



## **Proposta de Zoneamento Geoambiental na análise da paisagem em torno das lagoas costeiras de Dentro, do Sal e de Paripueira, Beberibe, Ceará**

**Ponciana Freire de Aguiar<sup>1</sup> ; George Satander Sá Freire<sup>2</sup> ;Diolande Ferreira Gomes<sup>3</sup> ; Edson Vicente da Silva<sup>4</sup> ; Rodrigo Guimarães de Carvalho<sup>5</sup>**

*Recebido em 02 abril 2013, Aceite em 29 de outubro de 2013*

1-Doutora, Pesquisadora do Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada – LGMA, do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará – UFC. Campus Universitário do Pici, Bloco 911. CEP 60.455-760. Fortaleza-Ceará. Fone: 85 - 3366 9855. E-mail: [poncianafreire@gmail.com](mailto:poncianafreire@gmail.com). 2- LGMA, do Departamento de Geologia da UFC. 3 - LGA, da Universidade Federal do Ceará, do Departamento de Geologia , UFC. 4- Departamento de Geografia da UFC. 5 - Universidade Estadual do Rio Grande do Norte – UERN. do Grupo de Estudos em Gestão Ambiental – GEGA/UERN

### Resumo

Essa pesquisa inclui uma proposta de zoneamento geoambiental, um instrumento técnico para uso projetado do solo e dos recursos naturais na área de entorno das Lagoas de Dentro, do Sal e de Paripueira, situada no litoral leste de Beberibe (estado do Ceará), costa nordeste do Brasil. Os objetivos foram realizar um zoneamento geoambiental; caracterizar e mapear os aspectos físicos naturais; analisar os aspectos de uso do solo; avaliar os parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas; e confeccionar o mapa de zoneamento geoambiental. A metodologia consistiu no levantamento bibliográfico e documental da área, através dos estudos experimentais e de campo, geração de base cartográfica (1:50.000), mapeamentos temáticos a partir de sensoriamento remoto, com imagens multiespectrais, trabalhadas em Sistemas de Informações Geográficas. A área deve ter cerca de 30,4% do total como ZPP, cerca de 1,6% como ZPE1, 10% como ZPE2 e cerca de 58% de ZCE. Propõe-se um aumento de área da RESEX, incluindo a área de alta vulnerabilidade das lagoas dentro, Sal e Paripueira.

Palavras-chave: Zoneamento Geoambiental, Lagoas Costeiras, Beberibe

### Abstract

*The geoenviromental zoning functions as proposal environmental of projected use, therefore the inadequate increasing occupation comes degrading the natural resources of the planet by landscape changes. The study a is placed in the Beberibe city, northeast coast of Brazil. The objectives were to carry through a geoenviromental zoning; to characterize and to map the physiconatural aspects; to analyze of the land use aspects; to evaluate the physicochemical parameters of underground waters; and to confection the map of geoenviromental zoning. The methodology consisted of the bibliographical and documentary survey of the area, research of field, generating cartographic base (1: 50.000), thematics mapping based in remote sensing, with multispectral images, worked in Geographic*

*Information Systems. The area should have about 30.4% of the total as ZPP, approximately 1.6% as ZPE1, 10% as ZPE2 and about 58% of ZCE. It is proposed a increase the area of RESEX including the area of high vulnerability of the ponds Inside, Sal and Paripueira.*

*Keywords: Geoenviromental zoning, Coastal Lagoons, Beberibe*

## **1.Introdução**

A ocupação inadequada vem causando mudanças nos recursos naturais do planeta, degradando de forma crescente ambientes como as lagoas costeiras do estado do Ceará.

Essa pesquisa consiste no zoneamento geoambiental através da análise das paisagens e da obtenção de informações referentes ao meio físico e da definição de unidades geoambientais da área de entorno das Lagoas Costeiras de Dentro, de Paripueira e do Sal, proporcionando parâmetros e referências para uma reavaliação permanente do processo de planejamento.

O zoneamento ambiental é um instrumento técnico da Política Nacional do Meio Ambiente - Lei Federal nº 6.938/1981, que tem como proposta ambiental o uso projetado e adequado dos recursos, no intuito de auxiliar o planejamento territorial e ordenar a utilização do solo. Regulamentado pelo Decreto 4.297/2002, o zoneamento ambiental é um “instrumento de organização do território” que consiste na divisão de determinado território em áreas e, que, estabelece “medidas e padrões de proteção ambiental” para assegurar a qualidade ambiental dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.

As lagoas costeiras e as águas subterrâneas são hoje essenciais para o consumo humano e vêm sendo muito degradadas pelo uso e ocupação inadequadas, que modifica as condições naturais destes ambientes, através de atividades industriais, agrícolas e ocupação desordenada.

A lei básica para as águas ainda é o Código

de Águas, o Decreto Federal nº 24.643 de 1934, que naquela época já se reportava à preservação das águas penalizando quem as contaminasse, com o custo de sua recuperação, onde também já era exigido o tratamento dos esgotos e a proteção das matas ciliares. Em 1989, foi promulgada a Lei Federal nº 7.754, referente à proteção das florestas nas nascentes.

Em 1997 foi aprovada a Lei Federal nº 9.433 de 1997, que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos, onde destacam-se como pontos importantes a definição dos instrumentos para a gestão dos recursos hídricos e a criação das Agências e Comitês de Bacias Hidrográficas.

Dentre outras recomendações, o Art. 4º do Novo Código Florestal Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012 considera Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas: “I - as faixas marginais de qualquer curso d’água natural, 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;... II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de: a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d’água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros; b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas...”.

