



CAPTAR
ciência e ambiente para todos

volume 8 • número 1 • p 51-60

Análise de Mudança de Cobertura do Mangal na Baía de Sofala, Moçambique

A Baía de Sofala, tem um grande potencial florestal, mas as florestas de mangal estão ameaçadas devido ao desmatamento e a degradação. O presente trabalho teve como objectivo, analisar a mudança de cobertura do mangal na Baía de Sofala. Para o efeito, foram usadas imagens de satélite Landsat 5 TM referente aos anos de 2002 e 2008, as imagens foram adquiridas gratuitamente no site www.glovis.usgs.gov, analisadas e processadas usando os softwares ENVI versão 5.0 e ArcGIS versão 9.3. Após a aquisição das imagens foi efetuada a classificação supervisionada das imagens, em seguida foi feita a sobreposição das imagens de 2002 e 2008 para se analisar, localizar e identificar áreas com mudança na cobertura. Foram classificadas três formas de cobertura (mangais, não mangais e água). A área de cobertura de mangal em 2002 foi de 9810,81 ha e em 2008 foi de 9502,47 ha com uma perda de 308,04 ha, num período de 6 anos, correspondente a 51 ha por ano. A área próxima ao rio Buzi apresentou manchas grandes de ganho de cobertura de mangal e a zona costeira próxima ao rio Savane e Nhangau apresentaram muitas manchas pequenas de perda de mangal.

Palavras-chave

mudança de cobertura
mangal
Baía de Sofala

Liliett Francisco ^{1,2*}

Natasha Ribeiro ²

Almeida Siteo ²

¹ Universidade Lúrio, Faculdade de Ciências Naturais, Departamento de Ecologia Marinha, Caixa postal 958, Pemba, Moçambique

² Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Agronomia e Engenharia Floresta, Departamento Engenharia Florestal, Maputo, Moçambique

* lantonio@fcn-unilurio.com

ISSN 1647-323X

INTRODUÇÃO

Mangais são ecossistemas costeiros característicos das regiões estuarinas das zonas tropicais e subtropicais. Possuem plantas típicas do mangal e plantas associadas bem como as mico e macroalgas adaptadas a flutuações de salinidade. São caracterizados por colonizarem sedimentos, lodosos, ricos em matéria orgânica e com baixo teor de oxigénio (Schaeffer e Novelli, 1995). As florestas de mangais têm uma cobertura global recentemente estimada em 18 milhões de hectares e ocorre em 112 países. Em Moçambique a área estimada aproxima-se a 400,000 hectares (Semese, 1998; Abreu et al. 2007). Os mangais, apresentam condições próprias para alimentação, protecção e reprodução de muitas espécies animais, são considerados importantes transformadores de nutrientes, de matéria orgânica, geradores de bens e de serviços (Schaeffer e Novelli, 1995). As florestas de mangais estão também entre os principais sequestradores de carbono dos trópicos, podendo sequestrar cerca de 22,8 milhões de toneladas de carbono por ano (Cahoon et al. 2003; Bouillon et al. 2008; Nellemann et al. 2009; Kauffman e Donato, 2012). De acordo com Valiela et al. (2001), Langner et al. (2007), Kauffman e Donato (2012), as florestas de mangais estão ameaçadas devido ao uso e mudança de cobertura da terra, bem como às mudanças climáticas globais. As taxas de desmatamento e de conversão de mangal estão entre as mais altas de todas as florestas tropicais do mundo com cerca de 23% (Giri et al., 2011). A taxa de desmatamento de mangais em Moçambique ao longo dum período de 18 anos, foi de 3,8%, a província de Sofala apresentou a segunda maior taxa de desmatamento com 4,9% antecedida pela província de Maputo com 15,2% devido a sobre-exploração e aumento da densidade populacional Sackett e Matusse (1994). A redução de áreas de mangais tem-se verificado em Moçambique e em quase todo o mundo devido às atividades antropogénicas direccionadas à subsistência das comunidades principalmente as que vivem em áreas próximas a estas formações florestais. A Baía de Sofala, tem um grande potencial florestal mas as florestas de mangal estão ameaçadas devido ao desmatamento e a degradação.

