



SELPER 2016

Geotecnologías, herramientas para la construcción de una nueva visión del cambio global y su transformación para un futuro sostenible



**Libro de Actas del
XVII Simposio Internacional
en Percepción Remota y
Sistemas de Información
Geográfica**

Editores:

Walter F. Sione

Francisco M. Viva Mayer

Miriam E. Antes

M. Cristina Serafini

**Libro de Actas del
XVII Simposio Internacional en Percepción Remota y
Sistemas de Información Geográfica**

Puerto Iguazú Misiones –Argentina 7 al 11 de noviembre de 2016

Instituciones Organizadoras

Universidad Nacional de Luján (UNLu)

Facultad de Ciencia y Tecnología / Universidad Autónoma de Entre Ríos (FCyT/UADER)

Sociedad de Especialistas Latinoamericano en Percepción Remota y Sistemas de
Información Espacial (SELPER) -Capítulo Argentino

Apoyo Institucional

Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)

Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Créditos

© Editores: Walter F. Sione, Francisco M. Viva Mayer, Miriam E. Antes y M. Cristina Serafini

© De los textos y las imágenes, sus autores

© Universidad Nacional de Luján / Universidad Autónoma de Entre Ríos / SELPER
Argentina

Los nombres de productos o corporaciones que aparecen en el texto pueden constituir marcas registradas y se emplean sin otro afán que el meramente identificativo.

Primera Edición

Archivo Digital: descarga y online

ISBN: 978-987-3941-14-6

SELPER 2016: Geotecnologías, Herramientas para la construcción de una nueva visión del cambio global y su transformación para un futuro sostenible: Libro de Actas de XVII Simposio Internacional en Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica; editado por Walter F. Sione [et al.]. - 1a ed. - Luján: EdUnLu, 2017. Libro digital, PDF

Miembros del Comité Organizador

Miriam Antes (UNLu –CSR)
Cristina Serafini (UNLu)
Walter Sione (UADER –UNLu)
Alfredo Cuello (UNLu –CSR)
Pamela Zamboni (UADER)
Pablo Aceñolaza (CONICET –UADER)
Héctor Del Valle (CONICET –UADER)
Leonardo Di Franco (UNLu –UNGS)
Graciela Marín (SEGEMAR)
Félix Menicocci (CONAE)
Ana Médico (CONAE)
Sergio Cimbaro (IGN)
Claudia Tamayo (IGN)
Héctor Gómez (UNSL)
Osvaldo Pedro Arizio (Rector UNLu)
Marino Schneeberger (Decano FCYT-UADER)

Miembros del Comité de Apoyo

Francisco Viva Mayer (UADER)
Griselda Urich (UADER)
Solange Villanueva (UNLu)
Analía Pérez (UNLu)
Carolina Lepíscopo (UNLu)
Florencia Trabichet (UNLu)
Valeria Wagner (UNLu)

Miembros del Comité Científico Técnico

Alejandra Cecilia Kemerer (INTA –UNER, Argentina)
Alfredo Rafael Cuello (UNLu –CSR, Argentina)
Alicia Haydee Barchuk (ISEA-UNC, Argentina)
Álvaro Soldano (CONAE, Argentina)
Ana I. Dogliotti (IAFE UBA, Argentina)
Andrés Horacio Britos (Investigador independiente, Argentina)
Armando Brizuela (CONICET-UNER, Argentina)
Bruno Lara (UNICEN, Argentina)

Carlos Duarte (IARNA-Guatemala)
César Aguirre (CONICET-UNER, Argentina)
Ernesto Abril (UNC, Argentina)
Estela Rodríguez (UADER, Argentina)
Evlyn Marcia Leao de Moraes Novo (INPE, Brasil)
Fabiano Morelli (INPE, Brasil)
Federico Soria (EEOC, Argentina)
Fernando Bordignon (UPPB y UADER, Argentina)
Fernando Tentor (UADER, Argentina)
Francisco Maldonado (UNSL, Argentina)
Francisco Redondo (UNLu-CSR, Argentina)
Gerardo López Saldaña (ULisboa, México)
Graciela Marín (SEGEMAR, Argentina)
Guillermo Heit (SENASA, Argentina)
Guillermo Ojeda (UNSL, Argentina)
Gustavo Baptista (UNB, Brasil)
Gustavo Buzai (UNLu, Argentina)
Haron Xaud (EMBRAPA, Brasil)
Haydée Karszenbaum (CONAE, Argentina)
Héctor Cisneros (UNCUyo / Universidad Juan A. Maza, Argentina)
Héctor F. del Valle (CONICET –UADER, Argentina)
Héctor Gómez (UNSL, Argentina)
Ignacio Gasparri (CONICET, Argentina)
Ignacio Quignard (UADER, Argentina)
Isabel Sassone (IGN, Argentina)
Jesús Anaya (UDEM, Colombia)
Jorge Márquez (GRSS IEEE, Argentina)
José Sobrino (AET, España)
Joselisa María Chaves (UEFS, Brasil)
Laércio Massaru Namikawa (INPE, Brasil)
Laura Delgado (UCV, Venezuela)
Laura Frulla (CONAE, Argentina)
Liana Anderson (CEMADEN, Brasil)
Lilia Manzo Delgado (UNAM, México)
María Lucrecia Pettinari (Universidad de Alcalá, España)
Luis Carvacho (PUCC, Chile)
Marcela Inés Sánchez Martínez (PUCC, Chile)

