ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Mapeamento e identificação de vetores responsáveis pela supressão do manguezal na Zona Costeira do Baixo Sul da Bahia, Brasil

Ana Paula Sena de Souza¹, Ivonice Sena de Souza², George Olavo³, Jocimara Souza Britto Lobão⁴, Rafael Vinícius de São José⁵

¹ Mestre em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Universidade Estadual de Feira Santana, Bahia, Brasil. anappaulasouza@yahoo.com.br (autor correspondente). ² Mestre em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Universidade Estadual de Feira Santana, Bahia, Brasil. vonisouza@yahoo.com.br. ³ Professor Adjunto, Departamento de Ciências Biológicas, Professor do Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Av. Transnordestina, s/n, CEP 44036-900, Feira de Santana, Bahia. (75) 3161-8156. georgeolavo@gmail.com. ⁴ Professora Adjunta, Departamento de Ciências Humanas e Filosofia, Professora do Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Av. Transnordestina, s/n, CEP 44036-900, Feira de Santana, Bahia. (75) 3161-8807. juci.lobao@gmail.com. ⁵ Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Rua Carlos Gomes, 250, Campinas, SP, CEP 13083-855.

Artigo recebido em 10/05/2019/ e aceito em 24/12/2019

RESUMO

O ecossistema manguezal representa 8% de toda a linha de costa do planeta e ocupa uma área total de 181.077 km². O Brasil é o segundo país em extensão de áreas de manguezal, ficando atrás apenas da Indonésia. O objetivo do presente estudo foi mapear e identificar os principais vetores responsáveis pela supressão da cobertura das áreas de manguezal na região do Baixo Sul da Bahia, Brasil, a partir de imagens de satélite Landsat disponíveis para o período entre 1994 e 2017. Os mapeamentos foram realizados a partir de classificação supervisionada, utilizando o método Maxver. A acurácia da classificação obtida foi verificada através da verdade de campo, de índices de Exatidão Global, e dos coeficientes de concordância *kappa* e *Tau*. As classes que apresentaram maior área de cobertura no período analisado foram: vegetação ombrófila densa, agropecuária, solo exposto e manguezal. Foram identificados dois vetores principais responsáveis pela supressão dos bosques de mangue: a expansão desordenada das áreas urbanas (com destaque para o município de Valença) e o avanço da atividade de carcinicultura clandestina, em razão da instalação de tanques de cultivo de camarão sem o devido processo de licenciamento ambiental (sobretudo no município de Nilo Peçanha). O uso das geotecnologias, em especial o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas, foram ferramentas fundamentais na identificação destes vetores responsáveis pela supressão das áreas de manguezal na área de estudo região do Baixo Sul da Bahia.

Palavras-Chave: Impactos ambientais, imagem de satélite, carcinicultura.

Mapping and identification of vectors responsible for mangrove suppression in the Southern Bahia Lowlands, Brazil

ABSTRACT

The mangrove ecosystem represents 8% of the entire coastline of the planet and occupies a total area of 181,077 km². Brazil is the second largest country in terms of mangrove areas, second only to Indonesia. The aim of the present study was to map and identify the main vectors responsible for the suppression of mangrove cover in the Southern Lowlands of Bahia, Brazil, from Landsat satellite images available for the period 1994-2017. based on supervised classification using the Maxver method. The accuracy of the classification obtained was verified through field truth, Global Accuracy indices, and kappa and Tau agreement coefficients. The classes that presented larger coverage area in the analyzed period were: dense ombrophilous vegetation, agriculture, exposed soil and mangrove. Two main vectors responsible for the suppression of mangrove forests were identified: the disorderly expansion of urban areas (especially the municipality of Valença) and the advance of clandestine shrimp farming due to the installation of shrimp farms without due environmental licensing process (mainly in the municipality of Nilo Peçanha). The use of geotechnologies, especially Remote Sensing and Geographic Information Systems, were fundamental tools in the identification of these vectors responsible for the suppression of mangrove areas in the study area of the Southern Bahia Lowlands.

Key-words: environmental impacts, satellite image, shrimp farming.

Introdução

A zona costeira brasileira compreende a uma faixa de 8.698 km de extensão e largura variável (Rodrigues, 2003). A Bahia, em particular, possui a maior Zona Costeira do Brasil, apresentando uma extensão de aproximadamente 900 Km (IBGE, 2011). O uso e ocupação insustentável das zonas costeiras brasileiras têm acelerado processos de degradação e poluição dos ambientes marinhos e estuarinos, além da descaracterização das culturas locais (Abreu et al., 2017; Costa, 2003; Buschmann, 2001).

Os manguezais constituem um dos ecossistemas costeiros tropicais de maior produtividade biológica, de grande importância para a conservação da biodiversidade marinha, assim como para a sustentação da atividade pesqueira e segurança alimentar das comunidades de pescadores artesanais do litoral brasileiro.

