

PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

**REVISTA DE GEOGRAFIA
(UFPE)**

www.ufpe.br/revistageografia

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

ESTRATÉGIA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL APLICADA A GESTÃO DAS MARGENS DE RESERVATÓRIOS

Diógenes Félix da Silva Costa¹, Jânio Carlos Fernandes Guedes², Renato de Medeiros Rocha³

¹Professor do Depto. de Geografia (UFRN-CERES-Campus de Caicó) / Pesquisador colaborador do Laboratório de Ecologia do Semiárido. E-mail: diogenesgeo@yahoo.com.br

²Mestrando em Geografia / Depto. de Geografia (UFRN/Campus de Natal) / Pesquisador colaborador do Laboratório de Ecologia do Semiárido. E-mail: janio.labesa@yahoo.com.br

³Professor do Depto. de Geografia (UFRN-CERES-Campus de Caicó) / Coordenador do Laboratório de Ecologia do Semiárido. E-mail: renatocaico@yahoo.com.br

Artigo recebido em 09/11/2012 e aceito em 13/02/2014

RESUMO

A conservação dos recursos hídricos da Caatinga implica cada vez mais na necessidade de planejamento e gestão das Áreas de Preservação Permanente (APP), principalmente na região semiárida do Brasil. Dessa forma, considerando a importância da análise do gradiente espacial para avaliação de áreas prioritárias para conservação e/ou recuperação no semiárido, este trabalho teve por objetivo mapear a ocupação do solo e as unidades geoecológicas da paisagem na APP do Açude Itans (Caicó – RN: 6°29'20"S/37°04'00"W), localizado na Microrregião do Seridó Ocidental Potiguar. Através da abordagem geoecológica adotada e a partir das imagens do satélite CBERS 2B, foi possível identificar os usos e ocupação do solo das margens do reservatório através de mapas temáticos em uma escala de 1:2.500. A partir do mapeamento de uso do solo, foi efetuado um zoneamento e delimitação de áreas prioritárias para a conservação e/ou a recuperação em toda a APP. Identificou-se quatro tipos de ocupação: açude, Caatinga densa, Caatinga rala e solo exposto, através dos mesmos efetuou-se um zoneamento por classes e, a partir do zoneamento, um mapa de áreas prioritárias para intervenção. Constatou-se que ocorreu uma ocupação desordenada da APP, indicando-se áreas prioritárias para recuperação e/ou uso restrito, com estratégias diferenciadas para a gestão desse espaço. Nestas áreas prioritárias focou-se a necessidade da tomada imediata de ações voltadas à recuperação ambiental das áreas degradadas e sensibilização ambiental da população ribeirinha. Exatamente no tocante as ações antrópicas de uso desse espaço, indicou-se como elevada prioridade a realização de campanhas de sensibilização ambiental junto às margens.

Palavras-chaves: SIG, Ecologia da paisagem, Açude Itans, Caatinga, Planejamento ambiental.

ENVIRONMENTAL ZONING APPLIED FOR MANAGEMENT OF RESERVOIR MARGINS

ABSTRACT

The conservation of water resources Caatinga increasingly involves the need for planning and management of Áreas de Preservação Permanente (APP), mainly in the semiarid region of Brazil. Thus, considering the importance of the spatial gradient analysis to assess priority areas for conservation and/or restoration in the semiarid, this study aimed to map land cover and landscape units geoecology in APP Itans Dam (Caicó - RN: 6°29'20"S/37°04'00"W), located in West Microregion Seridó Potiguar. Through the approach adopted geoecology and from pictures from CBERS 2B was possible to identify the uses and occupation of reservoir

banks through thematic maps at a scale of 1:2,500. From the mapping of land use, was made a zoning and delineation of priority areas for conservation and / or recovery across the APP. We identified four types of occupation: dam, Caatinga dense, Caatinga sparse and exposed soil, through them made up by a zoning classes and, from zoning, a map of priority areas for intervention. It was found that there was a disorderly occupation of APP, indicating priority areas for restoration and/or restricted use, with different strategies for management of this space. These priority areas focused on the need to take immediate actions for environmental restoration of degraded areas and environmental awareness of the local population. Just in terms of human actions use this space was indicated as high priority the realization of environmental awareness campaigns along the margins.

Keywords: GIS, Landscape Ecology, Itans Dam, Caatinga, Environmental planning.

INTRODUÇÃO

Estudos relacionados ao desenvolvimento sustentável são um dos desafios da sociedade atual, que junto com a ciência, vem fornecendo suporte instrumental para a caracterização multitemporal de padrões ambientais como, por exemplo, uso e cobertura do solo, visando melhorar ou sugerir propostas de planejamento para o uso desses locais, assim como para delimitar áreas prioritárias para conservação da biodiversidade existente (FARIA, 2012).

As principais causas da perda direta da biodiversidade nos ecossistemas aquáticos continentais brasileiros são poluição e eutrofização, assoreamento, construção de barragens e controle de cheias, pesca e introdução de espécies.

As ameaças a esses ecossistemas variam consideravelmente em número e importância de acordo com as diferentes regiões do Brasil, a densidade populacional humana, os usos do solo e as características socioeconômicas predominantes (AGOSTINHO et al., 2005).