Marcela Piscitelli (UNICEN, Argentina)
Marcelo Gandini (UNICEN, Argentina)
Marcelo Scavuzzo (CONAE, Argentina)
Marcos Angelini (INTA, Argentina)
María Cristina Serafini (UNLu, Argentina)
María Isabel Cruz López (CONABIO, México)
Marina Miraglia (UNGS, Argentina)
Marta Marizza (FICH –UNL, Argentina)
Miguel Giraut (Argentina)
Milton Kampel (INPE, Brasil)
Miriam Esther Antes (UNLu –CSR, Argentina)
Mirta Raed (UNLu, Argentina)
Mónica Rabolli (CONAE, Argentina)
Natalia Morandeira (UNSAM, Argentina)
Nicolás A. Mari (INTA, Argentina)
Noelia Calamari (INTA, Argentina)
Pablo Aceñolaza (CONICET –UADER, Argentina)
Pablo Euillades (CEDIAC, Argentina)
Pamela Zamboni (UADER, Argentina)
Patricia Kandus (UNSAN, Argentina)
Paula Blanco (CENPAT-CONICET, Argentina)
Paulo Roberto Martini (INPE, Brasil)
Priscilla Minotti (UNSAN, Argentina)
Ramiro Salcedo (FII, Venezuela)
Raúl Rivas (UNICEN, Argentina)
Rejane Ennes Cicerelli (UNB, Brasil)
Ricardo Castro (UADER, Argentina)
Ricardo Mansilla (IGN, Argentina)
Sandra Torrusio (CONAE, Argentina)
Santiago Banchero (INTA, Argentina)
Sebastián Palomino Angel (UDEM, Colombia)
Silvio Daniel Graciani (FICH UNL, Argentina)
Verónica Andreo (CONAE, Argentina)
Víctor Barrena (UALM, Perú)
Virginia Bonvecchi (UNLu, Argentina)
Virginia Venturini (FICH –UNL, Argentina)
Walter Sione (UADER –UNLu, Argentina)



MAPEAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COMO SUPORTE À ANÁLISE DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NO LITORAL SUL DE PERNAMBUCO

Fátima Verônica Pereira Vila Nova ^{a, b, d, e}, Maria Fernanda Abrantes Torres ^{c, d, e}

^a Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Professora DI-01. Estrada do Alto do Moura, km 3.8, Distrito Industrial III, Caruaru - PE, Brasil. CEP:55040-120. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco.

^b Autor correspondente: veronica.vn@hotmail.com / (+55 81) 99943 9797

^c Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco; Universidade Federal de Pernambuco, Professor Associado I – Departamento de Ciências Geográficas; Avenida Acadêmico Hélio Ramos, S/N, Cidade Universitária, Recife – PE, Brasil. CEP: 50670-901.

^d Grupo de Estudos em Biogeografia e Meio Ambiente (BIOMA), Departamento de Ciências Geográficas; Avenida Acadêmico Hélio Ramos, S/N, Cidade Universitária, Recife – PE, Brasil. CEP: 50670-901.

^e Grupo de Pesquisa Geotecnologias Aplicadas ao Desenvolvimento Socioambiental (GEODS), Direção de Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. Estrada do Alto do Moura, km 3.8, Distrito Industrial III, Caruaru - PE, Brasil. CEP:55040-120.

RESUMO

O estudo de vulnerabilidade considera a perda para um dado elemento, dentro de uma determinada área, passível de ser afetada por um fenômeno ou processo. A Área de Proteção Ambiental estuarina de Maracáipe e Sirinhaém, litoral sul de Pernambuco, tem o manguezal como principal ecossistema a ser protegido, o qual apresenta graus de vulnerabilidade diversos, que foram identificados por meio de uma análise espaço temporal de imagens do satélite Landsat 5, sensor TM (Path 214, Row 66), dos anos 1989, 2000 e 2010, com o recurso da classificação supervisionada, na qual foram definidas seis classes: mangue, outra vegetação, cultura permanente, área urbanizada, solo exposto, corpos hídricos. Os dados foram processados com os Programas Erdas e ArcGis, com licenças do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco. Posteriormente, foi calculado o coeficiente de correlação linear entre a classe mangue e as demais para a análise de vulnerabilidade ambiental, tendo sido constatada uma correlação de média a forte entre as mudanças nas áreas de mangue e as áreas constituídas pelas classes outra vegetação, cultura permanente e área urbana. A vegetação é uma síntese do meio ambiente e a sua relação com as transformações que ocorrem na unidade de conservação e adjacências, denuncia as deficiências de seus componentes decorrentes da desestruturação desse ambiente complexo. Os resultados revelam a importância do mapeamento

de uso e ocupação do solo, em tempos distintos, como suporte na análise da vulnerabilidade ambiental, assim como a relevância de se pensar a gestão dessas áreas partindo da compreensão dos agentes que acentuam as perdas ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, MANGUE, DINÂMICA DE USO, PERDA DE VEGETAÇÃO.

