

MOATIZE: URBANIZAÇÃO E MEIO AMBIENTE

MOATIZE: URBANIZATION AND ENVIRONMENT

Geraldo Félix Pita DUARTE¹, Eduardo Félix Pita DUARTE²

¹Instituto Médio de Ciências e Tecnologias (IMECTEC), Departamento de Agricultura. Avenida da Independência, 205, Bairro Francisco Manyanga, Cidade de Tete, Província de Tete, Moçambique. E-mail: geraldoflx@gmail.com

²Universidade Zambeze, Faculdade de Ciências Agrárias. Vila de Ulónguè, Distrito de Angónia, Província de Tete, Moçambique. E-mail: eduardo.duarte@uzambeze.ac.mz

Introdução

Importância econômica do distrito de Moatize
Crescimento urbano em Moatize nas últimas décadas
Catalisadores do crescimento urbano
Impacto na demografia local
Urbanização e concentração populacional

Material e métodos

Localização, superfície e população
Aquisição de imagens
Landsat 4-5 TM (1990)
Sentinel-2 (2020)
Pré-processamento das imagens
Cálculo do NDVI
Recorte da imagem
Reclassificação do NDVI
Análise e visualização

Resultados e discussão

Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)
Classificação com base no NDVI
Vegetação não modificada
Vegetação modificada
Hidrologia
Ações antrópicas
Relação entre NDVI e diferentes tipos de classes

Conclusão

Referências

RESUMO - A urbanização em Moatize, Moçambique, nas últimas décadas, tem causado transformações significativas no ambiente. O uso de imagens de satélite, como Sentinel-2A e Landsat 4-5 TM, revela uma redução na densidade e saúde da vegetação devido à expansão urbana e práticas agrícolas. As áreas de Vegetação Não Modificada diminuíram, enquanto as Ações Antrópicas aumentaram, indicando a influência direta da urbanização. Essas mudanças ressaltam a necessidade de um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental, promovendo práticas sustentáveis e a conscientização sobre a importância da preservação da vegetação natural. Medidas eficazes são essenciais para garantir um futuro ambientalmente sustentável em Moatize e regiões similares.
Palavras-Chaves: Urbanização. Meio Ambiente. Moatize. Moçambique.

ABSTRACT - Urbanization in Moatize, Mozambique, in recent decades, has brought about significant transformations in the environment. The use of satellite imagery, such as Sentinel-2A and Landsat 4-5 TM, reveals a decrease in vegetation density and health due to urban expansion and agricultural practices. Unmodified Vegetation areas have decreased, while Anthropogenic Actions have increased, indicating the direct influence of urbanization. These changes highlight the need for a balance between economic development and environmental conservation, promoting sustainable practices and raising awareness about the importance of preserving natural vegetation. Effective measures are essential to ensure an environmentally sustainable future in Moatize and similar regions.

Keywords: Urbanization. Environment. Moatize. Mozambique.

INTRODUÇÃO

A urbanização costuma ser definida como um processo de desenvolvimento econômico e social resultante da transformação de uma economia rural para uma economia cuja dinâmica é concentrada nas áreas urbanas (Tucci, 2008). O acelerado e caótico processo de urbanização

, a forte industrialização que causa o consumo excessivo de recursos naturais e diversas formas de poluição, a ausência de políticas públicas

abrangentes e efetivas para o tratamento de questões próprias do espaço urbano causam diversos tipos de impactos ambientais. Esses impactos comprometem a qualidade de vida nos centros urbanos, provocando enchentes, erosões, poluição do solo e do ar, contaminação dos corpos hídricos por esgoto sanitário e industrial, diminuição de áreas verdes e permeáveis e produção excessiva de resíduos sólidos, com

consequente descarte irregular dos mesmos em locais inadequados (Lírio & Moura, 2017).

Ainda segundo Lírio & Moura (2017), o crescimento populacional, sobretudo em países em desenvolvimento, é um aspecto gerador de centros urbanos com alta densidade demográfica e com problemas ambientais graves relacionados, desafiando os governos e implicando na necessidade da adoção de agendas que tratem sobre as problemáticas e apontem soluções efetivas para o enfrentamento das questões que se apresentam.

Para uma adequada percepção da abrangência dos problemas e dos desafios decorrentes do crescimento urbano, é preciso observar também que o número de grandes cidades está aumentando rapidamente, e o fluxo de migração de pessoas do espaço rural para as cidades tem gerado inúmeros desafios para o planejamento urbanístico-ambiental, incluindo a previsão da manutenção de um meio ambiente preservado e de um espaço urbano sustentável (Lírio & Moura, 2017).

Importância econômica do Distrito de Moatize

Moatize, um distrito situado na província de Tete, em Moçambique, desempenha um papel de destaque no cenário econômico regional devido à sua riqueza em recursos naturais, especialmente o carvão mineral. A exploração do carvão mineral em Moatize emerge como um fator substancial no desenvolvimento econômico da região (Cebola, 2018).

A mineração de carvão mineral em Moatize tem atraído investimentos significativos e impulsionado o crescimento econômico local. Empresas proeminentes, como a Vulcan S.A., mineradora indiana, desempenham um papel crucial nesse setor. Além disso, a expansão das operações da Vale S.A., mineradora brasileira, para Moçambique, contribuiu no passado para o desenvolvimento de atividades econômicas na região.

Embora a mineração de carvão tenha um impacto notável, Moatize também abriga outros setores econômicos igualmente relevantes. A agricultura, por exemplo, representa um campo com grande potencial para expandir o emprego e contribuir para o crescimento econômico da região. Aumentar a produtividade agrícola é uma recomendação fundamental, visando a geração de empregos e o fortalecimento da economia local (Cebola, 2018).

A importância econômica de Moatize está intrinsecamente ligada à sua localização geo-

gráfica. O distrito de Moatize, situado na região da África Austral, desempenha um papel central como polo econômico regional. Sua localização estratégica e a presença de recursos naturais valiosos, como o carvão mineral, têm atraído investimentos substanciais e contribuído para o desenvolvimento econômico da região.

Crescimento urbano em Moatize nas últimas décadas

O distrito de Moatize, situado em Moçambique, testemunhou um significativo crescimento urbano ao longo das últimas décadas, com especial destaque para a cidade homônima de Moatize. Este crescimento foi impulsionado por uma série de fatores, incluindo a expansão dos megaprojetos de mineração na região, que atraiu um grande número de migrantes de outras partes do país e do exterior em busca de oportunidades de emprego e melhores condições de vida.