A necessidade de planejamento e ordenamento da ocupação do solo e dos recursos naturais se traduz de forma preocupante (FORMAN e GODRON, 1986).

Todavia, qualquer que seja a adjetivação, o planejamento deve tomar decisões, sendo assim, tal atividade requer estudos integrados nos quais selecionem e sistematizem informações sobre a área ou local onde ele será aplicado e identifique o estado do ambiente, a pressão exercida sobre ele e a resposta dada pela sociedade para sua melhoria (VILA-SILVA, 2003), considerando que os sistemas ambientais (geossistemas) são integrados por variados elementos que mantêm relações mútuas entre si e são continuamente submetidos aos fluxos de matéria e de energia (BERTRAND 1969).

Assim, cada sistema representa uma unidade de organização do ambiente natural, e em cada sistema verifica-se um relacionamento harmônico entre seus componentes, onde os

mesmos são dotados de potencialidades e limitações específicas sob o ponto de vista dos recursos ambientais (CRISTOFOLLETI, 1998).

Com isso, Spörl e Ross (2004) afirmam que “qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (e.g. relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos) acarreta no comprometimento do sistema, quebrando o seu equilíbrio dinâmico”. Frente a essa necessidade, os estudos das zonas úmidas tem importância dentro dos ecossistemas aquáticos continentais, principalmente na concepção das diretivas para sua conservação.

Esses ambientes sofrem ação em todas as regiões do globo, onde são esquecidas as premissas de que toda ocupação humana deve ser compactuada com a proteção ao meio ambiente, desde que de forma ordenada (MEIRELES e VICENTE DA SILVA, 2002).

Para Christofolletti (1998), as atividades humanas influenciam o meio ambiente e, em numerosos casos, exercem pressão sobre suas características.

Segundo Van Bellen (2004), o uso dos recursos naturais, a emissão de poluentes e lançamento de dejetos são exemplos claros de tais pressões sobre o ambiente, podendo resultar em efeitos sobre as condições ambientais.

O Açude Itans ($6^{\circ}29'20''\text{S}$ e $37^{\circ}04'00''\text{W}$), localizado à 4 km (sudeste) da cidade de Caicó-RN, foi construído pelo Departamento de Obras Contra as Secas (DNOCS) através do barramento do Rio Barra Nova, tributário da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, suas águas são utilizadas para o abastecimento, a irrigação, a atividade pesqueira e, em alguns pontos, para o lazer da população.

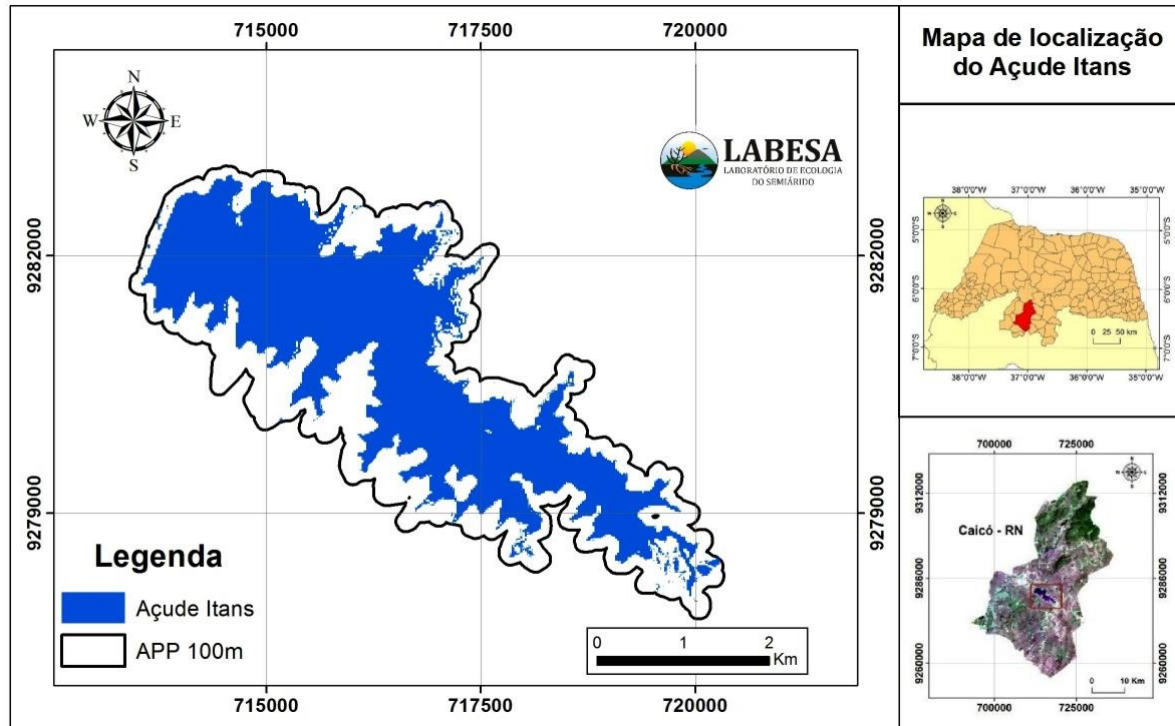
O Açude Itans, por sua vez apresenta uma capacidade total de armazenamento de $81.750.000 \text{ m}^3$, uma área drenada de $1.268,00 \text{ km}^2$, bacia hidráulica de $1.340,00 \text{ ha}$, profundidade média de $6,0 \text{ m}$ e máxima de $19,0\text{m}$ (IDEC, 1991).