ABSTRACT

The vulnerability study considers the loss for a given element, within a certain area to be affected by a phenomenon or process. The estuarine Environmental Protection Area of Maracáipe and Sirinhaém, southern coast of Pernambuco, has the mangrove as the main ecosystem to be protected, which presents various degrees of vulnerability, which were identified through a review of timeline Landsat satellite images, 5 TM sensor (Path 214, Row 66), from the years of 1989, 2000 and 2010, with the use of supervised classification, in which six classes were defined: mangroves, other vegetation, permanent culture, urbanized area, exposed soil, water bodies. The data were processed with Erdas and ArcGis programs, with licenses from the Department of Geographical Sciences of the Federal University of Pernambuco. It was later calculated the linear correlation coefficient between the mangrove and other classes for the analysis of environmental vulnerability, having been found a medium to strong correlation between changes in mangrove areas and areas which consist of the other vegetation classes, permanent culture and urban area. The vegetation is a synthesis of the environment and its relationship with the transformations that occur in the protected area and vicinity denounce the shortcomings of its components arising from the disruption of this complex environment. The results show the importance of the mapping of soil use and occupation, in different times, as support in the analysis of environmental vulnerability, as well as the relevance of thinking the management of these areas from the understanding of the agents that enhance environmental losses.

KEYWORDS: CONSERVATION UNITS, MANGROVE, USE DYNAMICS, LOSS OF VEGETATION.

INTRODUÇÃO

A criação de áreas protegidas surge como resposta mundial para o rápido desaparecimento de áreas naturais e a consequente perda de serviços ambientais que recebem as pessoas que as habitam. As funções desempenhadas pelas áreas protegidas e seus instrumentos de gestão são diversos e adquiriram papéis diferentes ao longo do tempo, decorrentes da evolução das discussões globais e estudos sobre o meio ambiente (Elbers, 2011).

No Brasil, a criação de Unidades de Conservação (UCs) tem-se constituído em um dos principais mecanismos do Estado no que concerne à proteção de áreas representativas dos biomas do país. Assim, a Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, compõe o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e a define como: “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime



especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção, formado pelo conjunto das UCs federais, estaduais e municipais” (Brasil, 2000).

As UCs dividem-se em dois grupos, com características específicas: Unidades de Proteção Integral, que permite o uso indireto dos recursos naturais, composto pelas seguintes categorias: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural; Refúgio de Vida Silvestre; e Unidades de Uso Sustentável, que permite a exploração do ambiente, porém mantendo a biodiversidade do local e os seus recursos renováveis, compostos pelas seguintes categorias: Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e Reserva Particular do Patrimônio Natural (Brasil, 2000).

Em Pernambuco, estado do Nordeste brasileiro, foi criado o Sistema Estadual das Unidades de Conservação da Natureza (SEUC) pela Lei 13.787/2009 (PERNAMBUCO, 2009). Atualmente, possui 71 UCs, 37 de Proteção Integral e 34 de Uso Sustentável. Destas, 13 foram instituídas como Áreas de Proteção Ambiental estuarinas, nas quais o ecossistema a ser protegido são os mangues. Vale ressaltar que essas APAs foram definidas pela Lei 9.931/86 (Pernambuco, 2015).

Os manguezais e outros ecossistemas como os recifes, restingas, dunas, costões rochosos vêm sendo convertidos e impactados negativamente para múltiplos usos socioeconômicos desde a formação econômica e territorial do Brasil. A zona costeira que abriga esses ecossistemas até os dias atuais é o centro de atração e difusão de frentes povoadoras e de atividades dos setores econômicos. Atualmente, metade da população brasileira reside numa faixa de até duzentos quilômetros do mar. A zona costeira de Pernambuco, na qual a APA está inserida, abrange aproximadamente 4% do território e concentra 43,8% da população, um indício da complexidade de regulação do uso e ocupação dessas áreas e da vulnerabilidade desses ambientes (Andrade, 1973; Manso et al., 2006; Brandão, 2011).

Segundo Saito (2008), a etimologia de vulnerável vem do latim *vulnerabilis* que significa “que causa lesão” e remete ao ante positivo *vulner*, o qual indica “ferida” e é semanticamente conexo com o grego “trauma, atos”. Logo, constata-se que o sentido de vulnerabilidade tem uma conotação negativa e está relacionada sempre com perdas.