Essa pesquisa inclui a área de entorno das Lagoas de Dentro, do Sal e de Paripueira no litoral leste de Beberibe (*Fig. 1*), Ceará, Brasil,

abrangendo um total de 265 km<sup>2</sup>, entre as coordenadas UTM X1 = 605.4520, 9512.5000, e X2 = 631.0000, 9529.5000, nos distritos de Paripueira, Parajuru e Sucatinga, no município de Beberibe.

Os objetivos desse trabalho foram analisar os aspectos geoambientais da área, relacionando-os com o uso e ocupação das lagoas de Dentro, do Sal e de Paripueira. Assim, foi necessário caracterizar e analisar os aspectos físico naturais através de mapas pré-existentes da área, para o mapeamento temático, e o zoneamento geoambiental; atualizar os dados através de técnicas de sensoriamento remoto e uso de imagens multiespectrais do satélite Landsat do ano de 2007 e, de radar como as do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM); analisar aspectos de qualidade da água subterrânea, por parâmetros já avaliados (pH, condutividade, salinidade, ferro, nitrito, nitrato e sulfato); e realizar o zoneamento geoambiental da área, indicando um uso projetado da área, compatibilizando o uso em função das necessidades regidas pela dinâmica natural da área das lagoas.

## 2. Referencial teórico e conceitual

Para realizar o presente estudo, o referencial teórico foi baseado nas propostas de autores como Esteves (1998), Bertrand (1969), Tricart (1977), Souza (1994), e Freire (2002) que estudaram e fizeram adaptações da teoria sistêmica, como a teoria geossistêmica, para análise ambiental.

Na natureza o homem interfere de forma direta ou indireta, segundo Tricart (1974), sendo um agente desencadeador do processo geomorfológico de degradação, atuando na modificação do relevo, acelerando ou barrando processos de morfogênese e pedogênese. Para o entendimento dos processos geológico-geomorfológicos e da hidrodinâmica costeira analisaram-se os conceitos de diversos autores, tal como Morais *et al.* (1975), Freire (1989), Maia (1998), Souza (1996), Meireles

(2001), dentre outros.

Em relação ao estudo das modificações da paisagem litorânea da área utilizou-se a teoria geossistêmica, analisando o espaço que deriva das relações mútuas entre os componentes físicos naturais e destes com a ação antrópica, e que foi de fundamental importância na classificação dos sistemas, segundo as relações de causa e efeito entre os componentes geoambientais (Bertrand, 1969).

É fundamental avaliar o potencial de suporte dos recursos naturais a partir do referencial ecodinâmico de Tricart (1977), avaliando as condições de estabilidade e de instabilidade dos ecossistemas, em função da variação entre morfogênese e pedogênese do meio, sendo classificados em meios estáveis, meios de transição ou “intergrades”, e meios fortemente instáveis.

Assim, o conhecimento de formações costeiras age de forma decisória para identificar e diagnosticar problemas ambientais que eventualmente ocorrem nas áreas litorâneas, em que as relações entre a dinâmica costeira e uso e ocupação nem sempre ocorrem em harmonia, podendo levar ao desequilíbrio dos ambientes.

O Zoneamento (instrumento metodológico, político, jurídico e de gestão) tem uma abordagem em razão da quantidade de variáveis que afetam o meio ambiente, devendo ser precedido de diagnóstico socioambiental, de instrumentos de apoio sobre o uso do espaço geográfico, por licenciamento ambiental, e de programas de gestão ambiental (FREIRE, 2002).

Para a realização do mapeamento das diferentes unidades, essencial como arquivo e integração dos dados, foram utilizados os trabalhos de Crosta (1993), Câmara & Medeiros (2000), Florenzano (2002), Moreira (2003), dentre outros. Os modelos de capacidade de suporte são sistemas de informações e instrumento às tomadas de decisões pelos planejadores, sendo um sistema interativo (Johnson, 1986, apud Christofolletti,

1999).

O uso de imagens de satélite no formato digital se revela com o objetivo de remover as barreiras inerentes ao sistema visual humano, onde “a função primordial do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto é a de fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração da informação contida nas imagens, para posterior interpretação” (CRÓSTA, p.17, 1992).

Florenzano (2002) apresenta os elementos de interpretação para os alvos em sensoriamento remoto, utilizados para o reconhecimento de áreas em estudos ambientais, tais como: o tom, a cor, a localização (proximidade de certos alvos), a forma (regular, irregular), e outras.

### 3. Metodologia

A metodologia consistiu numa pesquisa de método quantitativo, utilizando estudos descritivos e explicativos, identificando e quantificando as variáveis envolvidas no problema, para se chegar aos objetivos do trabalho, através dos estudos experimentais e de campo.

Na etapa de levantamento bibliográfico utilizaram-se os dados de mapeamento das unidades geoambientais da dissertação de mestrado de Aguiar (2005), na escala de 1:50.000. Este autor fez o Zoneamento Geoambiental no Litoral Leste do Município de Beberibe, Ceará, na escala de 1:50.000 bem como de uma foi também realizada uma atualização documental e cartográfica da área, e da comprovação dos resultados através de pesquisa de campo, foi também realizada uma atualização documental e cartográfica da área com a comprovação dos resultados através de pesquisa de campo.

Para a atualização dos dados foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto, com imagens multiespectrais, utilizando programas e aplicativos de Sistema de Informação Geográfica (SIG) como

o ArcGIS. Nesse SIG foram integrados os mapas temáticos em um banco de dados para a geração de produtos finais. Nessa pesquisa, os dados de análise de qualidade da água foram baseados em experimentos já realizados (AGUIAR, 2005).

