



**Meio Século de Código Florestal e Implicações nas Áreas de
Preservação Permanente de um Estuário Hipersalino no Semiárido Brasileiro**
Half a Century of the Forest Code and its Consequences in
Areas of Permanent Preservation in the Hyper-Saline Estuary in the Brazilian Semi-arid

Leonlene de Sousa Aguiar¹; Venerando Eustáquio Amaro¹ & Paulo Victor do Nascimento Araújo^{1,2}

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica,
Departamento de Geologia, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Lagoa Nova, 59078-970, Caixa Postal 1524, Natal - RN, Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte,
Campus Macau. Rua das Margaridas, 300, Conjunto COHAB, 59500-000, Macau - RN, Brasil
E-mails: leonlene@gmail.com; venerando.amaro@gmail.com; paulo.araujo@ifrn.edu.br

Recebido em: 16/05/2018 Aprovado em: 28/06/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_191_210

Resumo

O objetivo deste artigo foi avaliar a distribuição espacial e quantificar as Áreas de Preservação Permanente na foz estuarina do rio Apodi-Mossoró, no Rio Grande do Norte (Nordeste do Brasil), para os anos de 1965 e 2012 de acordo com a legislação ambiental vigente. Desta forma, foi possível comparar as mudanças de zoneamento projetadas sobre a cobertura e uso da terra, além de implicações para as áreas úmidas. A metodologia envolveu a reconstrução dos cenários com base nas normas e avaliação dos mapas temáticos gerados a partir de produtos de sensores remotos. Foram aplicadas técnicas de Processamento Digital de Imagens que permitiram mapear categorias de cobertura e uso da terra e identificar os limites das áreas protegidas em cada período. A maior modificação constatada indica a perda de 1.907,09 ha de áreas inundáveis da planície flúvio-marinha, quase totalmente ocupada por salinas. No ano de 1965 foi observada a ocorrência de três categorias de APP, contabilizando 455,17 ha, mas que por limitação da norma só seriam protegidos 83,45 ha. Em relação ao ano de 2012, foram constatadas seis categorias de APP, totalizando 1.051,96 ha, decorrente da ampliação das faixas de proteção, mas as áreas consolidadas anteriormente reduzem para 787,57 ha o quantitativo de áreas protegidas no último período. O ambiente estuarino brasileiro se destaca pela carência de legislação mais específica que melhor proteja as áreas úmidas. As áreas de preservação permanente não são suficientes para tal garantia na região costeira, ainda mais na área de estudo que apresenta riscos de inundação e teve seus ecossistemas amplamente degradados.

Palavras-chave: Legislação Ambiental; APP; Manguezal; Cobertura e Uso da Terra; Zonas Úmidas

Abstract

The objective of this article is to evaluate the spatial distribution and quantify the Permanent Preservation Areas in the outfall estuarine of the Apodi-Mossoró River, in Rio Grande do Norte (Northeastern Brazil), for the years 1965 and 2012 according to the environmental legislation. In this way, it was possible to compare projected zoning changes on land use/landcover, as well as implications for wetlands. The methodology involved the reconstruction of scenarios based on norms and evaluation of thematic maps generated from remote sensing products. Digital Image Processing techniques were used to map land use/land cover categories and to identify the boundaries of protected areas in each period. The largest change observed indicates loss of 1,907.09 ha of flooded areas of the fluvial-marine plain, almost totally occupied by salt evaporation tanks. In 1965, three categories of PPA were observed, accounting for 455.17 ha, but for law limitations only 83.45 ha were protected. In relation to 2012, six categories of PPA were detected, totaling 1,051.96 ha, as a consequence of the expansion of protective areas, but the previously consolidated areas reduced to 787.57 ha the size of protected areas in the last period. The Brazilian estuarine environment is remarked by the lack of more specific legislation that best protects wetlands. Permanent Preservation Areas are insufficient to guarantee environmental quality of the coastal region, especially in study area, where there's flood risks and degraded ecosystems.

Keywords: Environmental legislation; APP; Mangrove; Coverage and Land Use; Wetlands

1 Introdução

O Estuário Apodi-Mossoró, no Litoral Sentrional do Estado do Rio Grande do Norte (RN), Nordeste do Brasil, sofreu importantes transformações de seu espaço natural desde o início do século XIX, quando a região passou a ser explorada ainda de forma artesanal na produção de sal marinho. Contudo, foi no século XX que o processo de industrialização das salinas e sua expansão em áreas de planícies hipersalinas e outros locais com relevo plano e pouco mais elevado alcançou seu auge, recebendo incentivos do poder público, através da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e incrementando-se tecnologicamente (Costa *et al.*, 2013).

Apesar da predominância da atividade salinera no Estuário Apodi-Mossoró, principalmente na desembocadura do estuário, outras áreas foram ocupadas por atividades de produção de camarão, exploração de petróleo e gás natural e cultivos agrícolas, sobretudo fruticultura. Além disso, em outros setores ocorreu à expansão urbana das cidades de Grossos e Areia Branca, além de pequenas comunidades no âmbito desses municípios (Boori & Amaro, 2010; Rocha *et al.*, 2011). Tais formas de uso da terra ocasionaram a descaracterização ambiental de parte expressiva da área inundável da planície hipersalina do estuário.

As modificações espaciais ocorreram, mesmo com uma série de restrições surgidas a partir da publicação do Código Florestal Brasileiro, a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, conceituando pela primeira vez o termo “Área de Preservação Permanente (APP)” (Ribeiro, 2011). Nesse código foram impostas regras que impedem a supressão vegetal e a descaracterização desses espaços, muitos deles considerados como áreas úmidas de risco a inundação, como é o caso do Estuário Apodi-Mossoró. Recentemente, o Código Florestal de 1965 foi revogado e substituído pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, conhecida como Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Brasil, 2012). Entretanto, foram mantidas as Áreas de Preservação Permanente (APP) com diversas restrições de uso.

Com as mudanças jurídicas, tornou-se relevante analisar as implicações de restrições sobre os

ambientes do Estuário Apodi-Mossoró, após quase 50 anos do surgimento do Código Florestal, e como se deu a evolução do uso e cobertura da terra nesse contexto.

O objetivo deste artigo é avaliar a distribuição espacial e quantificar as APP na foz estuarina do rio Apodi-Mossoró/RN para os anos de 1965 e 2012, de acordo com a legislação vigente em cada período e através de produtos de sensores remotos para comparar as mudanças de zoneamento projetadas sobre a cobertura e uso da terra e implicações para as áreas úmidas. O período comparativo de quase meio século se justifica por ser aquele que corresponde ao surgimento do Código Florestal Brasileiro em 1965 e sua substituição pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa em 2012, onde permearam mudanças nos limites espacialmente protegidos e sujeitos ao processo de inundação.

2 Área de Preservação Permanente como Área Protegida

Tratar das APP no contexto brasileiro, ainda mais quando analisados os ambientes costeiros e áreas úmidas, não deve ser pensado somente à luz do Código Florestal, ou ainda como um tema desconectado de processos e acordos mais complexos, calcados em objetivos de tratados firmados pela comunidade internacional, em que o Brasil também subscreve. Assim, remete-se inicialmente à Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) e, consequentemente, ao Plano Estratégico de Biodiversidade 2011-2020, onde foram estabelecidas metas voltadas para reduzir a perda da biodiversidade no mundo, denominadas “Metas de Aichi”. A meta de número 11 estimula a criação de áreas protegidas integradas e outras medidas de conservação, de modo que até o ano de 2020 pelo menos 10% das zonas costeiras e marinhas tenham garantido a conservação de importantes áreas para a biodiversidade e serviços ecossistêmicos (Tittensor *et al.*, 2014; Rees *et al.*, 2017). Trata-se de um objetivo continuado pela Organização das Nações Unidas (ONU) para a “Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” onde deve ser observada a legislação aplicável, com base na melhor informação científica disponível (UN, 2015).

A preocupação em relação às áreas protegidas e as prioridades de proteção aumentam ao serem consideradas as mudanças climáticas e seus prováveis impactos (Jones *et al.*, 2016), sendo relevante a análise das áreas costeiras planas e de baixas altitudes, por estarem sujeitas ao risco de inundações, um dos desastres de maior abrangência no mundo (WWAP, 2018). De forma ampla, a União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) define uma área protegida como: “(...) um espaço geográfico claramente definido, reconhecido, com objetivo específico e manejado através de meios eficazes, sejam jurídicos ou de outra natureza, para alcançar a conservação da natureza no longo prazo, com serviços ecossistêmicos e valores culturais associados” (Borrini-Feyerabend *et al.*, 2017).

Diante desse cenário, o Brasil como signatário da CDB, assumiu o compromisso em garantir a conservação de áreas protegidas, além de nas últimas décadas ter criado diversas políticas, programas e planos, a exemplo do Plano de Ação para Implementação da Política Nacional da Biodiversidade (PAN-Bio) e de forma mais específica, o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas (PNAP, MMA, 2006a, b; ONUBR, 2017).

No processo de construção das áreas protegidas nacionais, através de grupos de trabalhos específicos e fóruns de discussão sobre o tema, em 2006 ocorreu de forma inovadora no PNAP o destaque para as áreas de preservação permanente previstas na Lei nº 4.771/1965, que instituiu o Código Florestal no Brasil (MMA, 2007). Dessa forma, APP detêm também uma posição relevante quando o tema são as áreas protegidas.

Ao mesmo tempo, o Brasil há muito participa do tratado sobre as áreas úmidas de importância internacional, sendo o estuário considerado uma área úmida costeira que retrata um ambiente considerado pela Convenção de RAMSAR (Junk *et al.*, 2014; Turpie *et al.*, 2015), mas que ainda carece de análises mais profundas, além de políticas e normas mais direcionadas a sua proteção, em particular, segundo posicionamentos contidos nos estudos apresentados por Piedade *et al.* (2012).

Percebe-se que a maioria dos trabalhos voltados à área ambiental e das Geociências, buscam a

aplicabilidade da legislação que rege as áreas de preservação permanente em espaços de interesse, sendo a sua maioria voltada para espacializar as APP em sistemas fluviais de bacias hidrográficas, nascentes, áreas de encosta, linha de cumeada e topos de morro, orientando-se pelas normas mais recentes disponíveis, conforme se observa em Catelani & Batista (2007), Bezerra *et al.* (2008), Neves *et al.* (2009), Borges *et al.* (2011), Araújo *et al.* (2012), Alves & Medeiros (2016), Campagnolo *et al.* (2017). Em menor quantidade são encontrados trabalhos no intuito de delimitar as áreas de preservação permanente nas zonas costeiras, com menor produção para os ambientes estuarinos, por mais que existam áreas de preservação permanente associadas a cursos d’água e manguezais nas regiões tropicais (Cestaro *et al.*, 2012; Ferreira *et al.*, 2016; Costa & Reis, 2017).