Esse é o conceito norteador desse trabalho: o de perda para um dado elemento, dentro de uma determinada área, passível de ser afetada por ente, um fenômeno ou processo, especificamente, a perda do mangue, que se apresenta como síntese do meio, nas Áreas de proteção Ambiental, frente à dinâmica do uso e ocupação do solo.

Com o desenvolvimento e difusão das geotecnologias as análises sobre a vulnerabilidade ambiental ganharam robustez, como constataram Crepani et al., (2001), ao utilizar a proposta de Tricart (1977) aos estudos integrados das imagens de satélite, que permitem uma visão holística da paisagem. Eles destacam o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas como basilar na determinação da vulnerabilidade natural à perda de solo para subsidiar o Zoneamento Ecológico – Econômico.

Vale destacar as pesquisas que se debruçaram ao entendimento das vulnerabilidades ambientais associadas às mudanças climáticas, aos eventos extremos do clima, que envolvem

sistemas naturais complexos, como vórtices ciclônicos, sistemas frontais, distúrbios de leste, Zona de Convergência Intertropical. As áreas vulneráveis à inundação é uma das investigações mais frequentes, pois os impactos negativos estão diretamente relacionados ao uso e ocupação do solo (Araújo, 2010; Santos; Souza, 2014; Yoo et al., 2014; Feitosa et al., 2016; Paz et al., 2016).

Neste trabalho, buscou-se avaliar a relação entre as transformações da vegetação do manguezal e os tipos de uso e ocupação do solo e como essas análises podem auxiliar no diagnóstico de vulnerabilidade ambiental das Unidades de Conservação.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizada uma análise espaço temporal dos anos de 1989, 2000 e 2010, na qual foram observadas as transformações ocorridas no uso e ocupação do solo e a resposta da vegetação de mangue (desígnio de proteção da APA) frente a essas modificações.

Área de estudo

A área de estudo corresponde a uma Unidade de Conservação, categorizada como Área de Proteção Ambiental, no Sistema Estadual de Unidades de Conservação do Estado de Pernambuco, abrangendo os municípios de Ipojuca e Sirinhaém, totalizando 3.335 ha (Figura 01).

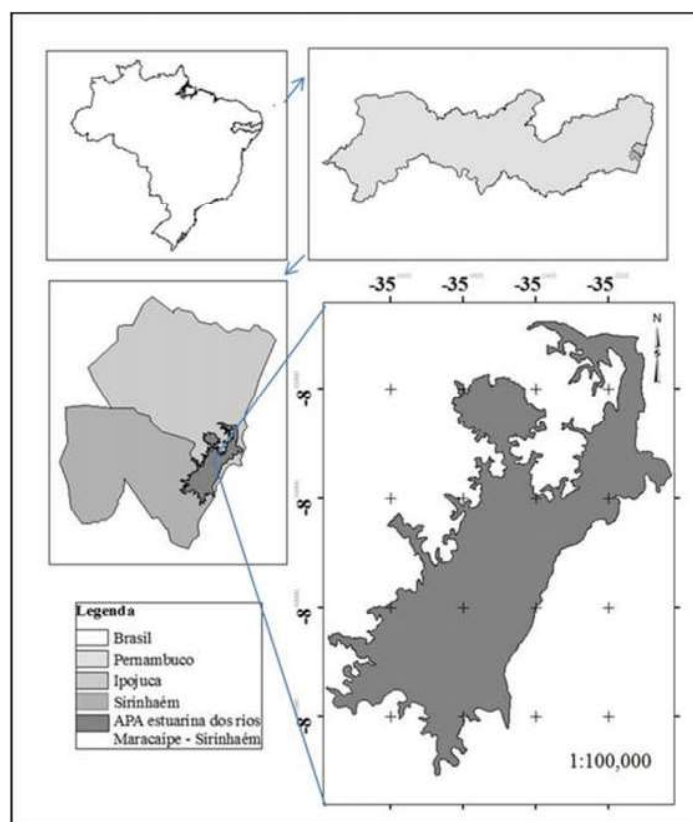


Figura 01
Localização espacial da
área de estudo.

Mapeamento Espaço Temporal do Uso e Ocupação do solo

Para o mapeamento espaço temporal foram utilizadas imagens digitais multiespectrais dos anos de 1989, 2000 e 2010, do satélite LANDSAT 5, sensor TM, órbita 214, ponto 66, bandas



reflexivas resolução espacial de 30 m, adquiridas gratuitamente através do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Processamento Digital da Imagem

Para diminuir os efeitos da atmosfera nas imagens foi feita a calibração radiométrica, sendo realizados cálculos de radiância e reflectância a partir do software ERDAS 9.3. Na primeira etapa obteve-se a radiância espectral aparente da imagem, que consistiu em transformar o número digital da imagem em radiância (Equação 01):

$$L^{\wedge} = a_i + ((b_i - a_i) / 255) n_d$$

Onde, L^{\wedge} é a radiância espectral aparente em determinada banda, a_i é o L_{max} , b_i corresponde ao L_{min} e n_d o número digital da imagem em cada banda. Os dados referentes ao L_{max} e o L_{min} foram adquiridos de uma planilha específica cedida pelo INPE.

