Esta redução, ainda que menos acentuada em comparação com outras categorias, indica uma pressão contínua sobre os recursos naturais, devido à expansão humana e às necessidades de desenvolvimento. A classe de água mostrou variações interessantes, com um aumento inicial seguido de um declínio. Isso pode refletir mudanças nas práticas de gestão de recursos hídricos ou variações climáticas ao longo do período treinado.

Gráfico 3: Variação temporal das classes de uso e cobertura da terra



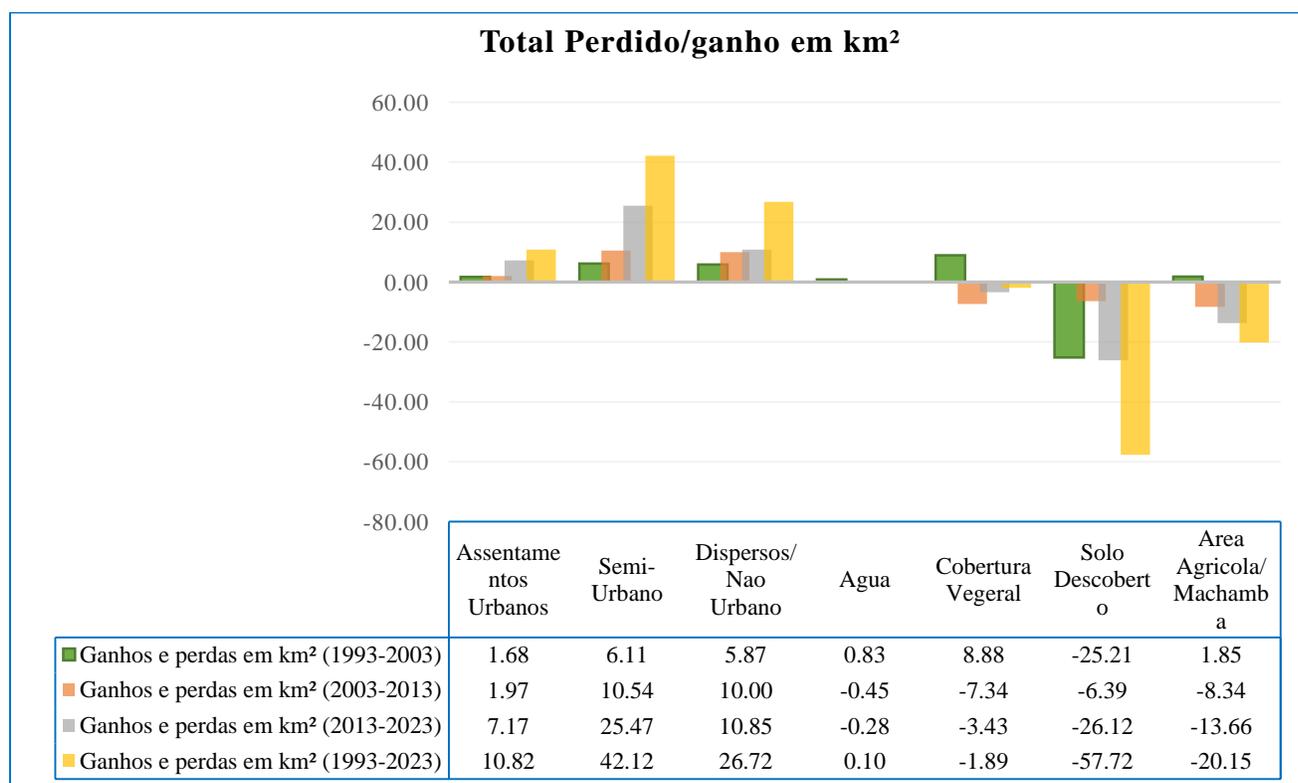
Fonte: Elaborado pelo autor

A análise revela um padrão de desenvolvimento caracterizado por uma intensa expansão humana, acompanhado por uma redução significativa de áreas naturais e agrícolas. Este processo de transformação da paisagem reflecte uma rápida expansão humana e mudanças económicas no município de Chimoio.

5.2. Quantificação dos ganhos e perdas em km²

O gráfico que se segue (Gráfico 4) apresenta os ganhos e perdas em km² de diferentes classes de uso e cobertura da terra ao longo de três períodos (1993-2003, 2003-2013, 2013-2023) e o total acumulado de 1993 a 2023.

Gráfico 4: Total de ganhos e perdas em cada década



Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando as tendências de ganhos e perdas, observa-se um padrão consistente de ganhos consecutivos nas classes pertencente aos assentamentos urbanos e semi-urbanos, contrastando com a redução de áreas naturais e agrícolas. Os assentamentos urbanos mostram um crescimento constante, aumentando de 1,68 km² em 1993-2003 para 7,17 km² em 2013-2023, totalizando um ganho de 10,82 km² no período de 1993-2023. As áreas semi-urbanas apresentam um crescimento ainda mais expressivo, com um salto de 6,11 km² na primeira década para 25,47 km² na última, acumulando um ganho impressionante de 42,12 km² no total.

As áreas de assentamentos dispersos ou não urbanas também demonstram uma expansão significativa, com ganhos crescentes em cada década, culminando em um aumento total de 26,72 km² entre 1993 e 2023. Este padrão sugere uma tendência de suburbanização ou expansão de assentamentos periféricos.