As características físico naturais, com a atualização das principais feições morfológicas, feições naturais e artificiais, e o delineamento da hidrografia, e a forma de uso e ocupação da área, foram trabalhadas por interpretação de imagens multiespectrais do satélite Landsat 5, sensor TM (2007), e através de imagem SRTM, tratados nos SIG's ArcGIS e Global Mapper no Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Foi realizada a geração de um DEM (*digital elevation model*), e a verificação da qualidade foi feita a partir dos valores do erro médio quadrático, conforme Oliveira (2005), bem como uma análise de tendência e do erro linear.

As imagens Landsat 5 sensor TM foram pré-processadas, onde foram realizadas as rotinas de realce de cor e textura, aumento de contraste das imagens, e para as cenas de 03 de setembro de 2007, órbita/ponto 217/063, às bandas 5, 4, 3 foram feitas uma composição RGB e interpretação visual.

### 4. Coleta e análise das águas

Foram realizadas análises físico-químicas das águas de 19 poços (P1, P2,... P19), onde foram tomadas tanto medidas “*in situ*” e também de laboratório na área de entorno das lagoas de Dentro, de Paripueira e do Sal, para obtenção dos parâmetros: pH, condutividade elétrica, e os cátions e ânions ferro total, nitrito, nitrato, e sulfato.

Em relação às medidas “*in situ*” foram feitas da seguinte forma: nas cacimbas e poços as amostras foram coletadas por amostradores pontuais de PVC, construídos no LGMA, tendo sido feitas duas coletas de água: chuvosa (jan) e seca (nov) de 2004.

Em laboratório foram realizadas as análises dos parâmetros, através dos métodos de procedimento empregados nas análises de águas baseados na proposta de Standard Methods (APHA, 1998). As medidas de pH e condutividade elétrica foram realizadas “in situ”, através da Sonda Multiparamétrica do tipo YSI 556 MPS Multi Probe System. E os íons maiores dissolvidos na água foram analisados em laboratório, utilizando os métodos com os reagentes e equipamentos propostos por (APHA, 1998).

### **5. Aspectos físico-naturais da área**

De acordo com Esteves (1998) as lagoas são corpos d'água costeiras, que têm ligação com o mar e sofrem influência da água costeira e/ou interior. Podem-se formar lagoas interdunares áreas permanentemente alagadas entre os braços de dunas parabólicas. Sua origem está também relacionada ao fechamento de desembocaduras de rios por barras arenosas (Aguiar, 2005) ou ao desenvolvimento de corredores preferenciais de deflação com afloramento do lençol freático (LEAL, 2003).

A área de entorno das lagoas de Dentro, do Sal e de Paripueira se caracteriza por constituir-se de sedimentos areno-argilosos depositados no Quaternário, estando sobre sedimentos de dunas, de idade Tércio-quaternária. Próximo à linha de costa, se caracteriza por possuir sedimentos arenosos de granulometria média (Quaternário), com exposições de falésias, da Formação Barreiras na base, que se transformam em tabuleiros costeiros na parte interna (AGUIAR, 2005).

Segundo Aguiar (2005) a área é constituída de tabuleiros costeiros, decorrentes de um sistema de deposição da Formação Barreiras (com início de formação o Mioceno-Plioceno), também chamados de platôs costeiros, segundo Davis (1992). Esta área se constitui de sedimentos plio-

pleistocênicos, afossilíferos, friáveis, que possuem afloramentos de forma tabular na parte interna e, podem vir em forma de falésias vivas em contato com o oceano atlântico.

Os Depósitos eólicos esculpem sedimentos quaternários, de granulometria média, estes sedimentos são de textura arenosa com uma mineralogia predominantemente quartzosa, trabalhados pelo vento. O transporte se dá por arrasto, saltação, ou rolamento e suspensão dependendo do tamanho do grão. Estes depósitos podem ser móveis ou fixados por vegetação (AGUIAR, 2005).

Nessas áreas os sedimentos são diferentes para cada tipo de feição morfológica. Nas planícies de praia encontram-se areias ricas em quartzo, restos de conchas, pequenos seixos e rochas de praia, de texturas arenosas e cimentadas por carbonato de cálcio (AGUIAR, 2005).

As dunas transversais se situam logo após a zona de pós-praia ou onde observou-se uma grande disponibilidade de sedimentos, devido a proximidade com o mar. Em direção ao interior estas dunas vão gradativamente passando para cadeias barcanóides e por último barcanas isoladas. Segundo Maia (1998) quando o vento retira a duna móvel muitas vezes gera uma zona de deflação.

#### **4.1 Uso e ocupação do solo das lagoas de Beberibe**

No geral a economia do município baseia-se na agropecuária, mineração e turismo, como nas culturas de cana-de-açúcar, coco-da-baía, mandioca, milho e feijão, e na pecuária de bovinos, suínos e aves. Em suas terras registram-se ocorrências de lepidolita, fonte de obtenção do lítio, moscovita, biotita e grandes jazidas de quartzo e feldspato. Além disso, é crescente a atividade de carcinicultura às margens do Rio Piranji (AGUIAR, 2005).