Este estudo, irá contribuir de certo modo, para o conhecimento da taxa de mudança de cobertura no mangal da Baía de Sofala e informações sobre a mudança de cobertura podem auxiliar na monitoria, relatório e verificação das atividades de REDD+ (Redução das emissões por desmatamento e degradação mais o *stock* de carbono), podem servir como base na tomada de decisões sobre as formas de manejo e conservação deste ecossistema tendo em conta a redução da área do mangal devido as necessidades humanas e isso pode ajudar a reduzir o desmatamento e a degradação florestal e aumentar o *stock* de carbono. O presente trabalho teve como objetivo analisar a mudança de cobertura do Mangal na Baía de Sofala no período de 2002 a 2008.

METODOLOGIA

Descrição da área de estudo

A Baía de Sofala está localizada na região centro de Moçambique, entre as latitudes 16° S e 21° E. A distância entre a costa e a quebra da plataforma continental nesta região é de aproximadamente 20 m. A Baía de Sofala é um sistema de águas rasas, em que a profundidade média não excede os 10 m (Consultec, 2007).

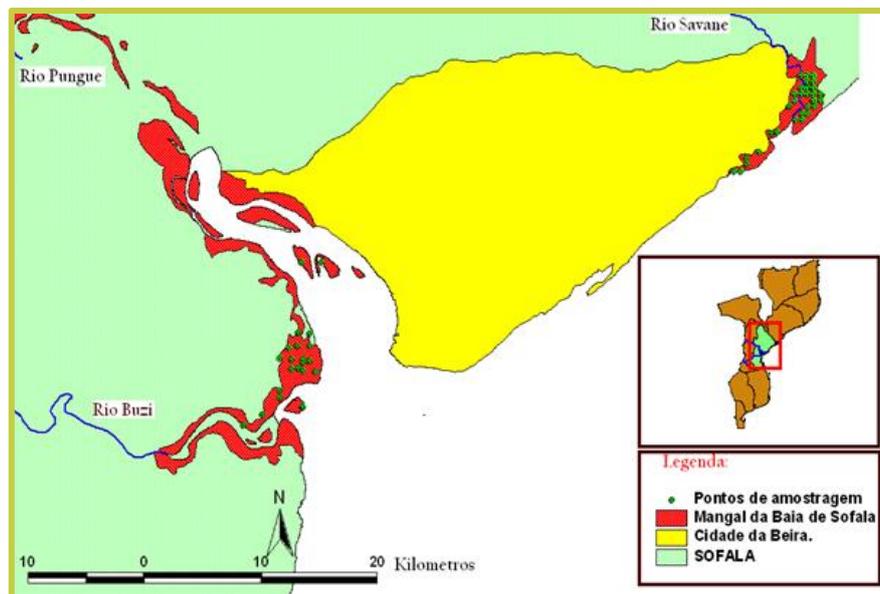


FIGURA 1: Localização da área de estudo (Fonte: Mandlate, 2013).

O clima da região é tropical húmido com duas estações climáticas, a estação chuvosa vai de outubro a março e a estação seca vai de Abril a Setembro (Consultec, 2007), na Baía de Sofala desaguam os rios Púngue e Buzi (Luís, 2011). A flora aquática e de transição que se destaca são os mangais que se desenvolvem nas planícies lodosas, riachos e ilhas estuarinas, nos riachos perto do Savane e Nhangau desenvolvem-se mangais em grande número e em pequena quantidade na margem sul do rio Púngue (Consultec, 2007). No mangal da Baía de Sofala existem seis espécies nomeadamente: *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Brugueira gymnorhiza*, *Xylocarpus granatum*, *Hiritiera littoralis* e *Ceriops tagal*. *Avicennia marina* é a espécie com maior abundância (Mandlate, 2013).

Aquisição e análise das imagens de satélite

Para a realização deste trabalho foram usadas imagens de satélite Landsat 5 TM (*Thematic Mapper*) referente aos anos de 2002 e 2008, adquiridas gratuitamente no site www.glovis.usgs.gov. Após a aquisição das cenas foi feita a composição das bandas de modo a formar uma imagem composta por todas as bandas, foi feito o corte da área de estudo nas imagens, em seguida as imagens foram re-projectadas em *UTM*, *Datum WGS-84* e zona 36 S.