Após a transformação do número digital da imagem em radiância espectral aparente foi realizada a segunda etapa, denominada de obtenção da reflectância dos objetos presentes nas imagens (Equação 2):

$$\rho_a = (\pi \cdot d^2 \cdot L^{\wedge}) / (E_{sun} \cdot \cos(\theta_{zen}))$$

Onde, ρ_a é a reflectância, $\pi \cdot d^2$ corresponde à distância Terra-Sol, L^{\wedge} é a radiância espectral aparente, E_{sun} são os valores de irradiância solar no topo da atmosfera nas bandas utilizadas e $\cos(\theta_{zen})$ corresponde ao cosseno do ângulo zenital.

O valor correspondente à distância Terra- sol junto com os valores de irradiância solar no topo da atmosfera e o cosseno do ângulo zenital da imagem podem ser obtidos via o cruzamento dos dados da imagem com uma planilha compatível ao software EXCEL disponível no site do Instituto de Pesquisas Espaciais –INPE (www.inpe.br).

Após a calibração da imagem foi feito um recorte do entorno da APA estuarina dos rios Sirinhaém e Maracápe, sendo o mesmo utilizado para todas as imagens, evitando contabilizar e analisar tamanhos de áreas distintos. A delimitação extrapolou os limites da APA, buscando contemplar todas as feições de uso, por meio de interpretação visual e aproveitar a área útil das imagens. Posteriormente foi realizada a classificação supervisionada.

Classificação Supervisionada

O método de classificação utilizado foi o MAXVER, que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos que devem ser fornecidos ao sistema um conjunto de dados ou amostras que representam bem as classes de interesse para que o classificador tenha condições de definir um diagrama de dispersão em torno da média, bem como a distribuição das probabilidades dos pixels pertencerem ou não à determinada classe (França et al., 2009).

Para a aquisição das assinaturas foi utilizada a combinação entre as bandas 4, 5, 3 e a ferramenta “crescimento de região”, que determina quais pixels possuem valores similares ao pixel de referência ou semente. Foram determinadas seis classes: mangue; outra vegetação (restinga e mata); cultura permanente (cana-de-açúcar e coco); área urbanizada (estruturas artificiais como casas, ruas, etc); solo exposto (áreas desmatadas, bancos arenosos); corpos hídricos (incluindo alagados sem vegetação).

Para a aquisição das assinaturas foi utilizada a ferramenta “crescimento de região”, que determina quais pixels possuem valores similares ao pixel de referência ou semente. Foram determinadas seis classes: mangue; outra vegetação (restinga e mata); cultura permanente (cana-de-açúcar e coco); área urbanizada (estruturas artificiais como casas, ruas, etc); solo exposto (áreas desmatadas, bancos arenosos); corpos hídricos (incluindo alagados sem vegetação).

Para a avaliação da exatidão temática da classificação, foi calculado o coeficiente de Kappa, metodologia pormenorizada em Quartaroli e Batistella (2006); validação dos pontos em campo com a utilização do GPS Etrex 10, realizado em janeiro de 2016, onde foi percorrida toda a área delimitada previamente. As imagens do Google Earth também subsidiaram a identificação de classes. Posteriormente, as imagens classificadas foram convertidas para polígono e calculadas as áreas de cada classe.

Uso e Ocupação do Solo e Vulnerabilidade Ambiental

Para a análise da vulnerabilidade ambiental buscou-se identificar quais usos e ocupações do solo apresentam maior contribuição nas transformações ocorridas no mangue, principalmente, a perda da vegetação. Para isto, foi calculado o Coeficiente de Pearson (r), que mede a associação linear entre as variáveis e varia de -1 a 1. Neste trabalho, as variáveis são as classes mangue, outra vegetação, cultura permanente, área urbanizada, solo exposto e corpos hídricos. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis, quanto mais perto de 1 (ou -1) maior é o grau de dependência estatística linear entre as variáveis, quanto mais próximo de zero, menor a relação (Figueiredo Filho; Silva Júnior, 2009).

A relação funcional entre as classes também foi analisada com a utilização da regressão linear simples (r^2), que varia de -1 a 1, onde 1 é a correlação perfeita e o oposto indica forte correlação negativa, conforme Lima Filho (2011). A análise de regressão tenta explicar a alteração da variável dependente (mangue) pelas modificações das variáveis independentes (demais classes).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A exatidão temática da classificação, segundo o coeficiente de Kappa, foi de 97.14% em 1989, 95.71% em 2000 e 98.57% em 2010. A análise espaço temporal possibilitou identificar e quantificar as transformações ocorridas no uso e ocupação do solo (Figura 02). Os resultados demonstram uma concordância quase perfeita com a realidade (Landis e Koch, 1977).