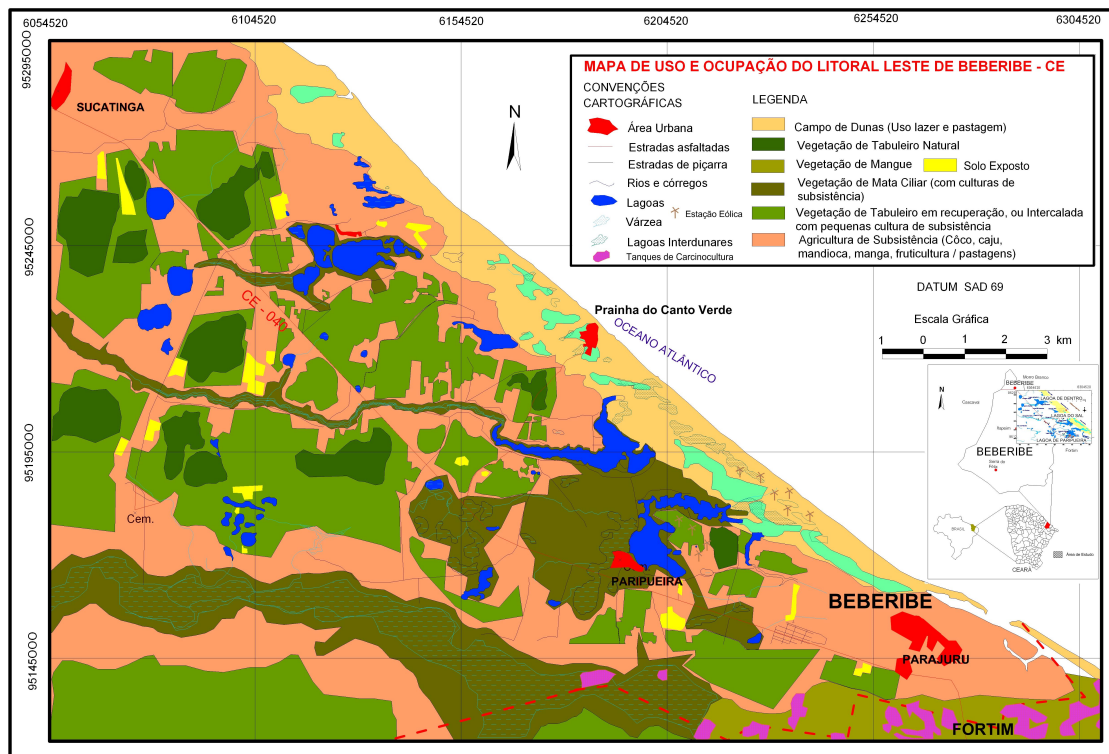


Fig. 1. Mapa de uso e ocupação e localização da área de entorno das lagoas de Dentro, do Sal e de Paripueira. Fonte: Adaptado de Aguiar (2005).

O uso e ocupação da área de entorno das lagoas do litoral leste de Beberibe encontra-se bem diversificado conforme os dados da área quantificados, e sua distribuição apresenta-se no mapa (Fig. 1) como forma de atributos.

Com a interpretação das imagens Landsat e utilizando as normas de mapeamento de uso do solo do IBGE (2010) com algumas adaptações, foi possível identificar as principais classes de uso e ocupação da área. Segundo Aguiar (2005) a área urbana ocupa cerca de 0,63% da área de estudo, a agricultura de subsistência, que ocupa cerca de 32,22%, cerca de 22,58% de vegetação com uso ou em recuperação. A vegetação de Mata ciliar com uso de agricultura de subsistência somou cerca de 20,06% da área. A vegetação de Mangue com uso de salina e carcinicultura, possui uma área de 5,43%, e o solo exposto foi encontrado com cerca de 0,86% da área. A vegetação natural tem cerca de 4,49%. As lagoas costeiras somam 2,07%, e o campo de

dunas possui cerca de 10,20%, com uso de pastagens (Fig. 1).

#### 4.2. Qualidade das águas subterrâneas do entorno das lagoas de Beberibe

A maior parte da população utiliza-se de poços e cacimbas para o consumo de água, por ser predominantemente rural. Outras atividades como a agricultura irrigada são desenvolvidas. Assim, foi importante o estudo das análises físico-químicas e da qualidade ambiental das águas, onde foi comprovado que a maior parte dos poços analisados encontram-se dentro dos padrões de potabilidade dos órgãos e leis responsáveis.

Dentre as leis e normas destacam-se: a lei básica do Código de Águas; o Decreto Federal nº 24.643 de 1934; a Portaria nº 36/90, do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade da água para consumo humano; a Resolução 020/86 do CONAMA – Conselho

Nacional do Meio Ambiente, que estabelece os padrões para a classificação e enquadramento das águas por seus usos preponderantes; a Resolução 357/2005 do CONAMA dá as diretrizes da classificação dos corpos de água, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (alterada pelas Resoluções CONAMA nº 410/2009 e pela nº 430/2011).

Sobre a legislação específica no Ceará destaca-se a Lei nº 11.996 de 1992, que institui a Política Estadual dos Recursos Hídricos, cujo artigo 4º trata da criação do Sistema de Outorga para Uso da Água, regulamentado pelo Decreto nº 23.067 de 1994. E a Lei nº 10.148 de 1977 dispõe sobre a preservação e controle dos recursos hídricos do Estado.

Pode-se citar também, que a lei do Ceará que criou a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH foi a Lei nº 12.217 de 1993, com a missão de gerenciar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, constantes dos corpos d'água do domínio do estado, promovendo o seu uso racional, social, sustentado e justo.

Esse estudo das águas subterrâneas, levando-se em consideração a dinâmica do ambiente e todos os processos e agentes nela envolvidos, mostra que esse ambiente ainda está estável, e que deve-se ter medidas que causem o mínimo de dano possível à essas águas, evitando uma destruição desse recurso, que é frágil e necessário a utilização humana, para que não ocorra perda do potencial paisagístico e prejuízos econômicos e sociais nas populações costeiras.