Essa expansão urbana se manifestou na transformação da paisagem urbana de Moatize, com o surgimento de novos bairros, o desenvolvimento de infraestrutura urbana, como estradas, escolas e hospitais, e a proliferação de serviços comerciais e de lazer para atender às necessidades da crescente população.

No entanto, o crescimento urbano também trouxe consigo uma série de desafios, incluindo a pressão sobre os serviços públicos, como saneamento básico, abastecimento de água e coleta de resíduos, bem como a necessidade de planejamento urbano adequado para garantir um desenvolvimento sustentável e mitigar os impactos negativos no meio ambiente e na qualidade de vida dos residentes.

Catalisadores do crescimento urbano

O crescimento de Moatize pode ser atribuído a dois fatores principais. Primeiramente, o aumento da renda média da população, alimentado pela atividade mineradora, levou a uma urbanização rápida. Em segundo lugar, o desenvolvimento econômico significativo, principalmente na indústria de mineração, transformou a cidade de Moatize no epicentro dessa transformação urbana. O destaque fica para a transição da categoria de Vila para Cidade em 25 de fevereiro de 2020, um testemunho do crescimento exponencial que a região experimentou.

Impacto na demografia local

Os dados demográficos são reveladores. Entre os censos de 1997 e 2007, a Província de Tete, que engloba Moatize, testemunhou um aumento notável de sua população, saltando de 1.144.604

habitantes para 1.807.485 habitantes. Isso equivale a uma taxa média anual de crescimento de 4,6%, substancialmente superior à média nacional de 2,7% (Ministério de Administração Estatal, 2014). Esse crescimento significativo representou um aumento de 662.881 habitantes em apenas uma década.

O censo de 2017 revelou um cenário ainda mais marcante. A população da Província de Tete aumentou 46,6%, alcançando 2.648.941 habitantes. Com esses números, Tete conquistou o título de terceira província mais populosa de Moçambique (Instituto Nacional de Estatística, 2019).

Urbanização e concentração populacional

Moatize, com uma área de 8.462 km² e uma densidade populacional de 34,5 hab/km², atingiu 450 mil habitantes em 2020 (Ministério da Administração Estatal, 2014). Esse crescimento populacional notável não se distribuiu uniformemente pelo distrito, concentrando-se nas sedes dos Postos Administrativos, especialmente ao longo das principais estradas nacionais e regionais.

Destaca-se a urbanização exponencial da cidade de Moatize, sede do distrito, impulsionada pelos megaprojetos de mineração que atraíram milhares de pessoas. Em 1997, a cidade tinha 26.560 habitantes, número que certamente aumentou consideravelmente nas últimas décadas. Em 2007, a população do distrito era de 215.092 habitantes, aumentando para 260.840 em 2020, um crescimento de 17% (Gove, 2022).

A mineração tornou Moatize um centro dinâmico de transformação demográfica e econômica em Moçambique. A mudança de categoria de Vila para Cidade em 2020 evidencia essa transformação. O aumento da renda média e o desenvolvimento econômico geraram esperanças e desafios para a região, com uma população e uma economia em expansão

Esse crescimento populacional significativo pode indicar um aumento do crescimento urbano em Moatize, com a formação de aglomerações e possíveis impactos sociais e ambientais. O aumento da população pode levar a desafios relacionados ao saneamento básico, infraestrutura social, conflitos culturais e sustentabilidade ambiental na região.

Aplicação do sensoriamento remoto na detecção de cobertura da terra

O sensoriamento remoto tem sido aplicado em diversas questões de manejo para minimizar a erosão e a degradação do solo (Musa & Jiya, 2011). Isso ocorre porque o sensoriamento remoto

fornece classificação da paisagem, identificando áreas suscetíveis à erosão, além de permitir o mapeamento de cursos de córregos e rios.

Um exemplo notável é o estudo realizado por Ventura et al. (2021), que utilizou a caracterização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para avaliar o estado geral de degradação ambiental no médio curso do Rio Ceará.

Adeniyi (1985) afirma que um dos usos mais comuns das técnicas de sensoriamento remoto é a identificação de mudanças no uso da terra. Ainda segundo Adeniyi (1985), o mapeamento do sistema terrestre a partir de imagens de pequena escala, como imagens terrestres e de radar, pode ser mais útil do que mapas de contorno para fins de planejamento geral, especialmente em regiões extensas.

No entanto, vale ressaltar que essa afirmação não está de acordo com o argumento de Jeje (1986), que sugere que a banda do infravermelho médio das imagens terrestres é especialmente útil para mapear a degradação do solo, enquanto o radar é menos adequado para mapear o uso da terra.

Dados de satélites locais e terrestres estão disponíveis em formatos fotográficos ou digitais. No formato fotográfico, as imagens estão disponíveis em impressões ou transparências em diversas escalas. Uma vantagem das imagens fotográficas é a simplicidade e o baixo custo das ferramentas de interpretação necessárias, como uma simples mesa de luz ou dispositivo de projeção.

Com informações digitais, os usuários precisam de sistemas de análise de imagens baseados em computador para manipular e interpretar os dados. No entanto, esses sistemas digitais oferecem grande potência e flexibilidade, auxiliando no aprimoramento de imagens, no registro de múltiplas imagens, no registro com mapas digitais e na classificação digital de imagens (Musa & Jiya, 2011).

À medida que avançamos para o futuro, a necessidade de informações de alta qualidade levará ao uso rotineiro de dados de satélites e sensores aéreos para aprimorar as atividades de manejo. Atualmente, existem sistemas de análise digital disponíveis para computadores pessoais, complementados com monitores coloridos e *software* adequado.

Dispositivos mais interativos que utilizem sistemas de informação geográfica baseados em computador facilita a combinação de conjuntos

de dados estáticos, como mapas de solos ou cadastrais, com dados de detecção remota, proporcionando informações atualizadas sobre elementos em constante mudança, como o uso da terra e a agricultura.

Esses sistemas certamente facilitarão o planejamento e a tomada de decisões para aqueles que trabalham na agricultura. Conforme Campbell (1983) observou em seus estudos de uso da terra, a criação de mapas comparativos entre dois períodos de tempo é geralmente realizada para compreender as mudanças.

Adeniyi (1980) apresentou um bom exemplo de como a detecção de mudanças usando fotografias aéreas sequenciais foi realizada em Lagos, Nigéria. Adefolalu (1986) usou uma combinação de dados SLAR e LANDSAT com

observações de campo para estudar a situação da vegetação e do uso da terra na África Ocidental e na Nigéria.

O desenvolvimento de índices de vegetação a partir de imagens de satélite facilitou o processo de diferenciação e mapeamento da vegetação, fornecendo informações valiosas sobre sua estrutura e composição.