Desta forma, os ambientes estuarinos, pelas suas complexidades e por permitirem a gestão integrada da zona costeira com a bacia hidrográfica (Nicolodi *et al.*, 2009), ainda carecem de mais pesquisas e mapeamento de seus espaços protegidos e áreas úmidas, para melhor compreensão da evolução dinâmica desses espaços, sendo ambientes intensamente explorados e modificados por atividades que geram impactos ambientais (Newton *et al.*, 2016).

Outro aspecto percebido nos trabalhos publicados foi a reduzida escala temporal, pois a delimitação das Áreas de Preservação Permanente tem sido realizada, predominantemente, para as normas mais recentes em vigor, ou seja, não têm levado em consideração as transformações do espaço geográfico ocasionadas pela evolução do uso e cobertura da terra, o que pode apontar perdas ou ganhos de espaços protegidos e importantes ambientalmente, quando porventura estavam em vigor regras jurídicas diferentes.

No caso especial do Estuário Apodi-Mossoró foi possível verificar se as alterações legislativas nacionais têm permitido a inclusão das áreas úmidas, enquanto ambientes a serem protegidos e conservados, afim de se fazer cumprir os objetivos estabelecidos nas convenções internacionais das quais o Brasil faz parte, a exemplo da Convenção de RAMSAR para áreas úmidas de 1971 (Brasil, 1996), especialmente no aspecto de uma área úmida costeira.

A tarefa de mapeamento das transformações do uso e cobertura da terra é plenamente possível atualmente, a partir do uso de imagens de Sensoriamento Remoto georreferenciadas e integradas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que permitem o resgate de dados de acordo com a disponibilidade de fotografias aéreas, imagens de satélites, mapas temáticos, levantamentos e bases cartográficas de datas distintas (Tran *et al.*, 2015; Roy *et al.*, 2015), permitindo ainda no mapeamento o destaque para as áreas protegidas. O Sensoriamento Remoto tem sido amplamente empregado nas análises de conservação de áreas e ecossistemas, permitindo estudos multidisciplinares (Nagendra *et al.*, 2013; Petrou *et al.*, 2015; Rose *et al.*, 2015), inclusive para avaliar os efeitos das mudanças globais e permitir monitoramentos ambientais (Cabello *et al.*, 2012; Franco *et al.*, 2012; Busman *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2017). A utilização das estratégias baseadas em produtos de Sensoriamento Remoto passou a ser uma referência adotada pela própria UNESCO ao tratar questões de redução de risco de desastres, sendo um exemplo para a previsão de inundações (UNESCO, 2014).

3 Área de Estudo

A área de estudo corresponde especificamente à foz do rio Apodi-Mossoró, situada no Litoral Setentrional do RN, onde estão localizadas as cidades costeiras de Areia Branca e Grossos, além de algumas comunidades, atividades da indústria salineira com suas bacias evaporadoras e cristalizadores, áreas de cultivo, campos de dunas móveis e canais de maré parcialmente vegetados com bosques de manguezais em ambiente estuarino (Figura 1) (Amaro & Araújo, 2008; Baccaro *et al.*, 2009; Boori & Amaro, 2011; Silva, 2016). Os principais canais associados à foz do rio Apodi Mossoró são os rios João da Rocha e Morro Branco.

A região climática é classificada como Tropical de Zona Equatorial no subtipo semiárido mediano com 7 a 8 meses secos (Alvares, *et al.*, 2013; Diniz & Pereira, 2015). As chuvas ocorrem geralmente entre os meses de fevereiro e maio, com média anual de 546,5 mm, sendo uma área com elevada evapotranspiração e temperatura média de 27,3°C (EMPARN, 2017).

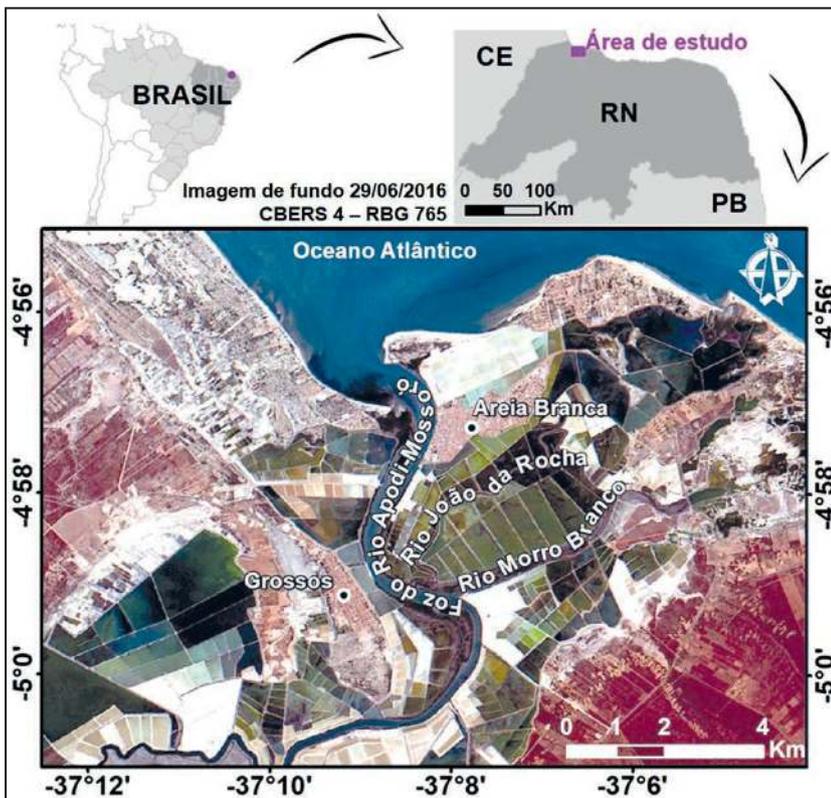


Figura 1 Localização da área de estudo na foz do Estuário Apodi-Mossoró, no Litoral Setentrional do Estado do Rio Grande do Norte (RN), Nordeste do Brasil. Destaque para as cidades de Grossos e Areia Branca/RN, além das atividades da indústria salineira (bacias evaporadoras e cristalizadores) ocupando as áreas planas e de baixa altitude da planície flúvio-marinha.

O estuário Apodi-Mossoró está inserido no contexto geológico da Bacia Potiguar, que abrange uma extensa faixa dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, tanto na porção de terras emersas como na plataforma continental (Amaro & Araújo, 2008). As unidades geomorfológicas são formadas por planícies flúvio-marinhas, planícies eólicas, campos de dunas móveis e vegetadas, além de praias arenosas na proximidade da linha de costa. Trata-se de áreas de baixas altitudes que apresentam importantes transformações por processos de intensa dinâmica natural, frequentemente potencializadas por processos antrópicos, que estão sujeitas a diversos riscos ambientais, como a erosão e inundação costeira (Boori *et al.*, 2012; Medeiros *et al.*, 2012). É uma região de costa exposta aos ventos alísios, com influência de mesomares semidiurnas que atingem até 3,9 metros na maré de sizígia (DHN, 2017) e a contribuição de sedimentos proveniente das descargas fluviais da bacia está prejudicada por diversas barragens construídas a jusante dos rios e pela ocupação das planícies costeiras por salinas (Lima & Vital, 2006).

A cobertura vegetal nativa predominante é constituída por formações pioneiras marinhas (vegetação de restinga), formações pioneiras flúvio-marinhas (bosques de manguezal e campos salinos) e savana-estépica arborizada (IBGE, 2012; 2018).

4 Materiais e Métodos

A estratégia metodológica abrangeu o emprego de imagem de satélite multiespectral e fotografia aérea analógica digitalizada, obtidas por Sensoriamento Remoto e submetidas à melhoria visual por técnicas de Processamento Digital de Imagem (PDI) e integradas para análise espacial em Sistema de Informação Geográfica (SIG). As atividades envolveram o mapeamento de áreas de preservação permanente e de zonas úmidas na foz do rio Apodi-Mossoró, considerados à luz do arcabouço legal de cada período e projetados sobre o mapeamento da cobertura e uso da terra dos anos de 1965 e 2012.

4.1 Delimitação de APP de Acordo com o Marco Legal

A identificação e delimitação das áreas de preservação permanente no estuário Apodi-Mossoró

ocorreu nos dois momentos históricos distintos, que requereram a análise das normativas vigentes para o ano de 1965, quando foi publicado o Código Florestal, e do ano de 2012, quando a Lei de Proteção da Vegetação Nativa entrou em vigor.

a) Código Florestal de 1965

O conceito de APP surgiu com a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, Lei esta que se autodenomina de Novo Código Florestal. A definição de APP na época era: “área protegida nos termos dos artigos 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (Brasil, 1965; Ribeiro, 2011).

Como o artigo 3º da Lei exigia uma declaração específica por parte do Poder Público, e não houve tal publicação no âmbito do RN, que compreendesse a área estuarina, somente foi observada a listagem de APP presente no artigo 2º. Neste caso, compreendendo as características da área de estudo, verifica-se que só seriam protegidas as formas de vegetação situadas nas margens de lagoas e nas faixas marginais ao longo de rios ou qualquer curso d’água (o que inclui os canais de maré ou gamboas) com as seguintes larguras mínimas:

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d’água, em faixa marginal cuja largura mínima será:

1. de 5 (cinco) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura;

2. igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros de distância entre as margens;

3. de 100 (cem) metros para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros.

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d’água naturais ou artificiais; (Brasil, 1965).

É importante atentar que não havia regulamentação no período que especificasse uma faixa mínima ao redor de lagoas, por isto, não foi possível estabelecer um limite para as APP nas margens de lagoas costeiras identificadas na época. Desta forma, a vegetação existente nas faixas marginais dos cursos d'água seriam os ambientes protegidos dentro das metragens especificadas acima, e a referência espacial adotada para o mapeamento delas, seguiu o nível do leito regular dos cursos d'água, pois somente em 1989 é que o nível mais alto do rio passou a ser uma referência espacial (Brasil, 2011).

Para o mapeamento das áreas protegidas no período, não se considerou como APP o manguezal existente além das metragens estabelecidas para as faixas marginais dos cursos d'água, pois tal ecossistema não constava, explicitamente, como uma APP na norma da época (Niebuhr, 2012).

b) Proteção da Vegetação Nativa de 2012

O atual conceito de APP no Brasil advém da Lei de Proteção da Vegetação Nativa – Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (Branca *et al.*, 2016), que a define como: “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (Brasil, 2012).

Foi mantido na legislação quase o mesmo texto da norma de 1965, excluindo apenas a citação de artigos específicos (art. 2º e 3º, da lei antiga). Contudo, observa-se a ampliação dos limites das áreas protegidas ao analisar o artigo 4º da Lei vigente, onde está clara a proteção de áreas em zonas rurais e urbanas, não mais se limitando a presença de uma forma de vegetação, ou seja, incide sobre um espaço geográfico, mesmo desprovido de vegetação.