Em relação ao problema do saneamento básico da área, deve-se ter maior atenção por parte dos poderes públicos, pois as águas dos poços que tiveram os valores dos parâmetros ultrapassados dos recomendados de potabilidade foram provavelmente influenciados pela falta de saneamento, já que estes poços se localizaram em sua maioria próximos as áreas urbanas, onde mais se observou um grande

número de valas, o que pode afetar a qualidade de vida da população.

Dos parâmetros químicos das águas analisou-se a potabilidade de parâmetros como condutividade, pH, ferro, nitrito, nitrato e sulfato, e produziram-se mapas de concentrações de condutividade elétrica, ferro e nitrato (*Fig. 2*). Comparando-se a concentração de condutividade (*Fig. 2a, 2b*), na estação chuvosa e na seca respectivamente, concluiu-se que conforme a OMS (1984) e Resolução CONAMA 357/05, os poços em cor azul claro e escuro, estiveram dentro dos padrões recomendados de potabilidade, e incluíram a maioria dos poços, e os poços de cor vermelho e roxo dentro dos padrões aceitáveis.

Na estação chuvosa a análise do pH mostrou que 11% das amostras deram valores recomendados, 47% deram valores aceitáveis, e 42% valores excessivos, na estação seca, 89% das amostras deram valores de salinidade recomendado, e 11% deram valores aceitáveis para o consumo humano, segundo OMS (1984).

Tanto na estação chuvosa como na seca com exceção dos poços p\_18, p\_14, e p\_16, deram valores de condutividade elétrica acima de 500  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , onde a maioria dos poços com teores acima desse valor se localizam próximo ao Córrego e a Lagoa do Sal, com exceção do p\_04 que se localiza na área urbana do distrito de Paripueira (AGUIAR, 2005).

No mapa a concentração de ferro da área (*Figs. 2c, 2d*), nota-se que este, variou pouco na estação chuvosa e na seca respectivamente, concluímos que conforme a OMS (1984), na estação seca todos os poços estiveram dentro dos padrões recomendados, mas na estação chuvosa, 5 poços deram valores impróprios para consumo, talvez por sua localização na litologia da Formação Barreiras, que é rico em ferro, e onde na estação chuvosa pode ocorrer o fenômeno da lixiviação. Considerando o limite de ferro dissolvido 0,3 mg/L