Em contrapartida, as áreas naturais e agrícolas apresentam perdas substanciais. O solo descoberto sofreu uma redução maior, com uma perda drástica de 25,21 km² na primeira década, embora essa taxa tenha desacelerado nas décadas seguintes, totalizando uma perda de 57,72 km² ao longo dos 1993-2023. Esta tendência pode indicar tanto a conversão dessas áreas para uso urbano quanto possíveis esforços de recuperação ambiental.

A cobertura vegetal apresenta um padrão interessante, com um ganho inicial de 8,88 km² em 1993-2003, seguido por perdas nas décadas subsequentes, resultando em uma perda líquida de 1,89 km² no período total. Isso pode sugerir inicialmente esforços de reflorestamento ou recuperação, seguidos por pressão de desenvolvimento urbano.

As áreas agrícolas/machamba mostram uma tendência consistente de declínio, com perdas crescentes em cada década, totalizando uma redução de 20,15 km² entre 1993 e 2023. Isso indica uma conversão significativa de terras agrícolas para outros usos, provavelmente de assentamentos.

As áreas pertencentes a classe de água apresentam flutuações menores, com um pequeno ganho na primeira década, seguido por pequenas perdas, resultando em um ganho líquido marginal de 0,10 km² ao longo do período analisado. Essas variações podem estar relacionadas a fatores climáticos ou humanos na gestão hídrica.

Em suma, o gráfico revela uma transformação significativa na paisagem, caracterizada por uma forte expansão de assentamentos humano, com maior destaque para a expansão de áreas semi-urbanas e dispersas, à custa de áreas naturais e agrícolas.

5.3. Análise comparativa das classes de uso e cobertura quanto as áreas que permaneceram, ganharam e perderam para outras classes (1993 – 2023)

Tabela 7: Frequência de mudanças

		Classes 1993							Total em km ² 1993
		Assentamento Urbanizado	Semi-urbanizada	Nao urbanizada	Agua	Cobertura Vegetal	Solo descoberto	Agricultura/Machambas	
Classes	Assentamento Urbanizado	0.5211	0.9135	0.9153	0.018	0.7074	0.1404	0.2457	3.4614
	Semi-urbanizada	1.4454	3.8052	2.3913	0.0108	1.5516	0.3411	0.315	9.8604
	2 Nao urbanizada	2.3751	9.4203	6.7239	0.0864	5.4063	1.7739	1.5543	27.3402
	0 Agua	0.0324	0.0621	0.1296	0	0.0684	0.0378	0.0531	0.3834
	2 Cobertura Vegetal	1.5372	6.0525	7.8336	0.0945	7.9218	1.9989	2.871	28.3095
	3 Solo descoberto	5.6583	23.4828	17.5149	0.1494	15.6168	4.8402	5.4324	72.6948
	Agricultura/Machambas	2.457	8.91	8.9028	0.1323	6.6366	2.25	2.9511	32.2398
	Total em km ² 2023	14.0265	52.6464	44.4114	0.4914	37.9089	11.3823	13.4226	174.2895

Fonte: Elaborado pelo autor (Cross tabulation)

Durante as 3 décadas, a área urbana manteve 0.9 km² e ganhou 1.4 km² da área semi-urbanizada, 2.4 km² da área não urbanizada, 1.5 km² da cobertura vegetal, 5.7 km² de solos descobertos e cerca de 2.5 km² das áreas agrícolas/machambas, em contrapartida perdeu 0.9 km² para a área semi-urbanizada, 0.9 km² da área não urbana, 0.7 km² para cobertura vegetal, 0.1 km² para solos descobertos e 0.2 km² para área agrícola/machambas.

A área semi-urbanizada manteve 3.5 km² e ganhou 0.9 km² dos assentamentos urbanos, 9.4 km² da área não urbana, 6.1 km², 23.5 km² de solos descobertos e 8.9 km² da área agrícola/machambas e perdeu 1.4 km² para área urbana, 2.4 km² para área não urbana, 1.6 km² para cobertura vegetal, 0.3 km² para solo descoberto, 0.3 km² para área agrícola.

A área não urbana manteve 6.7 km², tendo ganho 0.9 km² da área urbana, 2.4 km² da área semi-urbanizada, 7.8 km² da cobertura vegetal, 17.5 km² de solos descobertos e 8.9 km² da área agrícola, tendo perdido 2.4 km² para assentamentos urbanos, 9.4 km² para área semi-urbanizada, 5.4 km² para cobertura vegetal, 1.8 km² para solo descoberto e 1.6 km² para área agrícola.