Conforme o Atlas de Manguezais (BRASIL, 2018), este ecossistema representa 8% de toda a linha de costa do planeta perfazendo um total de 181.077 km². O Brasil é o segundo país em extensão de áreas de manguezal (13.400 km²), ficando atrás apenas da Indonésia, que apresenta 42.550 km² de manguezais distribuídos ao longo de seus arquipélagos (Spalding et al., 1997).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (BRASIL, 2006), o conceito de uso e cobertura da terra pode ser entendido como a configuração pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem, sendo também importante analisar a forma como este espaço está sendo explorado, qual a sua organização e seus impactos na cobertura natural da terra (Rosa, 2005; BRASIL, 2006). Esse mesmo conceito pode ser aplicado ao estudo do uso, ocupação e cobertura da zona costeira, incluído áreas úmidas e os corpos d'água, já que de acordo com a Lei nº 7.661, de 1988, a Zona Costeira é entendida como “o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra

terrestre, que são definidas pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC)”.

Os recentes avanços das geotecnologias nos últimos anos vêm proporcionando o mapeamento e acompanhamento das mais diversas áreas econômicas, principalmente o do uso e cobertura da superfície terrestre. O Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) estão cada vez mais interligados (Florenzano, 2005), se tornaram ferramentas eficientes e imprescindíveis para análises espaciais e multitemporais, a exemplo dos trabalhos de Sousa et al., (2016); Pimentel et al., (2011); Lima et al., (2018). Entre as experiências de aplicações dessas ferramentas, com enfoque no mapeamento e quantificação das áreas de mangue, destaca-se os trabalhos de Onwuteaka et al., (2016); Longe Skewes (1994); Santos e Bitencourt (2016); Kuenzer et al., (2011); Martínez-Córdova et al., (2008). Tendo em vista este contexto, o objetivo do presente estudo foi mapear e identificar os principais vetores responsáveis pela supressão da cobertura das áreas de manguezal na região do Baixo Sul do estado da Bahia, Brasil, a partir de imagens de satélite Landsat disponíveis para o período de 1994 - 2017.

Material e métodos

Área de Estudo

A área de estudo está localizada na região do Baixo Sul do estado da Bahia, no Nordeste brasileiro, conhecida também como “Costa do Dendê” (Figura 01). Abrange a zona costeira atlântica de quatro municípios (Cairu, Nilo Peçanha, Taperoá e Valença), com uma extensão de 1.084,9. Km² e caracterizada por um complexo estuarino formado por vários rios e exuberantes manguezais (ATEPA, 2012).

Figura 01. Localização geográfica da área de estudo na região do Baixo Sul da Bahia. Fonte: Os autores (2019).

Procedimentos Metodológicos

Para a realização do mapeamento de uso e cobertura da Zona Costeira dos quatro municípios da Área de Estudo, foram selecionadas as melhores imagens do sensor Landsat 5 e 8 no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do *United States Geological Survey* (USGS), para o período compreendido entre os anos de 1994 e 2017. A escolha das cenas levou em consideração a qualidade das imagens, principalmente, em relação à quantidade de nuvens e sombra.

No tratamento e classificação das imagens foi utilizado o *software* Envi 5.3. A confecção do mapa de uso e cobertura da área de estudo se deu por meio de imagens do satélite Landsat 5, Thematic Mapper (TM), resolução espacial de 30

metros, do dia 07/08/1994, e Landsat 8, Operational Land Imager (OLI), com mesma resolução espacial, do dia 16/06/2017. Para preparar o banco de dados, utilizou-se o *software* ArcGis 10.5. Os dados espaciais foram projetados no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) e datum SIRGAS-2000.

O processamento digital das imagens foi dividido em três etapas: pré-processamento, processamento e pós-processamento. No pré-processamento, a área de estudo foi recortada e as cenas foram georreferenciadas para as imagens LANDSAT 5 (Tabela 01). Para as imagens *Landsats* 8 não foi necessário fazer o georreferenciamento.

Tabela 01: Cenas, datas e Erro Médio Quadrático (RMS) do georreferenciamento das cenas dos sensores Landsat 5 e 8.

Sensor	Cenas	Datas	RMS	Bandas Espectrais
Landsat 5	231/69	07/08/1994	0,5	R5, G4 e B3
Landsat 8	231/69	19/06/2017	Ortorretificada	R6, G5 e B4

A seleção das imagens teve como critério a menor quantidade de nuvens e de ruídos. As técnicas de processamento incluíram à seleção das bandas, georreferenciamento e recorte do limite municipal com base na malha do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE – 2010).

No processamento, realizou-se testes com várias combinações de bandas, cores e contrastes, com o objetivo de extrair o máximo de informações das imagens. As bandas espectrais consideradas no trabalho, para a imagem Landsat 8, foram R6, G5 e B4 (Infravermelho). A composição colorida utilizada para a imagem Landsat 5 foi R5, G4 e B3.