Desta forma, diante da legislação atual, as áreas de preservação permanente identificadas para o estuário em questão, são: 1) a margem das lagoas; 2) os manguezais em toda a sua extensão; e, 3) as faixas marginais, desde a borda da calha do leito regular,

de qualquer curso d'água perene ou intermitente, de acordo com suas larguras. Segue previsão legal:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

[...]

VII - os manguezais, em toda a sua extensão; (Brasil, 2012).

Verifica-se que ocorreram modificações para alguns referenciais geográficos, necessários para a delimitação e mensuração das APP, sendo ainda percebida a incorporação de novos ambientes a serem protegidos quando realizada a comparação com a Lei anterior, como por exemplo, a inclusão de todo o manguezal como sendo de preservação permanente.

Dessa forma, foram estabelecidas novas medidas para as faixas marginais dos cursos d'água a partir de diferentes subdivisões de suas larguras e ainda foram incorporadas distâncias mais abrangentes, tomando-se como referência a borda da ca-

lha do leito regular. Deve-se ressaltar que as lagoas passaram a ter suas faixas de APP estabelecidas de acordo com o tamanho do espelho d'água e sua localização. Contudo, para o caso da área de análise a única lagoa costeira identificada a noroeste da área de estudo não teve uma faixa de proteção mapeada, pelo fato da legislação admitir a utilização da margem de lagoas com superfícies inferiores a 01 (um) hectare, aplicando-se ao caso. Essa lagoa costeira encontra-se isolada e com espelho d'água reduzido por situar-se em meio a um campo de dunas móveis, que no seu processo de migração vem ocasionando o aterramento da lagoa.

Por fim, se observou que o manguezal passou a ser definido como APP em toda a sua extensão. Niebuhr (2012) destacou que esse ecossistema passou para a condição de protegido apenas com a ênfase da Resolução nº 303/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por instituição do Poder Público e somente se tornou expressamente uma APP no ano de 2012, por meio da Lei nº 12.651, sendo então, contabilizado como ambiente protegido no mapeamento mais recente deste trabalho.

A Figura 2 mostra, resumidamente, o marco legal das APP para os dois períodos de análise, os anos de 1965 e 2012, no Estuário Apodi-Mossoró.

4.2 Seleção de Imagens de Sensoriamento Remoto

Na análise e interpretação da cobertura e uso da terra, incluindo a identificação das áreas úmidas inundáveis e, posteriormente, o mapeamento das áreas de preservação permanente, valeu-se de produtos pretéritos de Sensoriamento Remoto, realçados por técnicas de PDI e ferramentas de SIG.

Através da BASE Aerofotogrametria e Projetos S/A foi obtida a fotografia aérea analógica em tons de cinza (Câmera Wild RC-9), datada de 01/09/1965, originalmente no tamanho 23 x 23 cm e digitalizada em 900 DPI para arquivo de formato digital. Cabe destacar que o registro fotográfico ocorreu em momento anterior à criação do conceito de APP pelo Código Florestal de 1965, pois a fotografia foi tirada quinze dias antes da publicação da lei.

Com o intuito de realizar comparações da área com informações mais recentes, foram utilizadas 2 imagens multiespectrais do satélite RAPIDEYE do ano de 2012 (imageamentos realizados nos dias 27/04/2012 e 16/11/2012).

As imagens dos satélites RAPIDEYE foram ortorretificadas e cedidas pelo Ministério do Meio

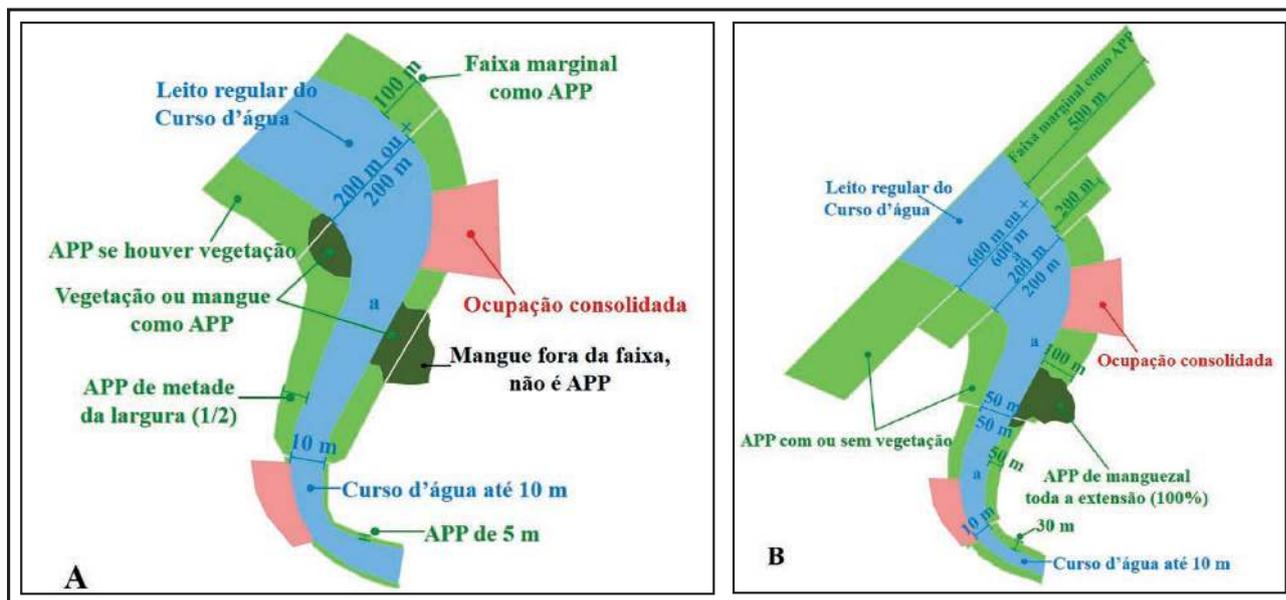


Figura 2 Indicação dos tipos de APP aplicáveis ao no Estuário Apodi-Mossoró e devidas mensurações de referência com base nas normas vigentes nos dois períodos de análise: A. APP em 1965; B. APP em 2012.

Ambiente online (<http://geocatalogo.mma.gov.br/>). Trata-se de cenas com resolução espacial de 6,5 metros, ajustadas ao nível de 5,0 metros com a ortorretificação e com cinco bandas espectrais entre o visível e o infravermelho próximo do espectro eletromagnético, com resolução radiométrica de 12 bits (SCCON, 2017). A opção por imagens do ano de 2012 se deve a publicação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que alterou diversos parâmetros das áreas de preservação permanente.

4.3 Técnicas Aplicadas na Interpretação de Imagens

A fotografia aérea digitalizada de 1965 foi georreferenciada para permitir os mapeamentos da cobertura e uso da terra e áreas de preservação permanente. Para isto, foram utilizados pontos de controle obtidos em campo com *Global Navigation Satellite System* (GNSS) e adotados como verdade terrestre, além de análise visual comparativa com a Carta Topográfica da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) na escala de 1:100.000 de 1970 e disponibilizada no Geoportal do Exército Brasileiro (<http://www.geoportal.eb.mil.br>).

Para garantir a precisão espacial e aumentar a confiabilidade na detecção das alterações, foi aplicada a função polinomial de primeira ordem, obtendo-se erro quadrático médio inferior a um pixel, estabelecendo-se o *datum* WGS84, coordenadas UTM e zona 24 Sul como padrões, utilizando-se o *software* ArcGis 10.2 (ESRI, 2014). A fotografia aérea georreferenciada apresentou um nível de detalhamento espacial onde foi possível interpretar os objetos em superfície na escala aproximada de 1:11.000.

Devido à limitação das características da imagem em níveis de cinza, foram realçadas as informações da mesma por meio da manipulação de histograma e visualização em sistema de cores falsas (tabela de cores *pseudocolor*), utilizando o *software* ER Mapper 7.1 (Earth Resource Mapping, 2006), em auxílio a delimitação entre alvos, definindo zonas homólogas, além de compará-las com algumas informações disponíveis da Carta Topográfica. Como dados auxiliares na análise e interpretação da fotografia aérea de 1965, foram usadas outras fotografias coloridas georreferenciadas do ano de 1979, com maior riqueza de detalhes, para validação da cobertura e uso da terra. Apesar das mudanças ocorridas

na área nos 14 anos de diferença entre as fotografias, o interesse foi apenas o de utilizar elementos de reconhecimento e guias para os elementos de interpretação imagens: cor, tonalidade, forma, tamanho, textura, sombra e associações.

No caso das imagens orbitais ortorretificadas do RAPIDEYE de 2012 foi possível a fiel comparação com a fotografia de 1965, requerendo apenas o ajuste das escalas por causa das diferentes resoluções das cenas. Desta forma, para garantir a confiabilidade, adotou-se a escala 1:30.000 final de representação das informações comparativas. Visando melhorar a qualidade de visual das imagens RAPIDEYE foram utilizadas as bandas do visível e infravermelho próximo no sistema de cores *Red-Green-Blue* (RGB), além de técnicas razão entre bandas espectrais, sob a forma de índices, tais como o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e o *Normalized Difference Water Index* (NDWI), e o realce por ampliação não linear de contrastes dos histogramas, como sugerido por Rios et al. (2016) para diferenciação entre unidades geoambientais na zona costeira.

4.4 Procedimentos para os Mapeamentos Temáticos

Os mapas de cobertura e uso da terra foram vetorizados com base na análise e interpretação visual das imagens digitais tratadas, além da experiência do intérprete e da confirmação por reconhecimento de classes e feições em campo, que permite a redução de possíveis erros. Tal afirmação se baseia nos experimentos realizados por Machala et al. (2015) onde se obteve 93% de acurácia com a vetorização contra 84% por processos semiautomáticos. A escolha das classes de mapeamento adotadas partiu de trabalhos prévios para a área de estudo (Boori & Amaro, 2010; Rocha et al., 2011; Boori et al., 2012). Entretanto alguns termos foram adaptados a partir do conhecimento dos autores, quando necessária à compatibilização da nomenclatura com a aplicação das normativas legais, pois somente assim foi possível a interpretação sobre a base da cobertura e uso da terra, quais seriam as áreas de preservação permanente e quais as principais mudanças ocorridas no período de análise.

A identificação das zonas ou áreas úmidas, igualmente, ocorreu sobre a base da cobertura e uso da terra, uma vez que foi possível mapear a área inun-

dável não modificada nesse setor estuarino, além dos canais de maré e bosques de manguezais, ambientes que se enquadram na definição das áreas úmidas disposta na Resolução nº 07, de 11 de junho de 2015 do Comitê Nacional das Zonas Úmidas (CNZU).