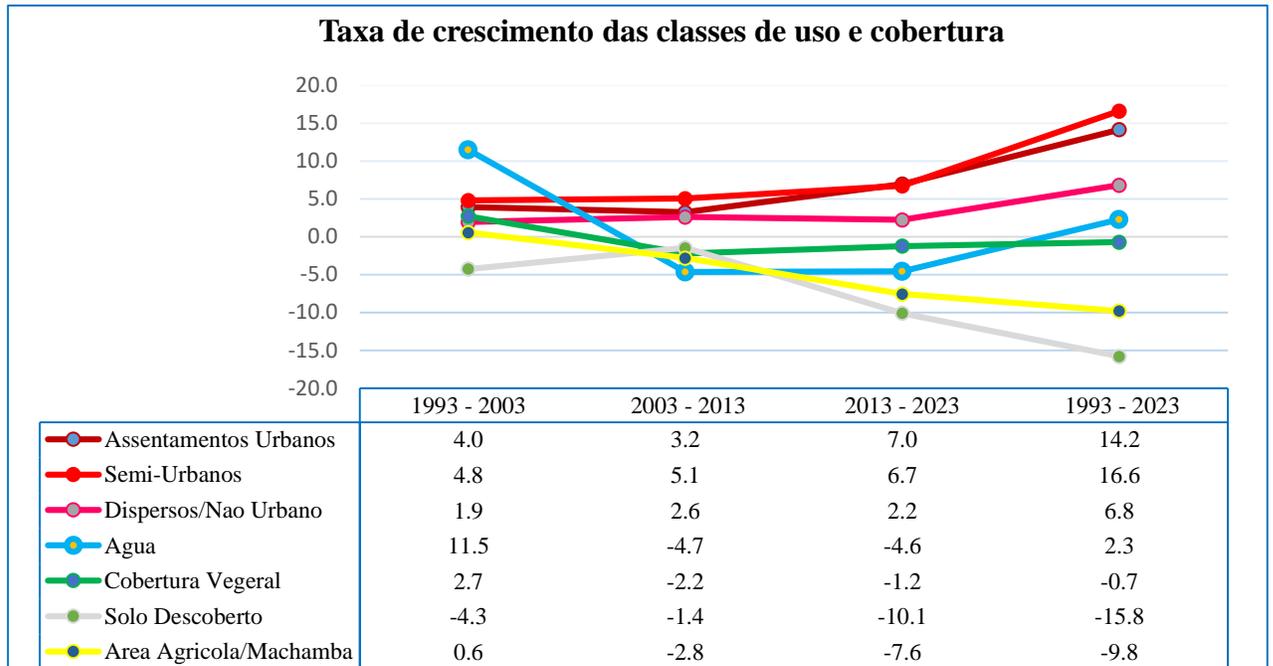
A cobertura vegetal manteve 7.9 km², tendo ganho 0.7 km² de assentamentos urbanos, 1.6 km² de assentamentos semi-urbanizados, 5.4 km² de assentamentos não urbano ou de habitações dispersas, 15.6 km² de solos descobertos e 6.6 km² da área agrícola/machambas, tendo perdido 1.5 km² para a assentamentos urbanos, 6.1 km² para assentamentos semi-urbano, 7.8 km para assentamentos não urbanos, 2 km² para solos descobertos e 2.9 km² para área agrícola.

A área agrícola manteve 3 km², tendo ganho 0.2 km² de assentamentos urbanos, 0.3 km² de assentamentos semi-urbanos, 1.6 km² de assentamentos não urbanos/dispersos, 2.9 km² de cobertura vegetal, e 5.4 km² de solos descobertos, tendo perdido 2.5 km² para assentamentos urbanos, 8.9 km² para assentamentos semi-urbanos, 8.9 km² para assentamentos dispersos, 6.6 km² para cobertura vegetal e 2.3 km² para solos descobertos.

4.1. Taxa de crescimento

O gráfico (4) apresenta a taxa de crescimento anual de diferentes classes de uso e cobertura da terra ao longo de três períodos (1993-2003, 2003-2013, 2013-2023) e uma taxa acumulada para o período total de 1993-2023.

Gráfico 5: Taxa de crescimento anual das classes em análise



Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando as tendências, observa-se que as áreas urbanas e semi-urbanas apresentam um crescimento constante e significativo ao longo de todo o período. Os assentamentos urbanos tiveram um crescimento de 4% em 1993-2003, aumentando para 7% em 2013-2023, resultando em um crescimento acumulado de 14,2% entre 1993-2023. As áreas semi-urbanas apresentaram um padrão semelhante, mas com taxas muito superiores, chegando a 16,6% de crescimento acumulado. As áreas dispersas ou não urbanas também demonstraram um crescimento positivo, embora mais moderado, mantendo-se entre 1,9% e 2,6% por década, com um acumulado de 6,8% no período total.

Em contrapartida, as áreas naturais e agrícolas apresentam tendências de declínio. A cobertura vegetal teve um decréscimo constante, embora leve, culminando em uma redução de 0,7% no período de 1993-2023. O solo descoberto mostrou a queda mais acentuada, especialmente na última década (-10,1%), totalizando uma redução de 15,8% entre 1993-2023.

As áreas agrícolas/machambas apresentaram uma tendência de declínio progressivo, iniciando com um nível de crescimento de 0,6% em 1993-2003, mas depois caindo para -2,8% e -7,6% nas décadas seguintes, resultando em uma redução total de 9,8% no período completo.

A água apresentou um comportamento peculiar, com um crescimento expressivo de 11,5% na década, seguido por declínios nas primeiras décadas subsequentes, resultando em um crescimento modesto de 2,3% no total do período.

Estas tendências sugerem um processo de expansão humana significativo, com o crescimento das áreas urbanas e semi-urbanas ocorrendo às custas de áreas naturais e agrícolas. O declínio acentuado do solo descoberto pode indicar tanto a conversão dessas áreas para uso urbano quanto as possíveis intervenções de recuperação ambiental. A flutuação nas áreas de água pode estar relacionada a fatores climáticos ou a intervenções humanas na gestão de recursos hídricos.

4.2. Factores que impulsionaram a rápida expansão de assentamentos

A rápida expansão dos assentamentos humanos no município de Chimoio entre 1997 e 2017 é resultado de uma complexa interação de factores demográficos e socioeconómicos. Conforme apontado por Hansine e Arnaldo (2019), o crescimento populacional, principal motor dessa expansão, é determinado por três factores fundamentais: natalidade, mortalidade e movimentos migratórios. Analisando estes indicadores no contexto do município de Chimoio, podemos compreender melhor as dinâmicas que impulsionaram o desenvolvimento urbano na região.