Essas combinações de bandas auxiliaram na melhor identificação dos principais usos e cobertura da Zona Costeira da área de estudo no Baixo Sul da Bahia (vegetação, corpos d'água, manguezal, carcinicultura, solo exposto, área urbana e agropecuária, etc.). Florenzano (2007) afirma que alguns fatores são importantes para o processo de interpretação das imagens de satélite, são eles: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização.

No processamento foi construída uma chave de interpretação para subsidiar a fotointerpretação e uma posterior classificação supervisionada sobre o recorte da imagem. Esse tipo de classificação, o intérprete identifica as classes, e o algoritmo anteriormente treinado agrega os *pixels*. Para esse processo, aplicado o método de máxima verossimilhança (*Maximum Likelihood*). As classes foram geradas por meio da análise de agrupamento. Ao final da classificação da imagem, a mesma foi convertida em um arquivo *shapefile*.

Na etapa seguinte foi analisada as imagens de sensoriamento remoto de alta resolução disponíveis no *Google Earth*. Para auxiliar na identificação dos principais vetores responsáveis pela supressão das áreas de cobertura de manguezais. A abordagem metodológica desenvolvida partiu da análise visual das imagens, para a identificação dos alvos na área de estudo supervisionada.

A fase de validação foi efetivada através dos pontos coletados em campo com o receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*), para todas as classes de uso e ocupação. O trabalho de campo é fundamental para a determinação e reconhecimento das classes pré-determinadas, identificadas nas imagens, assim como para o registro fotográfico da realidade observada. Foram realizadas três campanhas de coleta de dados em campo. A primeira para o reconhecimento da área de estudo e captura de coordenadas no setor da

contra costa da ilha de Boipeba, pelo rio dos Patos, incluindo o entorno das comunidades de São Francisco e Barra dos Carvalhos (município de Nilo Peçanha). A segunda coleta cobriu o Norte da ilha de Tinharé pelo canal de Taperoá, incluindo as adjacências das comunidades de Gamboa do Morro e Galeão (município de Cairu). Na terceira e última etapa de campo foi percorrida a margem Oeste da área de estudo, acessada pela estrada BA-001, no trecho entre os municípios de Valença e Nilo Peçanha.

Para complementar o processo de validação da classificação supervisionada foram gerados 700 pontos aleatoriamente distribuídos na área de estudo, para composição de uma *matriz de confusão*, de acordo com rotina de simulação e análise da plataforma ArcGIS (Landis e Koch 1977; Ma e Redmond, 1995). Cada ponto criado para validação foi classificado numa das oito classes de uso e cobertura pré-definidas, de acordo com o levantamento de campo e a interpretação visual da imagem de satélite da área de estudo.

Para formar a matriz de confusão foram utilizados os pontos gerados aleatoriamente, identificados através de interpretação visual, associando os pontos aleatórios com as classes de uso e cobertura do solo obtidas na classificação.

Para a avaliação dos índices de acurácia, foi realizado o cruzamento das informações de todas as classes de uso e cobertura classificadas e as classes observadas nas imagens de referência, acompanhado de dados de campo. Os dados obtidos foram tabulados em matrizes de confusão. Através destas matrizes foi possível efetuar a avaliação de desempenho global através do índice Kappa (Landis & Koch 1977), Exatidão global (Hellden et al., 1980), e estatística TAU (Ma & Redmond 1995).

A exatidão global é calculada dividindo-se a soma dos valores da diagonal principal da matriz, que representa o número de elementos classificados corretamente (Hellden et al., 1980).

O índice Tau expressa a correlação entre a verdade de campo e as imagens classificadas baseadas em probabilidades (Naesset, 1996; Antunes & Lingnau 1997).

O índice Kappa é utilizado para verificar a confiabilidade dos mapas temáticos que são gerados a partir do processamento digital da imagem de sensoriamento remoto (Cohen 1960).

O resultado da estatística *Kappa* normalmente é comparado aos valores contidos na tabela 02, proposta por Landis & Koch (1977), a fim de indicar a qualidade do mapa temático.

Tabela 02 – Qualidade da classificação associada ao índice *Kappa*.

Índice <i>Kappa</i>	Desempenho
< 0	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

Fonte: Adaptada de Landis & Koch (1977)

Resultados e Discussão

Classes de uso e cobertura identificadas zona costeira do Baixo Sul da Bahia

Foram identificadas sete classes de uso e cobertura da zona costeira na área de estudo: Vegetação Ombrófila Densa, Agropecuária, Corpos D'água, Carcinicultura, Solo Exposto,

Manguezal e Área Urbana. Na Figura 02 é apresentada a chave de identificação elaborada para subsidiar a classificação supervisionada, com base nos princípios de fotointerpretação.