O mapeamento das APP de 1965 e 2012 sobre cada base cartográfica requereu alguns cuidados para delimitar fielmente esses espaços a partir de referências geográficas passíveis de identificação nas fotografias e imagens orbitais. Para o período de análise, como referência espacial para estabelecer a APP de curso d'água foi adotado o nível do leito regular dos cursos d'água. Nas imagens de 2012, a identificação foi facilitada pelo uso das diferentes bandas espectrais submetidas aos algoritmos de PDI, enquanto especificamente para fotografia de 1965, também foram realizadas comparações com outras fotografias. É importante enfatizar que no mapeamento das APP do ano de 1965 foram projetados todos os limites estabelecidos para as faixas marginais dos cursos d'água, mas somente se considerou como APP aqueles espaços providos de cobertura vegetal, tal como indicado na Figura 2a.

No mapeamento das áreas de preservação ocorreram sobreposições de áreas da faixa marginal dos cursos d'água com outras faixas de larguras diferentes, e ainda com as áreas de manguezal. Desse modo, para evitar a contabilização duplicada de uma mesma área, o critério foi identificar primeiro as sobreposições entre APP e os cursos d'água, eliminando tais recobrimentos por exclusão das intersecções em SIG. Portanto, não foram computadas as sobreposições e, especificamente para o ano de 2012, os manguezais quantificados foram aqueles situados nas áreas contínuas as faixas marginais dos cursos d'água. Isto, porque, os manguezais ou qualquer outra vegetação que ocorresse dentro das faixas marginais, já eram quantificados enquanto vegetação na APP de cursos d'água, tal como se ilustra na Figura 2b.

5 Resultados e Discussões

A área de mapeamento e comparação da cobertura e uso da terra para os anos de 1965 e 2012 compreendeu 172,34 km² na foz do rio Apodi-Mosoró e ambientes próximos ao estuário. Desta forma, alguns quantitativos e informações sobre as principais mudanças são apresentadas a seguir.

5.1 Cobertura e Uso da Terra do Estuário em 1965 e 2012

Para o mapeamento da cobertura e uso da terra no ano de 1965 (Figura 3a, c) foram constatadas as seguintes classes e seus quantitativos em hectares: açude (29,86 ha); área agrícola (304,34 ha); área descoberta (1.607,08 ha); área inundável (2.370,06 ha); área urbanizada (115,52 ha); banco de areia (26,96 ha); curso d'água (705,67 ha); duna móvel (889,33 ha); lagoa costeira (17,72 ha); mangue (195,91 ha); oceano (1.754,21 ha); planície eólica (1.132,37 ha); praia (41,09 ha); salina (3.363,68 ha); salina em expansão (1.711,92 ha); savana-estépica arborizada (2.968,71 ha).

Em relação ao ano de 2012 (Figura 3b, d) foram constatadas as seguintes classes com seus quantitativos: área agrícola (991,98 ha); área descoberta (1.085,37 ha); área inundável (462,97 ha); área urbanizada (862,63 ha); banco de areia (278,84 ha); curso d'água (515,07 ha); duna móvel (412,25 ha); lagoa costeira (0,71 ha); mangue (331,45 ha); oceano (1.512,42 ha); planície eólica (1.044,40 ha); praia (141,67 ha); salina (7.439,22 ha); savana-estépica arborizada (2.155,48 ha). Ver síntese na Tabela 1.

COBERTURA E USO DA TERRA				
Classe	1965	2012	Diferença (ha)	
	Área (ha)	Área (ha)	Ganho	Perda
Açude	29,86	-	29,86	
Área agrícola	304,34	991,98	687,64	
Área descoberta	1.607,08	1.085,37		521,71
Área inundável	2.370,06	462,97		1.907,09
Área urbanizada	115,52	862,63	747,11	
Banco de areia	26,96	278,84	251,88	
Curso d'água	705,67	515,07	190,60	
Duna móvel	889,33	412,25	477,08	
Lagoa costeira	17,72	0,71	17,01	
Mangue	195,91	331,42	135,51	
Oceano	1.754,21	1.512,42	241,79	
Planície eólica	1.132,37	1.044,40	87,97	
Praia	41,09	141,67	100,58	
Salina	3.363,68	7.439,22	4.075,54	
Salina em expansão	1.711,92	-	1.711,92	
Savana-Estépica arborizada	2.968,71	2.155,48	813,23	

Tabela 1 Síntese das mudanças da cobertura e uso da terra entre 1965 e 2012.

Dentre as modificações ocorridas entre os dois períodos de análise, notou-se que a maior redução de área ocorreu para as áreas inundáveis do estuário, com perda de 1.907,09 ha. Tal redução foi decorrente da expansão das salinas na década de 1960, ampliando-se e criando-se novas salinas, corroborando com as observações de Costa *et al.*, (2013), ocupando antigas áreas inundáveis da planície flúvio-marinha. As salinas que em 1965 apareciam com total de 1.711,92 ha foram incorporadas às áreas de salinas em 2012, juntamente com outras áreas, tais como áreas descobertas, dunas móveis, planícies eólicas e mangues. No processo de expansão das salinas também ocorreu a utilização de alguns cursos d'água menores, mas foi possível observar ainda o processo de assoreamento ao longo do curso do rio Apodi-Mossoró, constatando-se a redução de 190,60 ha dessas áreas, com deposição de sedimentos na desembocadura.

Cabe destacar que até 1975 a perda de áreas ou zonas úmidas não geravam grandes repercussões internacionais, pois careciam de maior interesse e estratégias de proteção, até que a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, mais conhecida como Convenção de Ramsar, estabelecida em 1971, entrou em vigor em 21 de dezembro de 1975. Entretanto, somente foi incorporada plenamente ao arcabouço legal do Brasil em 1996, pela promulgação do Decreto nº 1.905 de 1996 (Junk *et al.*, 2014).

Na análise em relação aos manguezais mostrou expansão de 135,54 ha entre 1965 e 2012, apesar de várias áreas com essa vegetação terem sido suprimidas nas décadas seguintes no contexto da região (mais precisamente 120,36 ha). Entretanto, ocorreu a ampliação, principalmente, nas margens dos cursos d'água do rio Apodi-Mossoró, João da Rocha e Morro Branco.

Nas imediações do estuário ocorreu significativa supressão das áreas com savana-estépica arborizada (813,24 ha), onde o aproveitamento das áreas se deu para a expansão agrícola (687,64 ha).

Outros acréscimos em menor quantidade ocorreram para as praias e bancos de areia no litoral, com processos de progradação quando comparados os dois extremos temporais de análise. Tal deposição

de sedimentos foi localizada no setor de análise e modificou as morfologias costeiras, percebendo-se ainda alterações intensas em alguns trechos por ações erosivas e em outros por deposição. Entretanto, a avaliação do balanço sedimentar em trechos de praias arenosas deve considerar monitoramento em intervalos de médio e longo prazo, interpondo-se anos e décadas. No contexto geral da região tem predominado a erosão costeira, corroborando com as análises de Amaro & Araújo (2008) e Boori *et al.* (2012). Somente nas análises mais recentes é que se têm registrado fases de deposição de sedimentos, ou ao menos um estado de equilíbrio, segundo Silva *et al.* (2015).

No recorte espacial estudado, percebeu-se que as maiores expansões da cobertura e uso da terra ocorreram para as áreas urbanizadas (747,11 ha) e as salinas (4.075,54 ha). Esta última demonstra o potencial salineiro nessa região estuarina, apesar de ter contribuído para ocupação de áreas úmidas, promovendo ocorrências de inundações na área urbana, especialmente na cidade de Areia Branca (Medeiros *et al.*, 2012).

Considerando as áreas de manguezais, os cursos d'água, as áreas inundáveis da planície flúvio-marinha e as lagoas costeiras como áreas de interesse pela Convenção de RAMSAR, verificou-se que no geral ocorreu perda das áreas úmidas entre 1965 e 2012, principalmente pela influência da atividade salineira, estimando-se a redução em 3.691,11 ha, mesmo incorporando a expansão do manguezal e sem considerar as salinas já existentes antes dos tratados internacionais.

5.2 Delimitação das Áreas de Preservação Permanente

Com a aplicação do Código Florestal de 1965 na área de estudo, incidia a restrição das APP sobre as faixas marginais dos cursos d'água, cabendo ressaltar que os espaços protegidos seriam aqueles que apresentassem vegetação natural, não considerando a proteção, portanto, para toda a faixa marginal desses ambientes, já alterados e, por vezes, desprovidos naturalmente de vegetação pela sua condição hipersalina.

O mapeamento apresentado neste item projeta as APP, conforme referências geográficas estabelecidas nas normas, em toda a área da faixa marginal para os dois períodos (1965 e 2012), sendo ainda realizada a abrangência das áreas protegidas de acordo com a mudança da legislação e se isto foi suficiente para a proteção de áreas úmidas.

No período de análise houve um ganho de áreas de preservação relativo às faixas marginais de cursos d'água como resultado da subdivisão de larguras e ampliação das metragens determinadas pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Figura 4a, b). Além disto, o manguezal em toda a sua extensão passou a ser expressamente definido como uma APP (Brasil, 2012; Niebuhr, 2012).

Apesar de ter identificado como APP somente as faixas marginais dos cursos d'água, o Código Florestal de 1965 considerava a diferenciação de largura a ser protegida, de acordo com a espessura dos canais. Neste sentido foram observadas três categorias do que se denominou como APP de curso d'água: cinco metros de faixa marginal protegida (5 m), com 35,72 ha; metade da largura do curso d'água (1/2 m) com 221,47 ha; e, cem metros de proteção da faixa marginal (100 m) com 197,98 ha; totalizando-se 455,17 ha de áreas de preservação permanente no recorte da área de estudo (Figura 4a e 5a).

Com as alterações legais de 2012, as faixas marginais para APP de cursos d'água foram ampliadas e criadas novas subdivisões, devendo-se somar ainda as áreas com manguezal. Assim, foram identificados os seguintes valores, de acordo com o tipo de APP: trinta metros de faixa marginal (30 m) com 134,19 ha; cinquenta metros (50 m) com 86,07 ha; cem metros (100 m) com 235,51 ha; duzentos metros (200 m) com 262,71 ha; quinhentos metros (500 m) com 219,09 ha; e, manguezal em toda a sua extensão (100%) com 114,39 ha (total fora das faixas dos cursos d'água). O resultado total foi de 1.051,96 ha de APP (Figura 4b e 5b).

Apesar da expansão das APP, quando projetada a atual referência normativa, é importante observar que essa ampliação deve considerar a cobertura e uso da terra historicamente consolidados, uma vez que diversos usos ocorriam em vários tre-

chos das áreas protegidas antes das restrições impostas pela legislação.