O principal objetivo deste estudo é analisar o processo de urbanização e seu impacto no meio ambiente no distrito de Moatize, Moçambique. Este estudo visa contribuir para uma compreensão mais aprofundada das interações complexas entre urbanização, crescimento econômico e meio ambiente em Moatize, fornecendo informações valiosas para o planejamento e a gestão sustentável da região.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização, superfície e população

O distrito de Moatize, situado a 20 km do Município de Tete, encontra-se no nordeste da capital provincial, entre os paralelos 15°37' e 16°38' de latitude Sul, e entre os meridianos 33°22' e 34°28' de longitude Este (Figura 1).

É circundado ao Norte pelos distritos de

Chiúta e Tsangano; a Leste pela República do Malawi; ao Sul pelos distritos de Tambara, Guro, Changara e o Município de Tete, através do rio Zambeze, e Mutarara, através do rio Mecombedzi; e a Oeste pelos distritos de Chiúta e Changara (Ministério de Administração Estatal, 2014).

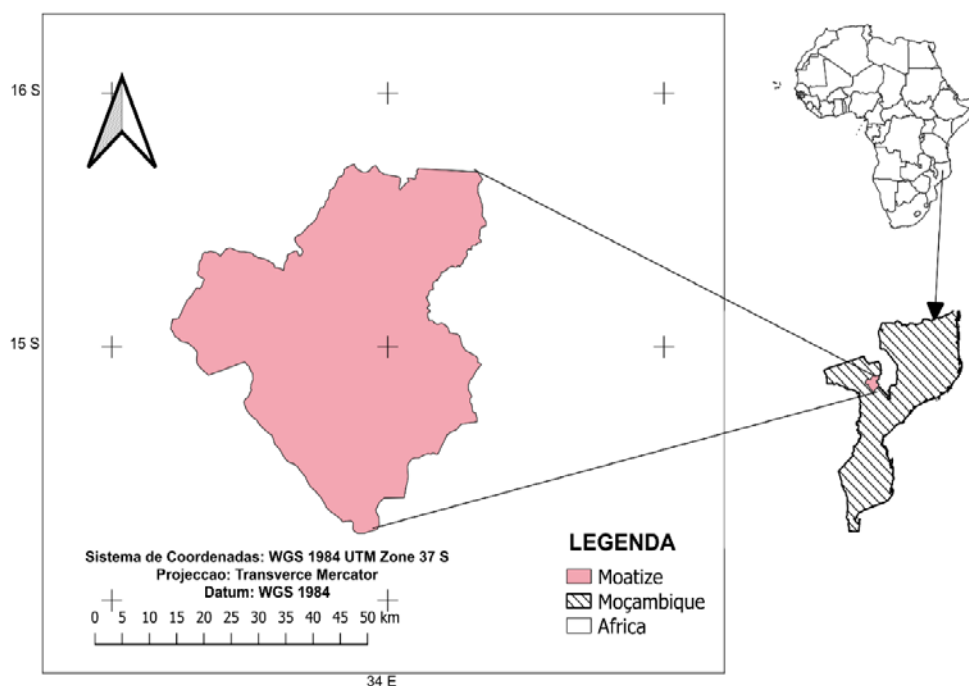


Figura 1 – Localização geográfica do distrito de Moatize

Aquisição de imagens

Para a análise da cobertura vegetal no distrito de Moatize, foram adquiridas imagens de satélite de duas missões distintas: Landsat 4-5 TM em 1990 (31 de outubro) e Sentinel-2 em 2020 (10 de outubro), através do portal da EO Browser (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>).

Landsat 4-5 TM (1990)

- **Missão:** Utilizamos imagens do Landsat 4-5 TM (Thematic Mapper) para o ano de 1990. Essa missão proporciona uma resolução espacial de 30 metros e é conhecida por seu registro histórico de dados de sensoriamento remoto.

- **Bandas utilizadas:** No Landsat 4-5 TM,

foram selecionadas as bandas 3 (vermelho) e 4 (infravermelho próximo) para a análise do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). **Sentinel-2 (2020)**

- **Missão:** Foram utilizadas imagens do Sentinel-2 para o ano de 2020. O Sentinel-2 é uma missão de sensoriamento remoto desenvolvida pela ESA (Agência Espacial Europeia), com capacidade para adquirir imagens em alta resolução.

- **Bandas utilizadas:** No Sentinel-2, selecionamos as bandas 4 (vermelho) e 8 (infravermelho próximo) para calcular o NDVI.

- **Resolução espacial:** As imagens do Sentinel-2 oferecem uma alta resolução espacial de 10 metros, o que é fundamental para a análise de mudanças na cobertura vegetal.

Pré-processamento das imagens

Após a obtenção das imagens, foram realizadas as correções atmosféricas. Para garantir que todas as camadas de dados estivessem no mesmo sistema de referência e possibilitar a análise comparativa entre as imagens de Landsat 4-5 TM (1990) e Sentinel-2 (2020), utilizou-se o Sistema de Referência Espacial WGS84/UTM zona 37S. Isso é essencial para manter a coerência espacial e a compatibilidade entre as imagens de ambas as missões.

Essa abordagem permitiu uma análise eficaz da cobertura vegetal em Moatize, considerando as diferentes resoluções e bandas espectrais disponíveis em cada missão de satélite. A alta resolução espacial do Sentinel-2 em 2020 forneceu dados mais detalhados, enquanto as imagens históricas do Landsat 4-5 TM em 1990 contribuíram para avaliar as mudanças ao longo do tempo.

Cálculo do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)

O NDVI é um índice amplamente empregado na análise de imagens de satélite para avaliar a saúde e a cobertura vegetal de uma determinada área. Esses índices são valiosos para monitorar alterações na vegetação ao longo do tempo e

estudar o crescimento das plantas, entre outras aplicações. Para este trabalho, utilizou-se o Software QGIS na sua Versão 3.28.8-Firenze.

O cálculo do NDVI é realizado utilizando a reflectância da luz infravermelha próxima (NIR) e da luz vermelha (RED) presentes nas imagens de satélite, de acordo com a seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Onde: NIR (Near-Infrared) é o valor da reflectância da luz infravermelha próxima; RED (Red) é o valor da reflectância da luz vermelha.

O resultado do NDVI varia de -1 a 1, com valores mais altos indicando áreas de vegetação saudável (geralmente acima de 0,2 a 0,3) e valores mais baixos representando não-vegetação (como água e áreas urbanas) (Rouse et al., 1973).