CLASSE	IMAGENS COMPARATIVAS DAS CLASSES DE USO E COBERTURA			
	Landsat 8	Google Earth	Campo	Descrição das classes de uso
Agropecuária				Cor verde-claro; textura lisa; forma geométrica/regular.
Água				Cor azul ou preta; textura lisa; forma irregular; linear ou meandrante para rios.
Área Urbana				Cor magenta (rosa); textura suavemente rugosa; forma regular; localização junto a estradas (rodovias).
Manguezal				Cor verde clara ou verde mais escuro, próximo aos rios; textura lisa; forma regular.
Vegetação Ombrófila Densa				Cor verde-escuro; textura rugosa.
Solo exposto				Cor magenta; textura lisa; forma irregular; localização junto a áreas urbanas ou áreas agrícolas.
Carcinicultura				Tons escuros, com formas geométricas/retangulares bem definidas.

Figura 02- Chave de interpretação dos alvos das classes de uso e cobertura das imagens Landsat, *Google Earth* e de Campo da Zona Costeira do Baixo Sul (2017).

As classificações supervisionadas de uso e cobertura da zona costeira da região do Baixo Sul da Bahia, nos anos de 1994 e 2017, são

apresentadas na Figura 03. A extensão total da área de estudo corresponde a 1.084,9 km².

Figura 03- Classificação supervisionada de uso e cobertura da zona costeira do Baixo Sul da Bahia de 1994-2017.

Validação da Classificação Supervisionada

Os pontos gerados aleatoriamente com os pontos coletados em campo (Figura 04) foram utilizados para validação das classes de uso e cobertura da terra que compõe as matrizes de

confusão do classificador Maxver para o ano de 1994 (Tabela 03) e 2017 (Tabela 04) são apresentadas a correspondência entre os pontos aleatórios e de campo de cada classe temática para as classificações supervisionadas geradas.

Figura 04- Imagem Landsat 8, composição RGB645 e pontos de controle de campo relacionados aos registros fotográficos de cada região visitada.

Tabela 03: Matriz de confusão construída para a validação da classificação supervisionada da imagem LANSAT 5 de 1994.

Verdade	Matriz de Confusão Maxver														Total de Linha	
	Agropecuária		Água		Área Urbana		Carcinicultura		Mangue		Solo Exposto		Sem Informação		Vegetação Ombrófila Densa	
	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%
Agricultura	144	84,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	3,0	4	5,0	0	0,0	31	12
Água	0	0,0	90	100	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Área Urbana	0	0,0	0	0,0	3	60,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Carcinicultura	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	50,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Mangue	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	84	92,7	1	1,2	0	0,0	2	0,8
Solo Exposto	10	5,8	0	0,0	2	40,0	2	50,0	0	0,0	70	87,5	0	0,0	13	5,0
Sem Informação	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100	0	0,0
Vegetação Ombrófila Densa	15	9,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	4,3	5	6,3	0	0,0	213	82,2
Total Coluna	170	100	90	100	5	100	4	100	91	100	80	100	1	100	259	100

Elaboração: Os Autores (2018)

Tabela 04: Matriz de confusão construída para a classificação supervisionada da imagem LANDSAT 8 de 2017.

Verdade	Matriz de Confusão Maxver														Total de Linha	
	Agropecuária		Água		Área Urbana		Carcinicultura		Mangue		Solo Exposto		Sem Informação		Vegetação Ombrófila Densa	
	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%
Agricultura	145	94,7	0	0,00	2	18,1	1	16,6	0	0,00	1	0,8	5	29,4	0,00	0,00
Água	0	0,00	112	100	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Área Urbana	0	0,00	0	0,00	7	63,8	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Carcinicultura	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	50,0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Mangue	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	98	95,1	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Solo Exposto	6	4,0	0	0,00	2	18,1	2	33,4	3	2,9	118	99,2	0	0,00	0,00	0,00
Sem Informação	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	10	58,8	0,00	0,00
Vegetação Ombrófila Densa	2	1,3	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	2,0	0	0,00	2	11,8	179	100
Total Coluna	153	100	112	100	11	100	6	100	103	100	119	100	17	100	179	100

Elaboração: Os Autores (2018)

Ao analisar a matriz de confusão gerada para a classificação do ano de 1994 (tabela 03), foi observado que houve uma correspondência maior com a classe corpos d'água, porém a classe manguezal foi confundida com as classes agropecuária e vegetação ombrófila densa. As classes confundidas com manguezal foram: agropecuária, vegetação ombrófila densa e solo exposto.

Ao analisar a matriz de confusão da classificação para o ano de 2017 (Tabela 04) obteve maior correspondência entre as classes

vegetação ombrófila densa e corpos d'água, enquanto a classe manguezal foi confundida com solo exposto e vegetação ombrófila densa. Já as demais classes não foram confundidas com a classe manguezal.