Nesse sentido, a observação da distribuição espacial da ocupação do solo é fundamental para a tomada de decisão, com objetivo de definir políticas públicas ou privadas na gestão ambiental (NICÁCIO e LOCH, 2002).

Dentro da visão de proteção ambiental, sistemas de informação e tomadas de decisão são criados para servirem de bases para as tomadas de decisão, assim, para se obter informações e utilizá-las com fins de gerar respostas que satisfaçam às necessidades do planejamento ambiental, faz-se necessário à existência de uma base cartográfica e um sistema de informações bem estruturado (NICÁCIO e LOCH, 2002).

Considerando a importância da análise do gradiente espacial para avaliação de áreas prioritárias para conservação e/ou recuperação no semiárido, este trabalho teve por objetivo mapear a o uso e ocupação do solo e as unidades geológicas da paisagem na APP do Açude Itans (Caicó – RN). (FIG. 01)

Figura 01 - Mapa de localização do Açude Itans (Caicó – RN)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ainda segundo o (IDEC, 1991), o clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Bsh: semiárido quente, com precipitação pluviométrica média anual baixa (< 800 mm) e uma estação acentuadamente seca, apresentando um dos climas mais quentes e secos do Nordeste brasileiro, com temperatura média anual acima de 27,4°C.

MATERIAIS E MÉTODOS

A produção do material cartográfico foi realizada em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), com o auxílio do software Arcgis 10, envolvendo o Processamento Digital das Imagens com as diferentes classes de ocupação do solo e das unidades da paisagem.

As etapas metodológicas para o mapeamento do uso e ocupação do solo foram divididas em: 1) levantamento bibliográfico e cartográfico prévio da área estudada; 2) Processamento Digital das Imagens, envolvendo técnicas de realce de contraste das imagens orbitais, fusão entre as bandas multiespectrais, composições coloridas no sistema de cores RGB (Red-Green-Blue) e mosaicagem das diferentes cenas processadas; 3) classificação e quantificação de área das diferentes classes de ocupação do solo presentes na região através de mapas temáticos em escala de 1:10.000 (com base na análise espectral, tonalidades e texturas das imagens), realizadas com base nas categorias descritas pelo Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2006). Por fim, foi realizada a avaliação de campo (4) para confirmação das classes identificadas nas imagens.

Todo o material cartográfico foi elaborado a partir da fusão de imagens do satélite CBERS 2B (sensores: 1. CCD, órbita 148, ponto 107, composição R3G4B2 e resolução espacial de 20 metros; e 2. HRC, órbita 148 B, ponto 107-1, monocromática e resolução espacial de 2,5 metros, obtida em 15/11/2009).

Essas imagens são disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), as quais passaram por um processo de fusão de bandas¹ no *software* Arcgis 10, a partir do qual foi obtida uma imagem resultante em falsa cor (*Red-Green-Blue*) com resolução espacial de 2,5 metros.

Para atingir a precisão desejada, as imagens foram georreferenciadas na grade de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), se iniciando pelas cartas topográficas (em formato digital) da SUDENE (SB-24-Z-B-I Caicó), em escala de 1:100.000, a partir do Datum Córrego Alegre. Logo em seguida, após se concluir este processo, o Datum das cartas foi modificado para o SIRGAS 2000 – zona 24S.

A classificação dos tipos de ocupação do solo foi realizada com base nas categorias já identificadas por Amaro et al. (2005).

Toda a delimitação das classes de ocupação, produção de material cartográfico digital e Processamento Digital de Imagens de sensoriamento remoto foram realizadas com o auxílio do *software* *Envi 4.7* e o layout final foi elaborado no Arcgis 10, finalizando-se as

¹Processo de fusão de bandas multiespectrais descrito em - <http://wiki.dpi.inpe.br/doku.php?id=fusaohrcccdcbbers2b> (acesso em 05/10/2010).

atividades com a elaboração de mapas das diferentes classes de ocupação do solo presentes na área.

No *Envi 4.7* foram realizados o realce de contraste das imagens de satélite, mapeamento e produção do material cartográfico. As cenas foram mosaicadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), bem como todo o processo de manipulação e integração dos dados espaciais.

Para a tabulação e armazenamento dos dados foi utilizado o software Microsoft Excel.

Todas as etapas de gabinete (seleção, georreferenciamento e classificação/processamento das imagens) foram realizadas com apoio logístico e operacional do Laboratório de Ecologia do Semiárido – LABESA (UFRN/CERES – Campus de Caicó).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da medição do perímetro do nível máximo da água no Açude, foi plotado um *buffer*² de 100 metros, seguido da sua correção geométrica do polígono a partir da margem.