Recorte da imagem

Para delimitar a área de estudo ao distrito de Moatize, incorporamos uma camada vetorial correspondente a essa região geográfica. Não foi necessário utilizar a ferramenta "Extrair" no menu "Raster" para realizar o recorte. Em vez disso, aproveitamos o arquivo vetorial como uma máscara.

O portal EO Browser oferece a conveniência de baixar imagens de vários satélites, incluindo os mais populares, como Landsat, MODIS e Sentinel, com apenas a nossa área de interesse. Sendo necessário apenas fornecer um shapefile ou arquivo KML que delimite nossa área de interesse, simplificando assim o processo de obtenção de imagens específicas para a área de estudo em Moatize.

Reclassificação do NDVI

Para interpretar o NDVI e classificar as áreas de cobertura do solo, foi empregado o algoritmo "r.recode" do software Grass. Foram definidas regras de classificação para categorizar o NDVI em diferentes classes (Tabela 2).

Tabela 2 – Regras de classificação da cobertura do solo através NDVI

Valor	Classes	Descrição
1,00 até 0,61	Vegetação Não Modificada	Florestas, matas, e áreas de cultivo saudáveis, juntamente com outras regiões que mantêm vegetação natural íntegra
0,60 até 0,20	Vegetação Modificada	Regiões agrícolas em expansão, pastagens, florestas degradadas, ou áreas urbanas com cobertura vegetal
-1,00 até -0,01	Hidrologia	Corpos de água, como rios, lagos, lagoas, e áreas úmidas.
0,19 até 0,00	Ações Antrópicas	Áreas urbanas, estradas, construções, zonas industriais e outros locais nos quais a vegetação foi substancialmente substituída ou degradada pela atividade humana.

Análise e visualização

As camadas resultantes da classificação do NDVI foram estilizadas com uma simbologia que emprega cores representativas para cada classe. A área de estudo foi dividida em

categorias de cobertura do solo, facilitando a interpretação.

Para calcular a área de cada classe em quilômetros quadrados, empregamos a ferramenta r.report do software QGIS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

A análise dos dados de NDVI para os anos de 1990 (Figura 2) e 2020 (Figura 3) na região de Moatize revela mudanças significativas na cobertura vegetal ao longo desse período (Tabela 2).

A diminuição na média do NDVI sugere uma redução na densidade e na saúde geral da vege-

tação na região, indicando possíveis impactos do uso da terra, urbanização e perturbações ambientais, como desmatamento e degradação das áreas verdes.

A diminuição do desvio padrão aponta para uma maior uniformidade na paisagem, possivelmente resultado da conversão de áreas naturais em ambientes urbanos.

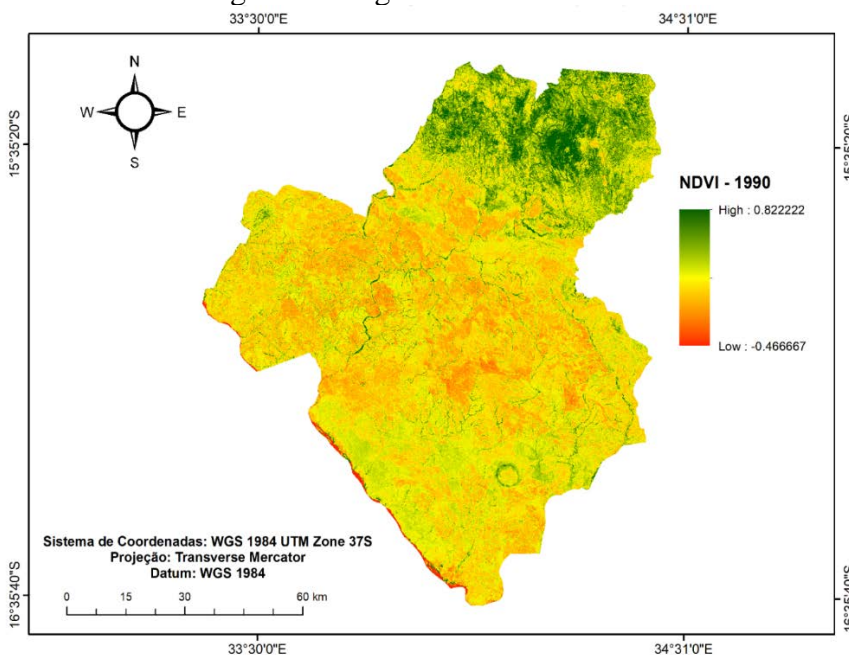


Figura 2 – Índice de Vegetação por diferença normalizada (NDVI) em Moatize – 1990

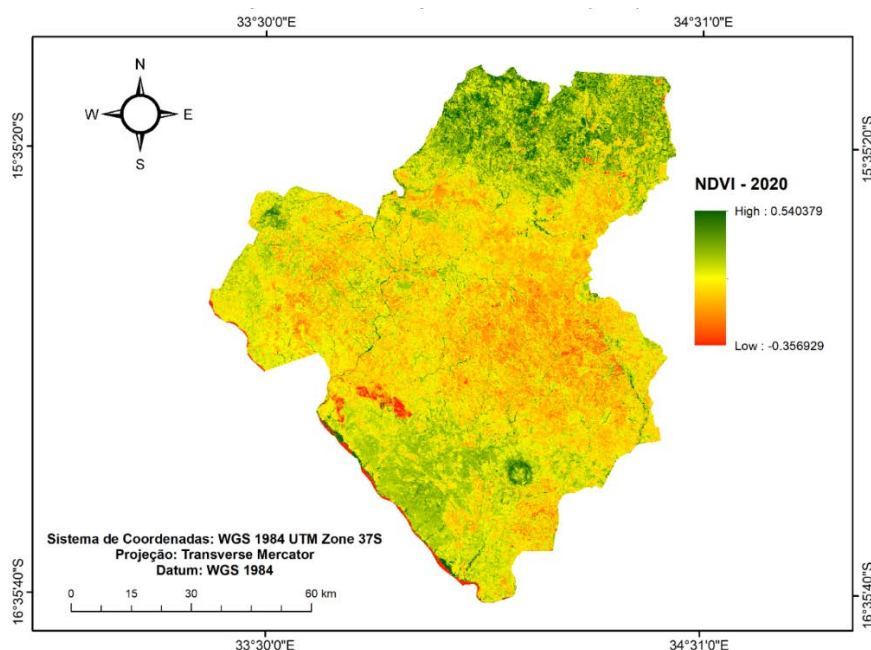


Figura 3 – Índice de Vegetação por diferença normalizada (NDVI) em Moatize - 2020

Tabela 2 – Análise estatística da variação temporal do NDVI

Variável	Média	DesvPad	Variância	Mínimo	Máximo
1990	0,170	0,507	0,257	-0,4375	0,7778
2020	0,111	0,398	0,158	-0,3569	0,5404

A redução na variância do NDVI reflete uma diminuição na diversidade da cobertura vegetal na região, possivelmente devido ao avanço de áreas urbanas e agrícolas em detrimento das áreas naturais.