Na Tabela 05 são apresentados os resultados da análise da acurácia das classificações obtidas, verificada por meio da verdade de campo, do índice de Exatidão Global, do coeficiente de concordância kappa e do coeficiente de concordância Tau.

Tabela 05: Valores dos índices para avaliação da acurácia para classificações supervisionadas.

Classificação Temática	Exatidão Global (%)	Índice Kappa (%)	Índice Tau (%)
1994	86,0	81,0	84,0
2017	96,0	95,0	95,0

Com base na Tabela 05 é possível verificar que a classificação temática apresentou um excelente desempenho. Os valores obtidos para os índices de Exatidão Global e coeficientes Kappa e Tau obtidos para a classificação das imagens dos dois anos analisados, mostraram que

mais de 80% dos pontos foram classificados corretamente. O valor do Índice Kappa para os dois mapas gerados mediante a classificação supervisionada foi considerado como excelente resultado, porque alcançaram valores superiores a 0,8 de acordo com (Landis & Kach, 1977).

Quantificação e percentagem das classes de uso e cobertura

para cada classe de uso e cobertura considerada para a região do Baixo Sul da Bahia.

Na Tabela 06, é apresentada a quantificação e percentagem das áreas (em Km²),

Tabela 06: Quantificação e percentagem das classes de uso e cobertura da região do Baixo Sul da Bahia.

Classes	1994		2017	
	Km ²	%	Km ²	%
Agropecuária	284,0	26,1	326,4	30,0
Corpos d'água (rios, brejos)	121,6	11,2	108,6	10,0
Carcinicultura	6,3	0,5	7,0	0,6
Área Urbana	10,0	0,9	22,5	2,0
Manguezal	133,8	12,3	117,4	10,9
Solo Exposto (Restinga, Apicum e desmatamento)	156,5	14,4	157,5	14,5
Vegetação Ombrófila Densa	372,2	34,3	321,0	29,5
Nuvem (sem informação)	0,5	0,3	24,5	2,5
Total	1084,9	100	1084,9	100

Fonte: Mapa de uso e cobertura 1994-2017.

Elaboração: SOUZA, A. P. S., 2018.

O uso e cobertura predominante na área delimitada para estudo em 1994 correspondia a vegetação ombrófila densa com 372,2 km². Enquanto que em 2017 a classe dominante passou a ser a agropecuária, com 326,4 km². Esta classe abrange áreas de agricultura e pastagens da atividade pecuária. As mesmas foram agrupadas por não ser possível identificar os *pixels* correspondentes ao cultivo agrícola dos *pixels* de pecuária na imagem de satélite, devido à resolução da imagem 30 metros. Pode-se perceber que a vegetação ombrófila foi reduzida em 51,2 Km², o que parece estar associado à expansão da agropecuária e da área urbana, com a retirada da vegetação para a exploração da madeira, cultivo, loteamento e urbanização, dentre outros usos.

Observa-se também que a área ocupada pela atividade agropecuária que correspondia a 284 km², em 1994, apresentou uma expansão de 42,4 km² no período analisado. Na área de estudo, destaca-se o cultivo de banana, cacau, dendê, graviola, mandioca, coco, cravo e piaçava. A piaçava junto com a canabrava são exploradas também de forma extrativa para a exportação, mas são aproveitadas localmente para a construção de cabanas e confecção de artes de pesca, a exemplo de armadilhas como os covos, jequis e camboas (currais da pesca artesanal). Em relação à pecuária, destaca-se a criação de bovinos, equinos e aves. A figura 05 mostra a localização geográfica e os registros fotográficos de alguns exemplos de cultivo e criação encontrados na área de estudo.

Figura 05-Alguns exemplos de áreas de ocupação pela atividade agropecuária na área de estudo.
Elaboração: Os Autores (2018)

A classe solo exposto abrange as áreas desmatadas, áreas sem vegetação e a restinga aberta, assim como os bancos de areia e recifes emersos. Esta classe apresentou um aumento de 1,0 km², entre 1994 (156,5 km²) e 2017 (157,5 km²).

A classe área urbana apresentou uma expansão significativa nos últimos 23 anos. Em 2017, as cidades e povoados da área de estudo ocupavam 22,5 km², mais que o dobro da área observada em 1994 (10 km²) (Tabela 03 e Figura 06).

Vetores responsáveis pela supressão da cobertura de manguezal na área de estudo

A partir da análise dos mapas, pode-se verificar que as áreas urbanas expandiram, ocupando espaços dos manguezais. Como

podemos observar na classificação de uso e cobertura de 1994, apenas a cidade de Valença ocupava um espaço de 6,1 Km², duplicando de tamanho no período analisado, apresentando uma área de 12,2 Km² no ano de 2017. A cidade se expandiu tanto para oeste como para o sul, mas principalmente para o norte, acompanhando o eixo da rodovia estadual BA-001. De acordo com mapeamento, pode ser constatado que mais ao norte da cidade de Valença havia uma área extensa de manguezal, em 1994. Porém, em 2017 esta área já apresentava uma forte urbanização (Figura 03).