A taxa de fecundidade em Chimoio destaca-se como um fator crucial neste processo. Em 1997, a cidade apresentava a taxa mais elevada entre as principais cidades moçambicanas, com 7,1 filhos por mulher, seguido por Tete (6,9), Xai-Xai (6,6) e Nampula (6,5) (INE, 1999; Hansine e Arnaldo, 2019). Embora tenha havido uma redução significativa para 5,7 filhos por mulher em 2007 e 2017 (INE, 2017 & Projeções da população, 2017-2050), Chimoio manteve-se no topo das cidades com maior fecundidade (Ibidem, 2019). Esta alta taxa de natalidade sustentada ao longo do tempo

resultou em um crescimento natural expressivo da população, exercendo pressão contínua sobre a expansão dos assentamentos urbanos.

Paradoxalmente, a alta taxa de mortalidade registada em Chimoio de 43 óbitos por mil habitantes em 2007 (INE, 2009), a mais elevada entre as cidades analisadas, não foi suficiente para conter o crescimento populacional. Este fenômeno ressalta a força do crescimento natural da população, onde o número de nascimentos superou significativamente o número de óbitos, mesmo em face de condições de saúde desafiadoras. A persistência de uma alta taxa de fecundidade, apesar da elevada mortalidade, sugere a presença de factores culturais e socioeconômicos que continuam a influenciar os padrões reprodutivos na região.

Os movimentos migratórios também desempenharam um papel significativo na expansão urbana em Chimoio. Embora os dados específicos para a cidade sejam limitados, as informações sobre a província de Manica oferecem informações valiosas. Entre 1997 e 2007, observou-se uma consistência nos padrões de migração interna, com a maioria dos imigrantes provindo das províncias vizinhas de Sofala (58%), Tete (18,8%) e Zambézia (8,9%) (Raimundo e Muanamoha, 2018). Esta estabilidade nos fluxos migratórios internos indica uma atratividade constante de Chimoio como centro urbano regional. Em 2017 esse fluxo manteve-se o mesmo, com maior parte dos imigrantes provindo das províncias de Sofala (57,7%), Tete (16,6%) e Zambézia (13,4%) (INE & UNFPA, 2023).

Um aspecto particularmente notável é o aumento expressivo da migração internacional, principalmente do Zimbabwe. A proporção de imigrantes zimbabwianos saltou de 3,6% no período 1992-1997 para 26,3% entre 2002-2007 (INE & UNFPA, 2023). Este influxo significativo de migrantes internacionais provavelmente contribuiu para uma aceleração na demanda por habitação e serviços urbanos em Chimoio, intensificando a pressão sobre os assentamentos existentes e estimulando a expansão para novas áreas.

A distribuição das atividades econômicas em Chimoio e na região urbana circundante também exerceu uma influência considerável na atração de população e, conseqüentemente, na expansão dos assentamentos. A concentração de 23,2% dos serviços e 18,8% da atividade industrial nas áreas urbanas, em contraste com apenas 11,7% das atividades agrícolas (INE & UNFPA, 2023), sugere que Chimoio se estabeleceu como um polo de oportunidades econômicas não-agrícolas. Esta concentração de empregos nos sectores secundário e terciário atuou como um forte factor de atração, não apenas para migrantes de outras províncias, mas também para a população rural da própria província de Manica, incentivando a migração rural-urbana e contribuindo para o crescimento dos assentamentos urbanos.

A interação destes factores que envolvem a alta fecundidade, mortalidade elevada (mas insuficiente para conter o crescimento), migração interna e internacional, e concentração de actividades económicas, criou um cenário propício para a rápida expansão dos assentamentos humanos em Chimoio. O crescimento natural da população, impulsionado pela alta fecundidade, forneceu uma base constante de expansão demográfica. Simultaneamente, os fluxos migratórios, especialmente o aumento da imigração internacional, adicionaram uma camada extra de pressão sobre o tecido urbano. A atratividade económica de Chimoio, evidenciada pela concentração de serviços e indústrias, não apenas atraiu mais migrantes, mas também estimulou o desenvolvimento de novas áreas residenciais e comerciais para acomodar a crescente população urbana.

4.3. Limitações do estudo

Este estudo enfrentou algumas limitações importantes que devem ser consideradas na interpretação dos resultados:

Dependência de dados secundários

Devido a coincidência do período de submissão do presente estudo com a realização do estágio, não foi possível realizar o trabalho de campo. A coleta de dados primários, como entrevistas com a população local e visitas in loco para verificar a ocupação do solo, teria enriquecido a análise e proporcionado uma compreensão mais detalhada dos factores sociais e económicos envolvidos na expansão urbana.

A ausência de dados primários colectados em campo fez com que a análise dependesse fortemente de dados secundários como o uso de imagens do Google Earth Pro e de técnicas de sensoriamento remoto. Embora essas fontes sejam confiáveis, elas não substituem a observação directa e a interacção com os moradores, que poderiam fornecer mais informações.

Baixa resolução espacial das imagens de satélite

As imagens de satélite utilizadas no estudo tinham resolução espacial limitada, o que dificultou a distinção precisa de alguns pixels, especialmente em áreas onde a transição entre diferentes classes de uso da terra (por exemplo, áreas urbanas, semi-urbanas e não urbanas). Isso pode ter impactado a precisão da classificação em algumas áreas de uso e cobertura da terra.