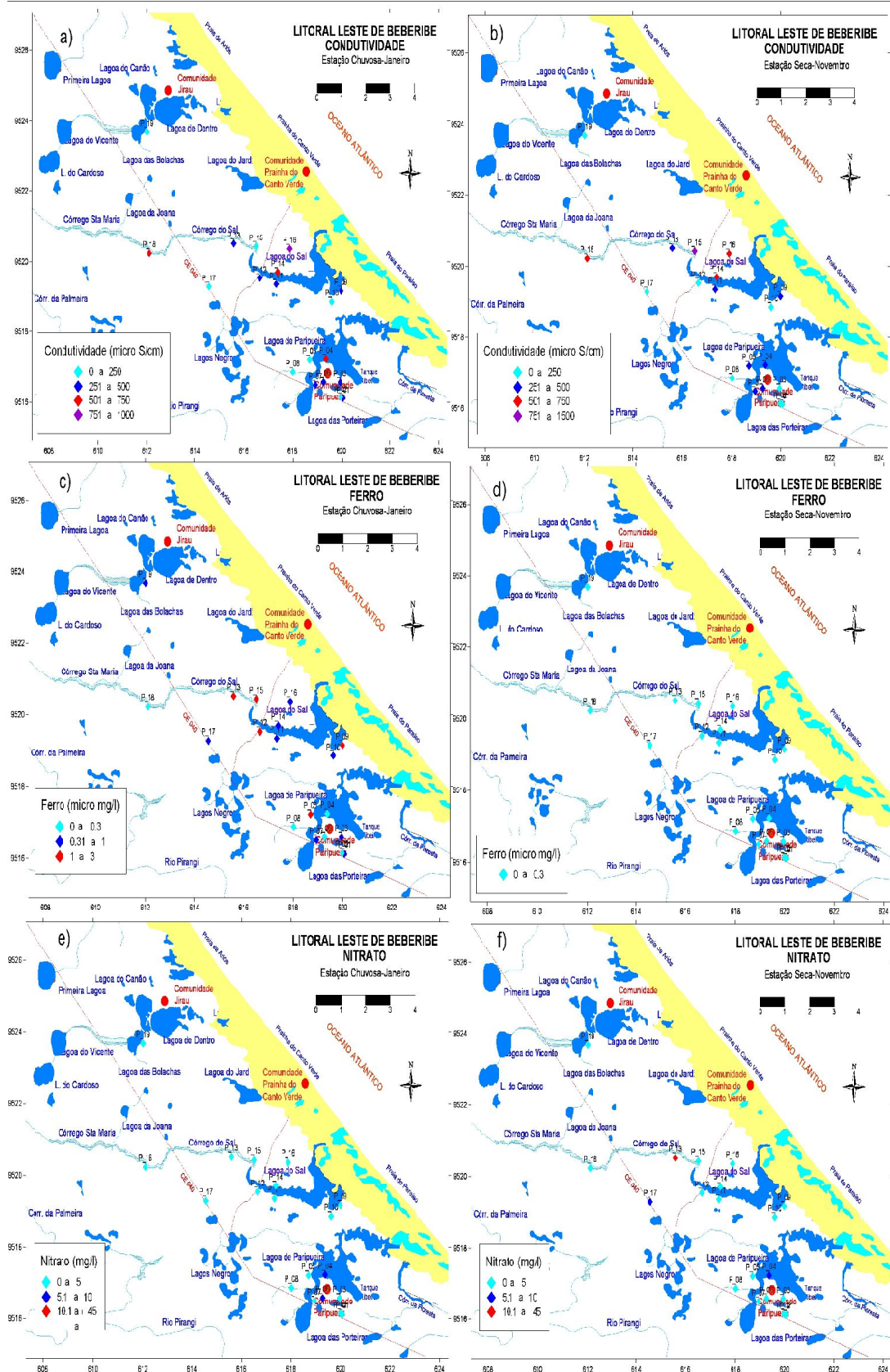


Fig. 2. Mapas de análise da qualidade das águas para as estações chuvosa e seca de 2004 (Fonte: AGUIAR, 2005).



Fe para a Classe 1 de Águas Doces conforme a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), somente 26% dos poços da área deram valores dentro dos padrões.

Dos valores de nitrito, tanto na estação chuvosa como na estação seca, 100% das amostras de sulfato deram valores recomendados para o consumo humano 250 mg/L SO<sub>4</sub>, conforme a Classe 1 de Águas Doces da Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005).

Na análise de nitrato da área (Figs 2e, 2f), para as estações chuvosa e seca respectivamente, concluímos que, conforme a Classe 1 de Águas Doces da Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), na estação chuvosa todos os poços estiveram dentro dos padrões recomendados, que são de menos de 10 mg/L, e deram valores abaixo de 5mg/L, tendo apenas dois o p\_4 e o p\_6 ultrapassando esse último valor, localizados na área urbana da Comunidade de Paripueira, e que podem ser indício de contaminação ou despejos de efluentes, comprovando descaso no saneamento.

Na estação seca, o poço p\_13 em zona rural, no Córrego do Sal, ultrapassou os 10 mg/L recomendados de nitrato pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), devendo-se realizar uma avaliação nesse poço, para descobrir as causas, o valor chegou a cerca de 35 mg/L. O p\_17, e novamente o p\_4 (poço urbano) deram valores de nitrato um pouco maior que 5 mg/L, devendo ter maior cuidado com o uso desses poços, já que valores acima de 10 mg/L, podem ser considerados indício de contaminação por efluentes ou falta de saneamento.

## 5. Zoneamento Geoambiental da área

A caracterização dos geossistemas e dos processos ecodinâmicos e de níveis de vulnerabilidade das unidades morfológicas foram realizadas a partir da análise dos aspectos físico ambientais da área e da dinâmica litorânea. Nesse

contexto, as áreas foram caracterizadas de acordo com a relação pedogênese/morfogênese, e variações de tendências à estabilidade ou instabilidade e suas diversas vulnerabilidades ambientais, agravadas ou não pelo uso humano.

Os glaciais de tabuleiros pré-litorâneos da Formação Barreiras cuja morfologia é tabuliforme, concentra a maior parte da área, com 58,01 % da área total, totalizando cerca de 153,73 km<sup>2</sup> de um total de 265 km<sup>2</sup> da área. A ecodinâmica e vulnerabilidade ambiental são de ambientes estáveis com baixa vulnerabilidade, favorável à expansão urbana na faixa de tabuleiro, mas a ocupação indiscriminada das cristas de falésias mortas pode gerar áreas instáveis, sujeitas a erosão por voçorocamento, e movimento de massa, necessitando de intervenções técnicas para estabilização dos taludes.

A Planície litorânea (Fig. 3) é formada por Depósitos marinhos, constituída por Depósitos de praia caracterizados por uma superfície plana de topografia baixa, localizada próximo ao mar, formada por sedimentos marinhos e por vezes flúviomarinhos. Sua origem está ligada às variações relativas do nível do mar durante o Quaternário, bem como ao suprimento de areias provenientes das falésias da Formação Barreiras, trabalhados e retrabalhados por variações no nível do mar (Freire, 1989).

A planície flúviolacustres são feições deposicionais com cerca de 16,09 % da área, que recebem sedimentos advindo também de dunas arrasadas, portanto tendo influência dos Depósitos fluviais, marinhos e eólicos, recobrimo as principais lagoas de Dentro, do Sal e de Paripueira. A ecodinâmica e a vulnerabilidade ambiental são de ambientes de transição, com permanente relação pedogênese/morfogênese tendendo à estabilidade, com vulnerabilidade moderada. O desmatamento de vegetação de mata ciliar pode gerar instabilidade, pelas culturas agroindustriais e agropastoris. Baixa