Os trabalhos de campo demonstraram que parte desses manguezais vem sendo aterrados no o processo de urbanização, além disso, constatou-se que os rejeitos dos esgotos domésticos são lançados diretamente no manguezal, sem nenhum tratamento (Figura 06).

Figura 06- Casas construídas às margens aterradas dos manguezais, em um povoado no município de Valença. A: Área de manguezal e tubulação de esgoto doméstico lançado diretamente no canal do mangue; B: Canoas e gaiolas para a captura de siris mantidas nos quintais das habitações em área de manguezal. Fonte: Imagens de Campo (2018).

No município de Nilo Peçanha, as comunidades de São Francisco e Barra dos Carvalhos também se expandiram significativamente. A partir de recortes das imagens do *Google Earth*, foi possível perceber que, até

2002, Barra dos Carvalhos era pouco desenvolvida (Figura 07), assim como outras comunidades da área de estudo, a exemplo de Gamboa e Morro de São Paulo.

Figura 07- Expansão da comunidade de Barra dos Carvalhos. **A:** Imagem da comunidade em 05/30/ 2002; **B:** Imagem da comunidade em 09/09/2017. Fonte: *Google Earth*.

Quanto a carcinicultura de porte empresarial, nota-se que é uma classe que (aparentemente) não se destaca na área de estudo como um todo, mas principalmente ao norte, no município de Valença, ocupando áreas originalmente cobertas por vegetação de restinga. Em 1994, já ocupava uma área de 6,3 km², enquanto em 2017 a classificação supervisionada mostra que não houve um aumento significativo, apresentou uma área de 7,0 km². Porém, os manguezais na zona costeira do Baixo Sul da Bahia, em particular, no município de Nilo Peçanha, vêm sofrendo drasticamente nos últimos anos com sua devastação para dar lugar a tanques clandestinos (não licenciados) de criação de

camarão. A classe manguezal apresentou uma redução da sua área de cobertura no período analisado (1994-2017). Em 1994 apresentava uma área de 133,8 km², enquanto em 2017 a área de cobertura dos manguezais foi reduzida para 117,4 km², uma supressão de 12,4% da área total de manguezais estimada para o ano de 1994. Uma perda de aproximadamente 16,4 km², substituída por áreas urbanas, tanques de carcinicultura e pela atividade agropecuária. Dos manguezais analisados nos quatro municípios (Valença, Cairu, Taperoá e Nilo Peçanha), (Tabela 07), os localizados nos municípios de Cairu e Nilo Peçanha são os que apresentaram uma redução mais significativa de sua área original. O município

de Taperoá durante os 23 anos analisados
continuou praticamente intacto, ou seja, em 1994

possuía uma área de manguezal de 7,5 Km², e
assim permaneceu em 2017.

Tabela 07: Quantificação das áreas de cobertura e áreas de supressão (em Km²), assim como percentagem (%) e taxa anual de perda de áreas (em Km²/ano) de manguezais, por município da área de estudo, entre 1994 e 2017.

Manguezal	1994	2017	Área Suprimida	% Área Suprimida	Taxa anual de supressão
Cairu	83.3	73.0	10.3	12,4	0.45
Nilo Peçanha	12.2	7.3	4.9	59.8	0.21
Taperoá	7.5	7.5	0.0	0.0	0.00
Valença	30.8	29.6	1.2	3.9	0.05
Total	133.8	117.4	16.4	12.3	0.71

Elaboração: Os Autores (2018)

Nas imagens registradas em campo, é possível ter um panorama do estado de conservação do manguezal na região do Baixo Sul

da Bahia, nos quatro municípios analisados (Figura 08).

Figura 08- Cobertura vegetal de manguezal na área de estudo representados nas imagens de campo.

Elaboração: Os Autores (2018)

O resultado apresentado demonstra que, em Valença, a expansão urbana é o vetor que vem causando a perda da vegetação de mangue, já em Nilo Peçanha, as alterações no mangue estão relacionadas à atividade de carcinicultura (criação de camarão em cativeiro).

As imagens de satélite do LANDSAT permitem apenas ter uma visão geral das principais classes de uso e cobertura, devido a sua resolução espacial de 30 m. Por isso algumas classes de uso e cobertura não são destacadas. Estas imagens, ainda, possibilitaram identificar a redução do manguezal, constatando apenas um vetor

responsável pela diminuição, a expansão da área urbana. A partir das análises das imagens do *Google Earth*, foi possível identificar outro vetor que vem crescendo nos últimos 6 anos na área de estudo, e em particular no município de Nilo Peçanha, ocupando os espaços originalmente pertencentes aos manguezais – a carcinicultura de pequena escala.