CAPÍTULO VI: CONCLUSÃO

5. Conclusão e recomendações

Os resultados deste estudo evidenciam o rápido crescimento e expansão dos assentamentos humanos no município de Chimoio ao longo das últimas três décadas. Esse crescimento, embora impulsionado pelo aumento populacional e pela migração para áreas urbanas, levanta preocupações em relação à sustentabilidade ambiental e à capacidade de suporte da infraestrutura urbana.

A rápida expansão dos assentamentos humanos em Chimoio entre 1997 e 2017 é o resultado de uma confluência de factores demográficos e socioeconómicos. A alta taxa de fecundidade, combinada com padrões migratórios dinâmicos e a atractividade económica da cidade, criou um ambiente propício para o crescimento urbano acelerado. Esta análise ressalta a importância de uma abordagem holística no planeamento urbano, que leve em consideração não apenas as tendências demográficas, mas também os factores socioeconómicos que moldam o desenvolvimento urbano. Para Chimoio, o desafio futuro será equilibrar este crescimento com um desenvolvimento sustentável e equitativo, garantindo que a expansão dos assentamentos humanos seja acompanhada por uma melhoria na qualidade de vida de todos os seus habitantes.

É urgente que sejam implementadas políticas de planeamento urbano que priorizem a ocupação sustentável e a preservação das áreas de vegetação remanescente. Recomenda-se também a promoção de programas de reflorestamento e a criação de zonas de protecção ambiental que possam mitigar os impactos negativos da urbanização.

Recomendações para estudos futuros

Realização de trabalho de campo: Estudos futuros devem incluir trabalho de campo para complementar as análises espaciais. Visitas ao terreno permitirão verificar a precisão dos mapas de uso e cobertura da terra, além de captar dados qualitativos que expliquem as dinâmicas humanas por trás da expansão urbana. Entrevistas com autoridades locais e moradores podem fornecer informações sobre as motivações socioeconómicas e os desafios enfrentados pela população local.

Utilização de imagens de satélite de alta resolução: Recomenda-se que, em estudos futuros, sejam utilizadas imagens de satélite com maior resolução espacial, como as obtidas a partir de fontes como o satélite Sentinel ou até mesmo drones, que fornecem imagens com maior detalhamento. Isso permitirá uma análise mais precisa das mudanças no uso da terra e uma distinção mais clara das diferentes classes de cobertura.

Referências bibliográficas

Alberti, M. (2005). *Os efeitos dos padrões urbanos na função do ecossistema*. International Regional Science Review , 28 (2), 168-192. <https://doi.org/10.1177/0160017605275160>.

Anderson, JR., Hardy, E., Roach, J., & Witmer, R. (1976). *A land use and land cover classification system for use with remote sensor data*. US Geological Survey Professional Paper 964. Reston, VA: US Geological Survey.

Anderson, LO e Shimabukuro, YE (2016). *Classificação espectral de imagens de sensoriamento remoto*. São José dos Campos: INPE.

Angel, S., Parent, J., Civco, DL, Blei, A., & Potere, D. (2011). *As dimensões da expansão urbana global: estimativas e projeções para todos os países, 2000–2050*. Progress in Planning, 75(2), 53-107.

Araújo, M. (2003). *Os espaços urbanos em Moçambique*. GEOUSP Espaço e tempo, 7 (14), 165-182.

Arnaldo, C., & Muanamoha, R. (2011). *Comportamento demográfico e desafios de desenvolvimento sócio-económico em Moçambique*. Estudos demográficos: revista do gabinete de Estudos Demográficos do Instituto Nacional de Estatística.

Banco Mundial. (2022). *Taxa de crescimento populacional em Moçambique*. Disponível em: <<http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators>>. Acesso em 14/03/2024.

Bulleco, A. (2002). *Classificação de imagens de sensoriamento remoto baseada em textura Por redes neurais*. Dissertação (Mestre em Sensoriamento Remoto) Centro Estadual De Pesquisa Em Sensoriamento Remoto E Meteorologia – Cepsrm. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002

Campbell, JB, & Wynne, RH (2011). *Introdução ao Sensoriamento Remoto (5ª ed.)*. The Guilford Press.

Conselho Municipal de Chimoio. (2011). *Plano Estratégico de Desenvolvimento do Município de Chimoio 2011 – 2021*.

Cumbane, C., Mabunda, G., & Neves, F. (2017). *Análise da expansão da área urbana da cidade de Maputo utilizando imagens de satélite Landsat*. Revista de ciências agraria 40 (Especial), 183-196.

De Deus, S. (2014). *Análise de consumo da madeira para fins de energia doméstica em três postos administrativos municipais da cidade de Chimoio*. FAEF, UEM.

Dyson, T. (2011). *The role of the demographic transition in the process of urbanization*. In: Population and Development Review, 37(s1), pp. 34-54.

Eastman, J. R. (2020). *Manual TerrSet 2020*. Clark Labs, Clark University.

Ferreira, M. (2021). *Impactos do processo de urbanização sobre a estrutura verde municipal, caso do município de Nampula (2005-2020)*.

Fijamo, D., & Mazembe, A. (2021). *A regulação fundiária nos assentamentos informais em Moçambique: o caso da unidade comunal Amílcar Cabral, no município de Nampula*.