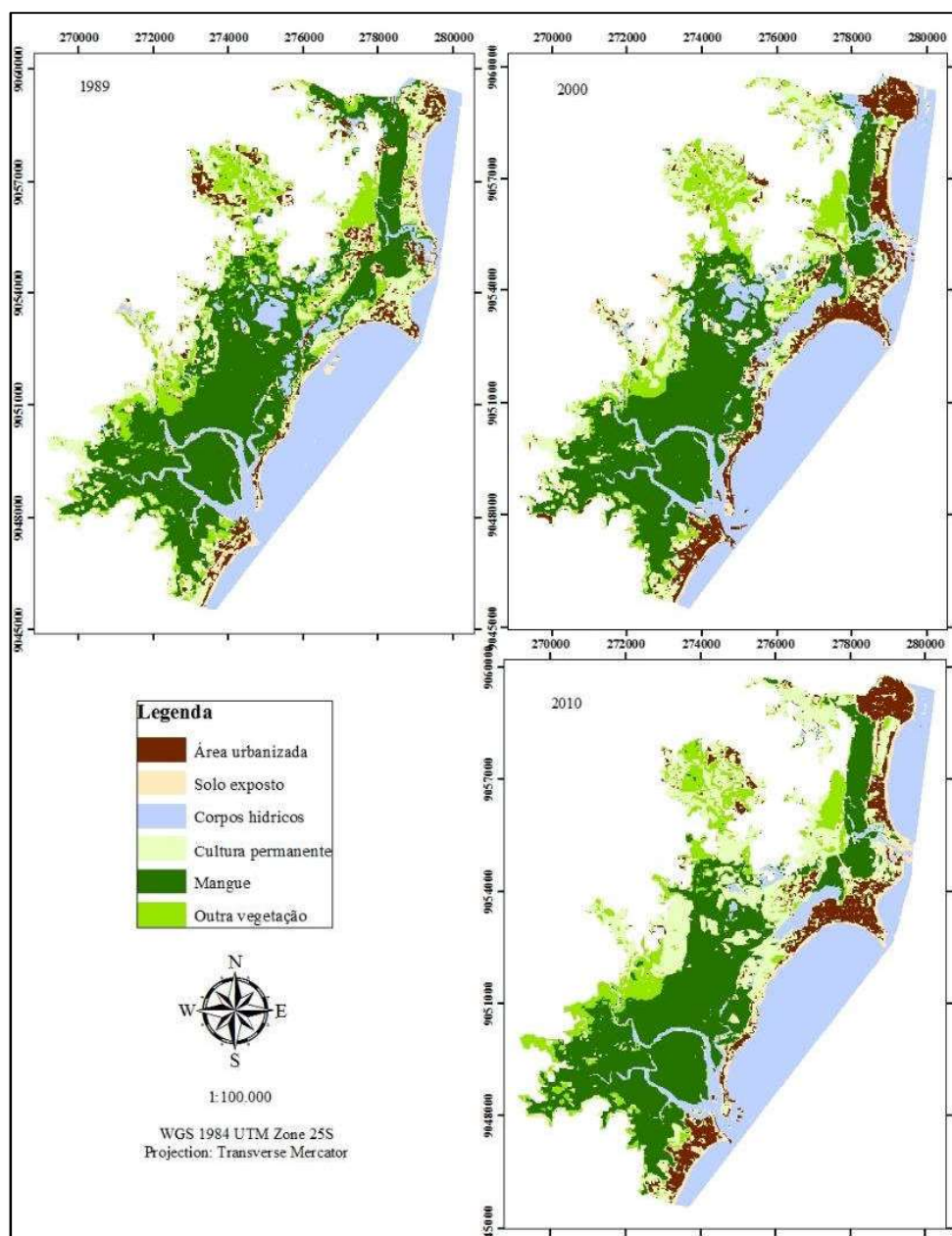
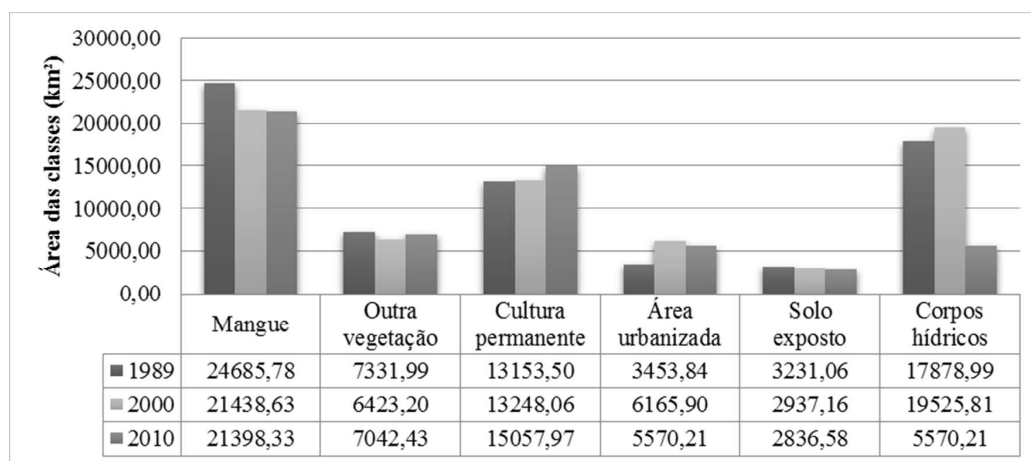