Foi efetuada a combinação das bandas de modo a realçar o padrão de distribuição da vegetação (Landsat 5, bandas 4, 3 e 2) e posteriormente foi feita a classificação supervisionada das imagens no *Software Environment for Visualizing Images (ENVI)* versão 5.0, foram usadas três classes de cobertura mangais, não mangal e água. Foi considerada classe de mangais as formações florestais que se encontram na zona de transição entre o ambiente marinho e terrestre, na classe não mangais foram agrupadas outros tipo de formações florestais, áreas habitacionais, agrícolas, dunas costeiras e infraestruturas e na classe água foi considerado todos os corpos de água.

A classificação supervisionada, como o próprio nome diz, é controlada pelo usuário. Onde ele, com a sua experiência e capacidade de distinção aponta os alvos a serem classificados. O critério para a classificação

baseia-se na definição de assinaturas espectrais (padrões) para cada uma das classes de estudo obtidas a partir de amostras de treinamento. As vantagens deste método em relação aos outros métodos como os de classificação por interpretação visual ou por classificação não assistida, são os de considerar a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos (Luís, 2011).

Após a classificação supervisionada das imagens foi feita a sobreposição da classificação supervisionada das duas imagens para se analisar, localizar e identificar as áreas com mudança na cobertura nos anos de 2002 e 2008 e foram identificadas áreas com mudanças negativas (perderam a cobertura), mudanças positivas (ganharam a cobertura) e áreas sem mudanças (mantém a cobertura) durante o período de 2002 a 2008.

As áreas de mudança de cobertura foram identificadas através da ferramenta *change detection* no *Software ENVI*, onde foi feita a interceção das imagens já classificadas resultando num único mapa. E em seguida foram retiradas as estatísticas de diferença para os dois mapas.

No processo de análise dos dados de detecção remota, um passo fundamental é a avaliação da precisão temática. Os usuários necessitam saber quão confiáveis são os dados provenientes dos mapas temáticos, derivados da classificação de um produto de detecção remota, e através da matriz de confusão é possível derivar medidas e conseqüentemente verificar erros oriundos do processo de atribuição dos pixels a determinadas classes (Vieira, 2000).

A validação dos resultados foi feita através da comparação dos pontos de referência (verdade de campo) com as imagens já classificadas, a análise foi feita usando o índice de exatidão global e índice Kappa, onde foram introduzidos os pontos de amostragem nas imagens já classificadas e foi feita a validação com base em observações das imagens de sensor *SPOT* no *Google Earth*. Os índices de exatidão global, Kappa, Erro de comissão e de omissão foram calculados.

RESULTADOS

Mudança de cobertura

No presente trabalho foram usadas três classes de cobertura (mangais, não mangal e água), as quais estão apresentadas nas figuras 2 e 3 ilustram a cobertura de mangal na Baía de Sofala, referente aos anos de 2002 e 2008 respetivamente.