Grimm, N., Faeth, S., Golubiewski, N., & Redman, C. (2008). *Global Change and the Ecology of Cities*. Science 319(5864):756-60. DOI:[10.1126/science.1150195](https://doi.org/10.1126/science.1150195)

Hansine, R., & Arnaldo, C. (2019). *Natureza demográfica e consequências do crescimento urbano em Moçambicano*.

Hermind, K & Nhaca, F. (2008). *Estratégia de desenvolvimento da cidade de Chimoio – Banco de dados*.

Instituto Nacional de Estatística & Fundo das Nações Unidas para a População. (2023). *Migração e Urbanização em Moçambique*.

Instituto Nacional de Estatística. (2019). *Recenseamento Geral da População e Habitação 2017: Resultados Definitivos – Província de Manica*. Maputo: Instituto Nacional de Estatística.

Instituto Nacional de Estatística. (2022). *Anuário Estatístico 2021*. Maputo: Instituto Nacional de Estatística.

Instituto Nacional de Estatística. (2023). *Anuário Estatístico província de Manica*.

Jenkis, P. (2001). *Mercados de terras urbanas no Moçambique pós-socialismo. Seu impacto sobre a população vulnerável: alternativas para melhorar o acesso à terra e o processo de desenvolvimento urbano Projecto de pesquisa e acção nas áreas peri-urbanas de Maputo*. Maputo: Centro de Estudos de Desenvolvimento do Habitat da Universidade Eduardo Mondlane

Jensen, JR (2015). *Processamento de Imagem Digital Introdutório: Uma Perspectiva de Sensoriamento Remoto (4ª ed.)*. Pearson.

Lakatos, E., & Marconi, M. (2003). *Fundamentos de metodologia científica*. 5. Ed. São Paulo: Atlas.

Lillesand, T., Kiefer, R.W. & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation*.

Macamo, S. (2018). *Análise da expansão urbana da cidade de Nampula, Moçambique, através de dados de sensoriamento remoto*. Revista de Geografia e Ordenamento do Território, (14), 259-282.

Magalhães, I., Brito Júnior, L., & Pena, F. (2014). *Use of Applied Geotechnology for Analysis of the Permanent Preservation Area - APP of Bico da Pedra Lake, in the Municipality of Janaúba, MG*. Journal of Hyperspectral Remote Sensing 4, 153-160.

Mahumane, A., Muanamoha, R., Artur, L., & Ussene, C. (2019). *Mapeamento da expansão urbana da cidade de Maputo, Moçambique, através de imagens de satélite Landsat*. Revista de Geografia e Ordenamento do Território, (16), 185-205.

Mate, C., Macamo, S., & Falcão, M. (2021). *Análise da expansão urbana da cidade de Nampula, Moçambique, usando dados de sensoriamento remoto e informações socioeconómicas*. Revista de Geografia e Ordenamento do Território, (20), 153-175.

Matos, E., & Medeiros, R. (2010). *Evolução e distribuição espacial da população na cidade de Mocuba*.

Mazalo, E. (2018). *Cartografia de ocupação da terra com imagens Landsat para o distrito de Marracuene – Moçambique*.

Ministério da Educação e Cultura. (2009). *Estudo de impacto e plano de gestão ambiental e social do “centro modelo provincial de educação à distância” Chimoio – manica*. Maputo.

Ministério para Coordenação da Acção Ambiental e Direcção Nacional de Planeamento e Ordenamento Territorial. (2006). *Manual de Técnicas Básicas de Planeamento Físico*. 1.ed, Maputo.

Moreira, M. (2007). *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. 3.ed. Viçosa, MG: UFV.

Muanamoha, R., & Raimundo, I. (2018). *Cartografia da migração interna em Moçambique entre 1997 e 2007*. REMHU, *Rev. Interdiscip. Mobil. Hum.*, Brasília, v. 26, n. 54, dez. 2018, p. 31-59.

Muchangos, A. (1999). *Moçambique: Paisagens e Regiões Naturais*.

Neves, D., Dumpua, E., & Lima, C. (2020). *Desenvolvimento urbano e cidade: contexto e práticas da integração regional da cidade de Chimoio, Moçambique*. *Revista GeoSertões (Unageo-CFP-UFCG)*. Vol. 5, nº 9.

Nhantumbo, I., Salomao, A., & Cotula, L. (2018). *Desenvolvimento da política fundiária de Mocambique em contexto*.

Nogueira, T. (2017). *Análise das características geomorfológicas de Chimoio e suas implicações para o uso do solo*. *Geociências em Mocambique*, 15(4), 33-47.

Olofsson, P., Foody, GM, Herold, M., Stehman, SV, Woodcock, CE, & Wulder, MA (2014). *Boas práticas para estimar área e avaliar precisão de mudança de terra*. *Sensoriamento Remoto do Meio Ambiente*, 148, 42-57.

ONU-HABITAT. (nd). *Resumo nacional Moçambique: Promover a urbanização sustentável em Moçambique como motor de desenvolvimento socioeconómico, da resiliência climática e da paz*.

Population Reference Bureau. (2024). *2024 Population World Sheet*. Disponível em: <<https://2024-wpds.prb.org/>>. Acesso aos: 13/10/2024.

Portal do Governo. (2019). *Presidente da república inaugura estrada Beira-Inchope-Machipanda*. Disponível em: < <https://portaldogoverno.gov.mz/por/imprensa/PR-recebe-primeira-ministra-da>

[Italia-Giorgia-Meloni/Presidente-da-Repulica-inaugura-estrada-Beira-Inchope-Machipanda](#)>.

