

Geotecnologias Aplicadas no Mapeamento das Mudanças de Uso do Solo em Áreas de Exploração do Carvão Mineral no Subdistrito de Moatize, Moçambique.

Mário Valério Filho¹
Inês Selça dos Santos Cuambe¹

¹ Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP/IPD
Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, São José dos Campos – SP – Brasil.
mvalerio@univap.br, ines.cuambe@gmail.com.

Abstract – The process of expansion of economic activities with a view to exploration of natural resources has always caused impacts to the society where these resources are explored. The recent expansion of the coal extraction activity in the sub-district of Moatize, has led to changes in land use which are the result not only of the operating process of the mineral resource extraction, such as the actions of the state itself to mitigate the consequences of these exploration at the society and the environment itself. The geotechnology has been an important tool in urban and regional planning in order to optimize time spent on the analysis of land use changes in order to provide a rapid response to the impacts that the expansion of economic activities bring to the social and natural environment. In this sense, this article presents a methodological approach for mapping land use and land cover changes using satellite images with the support of remote sensing and digital image processing SPRING 5.4.2 and ArcGIS 10.3.1. This methodological procedure resulted in land use and cover maps of the sub-district of Moatize from 2006 to 2015, which allowed analysing the results provided by the temporal mapping, assess the changes taking place and their environmental effects.

Palavras chave: Satellite Images, Coal Mining, Land Use Changes, Mozambique, Imagens Orbitais, Mineração do Carvão Mineral, Mudanças no uso do solo, Moçambique.

1. Introdução:

O processo de produção do espaço promove uma série de transformações que são na sua maioria resultados do modo de produção capitalista. São várias as atividades desenvolvidas por este modo de produção, sendo a que mais se tem destacado é a industrialização, que arrasta consigo outros setores que a complementam. Ao mesmo tempo em que surgem outras atividades, o espaço se modifica de forma a se adequar a nova dinâmica, envolvendo na sua construção fatores como crescimento populacional, migrações e aumento da mancha urbana.

De acordo com Righi (1983, p.48): “A industrialização é um fator indutor que pode ser admitido como causa predominante da urbanização, embora parte dela se deva a outros fatores capazes de gerar aglomerações urbanas. Estes fatores indutores atuam sobre as populações alterando sua distribuição espacial, orientando os fluxos migratórios inter-regionais”. Estes fluxos migratórios modificam o espaço, pois a estrutura econômica e social do local é transformada resultante do desenvolvimento da atividade industrial. É a expansão da indústria que têm levado empresas multinacionais a se instalarem em regiões potenciais à exploração mineral.

A descoberta de grandes reservas de carvão mineral em Moçambique atraiu a Vale, Moçambique (empresa brasileira), Rio Tinto (empresa australiana) e a International Coal Ventures International-ICVL (empresa indiana) com a intenção de extrair o carvão mineral de tipo Coque e de excelente valor mineral (metalúrgico) na região da Província de Tete – subdistrito de Moatize (Selemane, 2009, p.8).

O carvão mineral é o que mais impactos ambientais e sociais trás durante todo o seu processo de mineração, e um dos principais causadores das mudanças na cobertura do solo em Moatize. A percepção de mudanças no uso e cobertura do solo pode ser efetuada através de uma análise multitemporal, em que são analisados processos ao longo de períodos determinados de tempo.

O autor Jensen (2009, p.378) reafirma que: “O monitoramento da biomassa ao longo do tempo pode prover importantes informações sobre a estabilidade do ecossistema natural e se estão ocorrendo mudanças significativas”.

O mapeamento do uso do solo permite compreender a relação do espaço com o tempo. Coelho (2001) ressalta este aspecto com a necessidade de mapear as mudanças do meio natural: “O mapeamento tende a retratar uma espacialização, ou seja, um processo de formação e de distribuição espacial, temporal e socialmente diferenciado dos impactos ambientais”. As análises temporais são auxiliadoras no planejamento do território, de modo que se possa fazer comparações das alterações no meio físico-natural e tomar decisões para que conflitos de terra e demais impactos ambientais que as transformações no uso do solo podem ocasionar.