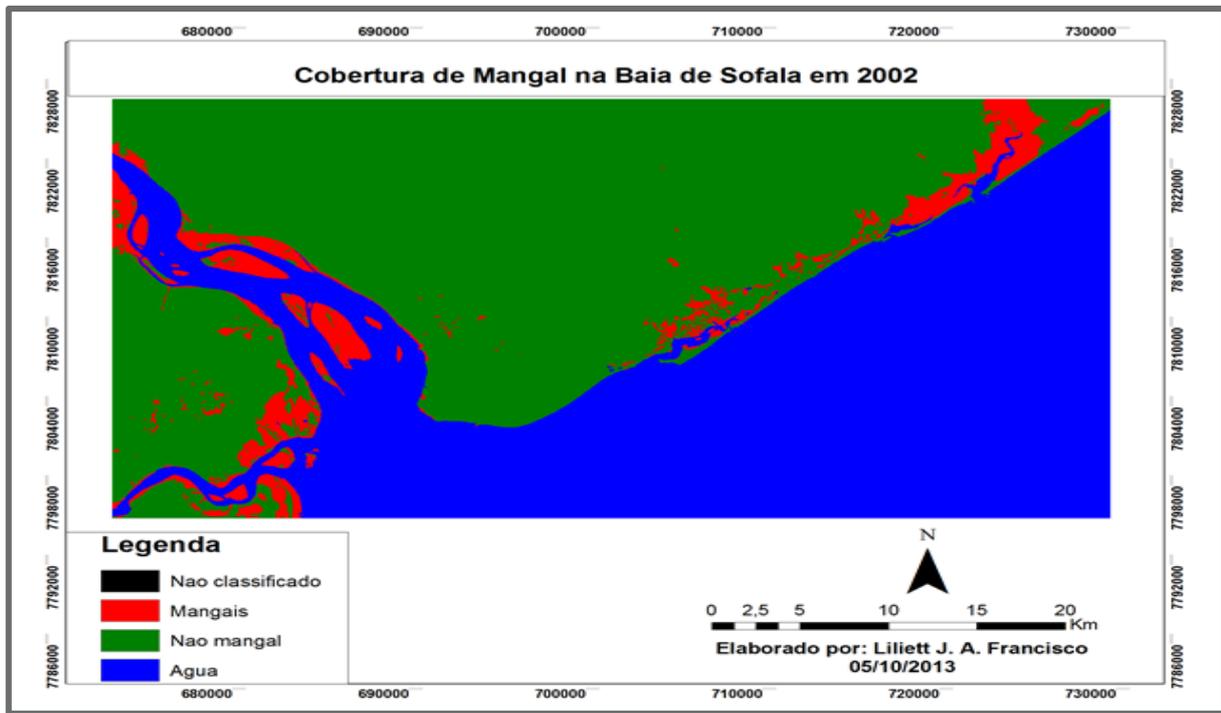


FIGURA 2: Mapa de cobertura de mangal na Baía de Sofala em 2002.

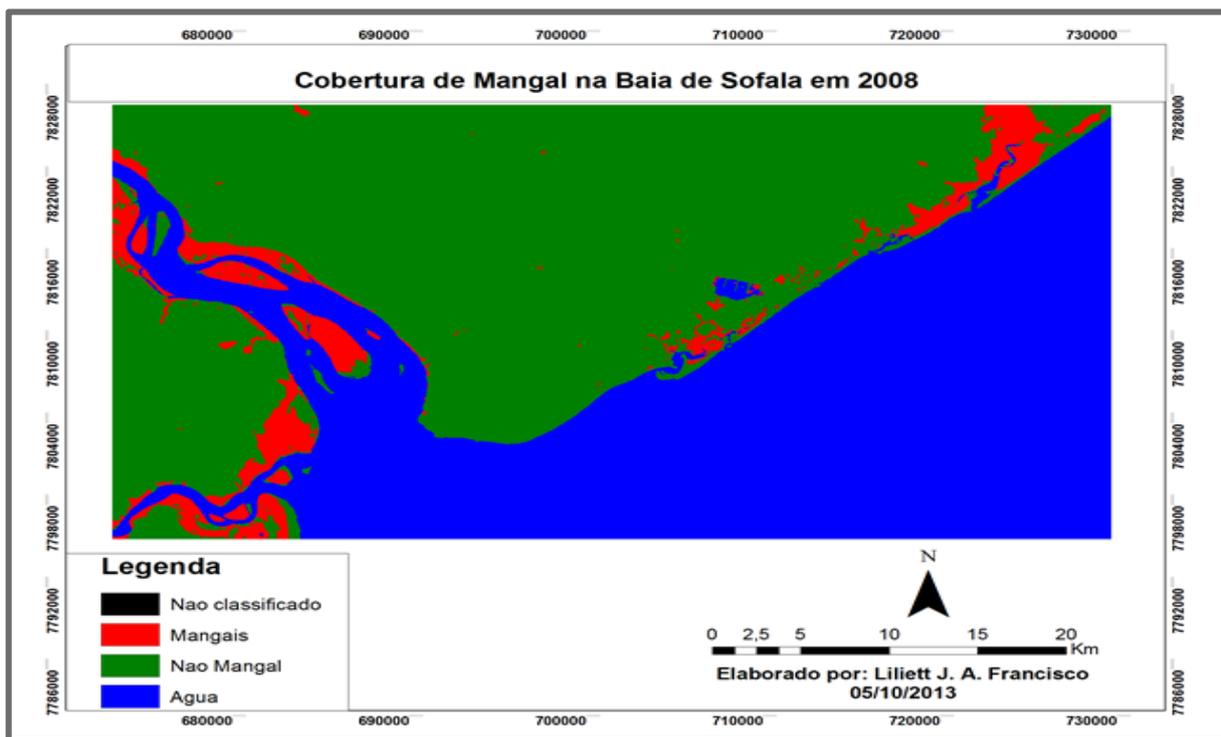


FIGURA 3: Mapa de cobertura de mangal na Baía de Sofala em 2008.