A diminuição no valor mínimo do NDVI em 2020 sugere uma redução nas áreas com vegetação saudável ou densa, o que pode ser atribuído à pressão da urbanização e outros impactos humanos. Da mesma forma, a redução no valor máximo do NDVI indica uma diminuição nas áreas com vegetação muito densa, possivelmente resultado de mudanças significativas na paisagem.

É notável que a parte nordeste do distrito, especialmente o posto administrativo de Zóbue, tenha experimentado as maiores alterações no NDVI (Figura 4, NDVI).

A análise das disparidades na vegetação entre os anos 90 e os anos atuais, destacadas na figura NDVI – Diferença, revela as áreas mais afetadas, representadas em vermelho claro, onde a vegeta-

ção sofreu as maiores modificações. Na figura 4, as áreas escuras indicam pouca ou nenhuma alteração.

Os dados do NDVI revelam claramente a diminuição na saúde e densidade geral da vegetação em Moatize entre 1990 e 2020. Essas mudanças na cobertura vegetal podem ter várias causas, incluindo urbanização e impactos ambientais.

Os resultados estão alinhados com estudos anteriores que destacaram os impactos negativos da urbanização na vegetação natural (Abiko & Moraes, 2009; Lima, 2016; Lírio & Moura, 2017; Chizenga et al., 2022).

Classificação com base no NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)

A análise detalhada dos dados apresentados na tabela 3, que representa a variação na distribuição de diferentes tipos de áreas entre 1990 e 2020, é essencial para a compreensão das mudanças ambientais e das pressões antrópicas que ocorreram durante esse período.

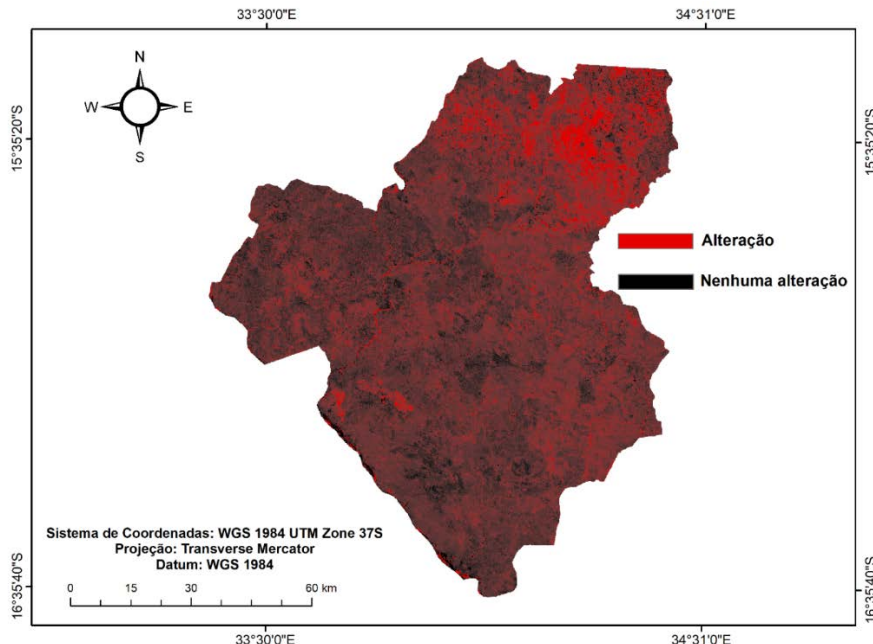


Figura 4 – Variação Temporal do NDVI do distrito de Moatize entre os anos de 1990 a 2020.

Tabela 3 – Variação temporal das áreas das classes

Anos	Vegetação Não Modificada		Vegetação Modificada		Hidrologia		Ações Antrópicas		Área total km ²
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	
1990	11,408	0,140	4.982,675	61,358	30,874	0,380	3.095,707	38,121	8.120,664
2020	0,060	0,001	1.120,903	13,193	39,964	0,470	7.335,263	86,336	8.496,190
Varição	-11,348	-0,139	-3.861,772	-48,165	9,090	0,090	4.239,556	48,215	375,526

Vegetação Não Modificada

Em 1990, a vegetação não modificada, que inclui florestas, matas e áreas de vegetação natural saudável, representava 0,140% da área total do distrito, equivalente a 11.408 km². No entanto, em 2020, essa área diminuiu drasticamente, correspondendo a apenas 0,001% da área total, ou seja, 0,060 km² (Tabela 3). Essa redução é alarmante e indica um forte declínio na preservação de ecossistemas naturais ao longo do tempo.

As florestas e áreas não modificadas desempenham um papel crítico na conservação da biodiversidade e na regulação climática, e a diminuição dessas áreas pode resultar em impactos ambientais significativos.

Vegetação Modificada

A classe de vegetação modificada engloba áreas agrícolas em crescimento, pastagens, florestas degradadas e áreas urbanas com vegetação. Em 1990, essa categoria representava 61,358% da área total, correspondendo a 4.982,675 km² (Figura 5). No entanto, em 2020, essa área diminuiu para 13,193% da área total, que equivale a 1.120,903 km². Isso indica uma redução notável na área de vegetação modificada. Embora essa diminuição possa ser vista como uma tendência positiva em direção à preservação ambiental, é importante compreender o contexto das mudanças, como o abandono de áreas agrícolas ou urbanização (Figura 6).