Com a análise da imagem do sensor LANDSAT 5, em 1994, observou-se que apenas os empreendimentos de carcinicultura de grande escala, localizados no Distrito do Guaibim, município de Valença, eram visíveis. Já na imagem LANDSAT 8, em 2017, além do empreendimento supracitado, observa-se a instalação de um empreendimento de carcinicultura de médio porte, situados no município de Nilo Peçanha, entre os povoados de São Francisco e Barra dos Carvalhos.

Nas imagens LANDSAT com resolução espacial de 30 metros, a carcinicultura tem a aparência de espelho d'água como apresentada na figura 09. As áreas de carcinicultura acabam sendo confundidas com a água, porém, não é um corpo d'água natural, são tanques de carcinicultura. Na análise da imagem LANDSAT, é impossível realizar essa distinção devido à escala. Para a discriminação dos tanques da carcinicultura foi levado em consideração às formas geométricas, que são apresentadas a partir de recortes com formatos regulares. A prática de instalação de tanques de carcinicultura nos manguezais começa sempre pelas bordas, em áreas de transição de vegetação natural (apicuns, restingas ou floresta ombrófila) para os manguezais, e lentamente vão adentrando nas áreas dos bosques de manguê (Figura 10 e 11).

Figura 09- Comparação da identificação da carcinicultura em imagem Landsat 8, com o mapeamento realizado com imagem de alta resolução *Google Earth*, e sobreposto na imagem Landsat.

Figura 10- Supressão dos manguezais pelas suas bordas, imagem do *Google Earth*.
Fonte: *Google Earth* (2017)

Figura 11- Supressão dos manguezais na comunidade de Barra dos Carvalhos, município de Nilo Peçanha-BA. Fonte: Imagens de Campo (2018).

Com as imagens do *Google Earth*, identificamos as principais áreas de carcinicultura instaladas nos ambientes de manguezal na área de estudo, localizadas entre os povoados de São Francisco e Barra dos Carvalhos. Cabe esclarecer que os tanques de carcinicultura observados na região do Guaibim (município de Valença) estão instalados em área de restinga.

Foi possível verificar quando iniciou a construção dos primeiros empreendimentos de

carcinicultura nestes povoados. Os empreendimentos de pequeno e médio porte identificados a partir das imagens do LANDSAT foram implantados na área de estudo entre 2002 e 2009. Uma vez que a partir da análise das duas imagens disponíveis neste período, como observado na Figura 12, não existiam os tanques de cultivo em 2002. Já na imagem de 2009 podemos observar vários destes elementos.

Figura 12-A carcinicultura de pequena e média escala na Zona Costeira do município de Nilo Peçanha ainda não existiam em 2002, mas já aparecem distribuídos na imagem de 2009. **A:** Imagem sem tanques de carcinicultura visíveis 05/30/2002; **B:** Imagem com as evidências da proliferação de tanques de cultivo de camarão em 11/26/2009. Fonte: Google Earth.

Observa-se que inicialmente a carcinicultura no município de Nilo Peçanha não é implantado utilizando espaços do manguezal. Em 2002, entre os povoados de Barra dos Carvalhos e São Francisco não existia nenhum processo de

instalação de tanques da carcinicultura. A partir das imagens do *Google Earth*, foi possível realizar um mapeamento e mostrar a instalação e distribuição de tanques de carcinicultura em 2012 e em 2017 (Figura 13).

Figura 13- Evolução da carcinicultura entre os povoados de São Francisco e Barra dos Carvalhos
Elaboração: Os autores (2018)

O mapeamento realizado inclui tanques em construção e tanques já em pleno funcionamento, esses alvos acabam sendo confundidos com a classe água, mas a partir das análises das imagens de alta resolução do *Google Earth*, podemos observar essa grande transformação e o impacto sobre os manguezais na área de estudo.

Conclusão

O levantamento da distribuição espacial do uso e cobertura do solo é essencial para verificar o grau de degradação ambiental de uma região. Apesar do foco principal do presente estudo ter sido o mapeamento do manguezal, foi necessário mapear e analisar as classes de uso e cobertura da zona costeira, considerando fatores que estão afetando a integridade dos manguezais, causando a redução ou expansão de suas áreas de cobertura.

A classificação supervisionada foi satisfatória para os objetivos propostos no estudo

realizado. O uso das geotecnologias, em especial, o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas, foram ferramentas fundamentais na identificação dos vetores de supressão das áreas de manguezal na região do Baixo Sul da Bahia. Foram identificados dois vetores principais responsáveis pela supressão do manguezal na área de estudo: a expansão desordenada das áreas urbanas (com destaque para o município de Valença) e o avanço da atividade de carcinicultura clandestina, devido à instalação de tanques de cultivo de camarão sem o adequado processo de licenciamento ambiental (sobretudo no município de Nilo Peçanha).

Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão de bolsa à primeira autora.