A tabela I mostra a área em hectares (ha) das classes de cobertura, onde pode-se observar que a área total de cobertura de mangal na Baía de Sofala em 2002 foi de 9810, 81 ha e reduziu para 9502,47 ha em 2008 correspondendo a uma perda de 308,34 ha (3,14%) num período de 6 anos, correspondente a 51 ha por ano e -0, 52% por ano.

TABELA I: Área de cobertura de mangal na Baía de Sofala em 2002 e 2008.

Classes de Cobertura	2002		2008		Mudança (ha)
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	
Mangal	9810,81	5,47	9502,47	5,29	-308,34
Não Mangal	88796,61	49,52	88679,52	49,46	-117,09
Água	80691,84	45,00	81117,27	45,24	425,43
Total	179299,26	100	179299,26	100	-

A tabela II ilustra a Matriz de confusão, os valores de índice de exatidão global, índice Kappa e valores de erros de comissão e omissão em % usados na validação da classificação das imagens de satélite. O índice de exatidão global e o índice Kappa mostraram que as classes obtidas através de interpretação de imagem de satélite correspondem com os dados de referência, a classificação das imagens foi excelente com valor de exatidão global de 90,9% e índice Kappa de 86%. O índice de exatidão global (po) e o índice Kappa (K) demonstraram que a classificação é excelente. De acordo com Figueiredo e Vieira (2007) valores do índice K entre 0,4 (40%) a 0,8 (80%) mostram a perfeição da classificação e acima deste intervalo é considerada classificação excelente.

TABELA II: Matriz de confusão.

Classificação de imagens	Dados de referência			Total	E_o
	Mangais	Não mangal	Água		
Mangais	9	0	0	9	0
Não mangal	2	20	1	23	13
Água	0	1	21	22	5
Total	11	21	22	54	
E_{co}	18	5	5		
Exactidão global: 90,9%			Índice Kappa: 86%		

A tabela III mostra a Matriz de mudança de cobertura de mangal na Baía de Sofala, onde se pode observar que a área de mangal que se manteve ou seja, área que não mudou de cobertura no período de 2002 á 2008 foi de 7302,96 ha, a área com ganho de cobertura de mangal foi de 2507,85 ha em 2002, sendo que 1776,15 ha da classe não mangal e 731,7 ha da classe água mudaram para classe de mangais, a área de perda de cobertura de mangais foi de 2199,51 ha em 2008, onde 1902,15 ha foram perdidos para a classe de não mangal e 297,36 ha para a classe água.

A Figura 4 mostra a localização das áreas com mudanças positivas (ganhos de cobertura), mudanças negativas (perdas de cobertura) e áreas que não mudaram a cobertura de mangal de 2002 a 2008. Observa-se que as mudanças positivas e as mudanças negativas ocorreram em quase todas as partes da área de estudo, no entanto, a área próxima ao rio Buzi apresentou manchas grandes de ganho de cobertura de mangal

e as manchas pequenas de perda de cobertura foram observadas com maior destaque na zona costeira próxima ao rio Savane e Nhangau.

TABELA III: Matriz de Mudança de Cobertura de Mangal na Baía de Sofala.