Com base nesse procedimento, foi delimitada uma APP com área total de 659,87 ha (**Figura 02**), a qual serviu de parâmetro fixo para delimitação das classes de uso e ocupação do solo, identificando-se 04 tipos de ocupação: açude, Caatinga densa, Caatinga rala e solo exposto (**Figura 03 e Tabela 1**).

Antes da análise dos padrões de uso e ocupação, foi plotada toda a APP do reservatório, considerando uma faixa horizontal de 100 metros a partir do nível mínimo da água³.

Tabela 01 - Tabela das classes de uso e ocupação do solo.

² A ferramenta *Buffer* serve como função estatística, criando polígonos em uma distância específica e equidistante ao redor das feições selecionadas. Disponível em: [http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=buffer_\(analysis\)](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=buffer_(analysis)). Acesso em 03/05/12.

³ Esta medição da APP foi realizada com vistas em manter o mesmo ordenamento metodológico do utilizado pelo IBAMA quando da fiscalização dos empreendimentos analisados neste laudo.

CLASSES DE USO	ÁREA (ha/%)
Açude	891,15/57,46%
Caatinga densa	164,41/10,60%
Caatinga rala	246,25/15,88%
Solo Exposto	249,19/16,06%

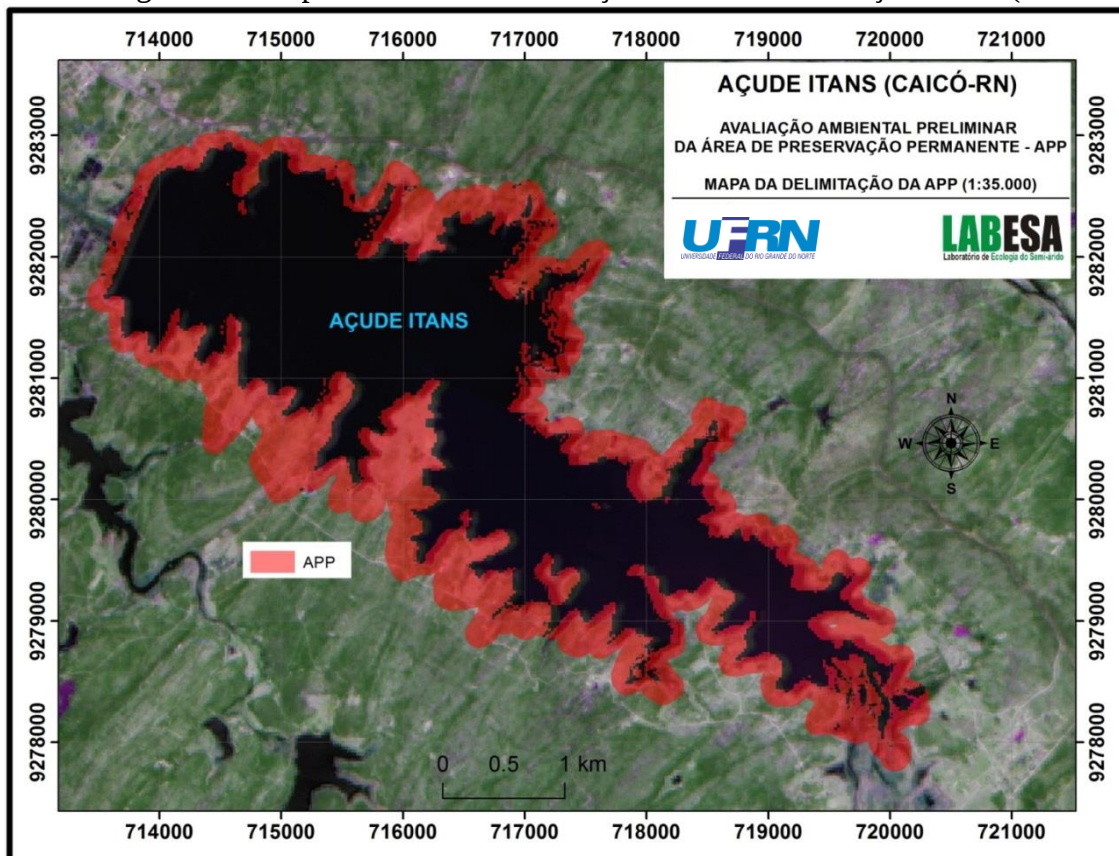
Fonte: Elaborado pelos autores

Dessa forma, a partir do mapa de uso e ocupação do solo, constatou-se uma degradação acentuada na APP do reservatório.

Essa afirmativa é feita analisando-se que apenas 25% dessa área ainda apresenta uma Caatinga densa, restando 37% de Caatinga rala e 38% solo exposto.

Portanto, verifica-se que 75% da área de APP do reservatório encontra-se numa área de risco e/ou para recuperação

Figura 02 - Mapa da Área de Preservação Permanente do Açude Itans (Caicó-RN).