5.3 Cobertura e Uso da Terra em APP

Em 1965, as áreas de preservação permanente eram mais reduzidas em tipo e em área tratando-se do estuário, pois a proteção encontrava apelo para impedir a supressão de diversas coberturas vegetais, mas não previa a proteção de áreas geográficas também importantes quanto ao aspecto ecossistêmico, por estarem ausentes de vegetação, mas que contribuíam direta ou indiretamente para a manutenção do ambiente. Os referenciais geográficos frequentemente não eram claros no Código Florestal, sendo ausentes alguns parâmetros mínimos para a devida demarcação de algumas APP.

Para o ano de 1965, a área de estudo apresentava as seguintes coberturas e usos da terra dentro da projeção das APP mapeadas, com os devidos quantitativos em hectares: praia (2,19 ha); área descoberta (4,67 ha); planície eólica (5,71 ha); savana-estépica arborizada (7,90 ha); área urbanizada (11,20 ha); duna móvel (28,90 ha); salina em expansão (34,64 ha); mangue (75,55 ha); salina (107,72 ha); área inundável (176,69 ha); totalizando 455,17 ha dos tipos de ocupação nas APP criadas em 1965 (Figura 6a, c). Entretanto, o que poderia ser considerado efetivamente como APP em 1965 seriam as áreas ocupadas pela vegetação natural situada nas faixas marginais dos cursos d'água no estuário Apodi-Mossoró. Dessa maneira, as savanas-estépicas arborizadas e os mangues seriam efetivamente a APP do período, somando-se uma área de 83,45 ha de ambientes protegidos.

Dos 371,72 ha restantes, áreas como a planície eólica, as dunas móveis e as áreas inundáveis poderiam ter sido decretadas pelo poder público como áreas de preservação, mas não se verifica essa normativa ainda na década de 60. O que ocorreu na época foi o rápido processo de instalação da indústria salinera no RN, em particular no Estuário Apodi-Mossoró. No período, as demais classes com espaços utilizados pelo homem poderiam ter sido consideradas como áreas com uso consolidado, afastando a classificação de APP, a exemplo das áreas desco-

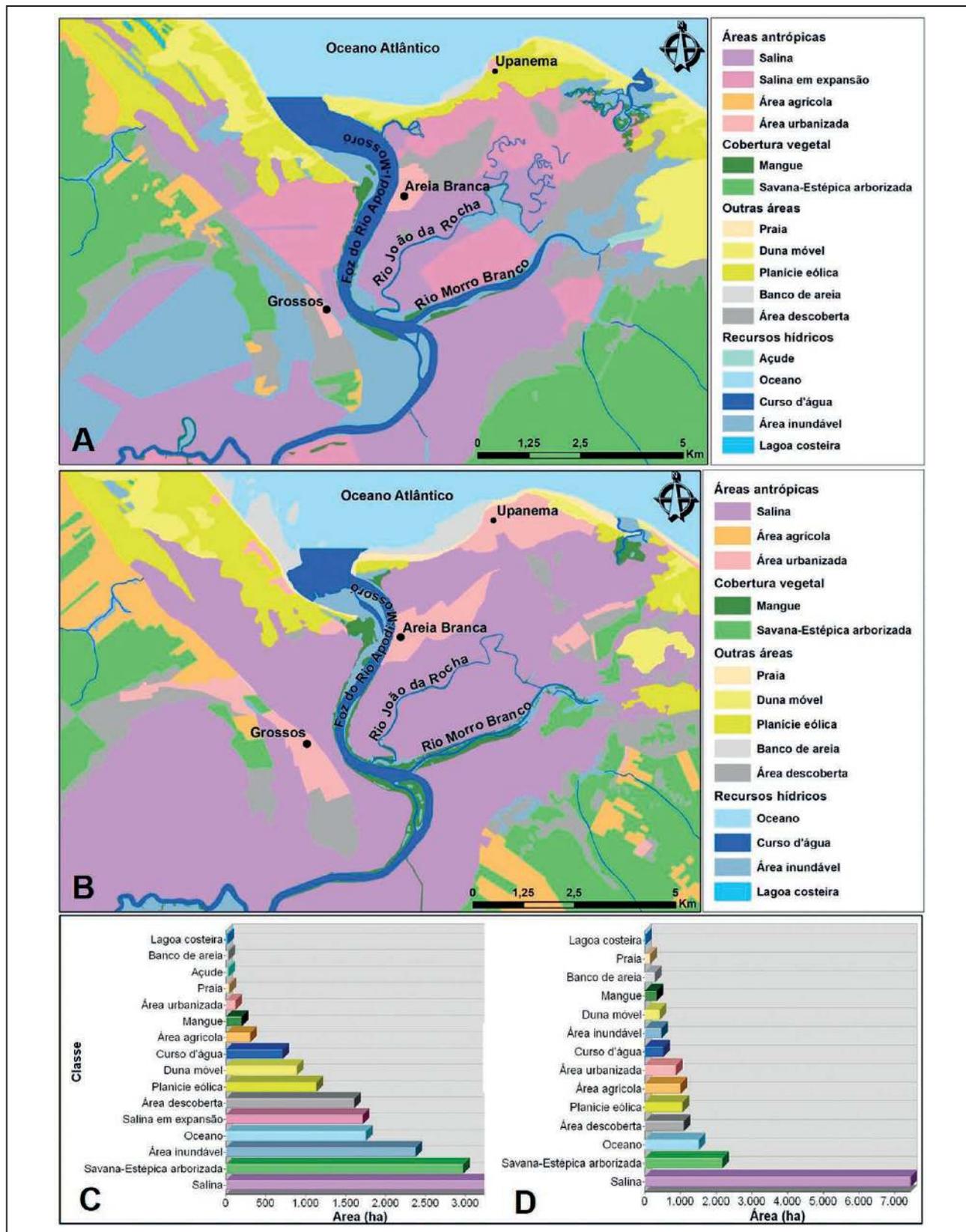


Figura 3 Mapeamento e quantitativos da cobertura e uso da terra: A. Cobertura e uso da terra em 1965; B. Cobertura e uso da terra em 2012; C. Quantitativos em hectares da cobertura da terra em 1965; D. Quantitativos em hectares da cobertura da terra em 2012.

bertas (modificadas ou terraplenadas), áreas urbanizadas, salinas em expansão e salinas. Isto explicaria a atual existência de um conjunto de usos dentro dos limites das áreas protegidas.

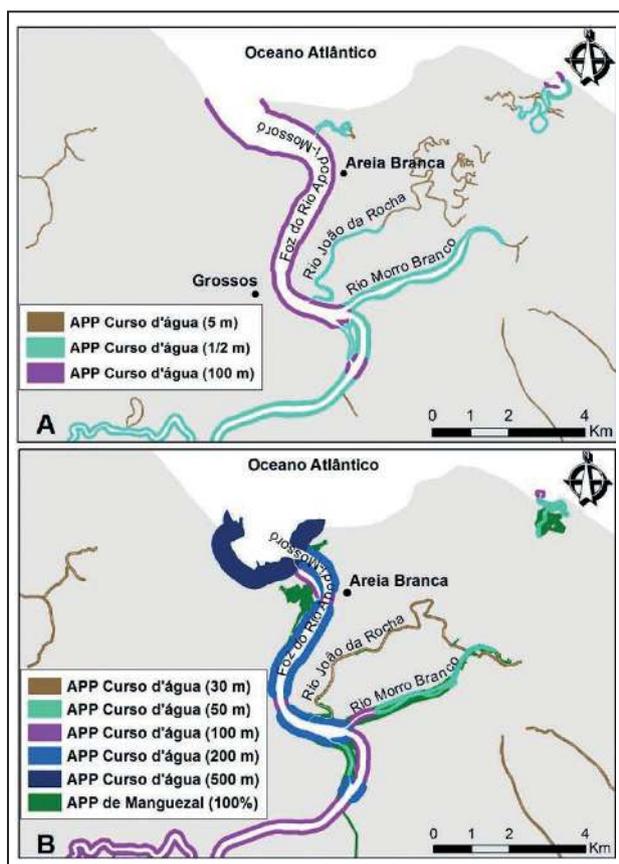


Figura 4 Identificação dos tipos de APP no Estuário Apodi-Mossoró e devidas mensurações projetadas. A. Delimitação de acordo com Lei de 1965, sendo 03 tipos de APP; B.

Em relação ao ano de 2012, os quantitativos em hectares para cada tipo de cobertura e uso da terra, de acordo com a projeção da nova delimitação das APP, foram: área descoberta (0,43 ha); duna móvel (1,34 ha); área agrícola (6,16); praia (34,98 ha); área urbanizada (37,06 ha); banco de areia (41,30 ha); savana-estépica arborizada (46,68 ha); planície eólica (78,80 ha); salina (220,77 ha); área inundável (252,99 ha); mangue (331,45 ha – inclui o mangue dentro e fora das faixas de APP de curso d'água); totalizando 1.051,96 ha (Figura 6b, d). Desse total, desconsiderando as áreas anteriormente consolidadas com algum tipo de uso, tais como área descoberta, área agrícola, área urbanizada e salina; restam como APP as áreas ainda não descaracterizadas, que somam 787,57 ha. Ver síntese na Tabela 2.

COBERTURA E USO DA TERRA EM APP				
Tipo	1965	2012	Diferença (ha)	
	Área (ha)	Área (ha)	Ganho	Perda
Praia	2,19	-	2,19	
Área descoberta	4,67	0,43	4,24	
Planície eólica	5,71	78,80	73,09	
Savana-estépica arborizada	7,90	46,68	38,78	
Área urbanizada	11,20	37,06	25,86	
Duna móvel	28,90	1,34	27,56	
Salina em expansão	34,64	-	34,64	
Mangue	75,55	331,45	255,90	
Salina	107,22	220,77	113,55	
Área inundável	176,69	252,99	76,30	
Efetivamente APP	83,45	787,57	704,12	

Tabela 2 Síntese dos tipos de cobertura e uso da terra demarcados em APP.

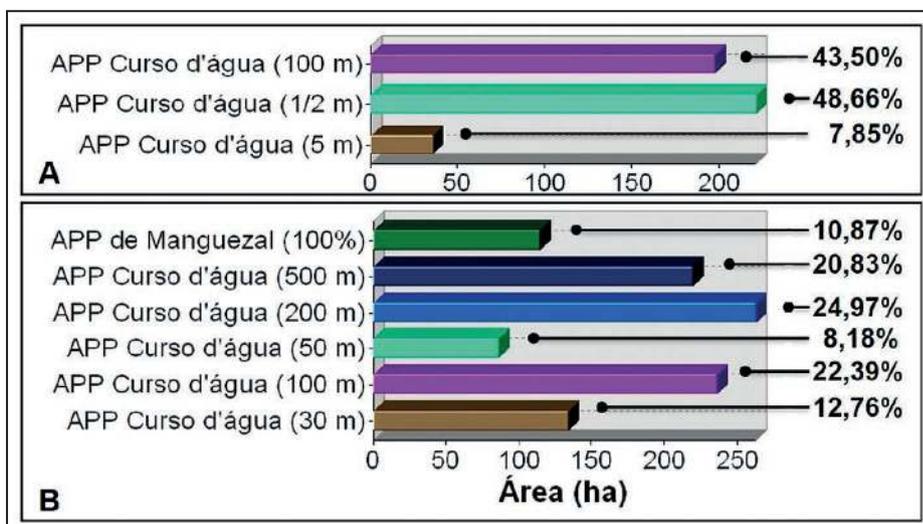


Figura 5 Quantitativo em hectares e percentual por tipo de APP de acordo com o arcabouço legal de cada período: A. Proporção por tipo de APP em 1965; B. Proporção por tipo de APP em 2012.