Classes cobertura de 2002	Classes de cobertura de 2008							
	M		NM		A		Total	
	Área(ha)	(%)	Área(ha)	(%)	Área(ha)	(%)	Área(ha)	(%)
M	7302,96	74	1902,15	2	297,36	0,36	9502,47	100
NM	1776,15	18	86208,84	98	694,53	0,86	88679,52	100
A	731,7	7	685,62	0,77	79699,95	99	81117,27	100
Total	9810,81	100	88796,61	100	80691,84	100	0	0
Mudança	2507,85	25	2587,77	3	991,89	1	0	0
Diferença	-308,34	-3.143	-117,09	-0,1	425,43	0,52	0	0

Onde: A- Água; M- Mangal; NM- Não Mangal

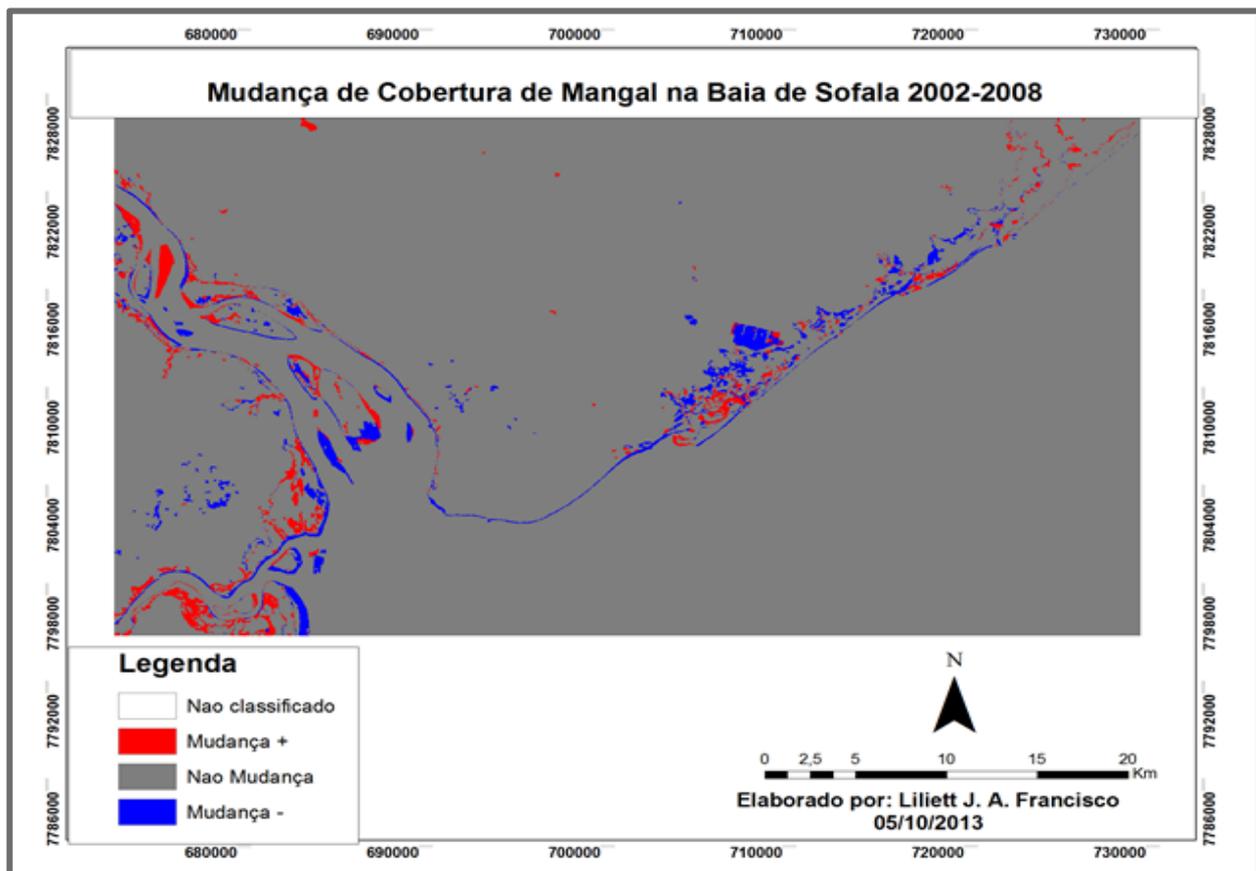


FIGURA 4: Mapa de Mudança de cobertura de mangal de 2002 á 2008 na Baía de Sofala.

DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A redução da cobertura de mangal na Baía de Sofala deve-se a causas antropogénicas tais como o corte para a obtenção do combustível lenhoso, construção de habitações, conversão para, construção de salinas e tanques de aquacultura, poluição entre outras causas antropogénicas. Outras possíveis causas são as naturais tais como tempestades e chuvas fortes que assolam a região. De acordo com Luís (2011) e Mandlate (2013) de entre as causas da redução da área de mangal em Sofala concretamente na Praia Nova, Rio Maria, Rio Savane e Estuário de Rio Púngue destaca-se: a exploração para construção de acampamentos para os pescadores, construção de mesas para a secagem do pescado, construção de barcos, construção de habitações, construção de mobília doméstica básica como mesas, cadeiras e camas e aproveitamento como combustível lenhoso. Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com os resultados obtidos por Fatoyinbo et al. (2008) que observou uma diminuição de 14% de cobertura de mangal no período de 1990 a 2000 na província de Sofala e Luís (2011) também observou 36% da redução da cobertura de mangal na Baía de Sofala no período de 1979 e 2010. A redução de mangal de 51 ha por ano na Baía de Sofala pode estar relacionada com a sobre-exploração e o aumento da densidade populacional, pois, segundo Luís (2011), tem sido observadas migrações diárias de população provenientes de outras áreas sendo na sua maioria pescadores e vendedores de mercado. A maior parte da área da classe de mangais foi perdida para a classe não mangal, facto que está relacionada com o desmatamento do mangal uma vez que a maior parte da população depende dos recursos providenciados pelos mangais para a sua sobrevivência principalmente as que vivem em áreas próximas a estas formações florestais. Luís (2011) verificou que os mangais não tiveram crescimento em nenhuma região da cidade da Beira (Estuário do rio Pungue, Zona da Praia nova, Zona costeira próxima do rio Savane, o que contradiz com o que foi observado no presente trabalho em que foram observadas mudanças positivas (ganho de cobertura) em algumas áreas, esse facto deve-se provavelmente a regeneração natural do mangal na área de estudo. De acordo com Ribeiro et al. (2002) a regeneração natural do mangal pode ocorrer de forma satisfatória através de sementes se o ecossistema não for muito perturbado. Mandlate (2013) observou a regeneração de indivíduos de mangal na Baía de Sofala nas classes de 5 a 40 cm de altura que são propágulos, e a espécie *Avicennia marina* apresentou maior número de indivíduos em regeneração. Este facto está de acordo com resultados obtidos neste trabalho em que foram observados ganhos de cobertura de mangal. A área próxima ao rio Buzi apresentou manchas grandes de ganho de cobertura pelo facto de estar um pouco distante da cidade a exploração do mangal é baixa e a densidade populacional também é baixa, ao contrário a área próxima ao rio Savane e Nhangau que apresentaram muitas manchas de perdas de mangal por se localizarem perto dos centros urbanos onde a exploração de mangal é elevada devido ao aumento da densidade populacional que aumenta a pressão sobre os mangais. De acordo com Luís (2011), a degradação da floresta de mangal em Savane em Nhangau é influenciada pelo aumento da população e pelo abate de árvores para a produção de carvão e os mangais do estuário do Rio Púngue constituem um recurso explorado pela população que vive particularmente nas cidades da Beira e do Dondo, para a obtenção de madeira para a construção de habitações e barcos de pesca, mobiliário e para produção de carvão vegetal (combustível lenhoso). Segundo Luís (2011) o tipo de exploração de mangal na Baía de Sofala concretamente em Savane e Nhangau é itinerante, isto é, os exploradores mudam de região quase mensalmente a medida que as espécies de grande porte vão

desaparecendo, deixando extensas áreas descobertas e expostas a erosão e sem a influência das marés esse facto justifica as muitas manchas de perda de mangal observadas na zona costeira próxima ao rio Savane e Nhangau.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho conclui-se que:

- A área total de cobertura de mangal na Baía de Sofala em 2002 foi de 9810,81 ha e reduziu para 9502,47 ha em 2008 com uma perda de 308,34 ha (3,14%) num período de 6 anos.
- A área de mangal que não mudou de cobertura no período de 2002 a 2008 foi de 7302,96 ha, a área com ganho de cobertura foi de 2507,85 ha em 2002, área com perda de cobertura foi de 2199,51 ha em 2008.
- 1776,15 ha da classe não mangal e 731,7 ha da classe água mudaram para classe de mangais em 2002 e 1902,15 ha da classe de mangais foram perdidos para a classe não mangal e 297,36 ha para a classe água em 2008.
- A área próxima ao rio Buzi apresentou manchas grandes de ganho de cobertura de mangal e a zona costeira próxima ao rio Savane e Nhangau apresentaram muitas manchas pequenas de perda de mangal.