Fonte: Elaborado pelo autor

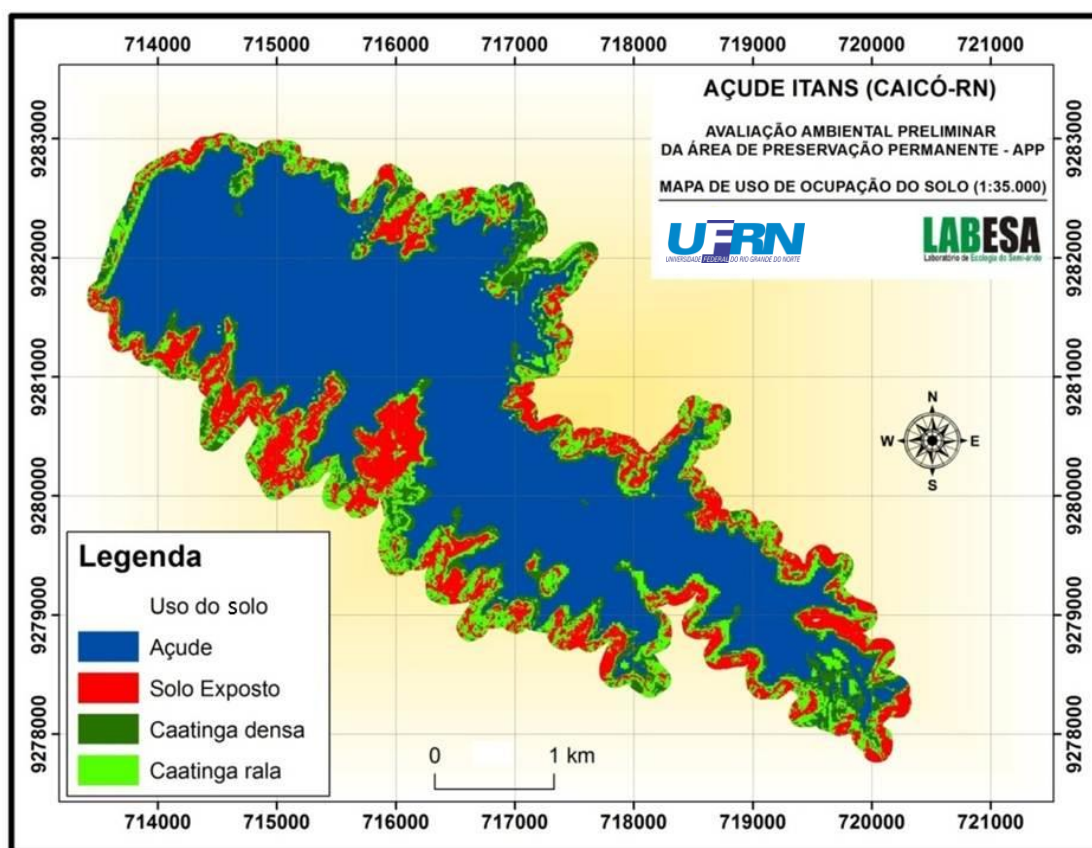
Diante as categorias de uso e ocupação do solo, foi elaborado um zoneamento por classes de toda a área mapeada, o qual constituirá uma ferramenta auxiliar na gestão de toda a margem do Açude (Figura 04 e Tabela 02).

Este zoneamento consiste em identificar e delimitar situações ambientais com diferentes características: estados de degradação, vegetação remanescente, área degradada, tipos de solo, matriz vegetacional que está inserida, entre outros.

As diferentes zonas também foram identificadas com o objetivo de delimitar unidades de planejamento a partir das diferentes abordagens a serem implantadas na gestão das classes de uso/ocupação do solo, observando as características ambientais de cada tipo de ocupação (Figura 03).

Nesse sentido, foram delimitadas 03 zonas chave para a gestão das margens do Açude Itans: 1) Zona de uso restrito, 2) Zona de risco e 3) Zona para recuperação ambiental.

Figura 03 - Mapa de uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente do Açude Itans (Caicó-RN).



Fonte - Elaborado pelos autores.

Em termos de planejamento, as zonas de uso restrito foram delimitadas nas áreas ocupadas pela vegetação de Caatinga densa e pela bacia hidráulica do reservatório, sendo a zona que apresenta menos impactos por ações antrópicas.

Tabela 02 - Tabela das categorias de zoneamento/áreas prioritárias para intervenção.

Categorias do Zoneamento	Características	Classes de uso do solo Correspondente	Prioridade	Área (ha/%)
Zona de Uso Restrito	Zonas que apenas poderão ser ocupadas para atividade de recreação e educacionais, cuja edificação apenas poderá ser realizada mediante licenciamento ambiental.	Caatinga densa e corpo hídrico (açude)	Alta	190,89/35,70%
Zona de Risco	Zonas onde a degradação ambiental e ocupação irregular acarretaram em uma susceptibilidade à erosão do solo devido à retirada parcial da vegetação.	Caatinga rala	Elevada	192,38/36%
Zona de Recuperação	Zonas antropicamente alteradas que apresentam um elevado risco de erosão em função da ausência da cobertura vegetal.	Solo exposto	Extrema	150,65/28,30%

Fonte: Elaborado pelo autor

Estas zonas apenas poderão ser ocupadas para atividades de pesquisa científica, educacionais e de recreação, cuja edificação apenas poderá ser realizada mediante licenciamento ambiental, observando-se também o disposto no Plano Diretor Municipal.