Fatores demográficos (crescimento populacional e imigração), a exploração de recursos naturais, a agricultura de subsistência com técnicas rudimentares e a urbanização são algumas das causas das mudanças do uso do solo. As imagens orbitais desempenham um papel na memória coletiva. Não há memória coletiva que não se desenvolva num quadro espacial (Halbwachs, 1990).

A intenção de analisar as mudanças no uso do solo e a geração de mapas atualizados proporcionam informações aos planejadores, para a elaboração de políticas ambientais, bem como subsídios relevantes para uma gestão sustentável dos recursos naturais.

Segundo Deák (1985) o conceito de uso do solo é definido como o conjunto das atividades de uma sociedade, combinadas com seus padrões ou tipos de assentamento, do ponto de vista da regulação espacial. Pode-se dizer que o uso do solo é o rebatimento da reprodução social no plano do território. É a combinação de um tipo de uso e de um tipo de assentamento.

As alterações decorridas pela presença de atividades econômicas podem ser detectadas remotamente, através de imagens orbitais com o recurso das técnicas de sensoriamento remoto. Conforme Soares (2011) as técnicas de geoprocessamento são ferramentas de suporte para subsidiar, como base de dados de informação e como auxílio no monitoramento do uso e ocupação das terras. A aplicação permite o entendimento das transformações e a proposição de medidas que minimizem os impactos ambientais e é uma importante ferramenta de auxílio para o planejamento urbano e regional.

Este artigo tem por objetivo o mapeamento da evolução temporal do uso do solo no subdistrito de Moatize no período de 2006 a 2015, através da análise de imagens orbitais, com o suporte das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, para avaliar as mudanças ocorridas devido à expansão da exploração do carvão mineral e suas consequências socioambientais.

2. Localização da Área de Estudo.

A área de estudo compreende o subdistrito de Moatize inserido na província de Tete limitada pelas coordenadas geográficas 15° 37' e 16° 38' Latitude Sul, 32° 22' e 34° 28' Longitude Leste (Figura 1). O subdistrito de Moatize localiza-se a Oeste do subdistrito de mesmo nome, na região Leste da província de Tete região central de Moçambique.

A população residente neste subdistrito segundo o Instituto Nacional de Estatística, III ° Recenseamento Geral da População e Habitação em 2015 é de 89.112 habitantes, sendo que o tipo de ocupação é dispersa e principalmente ao longo das principais vias de acesso. Cerca de 90% da população do subdistrito reside em áreas rurais onde a principal fonte de renda é a agricultura e pecuária. Os tipos de cobertura vegetal predominantes são savana arbórea, arbustiva e pradaria.