RECOMENDAÇÕES

Em estudos futuros sugere-se que sejam feitos trabalhos de géneros em outras áreas de Mangale que sejam usadas imagens de satélite de alta resolução espacial.

Sejam tomadas decisões sérias em relação à conservação das áreas de mangal em Moçambique em particular na Baía de Sofala, através de desenvolvimento de atividades como o manejo florestal sustentável, a regeneração do mangal principalmente em áreas onde se verifica maior perda de mangal.

agradecimentos • Agradecimento especial ao Fundo Nacional de Investigação (FNI) por ter financiado uma grande parte deste projeto, a Professora Natasha Ribeiro e Prof. Almeida Siteo da Universidade Eduardo Mondlane-Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal por permitirem a minha participação no projeto tornando possível a realização deste trabalho, ao Eng. Jone Fernando Júnior pelo apoio técnico incondicional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu D, Júnior C, Dolores PS (2007). Inventário Rápido da Macrofauna dos Mangais e ervas Marinhas do Arquipélago das Ilha Primeiras e Segundas, Maputo, 1-45. pp.
- Bouillon S, Borges AV, Castaneda-Moya E, Diele K, Dittmar T, Duke NC, Kristensen E, Lee SY, Marchand C, Middelburg JJ (2008). Mangrove production and carbon sinks: a revision of global budget estimates. *Global Biogeochemical Cycles* 22(2): GB2013.
- Cahoon DR, Henzel P, Rybczyz J, McKee KL, Proffitt CE, Perez BC (2003). Mass tree mortality leads to mangrove peat collapse at Bay Islands, Honduras after Hurricane Mitch. *Journal of Ecology* 91: 1093-1105.

- Consultec (2007). Estudo de Impacto Ambiental Simplificado da Dragagem do Porto da Beira, Província de Sofala. pp 28-58.
- Fatoyinbo TE, Simard M, Washington-Allen RA, Shugart H (2008). Landscape-scale extent, height, biomass, and carbon estimation of Mozambique's mangrove forests with Landsat ETM+ and Shuttle Radar Topography Mission elevation data pag 1.
- Giri C, Ochieng E, Tieszen L., Zhu Z, Singh A, Loveland T, Masek J, Duke N (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite datage. 155 p.
- Kauffman JB, Donato DC (2012). Protocols for the Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass and Carbon Stocks in Mangrove Forests. Working Paper 86. CIFOR, Bogor, Indonésia. 2 p.
- Langner A, Miettinen J, Siegert F (2007). Land cover change 2002–2005 in Borneo and the role of fire derived from MODIS imagery. *Global Change Biology* 13: 2329-2340.
- Luís AA (2011). Aplicação Dos Sistemas De Informação Geográfica E Detecção Remota No Monitoramento Do Mangal, Universidade Católica de Moçambique, Dissertação de Mestrado, Beira. 70 p.
- Mandlate LJC (2013). Mangal da Baía de Sofala: Caracterização Ecológica e Estimativa de Carbono Sequestrado, Maputo, Faculdade de Agronomia e Engenharia florestal, Universidade Eduardo Mondlane, Dissertação de Mestrado. 89 p.
- Ribeiro N, Siteo AA, Guedes BS, Staiss C (2002). Manual de Silvicultura Tropical, Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Maputo, pp. 44-49.
- Schaeffer-Novelli Y (1995). Mangal: ecossistema entre a terra e o mar. *Caribbean Ecological Research*, São Paulo. 64p.
- Semesi AK, Howell K (1985). *The Mangrove of the Eastern Africa Region*. Published by United Nations Environment Programme. Nairobi-Kenya. 45 p.
- Vieira TGC, Alves HMR, Volpeto ML, Bernardes T, Santos ER (2007). Avaliação de classificadores automáticos no mapeamento de áreas cafeeiras da região de Guaxupé, Minas Gerais, VI Simpósio de Café do Brasil. 3 p.
- Valiela I, Bowen JL, York JK (2001). Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. *Bioscience* 51: 807-815.