Por sua vez, as zonas de risco foram delimitadas nas áreas de Caatinga rala. Estas zonas, devido ao intenso processo de degradação ambiental e ocupação irregular, apresentam susceptibilidade à erosão do solo devido à retirada parcial da vegetação para os mais variados fins sem o devido planejamento, deixando o solo exposto aos agentes exógenos do ambiente. Uma das principais práticas evidenciadas nestas áreas é a agricultura em pequena escala, onde são realizadas queimadas e uso de agrotóxicos. Como efeito imediato da ausência de uma vegetação densa, o escoamento superficial transporta os compostos contaminantes e as camadas superficiais do solo para o reservatório.

Já as zonas de recuperação representam as áreas de “Solo exposto”, as quais foram antropicamente alteradas, apresentando um elevado risco de assoreamento ou erosão em função da ausência da cobertura vegetal.

Posteriormente ao zoneamento, identificou-se a diversidade de zonas apresentando áreas mais degradadas e necessitando de uma intervenção rápida, assim como zonas susceptíveis a degradação e zonas mais conservadas do ponto de vista da cobertura vegetal. Portanto, com vistas em auxiliar na gestão das margens, foram delimitadas as áreas prioritárias para intervenção (Figura 05), as quais direcionam a urgência das ações a serem implantadas, sendo subdivididas em 03 áreas prioritárias: Alta, Elevada e Extrema.

A extrema prioridade foi delimitada para as áreas de solo exposto, necessitando de intervenção rápida no sentido de recuperá-las, devido seu alto grau de degradação e/ou susceptibilidade à erosão do solo.

Já a elevada prioridade foi enquadrada nas zonas de risco indicadas no zoneamento, que equivalem às áreas de Caatinga rala e ao próprio reservatório. Estas representam áreas susceptíveis a degradação, necessitando tanto de atividades de adensamento da vegetação, assim como de sensibilização ambiental, principalmente voltadas para evitar a retirada da vegetação, evitar a pecuária intensiva e o uso de agrotóxicos junto às margens.

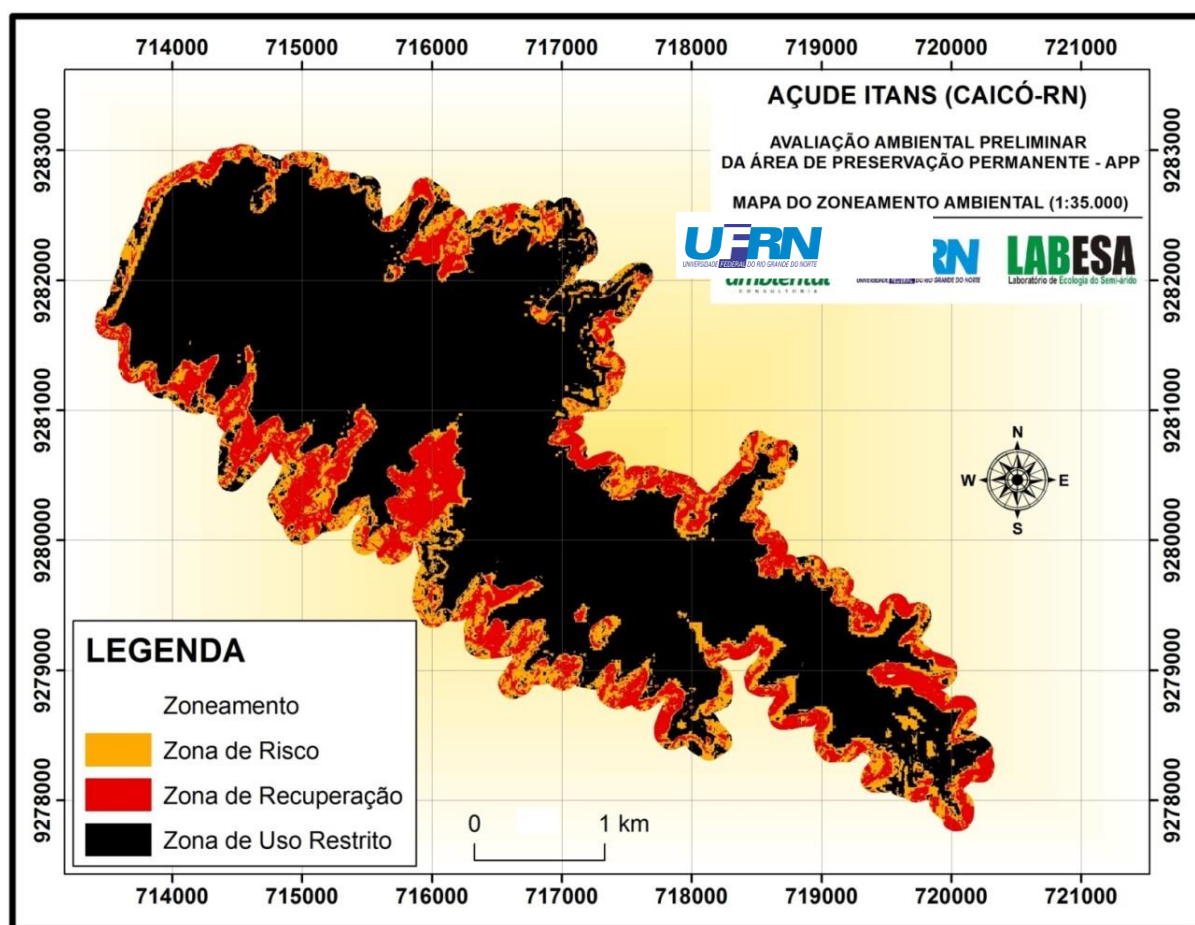
Por fim, as áreas de alta prioridade para intervenção equivalem às zonas de uso restrito, onde ainda existem trechos de Caatinga densa, apresentando assim, um maior potencial para conservação natural, necessitando de ações voltadas para preservação do meio ambiente, além das práticas de sensibilização ambiental, já listadas para as áreas de elevada prioridade.