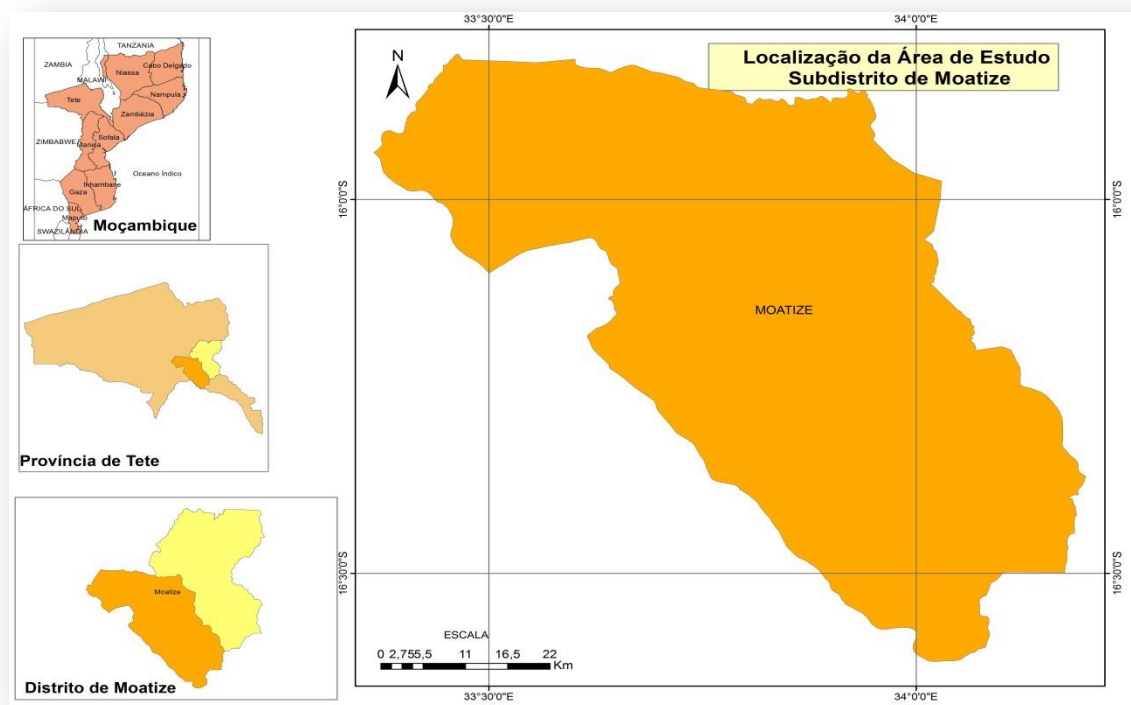


Figura 1- Localização da área de estudo.

3. Metodologia

Seguindo o objetivo do trabalho foram mapeadas as mudanças ocorridas em Moatize em três espaços temporais sendo 2006, 2011 e 2015, utilizando imagens de satélite LandSat sensor TM5 para 2006 e 2011, e LandSat Sensor TM 8 para o ano de 2015.

Inicialmente foi realizada a aquisição das imagens LandSat TM 5 para as datas de 2006 e 2011, e LandSat TM 8 para o ano de 2015 respectivamente para o mês de novembro. As imagens foram adquiridas no site da United States Geological Survey(USGS), por serem de livre acesso. As imagens foram georreferenciadas para o DATUM WGS84, utilizado para Moçambique.

Para a realização da análise e tratamento da base de dados, foram utilizados os softwares ArcGIS 10.3.1 e o SPRING 5.4.2 também utilizados para a elaboração dos recortes das bases cartográficas da área de estudo, divisão politico-administrativa e principalmente para a elaboração das composições coloridas e posterior análise e interpretação.

As bandas utilizadas para o sensor LandSat 5 foram: b5,b4 e b3, onde se atribuiu a banda 5 a cor vermelha, a banda 4 a cor verde e a banda 3 a cor azul (RGB). Para o sensor LandSat 8 a composição foi de b6, b5 e b4, onde a cor vermelha foi atribuída a banda 6, cor verde a banda 5 e cor azul a banda 4. As composições coloridas das respectivas datas foram exportadas para o software SPRING 5.4.2, pelo fato de proporcionar vantagens no processamento dos dados de sensoriamento remoto e na estruturação do banco de dados.

Para a realização do mapeamento do uso do solo foi realizada a classificação digital através da segmentação de imagens, segundo Borges (2009): “a implementação da técnica de segmentação propõe um agrupamento de regiões baseado no conceito de região vizinha mais similar, o que significa dizer que a cada iteração o par mais semelhante de regiões espacialmente adjacentes são fundidos”. Posteriormente, foi realizado o treinamento das amostras para nove classes de uso e cobertura vegetal: agricultura, corpos de água, floresta semifechada a aberta (área coberta de formações vegetais com árvores de 2-5m de altura e

com cobertura de copa ou densidade de 10% á 30%), mata ciliar (formação vegetal localizada nas margens de rios e córregos), pradaria (vegetação herbácea fechada, localizada em planícies e locais de clima tropical), savana (vegetação composta por arbustos e árvores dispersas, e gramíneas), área de mineração (área destinada á extração de minérios, sendo á céu aberto ou subterrâneo), área habitacional (visto que se trata de uma área rural) e solo exposto. A classificação utilizada no mapeamento foi a de Bhattacharya, tendo sido definido o limiar de aceitação de 75%, para a geração dos mapas de uso do solo do subdistrito de Moatize nas três datas e assim possibilitar a realização da análise das mudanças resultantes da atividade de mineração. De seguida as imagens foram exportadas para o ArcGIS 10.3.1 onde se procedeu á edição vetorial das imagens.