Figura 03 – Uso e ocupação do solo, 1989, 2000 e 2010.

O mapeamento de uso e ocupação do solo apontou as transformações ocorridas em 1989, 2000 e 2010, no qual foi possível observar que a área de mangue diminuiu 13.15% entre 1989-2000, e 0.19% entre 2000-2010. Na classe outra vegetação houve uma perda de 12,40% e ganho de 9.64%, no mesmo período. A classe cultura permanente aumentou 0.72% e 13.66%, entre 1989-2000, e 2000-2010, respectivamente. A área urbanizada expandiu em 78.52% entre 1989-2000 e retraiu 9.66% entre 2000-2010. O solo exposto diminuiu 9.10% e 3.42%, entre os anos de 1989-2000, e 2000-2010, respectivamente. Os corpos hídricos aumentaram em 9.21%, entre 1989-2000 e diminuíram em 71.47%, entre 2000 e 2010 (Tabelas 01 e Figura 03).

Tabela 01: Perda e ganho das áreas das classes de uso e ocupação do solo, APA estuarina dos rios Sirinhaém e Maracaípe, 1989, 2000 e 2010.

	Mangue	Outra vegetação	Cultura permanente	Área urbanizada	Solo exposto	Corpos hídricos
1989-2000	-13.15	-12.40	0.72	78.52	-9.10	9.21
2000-2010	-0.19	9.64	13.66	-9.66	-3.42	-71.47

**Figura 03 -** Dinâmica das classes de uso e ocupação do solo, APA estuarina dos rios Sirinhaém e Maracaípe, 1989, 2000 e 2010.

A ocupação na zona costeira de Pernambuco, na qual a APA está inserida, está no cerne do processo de formação econômica e territorial do Brasil, no século XVI, onde a coroa portuguesa encontrou as condições de clima e solo favoráveis à implantação do cultivo da cana-de-açúcar à colonização dessa região, suscetível ao ataque de outros países. Tal processo teve ecossistemas costeiros, como os manguezais, convertidos em vilas e cidades, que até os dias atuais concentram um grande contingente de pessoas e atividades econômicas (Andrade, 1973).

As perdas das áreas de mangue ao longo do período analisado coadunam com o incremento do fluxo turístico em meados dos anos 1990, na praia de Porto de Galinhas, município de Ipojuca, um dos principais atrativos de Pernambuco. Nesse período, as atividades turísticas passam a ser apontadas como alternativa de desenvolvimento regional, numa lógica de concentração de investimentos em localidades específicas, com a instalação de grande complexo hoteleiro e infraestrutura para suprir as suas demandas (Cruz, 2005).

Além das atividades turísticas, a implantação do Complexo Industrial e Portuário de Suape, também no município de Ipojuca, que teve início em meados de 1970 e se consolidou na última década, provocou grandes transformações ambientais locais e nas adjacências, com aterramentos de manguezais para a instalação das indústrias e de outras estruturas para o seu funcionamento. A região passou a atrair o setor imobiliário e as áreas urbanas aumentaram a sua tessitura, tornando esse ambiente ainda mais vulnerável (Sá et al., 2011).

No que diz respeito à classe corpos hídricos, na hora do imageamento em 1989, a maré foi de 1.80 m e em 2000, de 0 m, ainda assim houve um aumento de quase 10% de área, um indício de erosão costeira. Segundo Manso et al. (2006), no litoral de Pernambuco a erosão marinha é um problema verificado em aproximadamente 1/3 das praias, Maracaípe com nível de erosão



XVII Simposio Internacional SELPER 2016

Geotecnologías, herramientas para la construcción de una nueva visión del cambio global y su transformación para un futuro sostenible

moderado. Na segunda década, a diminuição expressiva pode estar relacionada ao aumento da tessitura urbana e aterramentos.

Os resultados do cálculo do Coeficiente de Pearson (r) entre a classe mangue e a cultura permanente e área urbanizada apresentaram correlação negativa média e forte, com as classes outra vegetação e solo exposto, correlação positiva forte e com a classe corpos hídricos, correlação positiva média.