A partir dos resultados obtidos percebe-se a importância do SIG frente ao planejamento ambiental, sendo o mesmo aplicado não só no zoneamento de margens de reservatórios, como também em estudos voltados ao planejamento e zoneamento de Microbacias.

Moraes (2012), por sua vez, para uma elaboração de um zoneamento ambiental utilizou-se não só do uso e ocupação da terra, como também utilizou-se de outros parâmetros como Geomorfologia, Hipsometria, Hidrografia, Pedologia e Declividade em sua aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Almada.

A Carta de Zoneamento Ambiental apresentou quatro zonas (preservação, conservação, recuperação e usos múltiplos), onde foram identificadas as áreas de maior fragilidade/vulnerabilidade ambiental e definidas as áreas mais relevantes para a conservação e recuperação, além da delimitação das áreas mais propícias ao desenvolvimento das atividades humanas.

Figura 04 - Mapa com o zoneamento ambiental das margens do Açude Itans (Caicó-RN).



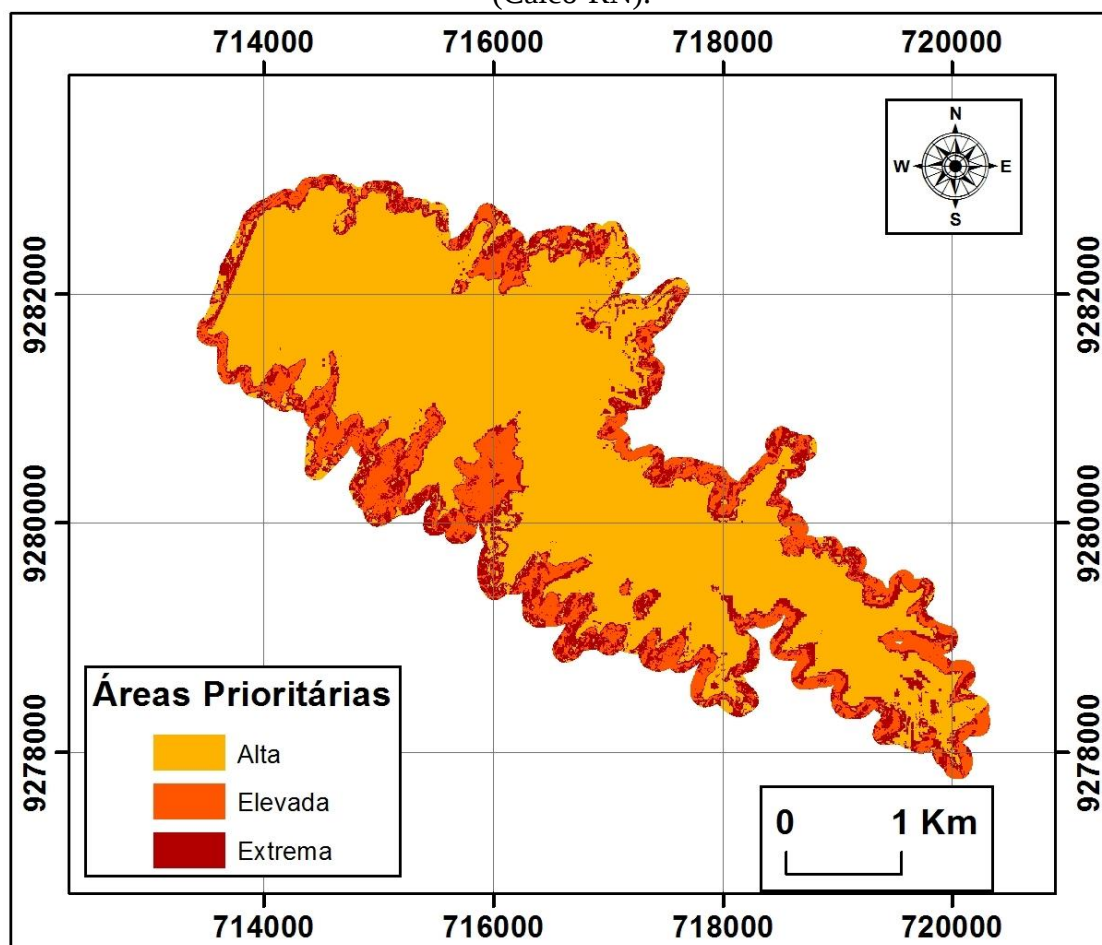
Fonte - Elaborado pelo autor

Souza et al (2011) utilizou-se do SIG em uma Análise Ambiental Integrada da micro-bacia Sítio do Tio Pedro, para fins de avaliação da ocupação urbana não planejada, que está exercendo uma pressão sobre área de vegetação florestal nativa e corpo d'água contribuinte da barragem.