4. Resultados e Discussões.

Com base nos procedimentos metodológicos apresentados foi possível realizar o mapeamento temporal do uso do solo no período de 2006 a 2015. Os resultados dos mapeamentos estão apresentados nas Figuras 2, 3 e 4, que ilustram como as mudanças na cobertura vegetal ocorreram e os principais locais onde estas alterações tiveram maior impacto. Apesar da exploração do carvão mineral estar em atividade a praticamente 5 anos é possível verificar pelo mapeamento realizado as mudanças ocorridas na cobertura vegetal, expansão das áreas habitacionais e expansão da área de mineração do carvão mineral.

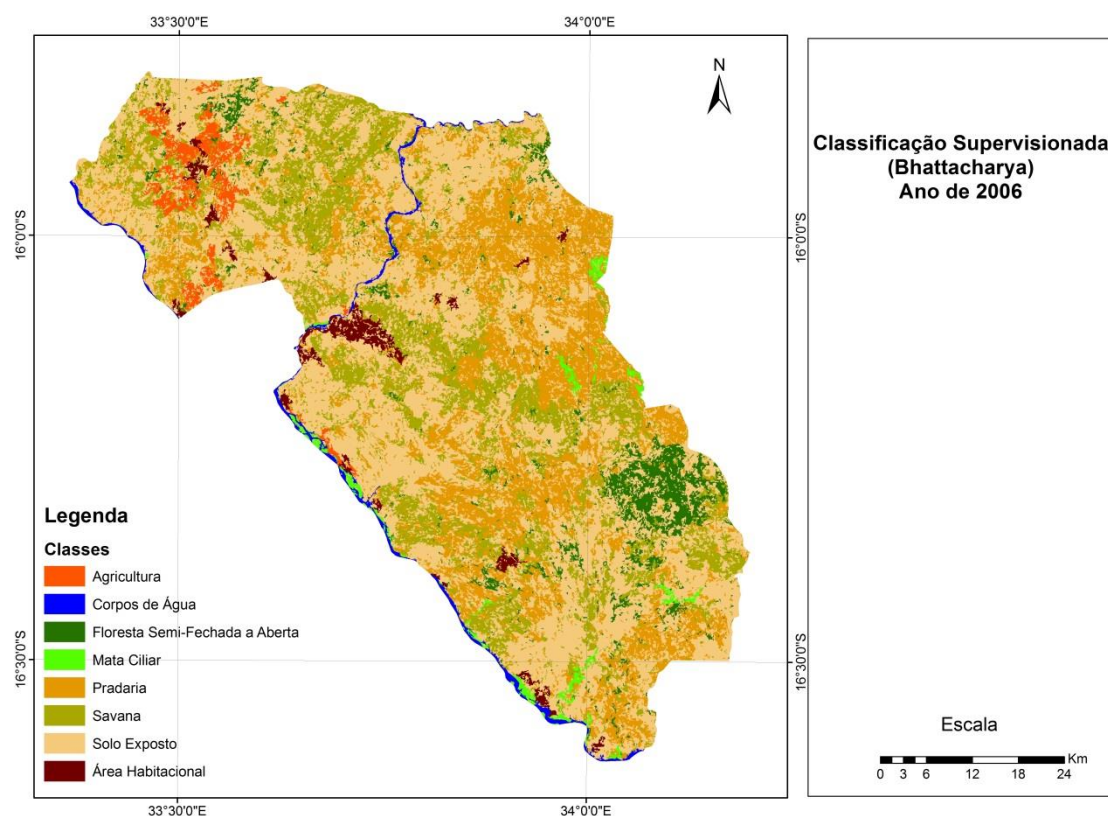


Figura 2: Mapa de uso do solo em 2006.