Tabela 02 – Matriz de Correlação da classe de mangue com as classes outra vegetação, cultura permanente, área urbanizada, solo exposto, corpos hídricos, APA dos estuários dos rios Sirinhaém e Maracápe, 1989, 2000 e 2010.

	mangue	outra vegetação	cultura permanente	área urbanizada	solo exposto	corpos hídricos
mangue	1					
outra vegetação	0.73797618	1				
cultura permanente	-0.5466409	0.161669774	1			
área urbanizada	-0.9756352	-0.868051842	0.349604667	1		
solo exposto	0.97200746	0.558767803	-0.728078453	-0.896776936	1	
corpos hídricos	0.41332348	-0.309463747	-0.988432856	-0.203471718	0.615695277	1

O coeficiente de determinação da variação da classe mangue (variável dependente) explicada pelas variações das classes outra vegetação, cultura permanente, área urbanizada, solo exposto e corpos hídricos (variáveis independentes) estão descritos no Quadro 01.

Quadro 01 – Coeficiente de determinação das classes de uso e ocupação do solo, APA dos estuários dos rios Sirinhaém e Maracápe.

Variável y (dependente)	Variável x (independente)	Coeficiente de determinação (r^2)
Mangue	Outra Vegetação	0,5446
	Cultura Permanente	0,2988
	Área Urbanizada	0,9518
	Solo Exposto	0,9447
	Corpos Hídricos	0,1708

Os dados de correlação apontam que os valores da classe mangue aumentam proporcionalmente aos valores das classes outra vegetação, solo exposto e corpos hídricos e inversamente proporcional aos valores das classes área urbanizada e cultura permanente. Quanto ao coeficiente de determinação, os valores da classe área urbanizada explicou 95,18% das variações da classe mangue e o solo exposto, 94,47%. As classes outra vegetação, cultura permanente e corpos hídricos descrevem 54,46%, 29,88% e 17,88% das modificações dos valores da classe mangue, respectivamente.

Apesar de os dados estatísticos de correlação e do coeficiente de determinação não implicarem em causalidade, pode-se fazer associações dependendo da adoção explícita de um modelo especialmente planejado para este fim, assim eles podem fornecer uma poderosa ajuda na investigação de relações causais, como destaca Luiz e Struchiner (2002).

Os manguezais e os outros ecossistemas litorâneos, como as restingas e recifes, apresentam uma intrínseca relação, na qual a qualidade de um pode afetar o outro. Um exemplo dessa interação é a movimentação de crustáceos, entre os manguezais e as restingas, que desempenham papel de destaque na aeração e sedimentação do solo, em ambos os ecossistemas (Farias, 1980), o que pode justificar a relação positiva entre o manguezal e outra vegetação, que neste estudo designa a restinga e fragmentos de mata.

O ecossistema manguezal possui diversas funções importantes para o equilíbrio ambiental, funcionando como indicador biológico para as modificações de linha de costa e do balanço sedimentar nos estuários, devido à rápida resposta das suas espécies vegetais a qualquer alteração no ambiente. A formação de bancos sedimentares e a presença de água salobra são propícias à colonização de espécies, como *Rhizophoramangle*, por exemplo (Vannucci, 1999; Araújo et al., 2011). Esses processos podem explicar o aumento diretamente proporcional entre as classes mangue e as classes solo exposto e corpos hídricos.

O processo de urbanização e a consolidação de outras atividades, como a agricultura, são apontados pelos sucessivos aterros, desmatamentos, poluição e desestruturações funcionais dos manguezais (Schaeffer-Novelli, 2002). Os dados desta pesquisa apontaram uma relação inversa entre a classe mangue e as classes área urbanizada e cultura permanente.

Como observado, as evidências apontam uma relação de causalidade entre as transformações ocorridas entre as classes, deste modo, o mapeamento de uso e ocupação do solo é crucial nas análises de vulnerabilidade ambiental, pois é possível identificar quais e como os vetores estão alterando os ecossistemas, auxiliando a tomada de decisão e gestão das Áreas de Proteção Ambiental.

Outras ferramentas também podem ser utilizadas para análise de mudanças de uso do solo, como índices de vegetação (NVDI, SAVI e IAF), interpretação visual de imagens, vetorização de alvos, no entanto, a classificação supervisionada é uma técnica simples de detecção de transformação da paisagem, permite a quantificação e o conhecimento das taxas de variação das classes no tempo e neste trabalho, junto com a análise de correlação, possibilitou a identificação de quais tipos de uso e ocupação do solo apresentam maior contribuição para a vulnerabilidade ambiental da Unidade de Conservação.

CONCLUSÕES

Os resultados revelam a importância do mapeamento de uso e ocupação do solo, em tempos distintos, como suporte na análise da vulnerabilidade ambiental, assim como a relevância de se pensar a gestão dessas áreas partindo da compreensão dos agentes que acentuam as perdas ambientais, como a expansão urbana e a permanência de estruturas seculares do cultivo de monocultura, no caso em estudo, a cana-de-açúcar e o coco.

AGRADECIMENTOS

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES / Brasil.