Assim como o presente trabalho, os mapas foram vetorizados e georreferenciados em ambiente computacional, baseadas em imagens digitais oriundas de satélites ou digitalizadas de material impresso.

As ponderações seguiram uma escala de 1 a 10, com o padrão de valores mais baixos para a baixa fragilidade, valores intermediários para médias fragilidades e os maiores valores para alta fragilidade, tornando evidente e fundamental o uso das geotecnologias em seu trabalho.

Figura 05 - Mapa com as áreas prioritárias para intervenção nas margens do Açude Itans (Caicó-RN).



Fonte: Elaborado pelo autor

CONCLUSÃO

A utilização de imagens orbitais dos satélites CBERS 2B, se mostrou uma ferramenta apta para análise espaço-temporal e detecção de mudanças ocorridas na ocupação do solo no período entre os anos de 1976 e 2008.

A partir dos dados obtidos neste trabalho, conclui-se que as Áreas de Preservação Permanente (APP) do Açude Itans apresentam um estágio de degradação acentuado, com uma incipiente vegetação nativa remanescente (25%).

Ainda quanto a esse aspecto da degradação, constatou-se a necessidade de intervenção rápida em uma área mínima de aproximadamente 38% da APP, a qual não possui nenhuma cobertura vegetal arbustivo-arbórea (apenas o solo exposto), devido a retirada intensa da vegetação.

Portanto, a atual conjuntura paisagística da ocupação das margens do Açude Itans urge a tomada imediata de ações voltadas à recuperação ambiental das áreas degradadas, assim como o adensamento da vegetação nas áreas de solo exposto.

No tocante as ações humanas de uso desse espaço indicaram-se como de elevada prioridade a realização de campanhas de sensibilização ambiental, principalmente voltadas para evitar a retirada da vegetação, evitar a pecuária intensiva e o uso de agrotóxicos junto às margens.

AGRADECIMENTOS:

Ao Laboratório de Ecologia do Semiárido – LABESA e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, pelo apoio de campo e logístico.

BIBLIOGRAFIA:

AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 70-78, 2005.

AMARO, V. E.; SILVA, D. R. V.; SOUZA, F. E. S.; SOUTO, M. V. S.; ARAÚJO, A. B.; SOUZA, A. S. Uso de imagens IKONOS de alta resolução como base para o mapeamento temático em escala 1:10.000 do Sistema Estuarino Apodi-Mossoró e seus entornos no Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte. In: *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3395-3401.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico. *Caderno de Ciências da Terra*, v. 13, p. 1-21. São Paulo, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. 2 ed. São Paulo: EDUSP, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra. 2. ed. Manuais Técnicos em Geociências, n. 7. Rio de Janeiro: IBGE/Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2009, 182 p.

FARIA, K. M. S.; SIQUEIRA, M. N.; CARNEIRO, G. T.; CASTRO, S. S. Análise Geoecológica da Conservação Ambiental das Sub-Bacias do Rio Claro (GO) e do Rio Garças (MT). *Revista Nordestina de Ecoturismo*, Aquidabã, v.5, n.1, Nov, Dez 2011, Jan, Fev, Mar, Abr, 2012.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. Landscape ecology. New York: John Wiley, 1986.

IDEC. Açudes Públicos do Rio Grande do Norte. Características Físicas e Técnicas – Fundação Instituto de Desenvolvimento do Rio Grande do Norte. Natal/RN, 1991.

MEIRELES, A. J. A.; VICENTE DA SILVA, E. Abordagem geomorfológica para a realização de estudos integrados para o planejamento e gestão em ambientes flúvio-marinhos. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, Universidad de Barcelona, v. 06, n. 118, 2002.

MORAES, M. E. B.; FERREIRA, B. N. Proposição metodológica de zoneamento ambiental para bacias hidrográficas. O caso da bacia hidrográfica do rio Almada, Bahia, Brasil. REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.3, N.4, p. 1229-1241, 2012.

NICÁCIO, J.A.; LOCH, C. Elementos necessários para o planejamento de sustentabilidade dos municípios de médio e pequeno porte. Florianópolis: Departamento de Cartografia da UFSC, 2002.

ROSELY, F. S. Planejamento ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SOUZA, A. S. P.; MARTELLI, G. V.; LEITE, M. B.; CRUZ, R. C. Uso do SIG na análise ambiental integrada das potenciais áreas suscetíveis a riscos geotécnicos e ambientais pela ocupação urbana na Bacia Sítio do Tio Pedro, Santa Maria – RS. In Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió – AL, 2011.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa de fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. GeoUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, USP, n. 15, pp. 39-49, 2004.

VAN BELLEN, HANS MICHAEL. Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2006.

VILA DA SILVA, J. S. Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental. Estudo de caso: bacia hidrográfica do alto rio Taquari MS/MT. Tese. Universidade de Campinas. Campinas. 2003.