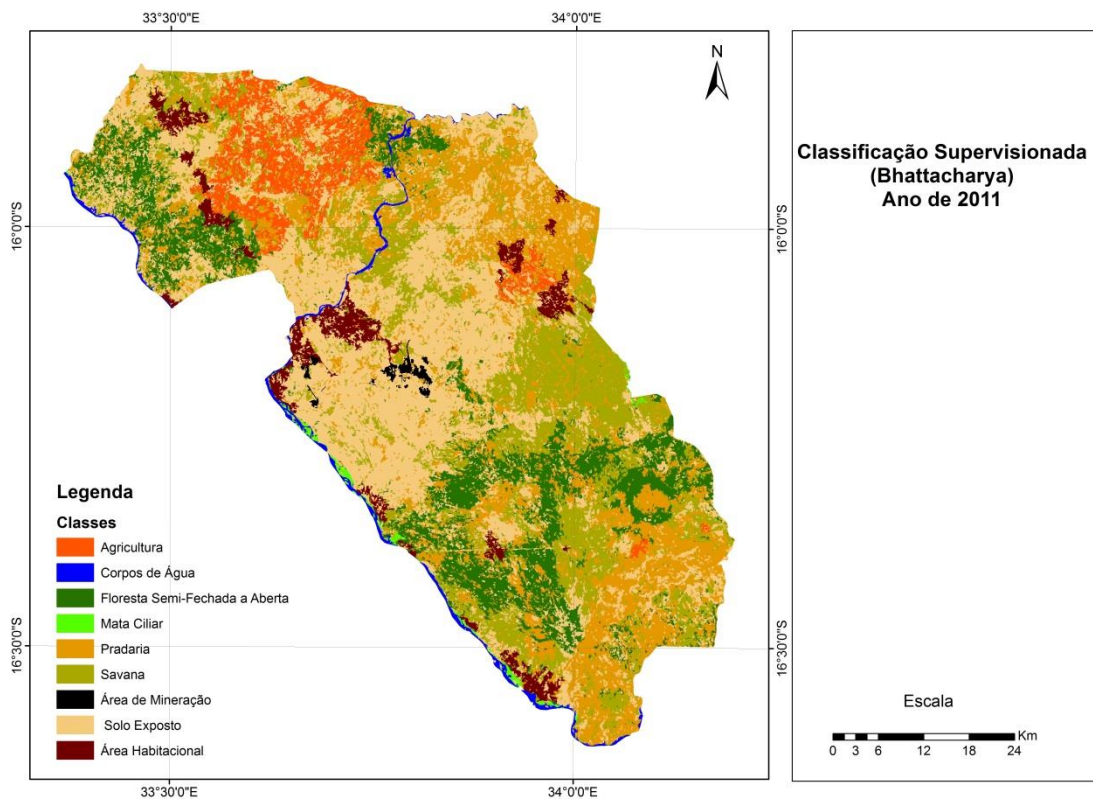


Figura 3: Mapa de uso do solo em 2011.