Acesso aos: 27/09/2024.

Rafael, J. (2022). *Procedimento de análise espacial para identificação de potenciais áreas de desenvolvimento*. UEM, Maputo.

Raposo, A. (1999). *Análise da ocupação da força de trabalho na cidade de Chimoio: Um estudo de caso na Localidade Ubana N°3*.

Richard, J., e Koch, G. (1977). *The measurement of observer agreement for categorical data*. *International Biometric Society*, 33(1), 159-174. <https://doi.org/10.2307/2529310>

Richards, JA, & Jia, X. (2006). *Análise de imagens digitais de sensoriamento remoto: uma introdução (4ª ed.)*. Springer.

Santos, S. V. (2019). *Análise espaço-temporal do uso e ocupação do solo no assentamento “Maria Tereza”, município de Ribeirão Cascalheira – MT*.

Sousa, A. e Silva, J. (2011). *Fundamentos Teóricos de Detecção Remota*. Universidade de Évora - Departamento de Engenharia.

South Africa Environment Outlook. (nd). *Chapter 9: Human Settlements*.

Stehman, SV, & Foody, GM (2019). *Principais questões na avaliação rigorosa de precisão de produtos de cobertura de terra*. *Sensoriamento Remoto do Meio Ambiente*, 231, 111199

Taubenböck, H., Esch, T., Felbier, A., Wiesner, M., Roth, A., & Dech, S. (2012). *Monitoramento da urbanização em megacidades a partir do espaço*. *Sensoriamento Remoto do Meio Ambiente*, 117, 162-176.

The World Bank. (2024). *People*. Disponível em:< <https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/themes/people.html>>. Acesso aos: 13/10/2024.

UFMS. (2024). *Composição falsa cor*. Disponível em: <<http://coralx.ufms.br/ifcrs/metodomapa.htm#topo>>. Acesso em 27/09/2024

Anexos:

Anexo 1: Pontos de amostragens estratificadas e resultados da acurácia e Índice kappa (Acatama)

Figura 6: Pontos de amostragem e resultados da acurácia

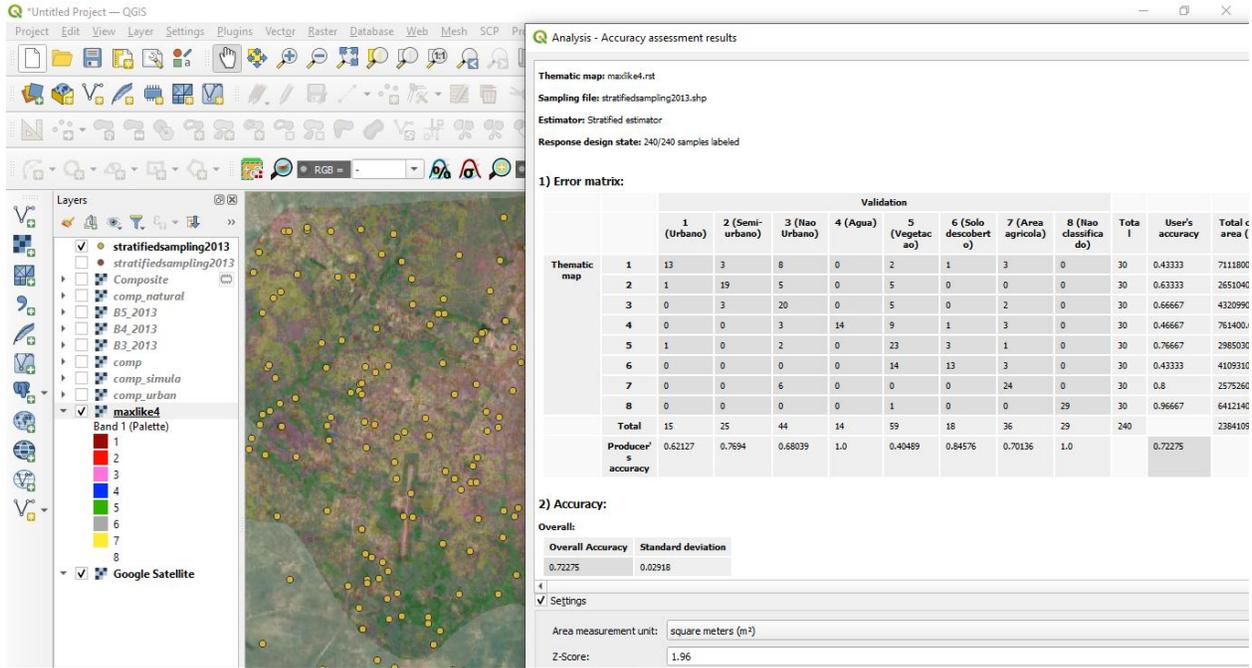


Figura 7: Resultados da acurácia e Índice kappa de 1993 (Acatama)

Analysis - Accuracy assessment results

Thematic map **Maxlike1993**
 Sampling file: stratifiedsampling93.shp
 Estimator: Stratified estimator
 Response design state: 240/240 samples labeled

1) Error matrix:

		Validation								Total	User's accuracy
		1 (Urbano)	2 (Semi-urbano)	3 (Disperso)	4 (Agua)	5 (Vegetacao)	6 (Solo descoberto)	7 (Area agricola)	8 (Nao classificado)		
Thematic map	1	13	2	3	0	6	6	0	0	30	0,43333
	2	2	18	4	0	5	1	0	0	30	0,6
	3	0	0	12	0	0	18	0	0	30	0,4
	4	0	0	0	15	13	1	1	0	30	0,5
	5	0	0	0	0	27	2	1	0	30	0,9
	6	0	0	0	0	1	29	0	0	30	0,96667
	7	0	0	0	0	0	0	30	0	30	1
	8	0	0	0	0	0	0	0	30	30	1
Total		15	20	19	15	52	57	32	30	240	
Producer's accuracy		0,69529	0,96246	0,86815	1	0,83801	0,78431	0,97119	1		0,88358

2) Accuracy:

Overall:	
Overall Accuracy	Standard deviation
0,88358	0,01649

Urbano	0,01	Kappa
Semi	0,01	
Nao Urt	0,01	
Agua	0,03	
Vegeta	0,03	
Solo de Machar	0,02	
	0,13	0,63

Figura 8: Resultados da acurácia e Índice kappa de 2003 (Acatama)

Analysis - Accuracy assessment results

Thematic map: **Maxlike2003**
 Sampling file: stratified sampling.shp
 Estimator: Stratified estimator
 Response design state: 240/240 samples labeled

1) Error matrix:

		Validation								Total	User's accuracy
		1 (Urbano)	2 (Semi-urbano)	3 (Nao urbano)	4 (Agua)	5 (Vegetacao)	6 (Solo descoberto)	7 (Area agricola)	8 (Nao classificado)		
Thematic map	1	16	0	3	0	9	2	0	0	30	0,53333
	2	1	14	4	0	6	5	0	0	30	0,46667
	3	0	0	22	0	2	5	1	0	30	0,73333
	4	0	0	0	8	18	4	0	0	30	0,26667
	5	0	0	1	0	17	12	0	0	30	0,56667
	6	0	0	2	0	1	27	0	0	30	0,9
	7	0	0	3	0	0	0	27	0	30	0,9
	8	0	0	0	0	0	0	0	30	30	1
Total		17	14	35	8	53	55	28	30	240	
Producer's accuracy		0,8374	1	0,69962	1	0,69471	0,64449	0,96517	1		0,81154

2) Accuracy:

Overall:	
Overall Accuracy	Standard deviation
0,81154	0,02379

Urbano	0,01	Kappa
Semi	0,01	
Nao Urt	0,02	
Agua	0,00	
Vegeta	0,03	
Solo de Machar	0,01	
	0,11	0,59

Figura 9: Resultados da acurácia e Índice kappa de 2013 (Acatama)

Analysis - Accuracy assessment results

Thematic map: maxlike4_2013.rst
 Sampling file: stratifiedsampling2013.shp
 Estimator: Stratified estimator
 Response design state: 240/240 samples labeled

1) Error matrix:

		Validation								Total	User's accuracy
		1 (Urbano)	2 (Semi-urbano)	3 (Nao urbano)	4 (Agua)	5 (Vegetacao)	6 (Solo descoberto)	7 (Area agricola)	8 (Nao classificado)		
Thematic map	1	13	3	8	0	2	1	3	0	30	0,43333
	2	1	19	5	0	5	0	0	0	30	0,63333
	3	0	3	20	0	5	0	2	0	30	0,66667
	4	0	0	3	14	9	1	3	0	30	0,46667
	5	1	0	2	0	23	3	1	0	30	0,76667
	6	0	0	0	0	14	13	3	0	30	0,43333
	7	0	0	6	0	0	0	24	0	30	0,8
	8	0	0	0	0	1	0	0	29	30	0,96667
Producer's accuracy		0,62127	0,7694	0,68039	1	0,40489	0,84576	0,70136	1		0,72275

2) Accuracy:

Overall:	
Overall Accuracy	Standard deviation
0,72275	0,02918

Urbano	0,01	Kappa
Semi	0,01	
Nao Urt	0,02	
Agua	0,01	
Vegeta	0,03	
Solo de	0,02	
Machar	0,02	
	0,12	
		0,47

Figura 10: Resultados da acurácia e Índice kappa de 2023 (Acatama)

Analysis - Accuracy assessment results

Thematic map: maxlike_2023.rst
 Sampling file: stratified sampling2023.shp
 Estimator: Stratified estimator
 Response design state: 210/210 samples labeled

1) Error matrix:

		Validation							Total	User's accuracy
		1 (Urbano)	2 (Semi-urbano)	3 (Nao urbano)	4 (Agua)	5 (Vegetacao)	6 (Solo descoberto)	7 (Area agricola)		
Thematic map	1	8	5	11	0	3	3	0	30	0,26667
	2	0	11	14	0	3	2	0	30	0,36667
	3	0	2	27	0	0	0	1	30	0,9
	4	0	0	0	11	13	3	3	30	0,36667
	5	0	3	1	0	25	1	0	30	0,83333
	6	0	2	2	0	7	18	1	30	0,6
	7	1	2	2	0	2	0	23	30	0,76667
Producer's accuracy		0,89237	0,64206	0,5484	1	0,75167	0,53612	0,84242		0,74211

2) Accuracy:

Overall:	
Overall Accuracy	Standard deviation
0,74211	0,03568

Urbano	0,006	Kappa
Semi	0,017	
Nao Urt	0,039	
Agua	0,007	
Vegeta	0,036	
Solo de	0,018	
Machar	0,019	
	0,143	
		0,46