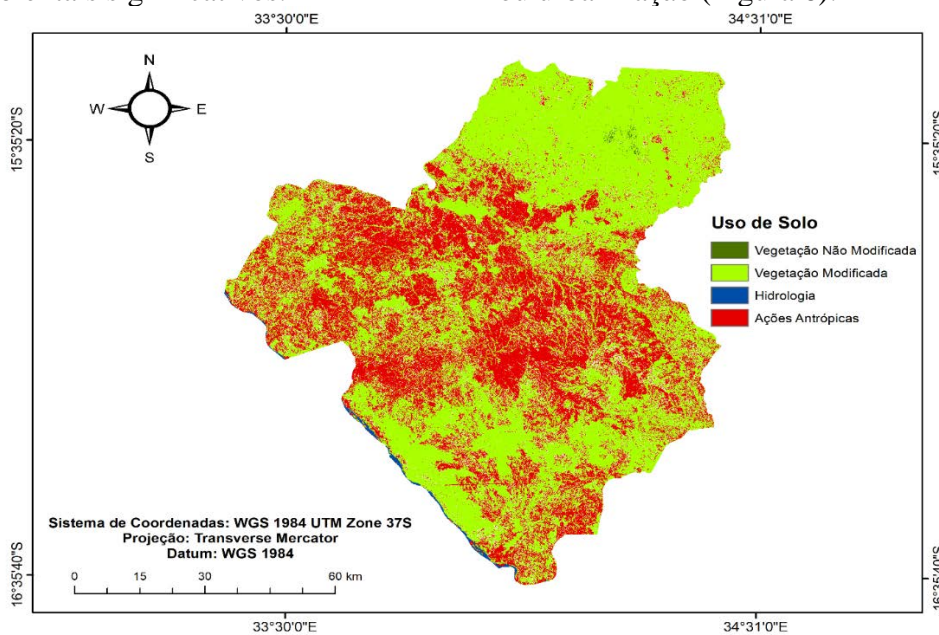


Figura 5 – Mapa da urbanização no distrito de Moatize - 1990

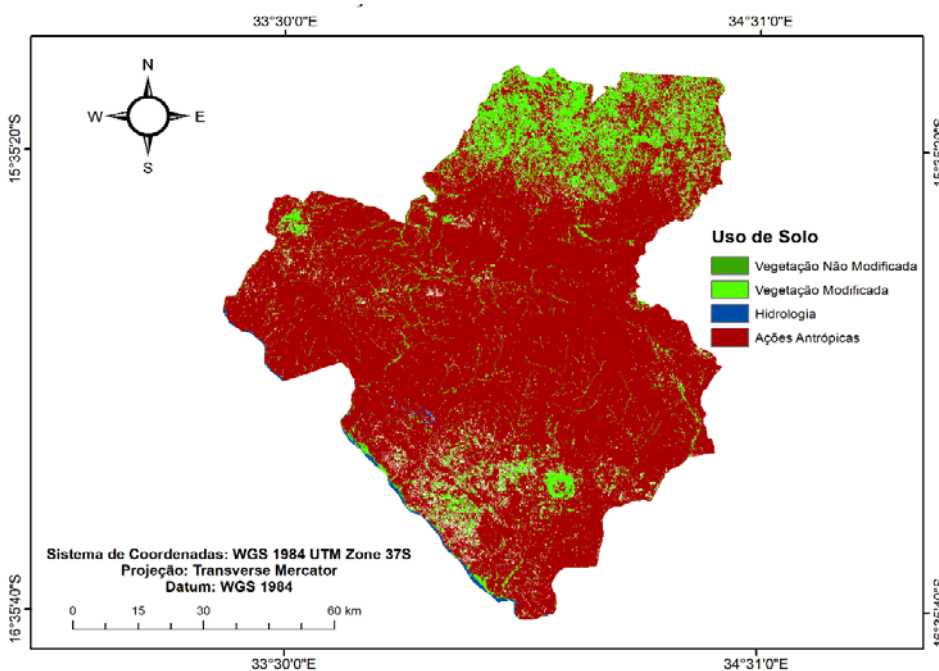


Figura 6 – Mapa da urbanização no distrito de Moatize – 2020

Hidrologia

A categoria de hidrologia inclui corpos de água, como rios, lagos e áreas úmidas. Em 1990, essa área representava 0,380% da área total, correspondendo a 30,874 km². Em 2020, essa área aumentou ligeiramente, representando 0,470% da área total, que equivale a 39,964 km².

Esse aumento na área de hidrologia pode ser resultado de fatores como mudanças climáticas, como no caso das enchentes ocorridas em janeiro de 2022, quando a fúria das águas causada pela

tempestade tropical ANA destruiu por completo os dois tabuleiros da ponte sobre o rio Revubuè, reabilitada após as cheias de 2019 (Figura 7).

Da mesma forma, o fenômeno calamitoso causou inundações localizadas em algumas residências dos bairros Chingodzi, na cidade de Tete, e no posto administrativo de Benga, em Moatize.

Quando a fúria das águas passou, a largura do rio já não era a mesma, tinha aumentado (Rádio Moçambique, 2022).



Figura 7 - Destruição dos tabuleiros da ponte, sobre o rio Revubuè. Fonte: Rádio Moçambique (25/01/2022)

Ações antrópicas

A classe de ações antrópicas engloba áreas urbanas, estradas, construções e áreas industriais, onde a vegetação foi significativamente substituída ou degradada pela atividade humana. Em 1990, essa categoria representava 38,121% da área total, equivalente a 3.095,707 km². Em 2020, essa área aumentou expressivamente para 86,336% da área total, o que corresponde a 7.335,263 km².

Essa é a mudança mais significativa, indicando uma expansão massiva das áreas urbanas e uma degradação significativa da vegetação natural devido à atividade humana (Figura 4).

A chegada e a consequente instalação de diversos megaprojetos de mineração em Moçambique têm sido acompanhadas por processos de reassentamento (Valia & Matos, São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 43, n. 2, p. 211 - 222, 2024

2021), principalmente no distrito de Moatize.

Os processos de reassentamentos de comunidades inteiras têm implicado diversas mudanças em seu modo e qualidade de vida.

Dentre as várias mudanças que o processo acarreta consigo, pode-se evidenciar as relacionadas com as identidades territoriais.

O deslocamento de famílias, referido como compulsório e involuntário (Matos & Medeiros, 2015; Frei, 2017), para zonas de reassentamento implica uma mudança de território e resulta em transformações em vários níveis, destacando-se a mudança do ambiente nativo para dar lugar a construções de residências e infraestruturas sociais para receber centenas de famílias retiradas de suas áreas de residência para a exploração de minerais, com destaque para o carvão mineral.

Essas transformações geram a necessidade de

novas territorializações, resultando em maior pressão sobre o meio ambiente, uma vez que os locais onde as famílias são fixadas requerem a

alocação de hectares de terras para a continuação de suas atividades agrícolas, levando à remoção da vegetação não modificada (nativa).