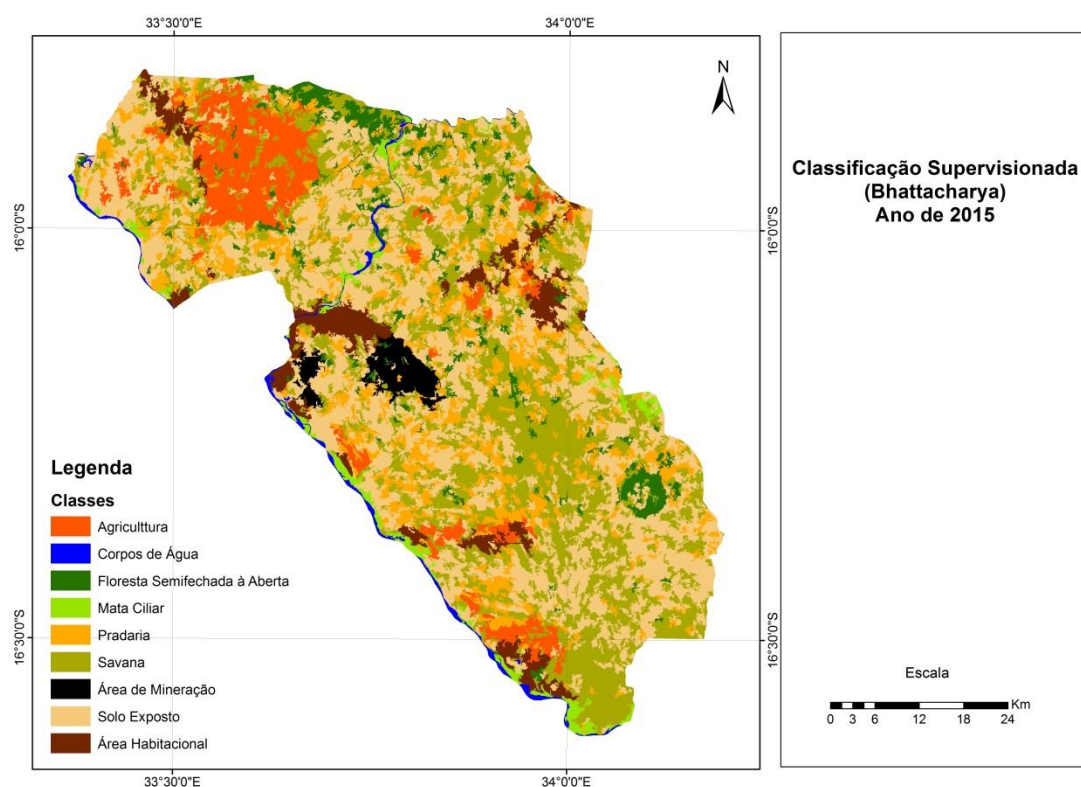


Figura 4: Mapa de uso do solo em 2015.

A Tabela 1 representa a quantificação das classes de uso do solo que ocorrem no Subdistrito de Moatize para as três datas analisadas e expressas em hectares e suas respectivas porcentagens.

O subdistrito de Moatize apresenta uma área de 381.887 ha. Pela análise da Tabela 01 pode-se verificar que entre 2006 e 2015 (quatro anos posterior ao início da atividade para extração do carvão mineral, pois esta iniciou somente em 2011), pode-se constatar que as classes Solo Exposto, Floresta Semifechada a Aberta e Pradaria apresentaram redução das suas áreas no período analisado. As áreas de Floresta Semifechada a Aberta apresentaram um aumento no período de 2006 para 2011 e depois uma redução em 2015. Este fato pode estar associado a uma degradação da vegetação no período de 2011 a 2015, concorrendo assim para um padrão de resposta mais próximo da classe de Savana a qual apresentou um aumento de aproximadamente 9,0 % entre 2006 a 2015. A redução das áreas de Solo Exposto, Floresta Semifechada a Aberta e Pradaria ocorreram em detrimento da expansão da Agricultura que apresentou aumento de aproximadamente 6,0 % entre 2006 e 2015 (que poderá estar associado ao aumento da demanda de alimentos ou de políticas de incentivo), bem como, das classes Área Habitacional e Área de Mineração. Outro ponto a ser observado foi classe Mata Ciliar que após um decréscimo de 2006 para 2011, apresentou um aumento de mais de 60% em área entre 2011 a 2015. Este crescimento pode estar relacionado à adoção de práticas de proteção dos mananciais.

Tabela 1- Quantificação das classes de uso do solo da área de estudo no período de 2006 a 2015.

Ano / Classes de Uso	2006		2011		2015	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Solo Exposto	182.447,00	47,78	166.696,00	42,98	130.216,42	33,57
Agricultura	7.986,00	2,09	21.822,00	5,63	31.553,06	8,13
Floresta Semifechada a Aberta	17.476,00	4,58	16.306,00	19,04	16.286,00	4,20
Savana	73.165,00	19,16	73.843,00	19,34	108.663,70	28,01
Área Habitacional	6.191,00	1,62	13.788,00	3,55	19.738,86	5,09
Pradaria	86.028,00	22,53	86.806,00	22,38	62.541,73	16,12
Corpos de Água	4.497,00	1,18	4.864,00	1,25	4.763,11	1,23
Mata Ciliar	4.097,00	1,07	2.276,00	0,59	7.186,20	1,85
Área de Mineração	0,00	0,00	1.486,00	0,38	6.937,92	1,79
Total	381.887,00	100,00	381.887,00	100,00	381.887,00	100,00

A atividade industrial de extração do carvão mineral é a principal causa do aumento da área habitacional no subdistrito de Moatize, pois se tornou o motor da migração populacional e de alteração da dinâmica social da região. Como afirma Buarque (1999, p.30): “O crescimento das atividades econômicas e da população, nos níveis e padrões de consumo atuais, tendem a degradar e destruir o meio ambiente e os recursos naturais, levando, no futuro, a um estrangulamento das possibilidades de desenvolvimento e a um comprometimento da qualidade de vida da população. Parte dos recursos naturais não é renovável e se esgota com a exploração econômica”.