Referências

- Abreu, F. L., Vasconcelos, F. P., Albuquerque, M. F. C., 2017. A diversidade no uso e ocupação da Zona Costeira do Brasil: a sustentabilidade como necessidade. *Conex. Ci. e Tecnol.* Fortaleza/CE, 11, 8 - 16.
- Antunes, A. F. B., Lingnau, C., 1997. Uso dos Índices de Acurácia para Avaliação de Mapas temáticos obtidos por meios de classificação digital. In: III Congresso e Feira para Usuário de geoprocessamento, Curitiba: Sagres.
- Araújo, R. C. P., Maia, L. P., 2011. Análise dos problemas e objetivos das atividades econômicas tradicionais e emergentes na zona costeira do estado do Ceará. *Arquivo Ciências Mar*, Fortaleza 44(3): 20 – 39.
- Brasil, 2006. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de uso da terra. Rio de Janeiro: IBGE.
- Brasil, 2011. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE em parceria com a Marinha do Brasil lança o Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas. IBGE, Comunicação Social.
- Brasil, 2018. Lei nº 7.661 de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (1988) *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17661.htm> Acesso em: 23 mai. 2018.
- Buschmann, A. H., 2001. Impacto ambiental de la acuicultura: el estado de la investigación en Chile y el mundo. Universidad de Los Lagos Osorno, Chile. Diciembre, 2001.
- Costa, J. R., 2003. Sustentabilidade ambiental local: o caso da comunidade pesqueira de Ponta Grossa - Icapuí - Ceará - Brasil. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio-Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Florenzano, T. G. 2007. Iniciação em sensoriamento remoto. São Paulo, Oficina de Textos, 2ª edição.
- Florenzano, T. G., 2005. Geotechnologies in Applied Geography: diffusion and accessibility. *Revista do Departamento de Geografia*, 17, 24-29.
- Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Vo Quoc, T., Dech, S., 2011. Remote Sensing of Mangrove Ecosystems: A Review. *Remote Sens.* 3, 878-928.
- Landis, J. R., Koch, G.G., 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biométricas*, 33, 159-174.
- Lima, B. A. A., Libório, M. P., Hadad, R. M., 2018. Análise Espaço-Temporal do crescimento de macrófitas e sua aplicação no monitoramento da qualidade da água. *Revista Ra'eGa*, 45, 45 -57.
- Long, B. G., Skewes, T. D., 1994. *Gis And Remote Sensing Improves Mangrove Mapping*. Melbourne, March.
- Ma, Z., Redmond, R., 1995. Tau Coefficients for Accuracy Assessment of Classification of Remote Sensing Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61, 435-439.
- Brasil, 2018. Atlas dos Manguezais do Brasil. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. 176 p.
- Martínez-Córdova, L. R., Porchas, M. M., Cortés-Jacinto, E., 2009. Camaronicultura Mexicanay mundial: actividad sustentable a indústria contaminante. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 25 (3) 181-196.
- Naesset, E., 1996. Concitional Tau coefficient for assessment of producer's accuracy of classified remote sensed data. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 51, 91-98.
- Onwuteaka, J., Uwagbae, M., Okeke, N., 2016. The use of GIS techniques in delineating Mangrove sites of Conservation interest in Asarama area, Eastern part of the Niger Delta. *Proceedings of NTBA/NSCB Joint Biodiversity Conference; Unilorin* (350-358).
- O Território pesqueiro do Baixo Sul (2012). <http://projetoatepa.blogspot.com.br/p/oterritoriopequeirodobaixosul.html>. Acesso in: 20 dez. 2016.
- Pimentel, M. T., Dias, R. R., Pereira, E. Q., 2011. Mapeamento das mudanças da cobertura e uso da terra entre os anos de 1984 e 2009 utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento: estudo de caso do Município de Fátima – Estado do Tocantins. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, INPE p.6810.
- Rodrigues, A. M. T., 2003. A Gestão Ambiental e a Zona Costeira: Como operar nesta área complexa, onde se sobrepõem tantos usos e conflitos? CEPSUL/IBAMA. Contrapontos.
- Rosa, R., 2005. Geotecnologias na geografia aplicada. *Revista do Departamento de Geografia*. 81-90. Universidade Federal de Uberlândia.
- Santos, L. C. M., Bitencourt, M. D., 2016. Remote sensing in the study of Brazilian mangroves: review, gaps in the knowledge, new

perspectives and contributions for management.
Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal
of Integrated Coastal Zone Management, 16(X).

Sousa, R. S., Valladares, G. S., Espindola, G. M.,
2016. Mapeamento multitemporal do uso e

cobertura da terra da planície costeira do estado
do Piauí. Revista Brasileira de Geografia Física,
09, N. 1606-1620.

Spalding, M., Blasco, F. Field, C., 1997. World
mangrove atlas. ISME, Okinawa, 178p.