Na análise das Figuras 4 e 6 destacou-se que, mesmo com a evolução das normas que tratam sobre as áreas de preservação permanente, ainda carecem de especificidades voltadas aos ambientes estuarinos, em especial para as áreas úmidas inundáveis, não sendo tal legislação suficiente para garantir a proteção da maioria das zonas úmidas, que outrora eram amplas na área de estudo, quando ressaltada a Figura 3.

Roriz & Fearnside (2015) destacaram que com a modificação do Código Florestal houve redução na medida das áreas de preservação permanente nos cursos d'água, devido à mudança da referência para o nível do leito regular (desde 1989 a referência era o leito maior do curso d'água). Igualmente, a alteração de regras acerca de áreas úmidas e várzeas de rios, que foram termos incluídos de forma excludente na legislação, pois a eficácia de proteção sobre essas áreas somente ocorrerão se houver interesse do poder público, deixando de ser regra para ser tratada como uma exceção.

Em relação ao manguezal no ano de 2012 houve uma melhora em relação à proteção, pois a inserção de todo o manguezal como ambiente protegido considerou esse ecossistema, mesmo quando geograficamente afastado dos cursos d'água. Ainda que restasse a proteção somente para as faixas marginais dos canais de maré, com as novas larguras das APP haveria garantia de proteção para 217,06 ha de manguezais, se comparado aos 75,55 ha em 1965. No entanto, importante salientar que para o período analisado ocorreu expansão das áreas de manguezal sobre áreas disponíveis nas planícies flúvio-marinhas mais próximas aos rios Apodi-Mossoró, Morro Branco e João da Rocha. Os mangues mais afastados dos canais somaram 114,39 ha em 2012. Contudo, atualmente são quase inexistentes as áreas inundáveis que possibilitem a evolução desse manguezal, ainda mais diante do quadro de mudanças climáticas com avanço do nível do mar (ICMBio, 2018).

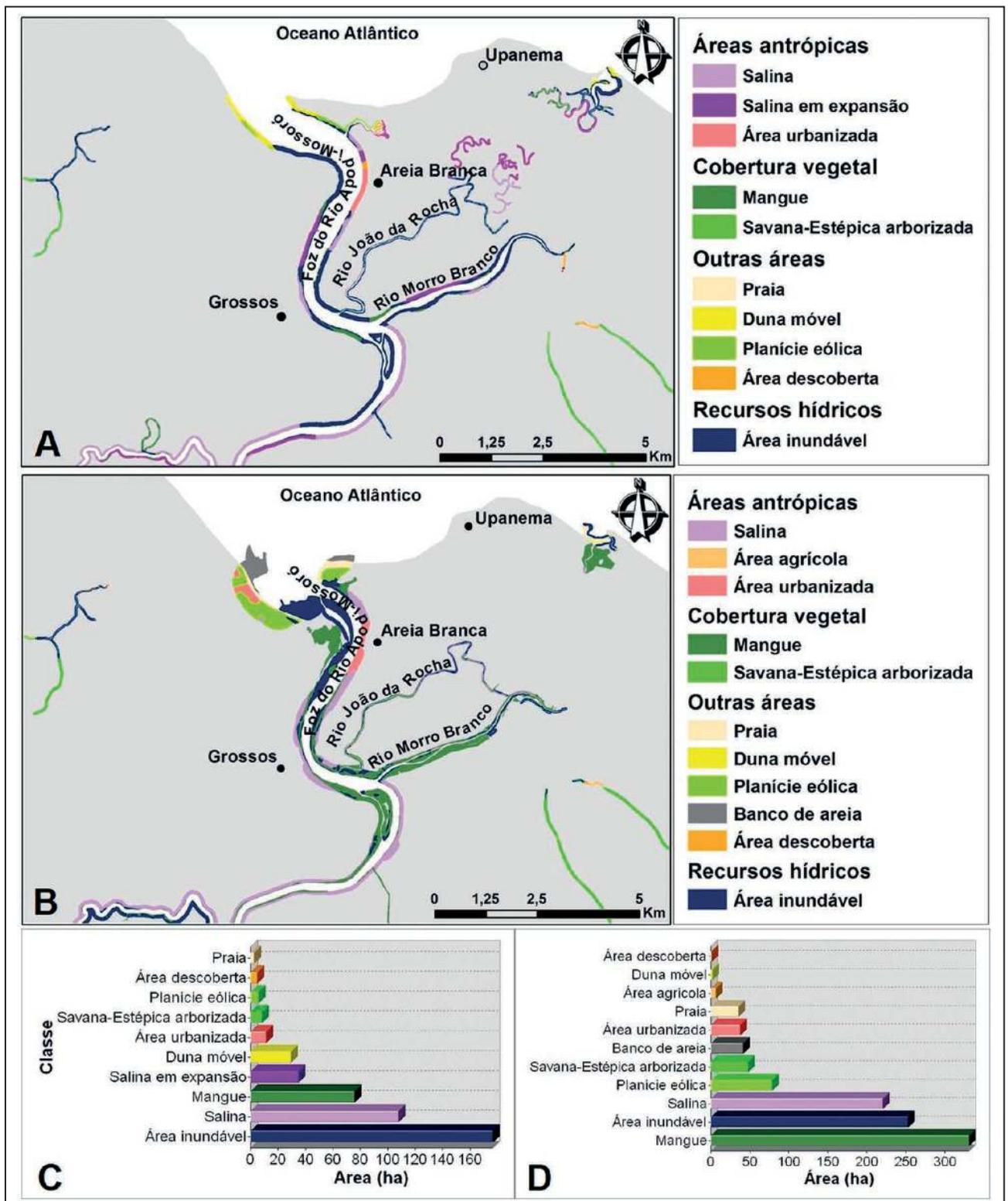
Outra consequência da elevação do nível do mar (IPCC, 2014; Busman *et al.*, 2016; Paterson *et al.*, 2017) na área de estudo, pode auxiliar na explicação já apresentada por Medeiros *et al.* (2012), que justifica a ocorrência de inundações na área urba-

na da cidade de Areia Branca. Tal fenômeno pode agravar também outras infraestruturas instaladas nas planícies estuarinas, a exemplo das salinas que estão situadas quase ao nível do mar atual e, portanto, naturalmente sujeitas às inundações.

Realizando uma estimativa de acordo com o Código Florestal de 1965 e considerando somente as áreas inundáveis da época, a legislação permitiria a proteção de 7,46% desse ambiente. Mas se fossem consideradas também as áreas inundáveis e de mangue (zonas úmidas) esse percentual seria de 9,83%. Outro cenário seria a exclusão do ecossistema mangue da contabilização, pois ao levar em conta somente as áreas inundáveis e salinas em expansão sobre planícies flúvio-marinhas naquele período, o percentual cairia para 5,18%. Como as salinas em expansão ainda não estavam efetivamente implantadas, aqui foi considerada no cálculo das áreas úmidas, para fins de estimativa da ocupação da planície flúvio-marinha, zona úmida do estuário. Caso só elas fossem as zonas úmidas do período, isto representaria uma proteção de 2,02% com a demarcação das APP.

Por outro lado, o cenário atual para o Apodi-Mossoró, considerando o ano de 2012 e proporcionalmente todas as perdas anteriores relativas às áreas úmidas, tem-se os seguintes percentuais: se contabilizado somente as áreas inundáveis, a proteção alcançaria 54,65%; mas considerando as áreas inundáveis e o mangue, esse percentual de proteção atinge 73,57%, não havendo mais a classe de salinas em expansão para tratá-la no cenário das áreas úmidas. Nessas condições, a atual realidade do estuário seria interpretada como uma área com representativa proteção em mais da metade como sendo áreas de preservação permanente. Contudo, essa análise não seria coerente com o tamanho das áreas naturais que foram modificadas e que seriam consideradas zonas úmidas se realizada comparação com o ano de 1965.

Somente para fins de exercício, se realizado um ensaio projetando-se as APP de acordo com a Lei 12.651/12 sobre a cobertura e uso da terra do ano de 1965, a realidade seria a seguinte: Cenário considerando todas as áreas inundáveis e mangues, a proporção de APP seria de 22,78%; Cenário das



áreas inundáveis, mangues e salinas em expansão, o percentual seria de 13,66%; Cenário somente das áreas inundáveis, teríamos 10,67% de áreas protegidas; e finalmente considerando as áreas inundáveis e salinas em expansão como zonas úmidas, a proteção reduziria para 6,20%. Se somente as salinas em expansão fossem zonas úmidas, isto representaria somente 2,65% de proteção das APP nesses locais. Ver síntese na Tabela 3.

É importante observar que a realização de análises tal como as realizadas neste trabalho, onde se busca projetar informações pretéritas com base em dados superiores à 40 anos, apresenta limitação cartográfica, pois em 1965 ainda não havia o monitoramento da superfície terrestre a partir de satélites, limitando a fonte de dados. Apesar disto, as fotografias aéreas disponíveis com o crescimento da aerofotogrametria geraram acervos importantes com ampla possibilidade de mapeamento em diversas escalas, temporal e espacial, sendo necessária a conciliação de datas próximas à publicação das normativas.

6 Conclusões

Com os produtos de sensoriamento remoto utilizados neste trabalho, foi possível interpretar as informações sobre a cobertura e uso da terra para os anos de 1965 e 2012 com confiança para a escala 1:30.000. Permitindo também realizar comparações acerca das principais transformações espaciais na superfície de forma quantificada.

Para a área de estudo as principais mudanças ocorreram para as antigas áreas inundáveis, salinas em expansão, vegetação de savana-estépica arborizada, áreas descobertas e dunas móveis que tiveram suas áreas reduzidas. Por outro lado, os acréscimos principais que transformaram a cobertura e uso da terra naquele espaço, se deram por causa das salinas, áreas urbanizadas, áreas agrícolas, e processos de deposição em praias com formação de bancos de areia. Nessas mudanças a área mais afetada do estuário foram as planícies flúvio-marinhas sujeitas ao processo natural de inundação.