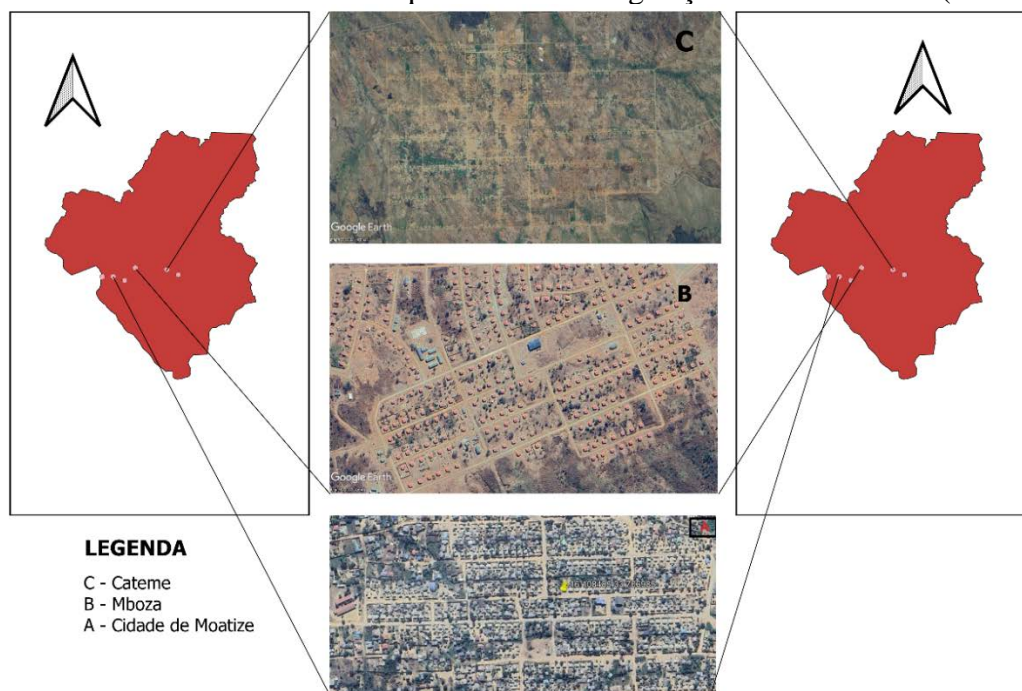


Figura 8 – Imagens de alguns reassentamentos presentes no distrito de Moatize. **Fonte:** Adaptado do Google Earth Pro (2023)

Para atender à sua demanda por energia, os reassentados recorrem às florestas mais próximas para obter lenha e carvão vegetal, aumentando a pressão sobre áreas de vegetação não modificada e gerando toneladas de resíduos sólidos que são depositados no meio ambiente.

Os reassentamentos mais significativos incluem aqueles na cidade de Moatize, com cerca de 43,58 hectares, equivalentes a 0,44 km²; o reassentamento localizado no povoado de Cateme, com uma área aproximada de 721 hectares, equivalente a 7,21 km²; o reassentamento no povoado de Mwaladzi, com aproximadamente 285 hectares, equivalente a 2,8 hectares; e o reassentamento localizado no povoado de Mboza, com uma área aproximada de 68,99 hectares, equivalente a 0,69 km² de área que antes era vegetação não modificada (nativa). Ao todo, são 11,14 km² de áreas que anteriormente possuíam vegetação não modificada e foram alteradas.

As dimensões dos reassentamentos não são oficiais; as áreas foram calculadas usando o Google Earth Pro.

Uma vez que os reassentamentos (Figura 8) trazem consigo infraestruturas sociais como hospitais, postos de polícia, novas vias de acesso, sistemas de abastecimento de água, cemitérios e outros, a população residente em outras áreas vê a região dos reassentados como uma oportunidade de negócio e também para melhorar sua

qualidade de vida social com as infraestruturas sociais ali implantadas. Daí surgem as comunidades circunvizinhas (Figura 9), que aumentam a pressão sobre o meio ambiente.

Essa análise detalhada dos dados revela um quadro complexo de mudanças ambientais ao longo das últimas décadas. A diminuição das áreas de vegetação não modificada e a expansão das áreas com ações antrópicas indicam uma pressão crescente sobre os ecossistemas naturais devido à urbanização e às atividades humanas (Figura 4).

Essas tendências são preocupantes, uma vez que a conservação da vegetação natural desempenha um papel fundamental na proteção da biodiversidade e na regulação climática. No entanto, a diminuição da vegetação modificada pode indicar uma possível mudança nas práticas agrícolas ou na gestão das áreas urbanas humanas (Figura 6 em 2020).

Segundo Alves et al. (2010), o processo de urbanização acelerada favoreceu a verticalização e adensamento de áreas já urbanizadas e a expansão urbana das áreas periféricas, tanto de grupos de baixa renda quanto de grupos de média e alta renda. Este processo de expansão de áreas periféricas tem como impactos ambientais a ampliação das jornadas entre o centro e a periferia, havendo também o aumento no trânsito e a poluição do ar.



Figura 9 – Vista aérea do reassentamento na cidade de Moatize. A parte dentro do retângulo preto (A) delimita a área ocupada pelo reassentamento, e a parte fora do retângulo (B) são as construções que surgiram após a implantação do reassentamento. **Fonte:** Adaptado do Google Earth Pro (2023)

O presente trabalho corrobora com Alves et al. (2010), indicando que a dificuldade de prover infraestrutura em espaços maiores e distantes, principalmente saneamento, leva consequentemente à poluição de rios e córregos, além da conversão do solo rural em urbano, o que implica em mais desmatamentos, como evidenciado neste estudo pela redução da área total da classe Vegetação Modificada.

Relação entre NDVI e diferentes tipos de classes

A redução na área de Vegetação Não Modificada e o aumento na área de Ações Antrópicas indicam uma forte pressão da urbanização e atividades humanas na região. Isso está alinhado com a diminuição no NDVI, sugerindo que a expansão urbana e a conversão de áreas naturais em áreas urbanas e agrícolas podem ter causado a perda de vegetação saudável.

A redução na área de Vegetação Modificada pode ser atribuída a práticas agrícolas, desmatamento ou degradação de florestas. Essa mudança também está relacionada à diminuição do NDVI, indicando uma diminuição na saúde da vegetação em áreas agrícolas.

O aumento na área de Hidrologia pode ser uma resposta às mudanças no uso da terra, indicando a criação de corpos de água devido ao desenvolvimento urbano e mudanças climáticas.

A expansão significativa na área de Ações Antrópicas está em conformidade com a urbanização crescente na região e pode explicar em grande parte a diminuição na saúde da vegetação, pois essas áreas estão associadas a edificações, estradas, construções e outras atividades humanas que substituíram ou degradaram a vegetação.

CONCLUSÃO

Os dados de NDVI revelam uma redução na densidade e saúde geral da vegetação na região. Isso está alinhado com a diminuição na área de Vegetação Não Modificada e o aumento na área de Ações Antrópicas.

A expansão urbana e a conversão de áreas naturais em áreas urbanas emergem como fatores-chave por trás dessas mudanças. A diminuição no NDVI indica uma perda de vegetação saudável devido à urbanização e atividades humanas.