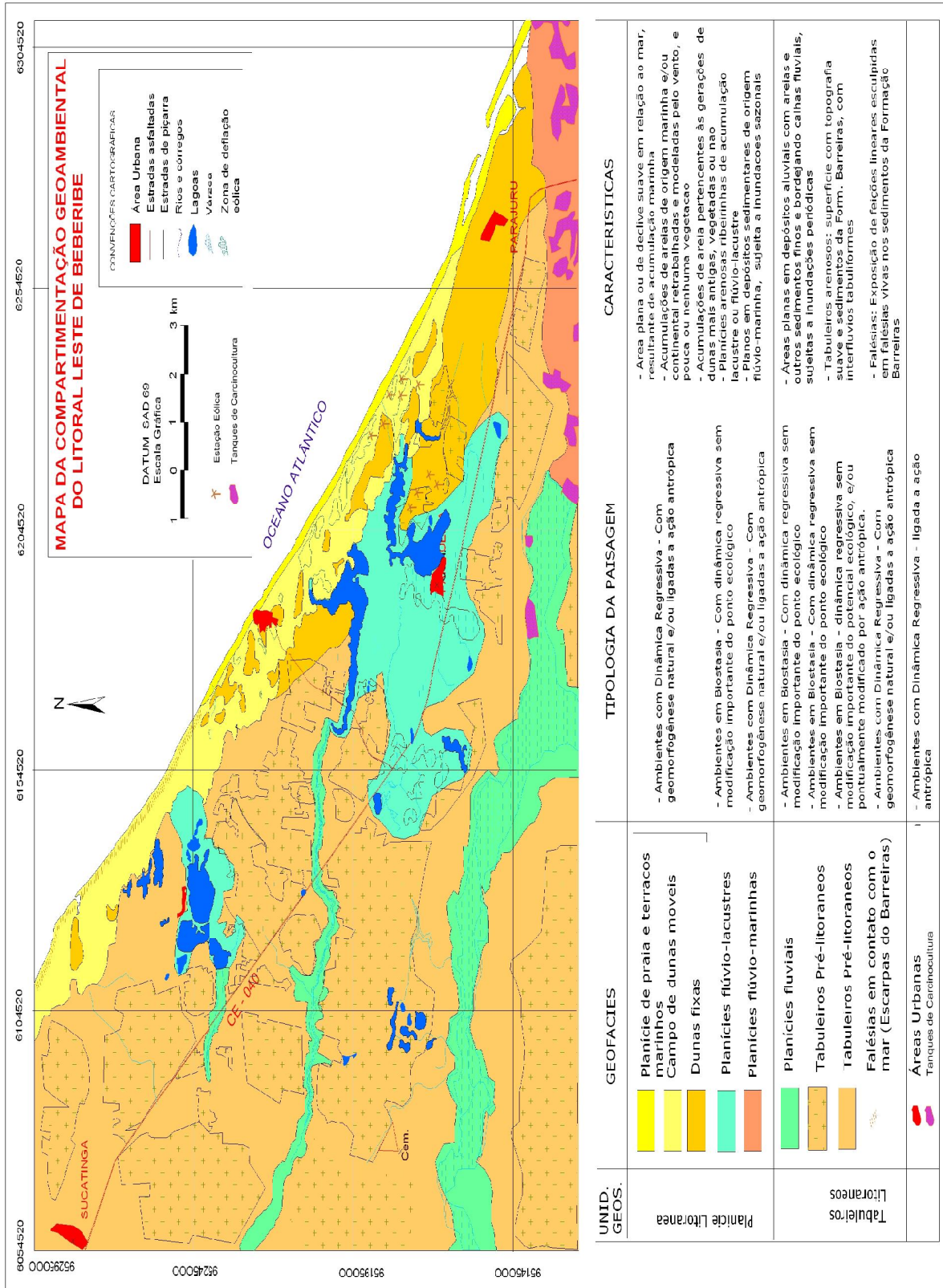


Fig. 3. Mapa da compartimentação geoambiental e dinâmica da paisagem no entorno das lagoas de Dentro, do Sal e de Paripueira. Fonte: Adaptado de Aguiar (2005).

vulnerabilidade associada à piscicultura.

As planícies de praia com Depósitos marinhos ou Depósitos de praia (quaternários) são recentes e formam um depósito contínuo, alongado por toda a extensão da costa, desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis (Freire, 1989). Segundo Bertrand (1969) a tipologia dinâmica de Geossistema com dinâmica com geomorfogênese natural Regressiva, e quando em áreas ocupadas possui dinâmica de Geossistema com dinâmica Regressiva ligada à ação antrópica, ativada pelo homem, aumentando a fragilidade da área, como ocorre na área urbana da Prainha do Canto Verde. A ecodinâmica caracteriza-se por ambientes instáveis e fortemente instáveis com vulnerabilidade ambiental alta. Casas de veraneio e equipamentos de infra-estrutura urbana na zona de pós-praia e faixa de praia provocam erosão acelerada. Os terraços marinhos são Ambientes estáveis com vulnerabilidade moderada, instável em contato com a faixa de praia, além de impermeabilização do solo por aterros e má ocupação.

Dos 10,20% do campo de dunas 9,53% são de dunas móveis e, desse valor, somente 1,9% são liberados para uso segundo a Resolução do CONAMA 303/2001. Segundo Maia (1998) as quatro gerações de dunas estão diretamente associadas às flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário: 1º geração (Paleodunas) estaria associada a níveis do mar durante o Pleistoceno; 2º geração (Parabólicas) seria anterior ao máximo da transgressão holocênica; 3º geração (Eolianitos) pode estar associada ao mínimo de – 4.000 anos; e 4º geração (Dunas ativas) estaria associada a outros níveis marinhos mais inferiores dos últimos 2.000 anos.

As dunas caracterizam-se por ecodinâmica e vulnerabilidade ambiental de ambientes instáveis e fortemente instáveis com vulnerabilidade alta, bloqueio e migração das dunas pela expansão urbana; desmatamentos para a construção de vias

de acesso e especulação imobiliária.

As planícies flúviolacustres das lagoas de Dentro, do Sal, e de Paripueira foram originadas pelo represamento de pequenos córregos pelas formações de dunas, acumulação de água nas depressões que ocorrem nos tabuleiros pré-litorâneos e acumulação de águas pluviais entre as dunas. A tipologia dinâmica é de Geossistema em biostasia com dinâmica regressiva sem modificação importante do ponto ecológico, que em áreas ocupadas podem gerar uma dinâmica em resistasia, com geomorfogênese ligada à ação antrópica.