O carvão mineral é um recurso não renovável e que dependendo do tipo de extração (no caso de Moatize á céu aberto) resulta num maior desmatamento da cobertura vegetal, pois grandes áreas são devastadas de modo a se dar lugar à atividade.

Os resultados apresentados no artigo se referem aos atuais impactos que o desenvolvimento da atividade de extração do carvão mineral trouxe para o uso do solo no

subdistrito de Moatize. Estes resultados mostram espacialmente o quanto a atividade de mineração altera a paisagem, bem como, a dinâmica social e econômica, provocada principalmente pelo processo migratório e pelo processo de reassentamento da população originado pela implantação das empresas mineradoras.

Importante ressaltar que outros impactos sociais maiores são notabilizados na dinâmica populacional, pois grande parte da população do distrito não possui um nível de escolaridade que possa responder a demanda de mão de obra especializada (sendo esta vinda de outras partes do país, bem como, dos países de origem das multinacionais), resultando no surgimento de desigualdades sociais, pela diferença de renda e estilo de vida que os funcionários qualificados reproduzem localmente.

5. Considerações Finais

A utilização das geotecnologias possibilitaram a visualização e análise das mudanças ocorridas no período de análise, sendo possível constatar o crescimento das áreas habitacionais e da exploração do carvão mineral, em detrimento principalmente da retração das áreas de Solo Exposto, Floresta Semifechada a Aberta e de áreas anteriormente ocupadas pelas Pradarias. Demonstrando assim, que o uso das geotecnologias através de dados de sensoriamento remoto e do suporte dos sistemas de informações geográficas, são ferramentas eficientes no monitoramento das mudanças de uso do solo.

Pelos resultados apresentados constata-se que mesmo sendo a atividade de exploração do carvão mineral relativamente recente, ficou demonstrado as suas implicações socioambientais no subdistrito de Moatize.

Os procedimentos metodológicos aplicados no presente artigo poderão contribuir para a obtenção de informações, que possam servir de subsídios relevantes no estabelecimento de políticas públicas sociais e ambientais, que possam amenizar os impactos provocados pela exploração do carvão mineral, pois vários são os exemplos a nível de África de como as desigualdades sociais e os impactos ambientais trazem consequências de difícil irreversibilidade a nível local onde estas atividades são implantadas.

6. Agradecimentos

Queremos expressar nossos agradecimentos a Daniel José de Andrade (Doutorando em Planejamento Urbano e Regional/UniVap- São José dos Campos - SP) e José Carlos Moreira (Pesquisador do INPE- São José dos Campos - SP) pelo apoio prestado no tratamento dos dados de Sensoriamento Remoto.

7. Referências Bibliográficas:

- BORGES, Elane. F. **Técnicas de segmentação de imagens e classificação por região: mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo, Mucugê - BA.** Mercator, v. 8, n. 17, p. 209-220, 2009.
- BUARQUE, Sérgio C. **Metodologia de planejamento do desenvolvimento local e municipal sustentável.** INCRA, IIAC e MEFP, Brasília, 1999;
- COELHO, Maria C. N. **Impactos ambientais em áreas urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa.** In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B. Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001;
- DEÁK, C. **Rent theory and the price of urban land/ Spatial organization in a capitalist economy.** PhD Thesis, Cambridge. Revisão final da OCR, 1985. Capítulo 4, *versão em português.* Disponível em: http://www.fau.usp.br/docentes/deprojeto/c_deak/CD/3publ/index.html;
- HALBWACHS, Maurice. **A Memória Coletiva e o Espaço.** Memória Coletiva. São Paulo: Vértice, 1990;

- JENSEN, John R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epifânio. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009;
- RIGHI, Roberto. **O processo de urbanização e o desenvolvimento industrial no Estado de São Paulo**. Pág. 43-92; In: BRUNA, Gilda Collet. Questões de organização do espaço regional. Nobel: Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1983;
- SELEMANE, Tomás. **Alguns Desafios da Indústria Extrativa em Moçambique**. CIP, Maputo, 2009;
- SOARES, A. F. S. **Uso de agrotóxico, contaminação de mananciais e análise da legislação pertinente: um estudo na região de Manhuaçu – MG. Minas Gerais, Brasil**. Belo Horizonte, Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – UFMG, 2011.