O aumento na área de Hidrologia reflete as mudanças no uso da terra, indicando a criação de corpos de água artificiais devido ao desenvol-

vimento urbano e às mudanças climáticas. A expansão significativa na área de Ações Antrópicas está em conformidade com a urbanização crescente na região e pode explicar em grande parte a diminuição na saúde da vegetação.

Essas descobertas destacam a necessidade urgente de uma abordagem equilibrada que leve em consideração o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental. É essencial implementar estratégias de gestão do uso da terra que minimizem o impacto negativo da urbanização na vegetação natural e promovam práticas sustentáveis.

Além disso, a conscientização sobre a importância da preservação da vegetação natural e a implementação de políticas que promovam a

restauração e a conservação são fundamentais para garantir um futuro ambientalmente sustentável para Moatize e regiões semelhantes.

REFERÊNCIAS

- ABIKO, A. & MORAES, O.B. **Desenvolvimento urbano sustentável**. Texto Técnico. Escola Politécnica da USP, 2009. Departamento de Engenharia de Construção Civil. TT/PCC/26. ISSN 1413-0386. Disp. em < https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4866123/mod_resource/content/0/TT26DesUrbSustentavel.pdf>
- ADEFOLALU, D.O. Regional studies with satellite data in Africa on desertification of the Sudan Sahel both in Nigeria. In: PROC ISLSCP CON. ROME ITALY (Ero Ife. Ed.), 1986. p. 430-439.
- ADENIYI, P.O. Land use Change Analysis using Sequential Aerial Photogrammetry Engineering and Remote Sensing. In: 22nd INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING; 1985, Ghana. **Paper**...Accra, Ghana, 1985
- ADENIYI, P.O. Land use change analysis using sequential aerial Photography and Computer techniques. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 46, n. 2, p. 47-64, 1980. Disp. em <https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1980journal/nov/1980_nov_1447-1464.pdf>
- ALVES, H.P.F.; ALVES, C.D.; PEREIRA, M.N. MONTEIRO, A.M.V. Dinâmicas de urbanização na hiperperiferia da metrópole de São Paulo: análise dos processos de expansão urbana e das situações de vulnerabilidade socioambiental em escala intraurbana. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 141-159, jan./jun. 2010. DOI: doi.org/10.1590/S0102-30982010000100009
- CAMPBELL, J.B. Mapping the aerial imagery for land use information. **Resource Publications in Geography Association of American Geographers**, Washington D.C., 1983. Disp. em < <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431168508948455>>
- CEBOLA, T.P. **A Nova Onda de Imigrantes em Tete - Moçambique: O Caso dos Zimbabwianos (2007-2016)**. Belo Horizonte, 2018. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Demografia da Universidade Federal de Minas Gerais. Disp. em <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-AXAMFB/1/tomas_disserta_o_com_ficha_2_.pdf>
- CHIZENGA, A.P.; BLANCO, G.; ALMEIDA, J. A categoria de lugar e sua relevância para as ciências sociais: uma reflexão a partir de conflitos ambientais em Moatize (Moçambique) e Araxá (Brasil). Porto Alegre, **Horiz. antropol.** v. 28, n. 63, p. 359-396, 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-71832022000200013>
- FREI, V. **No país do mano muça, eu sou carvão: implicações socioterritoriais dos megaprojetos de mineração nas comunidades locais da província de Nampula**. 2017. 412 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017. Disp. em < <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/7373>>
- GOVE, S.A.S. Sustentabilidade da indústria extractiva em Moçambique: Caso dos megaprojectos sob a bacia carbonífera de Moatize. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 2866-2878, 2022
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (2019). **Resultados Definitivos**. Cerimónia Central Maputo, 29 de abril de 2019. Disp. em < <https://www.portaldogoverno.gov.mz/por/content/download/11965/95631/version/2/file/Resultados+do++Censo+2017+Apresentacao+Final1.pdf>>
- JEJE, L.K. Terrain analysis with special preference to Landsat and RADAR imagery. **Nisor Publication**, v. 2, p. 49-73, 1986.
- LIMA, I.M.M.F.Teresina: urbanização e meio ambiente. Texto publicado originalmente: Scientia et Spes. Teresina: ICF, **Revista do Instituto Camillo Filho**, v. 1, n. 2., p. 181-206, 2016. Disp. em <<https://www.researchgate.net/publication/308696850>> Acesso: 18/10/2023
- LÍRIO, R.R. & MOURA, M.C.O. **Problemas ambientais urbanos: um estudo sobre os impactos ambientais causados pelo descarte irregular de resíduos sólidos da construção civil no município de Serra/ES**. (2017). Pós-Graduação *lato sensu* em Administração Pública. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Disp. em < https://colatina.ifes.edu.br/images/tccs/AdmPub2018/TCC_Ad mPub_2018_RomilsonRodriguesDeLirio.pdf>
- MATOS, E.A.C. & MEDEIROS, R.M.V. Exploração do Carvão Mineral de Benga em Moçambique e a Expropriação da Terra dos Nativos: Alguns apontamentos referentes à acumulação por espoliação. **Revista NERA**, n. 6, p. 106-131, junho, 2015. DOI: <https://doi.org/10.47946/rnera.v0i28.3994>
- MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL. **Perfil Distrital de Moatize - Província de Tete**. 1ª edição. Direção Nacional de Administração Local, Maputo -Moçambique. <https://www.tete.gov.mz/por/content/download/5144/37195/version/1/file/Moatize.pdf>
- MUSA, H.D. & JIYA, S.N. An Assessment of Mining Activities Impact on Vegetation in Bukuru Jos Plateau State Nigeria Using Normalized Differential Vegetation Index (NDVI). **Journal of Sustainable Development**, v. 4, n. 6, December 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5539/jsd.v4n6p150>.
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: **ERTS-1 SYMPOSIUM**, 3., 10-14 December, Washington, DC. **Proceedings**..Washington: NASA, SP-351, p. 309-317, 1973. Disp. em < [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjtl1aadkposzje\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1310781](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjtl1aadkposzje))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1310781)>
- TUCCI, C.E.M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>
- VALIA, I.J; MATOS, E.A.C. Reassentamentos em moçambique: a produção de novos territórios e de novas identidades. Especialidades. **Revista dos Discentes do Programa de Pós-graduação em História e Espaços-UFRN**, 2021. <https://doi.org/10.21680/1984-817X.2022v18n1ID26451>
- VENTURA, S.J.; MIRANDA, L.C.; SILVA, E.V. Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no médio curso do Rio Ceará. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 252-261, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.001.0021>.

Submetido em 7 de novembro de 2023

Aceito para publicação em 10 de maio de 2024