O manguezal apresentou uma sensível melhoria ao considerar a sua expansão em termos de

CENÁRIOS DA PROTEÇÃO DAS APP PARA AS ZONAS ÚMIDAS			
Tipo	Nível de Proteção em Percentual		
	1965	2012	Norma de 2012 projetada em 1965
SE	2,02%	-	2,65%
AI	7,46%	54,65%	10,67%
AI+Ma	9,83%	73,57%	22,78%
AI+SE	5,18%	-	6,20%
AI+Ma+SE	6,71%	-	13,66%

*AI-Áreas Inundáveis; Ma-Mangue; SE-Salinas em Expansão.

Tabela 3 Possibilidades de cenários com diferentes níveis de proteção garantidos pelas APP sobre as Zonas Úmidas em 1965 e 2012, considerando diferentes classes como áreas úmidas. Na última coluna o cenário da aplicação do “Código Florestal” de 2012 projetado na cobertura e uso da terra do ano de 1965.

área, apesar das pretéritas supressões na região, pois se verifica que ao longo das margens dos principais canais flúvio-marinhos, o mangue tem resistido e evoluído sobre alguns trechos das áreas úmidas que restam naquele estuário, e sua proteção foi incluída de forma explícita na legislação ambiental.

Através dos procedimentos adotados e com base nas especificações e referenciais constantes no Código Florestal e na Lei de Proteção da Vegetação Nativa, ocorreram às delimitações das Áreas de Preservação Permanente sobre a cobertura e uso da terra dos anos de 1965 (443,39 ha) e 2012 (1.051,96 ha), mas descontadas as áreas anteriormente utilizadas pelas atividades humanas e que não constituíam APP, restaram, respectivamente, 83,45 ha e 787,57 ha.

Foi possível verificar que o rigor da legislação ambiental está maior e mais claro, inclusive em relação aos referenciais geográficos que necessitam serem observados na demarcação da APP. Isto pode ser afirmado ao ser verificado um aumento de 704,12 ha de áreas protegidas entre 1965 e 2012. Mesmo assim, concorda-se com Roriz & Fearnside (2015), em relação às mudanças de referenciais quanto ao nível para o leito regular, quando deveria ser o nível mais alto da inundação, e a necessária adoção de medidas para proteção específica das áreas úmidas e várzeas para atender a convenção de RAMSAR e Biodiversidade.

Pode-se concluir que mesmo com o aumento das metragens para as áreas de preservação permanente ao se comparar os anos de 1965 e 2012, a proporção de espaços protegidos foi baixa ao ser analisada a evolução da cobertura e uso da terra e os quantitativos de áreas naturais que foram descaracterizadas, com ênfase nas áreas úmidas de importância internacional, ainda mais ao considerar a ocorrência de cenários atuais de inundação diante das mudanças climáticas.

É importante enfatizar que as metas estabelecidas nas convenções das quais o Brasil faz parte, requerem análises de acordo com a particularidade do espaço intencionado para a proteção, principalmente em se tratando de locais onde ocorreram intensas modificações na cobertura e uso da terra, como por exemplo, a área estudada.

7 Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de doutorado de L. S. Aguiar, ao Laboratório de Geoprocessamento (GEOPRO/UFRN), ao projeto CRO-NALOG da Rede Cooperativa Norte-Nordeste de Monitoramento Ambiental de Áreas Sob Influência da Indústria Petrolífera (Rede 05 PETROMAR).

8 Referências

- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- Alves, J.B. & Medeiros, F.S. 2016. Impactos ambientais e delimitação da área de preservação permanente do rio Espinharas no trecho urbano de Patos-PB. *Revista Redes*, 21(2): 107 - 130.
- Amaro, V.E. & Araújo, A.B. 2008. Análise multitemporal da morfodinâmica da região costeira setentrional do Nordeste do Brasil entre os municípios de Grossos e Tibau, Estado do Rio Grande do Norte. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 8(2): 77-100.
- Araújo, D.R.; Silva, P.C.M.; Dias, N.S. & Lira, D.L.C. 2012. Estudo da área de preservação permanente do rio Mossoró no sítio urbano de Mossoró-RN por meio de técnicas de geoprocessamento. *Revista Caatinga*, 25(2): 177-183.
- Baccaro, C.A.D.; Silva, P.C.M. & Camacho, R.G.V. 2009. Mapeamento geomorfológico da Bacia do Apodi-Mossoró-RN – NE do Brasil. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, 08(16): 201-216.
- Bezerra, J.M.; Feitosa, A.P.; Morais, C.T.S.L.; Silva, P.C.M. & Silva, I.R. 2008. Zoneamento ambiental das áreas de preservação permanente do município de Martins, RN. *Revista Caatinga*, 21(5) (Número Especial): 113-122.
- Boori, M. S. & Amaro, V. E. 2010. Land use change detection for environmental management: using multi-temporal, satellite data in the Apodi Valley of northeastern Brazil. *Applied GIS*, 6(2): 1-15.
- Boori, M.S. & Amaro, V.E. 2011. A Remote Sensing Approach for Vulnerability and Environmental Change in Apodi Valley Region, Northeast Brazil. *International Journal of Geological and Environmental Engineering*, 5(2): 93-103.
- Boori, M.S.; Amaro, V.E. & Targino, 2012. A Coastal risk assessment and adaptation of the impacto f sea-level rise, climate change and hazards: A RS and GIS based approach in Apodi-Mossoró estuary, Northeast Brazil. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2(3): 815-832.
- Borges, R.O.; Neves, C.B. & Castro, S.S. 2011. Delimitação de áreas de preservação permanente determinadas pelo relevo: aplicação da legislação ambiental em duas microbacias hidrográficas no estado de Goiás. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 12(3): 109-114.
- Borrini-Feyerabend, G.; Dudley, N.; Jaeger, T.; Lassen, B.; Broome, N.P.; Phillips, A. & Sandwith, T. 2017. Governança de Áreas Protegidas: da compreensão à ação. Série Diretrizes para melhores Práticas para Áreas Protegidas, n. 20. Gland, Suíça: UICN, xvi, 124 p.
- Brancalion, P.H.S.; Garcia, L.C.; Loyola, R.; Rodrigues, R.R.; Pillar, V.D. & Lewinsohn, T.M. 2016. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives. *Natureza & Conservação*, 14S(2016): 1–15.
- Brasil. 2012. *Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm>. Acesso em: 20 dez. 2012.
- Brasil. *Decreto n. 1.905, de 16 de maio de 1996*. Promulga a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como Habitat de Aves Aquáticas, conhecida como Convenção de Ramsar, de 02 de fevereiro de 1971. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/D1905.htm> . Acesso em: 20 dez. 2017.
- Brasil. *Lei n. 4.771 de 15 de setembro de 1965*. Institui o Novo Código Florestal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/4771.htm>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- Brasil. Senado Federal. Secretaria Jornal do Senado. 2011. Código florestal: nova lei busca produção com preservação. *Revista Em Discussão! - Revista de audiências públicas do Senado Federal*, 2(9): 55-65.
- Busman, D.V.; Amaro, V.E. & Souza-Filho, P.W.M. 2016. Análise estatística multivariada de métodos de vulnerabilidade

- de física em zonas costeiras tropicais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 17(3): 499-516.
- Cabello, J.; Fernández, N.; Alcaraz-Segura, D.; Oyonarte, C.; Piñero, G.; Altesor, A.; Delibes, M. & Paruelo, J.M. 2012. The ecosystem functioning dimension in conservation: Insights from remote sensing. *Biodiversity and Conservation*, 21(2012) 3287-3305.
- Campagnolo, K.; Silveira, G.L.; Miola, A.C. & Silva, R.L.L. 2017. Área de preservação permanente de um rio e análise da legislação de proteção da vegetação nativa. *Revista Ciência Florestal*, 27(3): 831-842.
- Catelani, C.S. & Batista, G.T. 2007. Mapeamento das áreas de preservação permanente (APP) do município de Santo Antônio do Pinhal, SP: um subsídio à preservação ambiental. *Revista Ambiente & Água*, 2(1): 30-43.
- Cestaro, L.A.; Fernandes, E. & Pereira, V.H.C. 2012. Zoneamento de áreas de proteção ambiental urbanas: o exemplo da zona de proteção ambiental 7 em Natal, RN. *Revista Geonorte*, (Edição Especial), 3(4): 1391-1404.
- Costa, A.M. & Reis, R.S. 2017. Análise de conflitos no uso do solo em APP: o uso de sensoriamento remoto no entorno de um sistema estuarino lagunar. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 10(3): 775-788.
- Costa, D.F.S.; Silva, A.A.; Medeiros, D.H.M.; Lucena Filho, M.A.; Rocha, R.M.; Lillebo, A.I. & Soares, A.M.V.M. 2013. Breve revisão sobre a evolução histórica da atividade salineira no estado do Rio Grande do Norte (Brasil). *Revista Sociedade & Natureza*, 25(1): 21-34.
- Costa, B.C.P.; Amaro, V. & Ferreira, A.T.S. 2017. Classificação de espécies de mangue no Nordeste do Brasil com base em imagens híbridas de sensoriamento remoto. *Anuário do Instituto de Geociências*, 40(1): 135-149.
- DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação. Centro de Hidrografia da Marinha. Banco Nacional de Dados Oceanográficos. 2017. *Previsões de marés (máximas e mínimas diárias)*: Estação Porto de Areia Branca - Termisa. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/>>. Acesso em: jul./2017.
- Diniz, M.T.M. & Pereira, V.H.C. 2015. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. *Boletim Goiano de Geografia*, 35(3): 488-506.
- Earth Resource Mapping. 2006. *ER Mapper*. Versão 7.1 para Windows: Earth Resource Mapping. 1 CD-ROM.
- EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. 2017. *Meteorologia*. Disponível em: <<http://www.emparn.rn.gov.br/>>. Acesso em: dez./2017.
- ESRI. ArcGIS. 2014. *ArcGIS Desktop*: ArcMap. Versão 10.2 para Windows: ESRI - Environmental Systems Research Institute, 1 CD-ROM. Disponível em: <<https://www.esri.com/arcgis/about-arcgis>>. Acesso em: nov./2014.
- Franco, C.G.M.; Amaro, V.E. & Souto, M.V.S. 2012. Prognóstico da erosão costeira no Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte para os anos de 2020, 2030 e 2040. *Revista de Geologia*, 25(2): 37-55.
- Ferreira, A.T.S.; Santos, M.S.T.; Fernandes, L.R. & Ribeiro, M.C.H. 2016. Mapeamento geomorfológico de detalhe para delimitação de áreas de preservação permanente (APP) de zonas costeiras em atendimento ao Cadastro Ambiental Rural (CAR). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 17(4): 631-643.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2012. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*: Sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. 2ª ed. Rio de Janeiro, 275 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2018. *Mapeamento de Recursos Naturais do Brasil Escala 1:250.000*: Vegetação. Rio de Janeiro Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: fev./2018.
- ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2018. *Atlas dos manguezais do Brasil*. Brasília: ICMBio, 176 p.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability - Summary for Policymakers*. Phase I Report Launch. IPCC Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report. 44p.
- Jones, K.R.; Watson, J.E.M.; Possingham, H.P. & Klein, C.J. 2016. Incorporating climate change into spatial conservation prioritisation: A review. *Biological Conservation*, 194(2016): 121-130.
- Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Lourival, R.; Wittmann, F.; Kandus, P.; Lacerda, L.D.; Bozelli, R.L.; Esteves, F.A.; Cunha, C.N.; Maltchik, L.; Schöngart, J.; Schaeffer-Novelli, Y. & Agostinho, A.A. 2014. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification, for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(1): 5-22.
- Lima, S.F. & Vital, H. 2006. Geomorphological and paleogeographic characterization of continental shelf of the Apodi-Mossoró river, RN/Brazil. *Environmental Problems in Coastal Regions VI. WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 88(2006): 351-360.
- Machala, M.; Honzová, M & Klimánek, M. 2015. Generating land-cover maps from remotely sensed data: manual vectorization versus object-oriented automation. *Applied GIS*, 11(1): 1-30.
- Medeiros, W.D.A.; Cunha, L. & Almeida, A.C. 2012. Riscos ambientais e percepção no litoral: estudo comparativo Brasil-Portugal. *Revista Geonorte* (Edição Especial), 1(4): 985-997.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Diretoria de Áreas Protegidas. 2006a. *Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas (PNAP)*: Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006. Brasília. 44 p.

- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Diretoria do Programa Nacional de Conservação da Biodiversidade. 2006b. *Diretrizes e Prioridades do Plano de Ação para Implementação da Política Nacional da Biodiversidade* (PAN-Bio). Projeto Estratégia Nacional da Diversidade Biológica e Relatório Nacional. Brasília. 80 p. (Série Biodiversidade, 22).
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Áreas Protegidas. 2007. *Informe nacional sobre áreas protegidas no Brasil*. Brasília: MMA, 132 p. (Série Áreas Protegidas do Brasil, 5).
- Nagendra, H.; Lucas, R.; Honrado, J.P.; Jongman, R.H.G.; Tarantino, C.; Adamo, M. & Mairota, P. 2012. Remote sensing for conservation monitoring: Assessing protected areas, habitat extent, habitat condition, species diversity, and threats. *Ecological Indicators*, 33(2013): 45-59.
- Neves, C.B.; Castro, S.S.; Santos, N. & Borges, R.O. 2009. Análise das relações entre solos, relevo e a legislação ambiental para a delimitação das áreas de preservação permanente: o exemplo da alta bacia do Ribeirão João Leite, estado de Goiás. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 10(1): 3-21.
- Newton, A.; Harff, J.; You, Z.-J.; Zhang, H. & Wolanski, E. 2016. Sustainability of future coasts and estuaries: A synthesis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 183(2016): 271-274.
- Nicolodi, J.L.; Zamboni, A. & Barroso, G.F. 2009. Gestão integrada de bacias hidrográficas e zonas costeiras no Brasil: implicações para a região hidrográfica amazônica. *Revista da Gestão Costeira Integrada*: 9(2): 9-32.
- Niebuhr, P.M. 2012. Os limites da proteção jurídica dos manguezais. Artigos jurídicos e direito em debate, *Revista eletrônica AJDD*, II(3): 1-18.
- ONUBR – Nações Unidas no Brasil. 2017. Documentos temáticos: objetivos de desenvolvimento sustentável 1, 2, 3, 5, 9 e 14. Brasília. 107 p.
- Paterson, S.K.; Pelling, M.; Nunes, L.H.; Moreira, F.A.; Guida, K. & Marengo, J.A. 2017. Size does matter: City scale and the asymmetries of climate change adaptation in tree coastal towns. *Geoforum*, 81(2017): 109-119.
- Petrou, Z.I.; Manakos, I. & Stathaki, T. 2015. Remote sensing for biodiversity monitoring: a review of methods for biodiversity indicator extraction and assessment of progress towards international targets. *Biodiversity and Conservation*, 24(2015): 2333-2363.
- Piedade, M.T.F.; Junk, W.J.; Sousa Jr, P.T.; Cunha, C.N.; Schöngart, J.; Wittmann, F.; Candotti, E. & Girard, P. 2012. *As áreas úmidas no âmbito do Código Florestal brasileiro*. Em: Comitê Brasil em Defesa das Florestas e do Desenvolvimento Sustentável (ed.): Código Florestal e a ciência: o que nossos legisladores ainda precisam saber. Sumários executivos de estudos científicos sobre impactos do projeto de Código Florestal. Comitê Brasil, Brasília: 9-17.
- Rees, S.E.; Foster, N.L.; Langmead, O.; Pittman, S. & Johnson, D.E. 2017. Defining the qualitative elements of Aichi Biodiversity Target 11 with regard to the marine and coastal environment in order to strengthen global efforts for marine biodiversity conservation outlined in the United Nations Sustainable Development Goal 14. *Marine Policy*, (2017): 1-10. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.016>>.
- Ribeiro, G.V.B. 2011. A origem histórica do conceito de Área de Preservação Permanente no Brasil. *Revista Thema*, 8(1): 1-13.
- Rios, V.P.L.; Amaro, V.E.; Vieira, M.M.; Matos, M.F.A.; Prudêncio, M.C. & Camara, M.R. 2016. Influência neotectônica na morfologia do sistema de ilhas barreiras, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 17(3): 399-416.
- Rocha, A. B.; Claudino-Sales, V. C. & Sales, M. C. L. 2011. Geoambientes, uso e ocupação do espaço do estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. *REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA*, 7(2): 60-75.
- Roriz, P.A.C. & Fearnside, P.M. 2015. A construção do Código Florestal brasileiro e as diferentes perspectivas para a proteção das florestas. *Novos Cadernos NAEA*, 18(2): 51-68.
- Rose, R.A.; Byler, D.; Eastman, J.R.; Fleishman, E.; Geller, G.; Goetz, S.; Guild, L.; Hamilton, H.; Hansen, M.; Headley, R.; Hewson, J.; Horning, N.; Kaplin, B.A.; Laporte, N.; Leidner, A.; Leimgruber, P.; Morissette, J.; Musinsky, J.; Pintea, L.; Prados, A.; Radeloff, V.C.; Rowen, M.; Saatchi, S.; Schill, S.; Tabor, K.; Turner, W.; Vodacek, A.; Vogelmann, J.; Wegmann, M.; Wilkie, D. & Wilson, C. 2015. Ten ways remote sensing can contribute to conservation. *Conservation Biology*, 29(2): 350-359.
- Roy, P.S.; Roy, A.; Joshi, P.K.; Kale, M.P.; Srivastava, V.K.; Srivastava, S.K.; Dwevidi, R.S.; Joshi, C.; Behera, M.D.; Meiyappan, P.; Sharma, Y.; Jain, A.K.; Singh, J.S.; Palchowdhuri, Y.; Ramachandran, R.M.; Pinjarla, B.; Chakravarthi, V.; Babu, N.; Gowsalya, M.S.; Thiruvengadam, P.; Kotteeswaran, M.; Priya, V.; Yelishetty, K.M.V.N.; Maithani, S.; Talukdar, G.; Mondal, I.; Rajan, K.S.; Narendra, P.S.; Biswal, S.; Chakraborty, A.; Padalia, H.; Chavan, M.; Pardeshi, S.N.; Chaudhari, S.A.; Anand, A.; Vyas, A.; Reddy, M.K.; Ramalingam, M.; Manonmani, R.; Behera, P.; Das, P.; Tripathi, P.; Matin, S.; Khan, M.L.; Tripathi, O.P.; Deka, J.; Kumar, P. & Kushwaha, D. 2015. Development of decadal (1985-1995-2005) land use and land cover database for India. *Remote Sensing*, 7(2015): 2401-2430.
- SCCON – Santiago & Cintra Consultoria. 2017. *Imagens RapidEye*. Disponível em: <<https://www.scccon.com.br/produtos/imagens/rapideye/>>. Acesso em: ago., 2017.
- Silva, M.T.; Grigio, A.M.; Carvalho, R.G.; Medeiros, W.D.A. & Paranhos Filho, A.C. 2015. Variação da linha de costa na região adjacente à foz do rio Apodi-Mossoró por sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(3): 967-980.

- Silva, M.T.; Grigio, A.M.; Paranhos Filho, A.C. & Souza Neto, L.T. 2016. A geodiversidade como subsídio à revisão de planos diretores. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(6): 1725-1736.
- Tittensor, D.P.; Walpole, M.; Hill, S.L.L.; Boyce, D.G.; Britten, G.L.; Burgess, N.D.; Butchart, S.H.M.; Leadley, P.W.; Regan, E.C.; Alkemade, R.; Baumung, R.; Bellard, C.; Bouwman, L.; Bowles-Newark, N.J.; Chenery, A.M.; Cheung, W.W.L.; Christensen, V.; Cooper, H.D.; Crowther, A.R.; Dixon, M.J.R.; Galli, A.; Gavean, V.; Gregory, R.D.; Gutierrez, N.L.; Hirsch, T.L.; Höft, R.; Januchowski-Hartley, S.R.; Karmann, M.; Krug, C.B.; Leverington, F.J.; Loh, J.; Lojenga, R.K.; Malsch, K.; Marques, A.; Morgan, D.H.W.; Mumby, P.J.; Newbold, T.; Noonan-Mooney, K.; Pagad, S.N.; Parks, B.C.; Pereira, H.M.; Robertson, T.; Rondinini, C.; Santini, L.; Scharlemann, J. P. W.; Schindler, S.; Sumaila, U. R.; Teh, L. S. L.; Kolck, J. V.; Visconti, P. & Ye, Y. 2014. A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science*, 346(6206): 241-244.
- Tran, H.; Tran, T. & Kervyn, M. 2015. Dynamics of land cover/land use changes in the Mekong Delta, 1973-2011: A Remote sensing analysis of the Tran Van Thoi District, Ca Mau Province, Vietnam. *Remote Sensing*, 7(2015): 2899–2925.
- Turpie, K.R.; Klemas, V.V.; Byrd, K.; Kelly, M. & Jo, Y. Prospective HypsIRI global observations of tidal wetlands. *Remote Sensing of Environment*, 167(2015): 206–217.
- UN – United Nations. 2015. General Assembly. Resolution adopted by the General Assembly 70/1. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. A/RES/70/1 (25 September 2015). Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org>
- UNESCO – Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Aprobada por la Conferencia General en su 37ª y validada por el Consejo Ejecutivo en su 194ª reunión. 2014. Estrategia a Plazo Medio: 2014-2021. 37 C/4. Place de Fontenoy, 75352 PARÍS 07 SP.
- WWAP – Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos. ONU-Agua. 2018. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. París, UNESCO.