As planícies flúviomarinhas constituem os sedimentos trabalhados pelo fluxo hidrodinâmico continental e marinho, sendo depósitos sedimentares de origem flúviomarinha, sujeita a inundações contínuas com a maré alta. A dinâmica é de transição com Geossistema em Biostasia com dinâmica Regressiva sem modificação importante do ponto ecológico, possuindo áreas muito ocupadas que podem gerar uma dinâmica em Resistasia, com geomorfogênese ligada à ação antrópica, caracterizadas por um certo desequilíbrio e gerando fragilidade no meio. A ecodinâmica e vulnerabilidade ambiental caracterizam-se por serem de ambientes instáveis com vulnerabilidade moderada, por aterros de zona intermaré e pequenas reentrâncias, desmatamento de vegetação de mangue e poluição por tanques de carcinicultura.

Os principais problemas ambientais estão relacionados à ocupação desordenada de dunas (não há uma área delimitada para os usos), bordas de falésias, e faixa de praia e pós-praia; a falta de políticas sociais, de saneamento básico e escolas; a redução da produção pesqueira artesanal; o desmatamento e degradação dos manguezais, por exemplo, pela carcinicultura e salinas que ocorrem no rio Pirangi; a erosão gerada por desmatamento e/ou mineração; a descaracterização cultural das comunidades tradicionais; problemas com questões fundiárias, especulação imobiliária.

Para mudar esse quadro, torna-se essencial, a tomada de medidas mitigadoras, sendo necessário um estudo detalhado dos seguintes aspectos ambientais: diagnóstico ambiental da área; da quantificação das mudanças ocorridas na área; medidas de controle como o monitoramento dos processos hidrodinâmicos da área; quantificação dos fatores erosivos; manejo e descontaminação das águas; reflorestamento e combate ao desmatamento; sendo essenciais para o gerenciamento costeiro.

Em relação às políticas públicas, o litoral leste de Beberibe participa juntamente com o município, de uma gestão integrada na zona costeira leste do estado, dentro dos instrumentos de gestão do GERCO, que são: Zoneamento das unidades ambientais, realizado em 1993, necessitando atualizar; Plano de gestão do Setor Leste, elaborado em 1997, necessitando de reavaliação e acompanhamento; Comitê Gestor, de 1997, necessitando de reformulação e criação de instrumentos para operacionalização; Necessidade de Zoneamento efetivo para ordenamento dos usos e ocupação dos espaços costeiros, podendo utilizar-se a presente pesquisa como base para estudos; inclui-se também a realização do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Beberibe (Lei nº 605/00) (PDDU, 2000). Porém, falta revisão de dados, atenção e ação por parte dos poderes públicos para o atendimento das suas necessidades.

Para minimizar os conflitos de uso da terra, 5 de junho de 2009 o Decreto-lei cria a Reserva Extrativista Prainha do Canto Verde (RESEX), depois de muita luta junto a comunidade, com o apoio da Associação dos Moradores da Prainha do Canto Verde que lista todos os passos até a efetivação do estabelecimento da RESEX (BRASIL, 2009). Nesta pesquisa, propõe-se o aumento da área da RESEX incluindo as planícies flúviolacustres de Dentro, do Sal (ou Jardim), e de Paripueira, área de alta vulnerabilidade e de alto valor paisagístico.

Ainda assim, propõe-se a adequação do

uso e ocupação da área pelo zoneamento geoambiental considerando que na Planície Litorânea que possui cerca de 30,4% e inclui os Depósitos marinhos (praia), os Depósitos eólicos (9,53% de dunas móveis), os Depósitos eólicos (0,67% dunas fixas e paleodunas) e os Depósitos flúviomarinhos virem áreas de Zona de Preservação Permanente (ZPP). Os tabuleiros costeiros como Zona de Conservação Especial (ZCE). E os Depósitos flúviolacustres e os fluviais sejam Zonas de Proteção Especial (ZPE) (Fig. 4).

As Zonas ou Áreas de Preservação Permanente (ZPP's) são as definidas por lei, como sendo as impedidas de ocupação por empreendimento, devido ao seu alto grau de fragilidade, possuindo ainda atividades temporárias ou não, sendo atividades permitidas, e algumas toleradas e proibidas (Leal, 2003). A Zona de Proteção Prioritária (Zpp) não foram sugeridas na pesquisa, mas incluiriam as áreas de alta peculiaridade e alto impacto, sendo as suas feições difíceis de serem encontradas em outras locais, raras e, devendo ter alta proteção e restrição aos usos.

A Zona de Proteção Especial (ZPE) inclui as áreas raras em ocorrência (como as falésias na área de pesquisa), cuja ocupação não é muito intensa a ponto de causar impactos, sendo recomendada a manutenção da proteção das áreas de alta peculiaridade e a regulamentação do uso e ocupação. A Zona de Conservação Especial (ZCE) inclui as áreas sem peculiaridades, comuns, mas que a ocupação intensiva pode causar grandes impactos, devendo haver um ordenamento da ocupação e incentivo ao uso de atividades compatíveis com as peculiaridades, como por exemplo, as áreas urbanas.

As ZCE's são as áreas mais equilibradas do ponto de vista ambiental, devendo-se ter medidas de conservação integrada com recuperação e tentativas de redução de impactos (Maia, 2005; e Leal, 2003).

As dunas apesar de possuírem

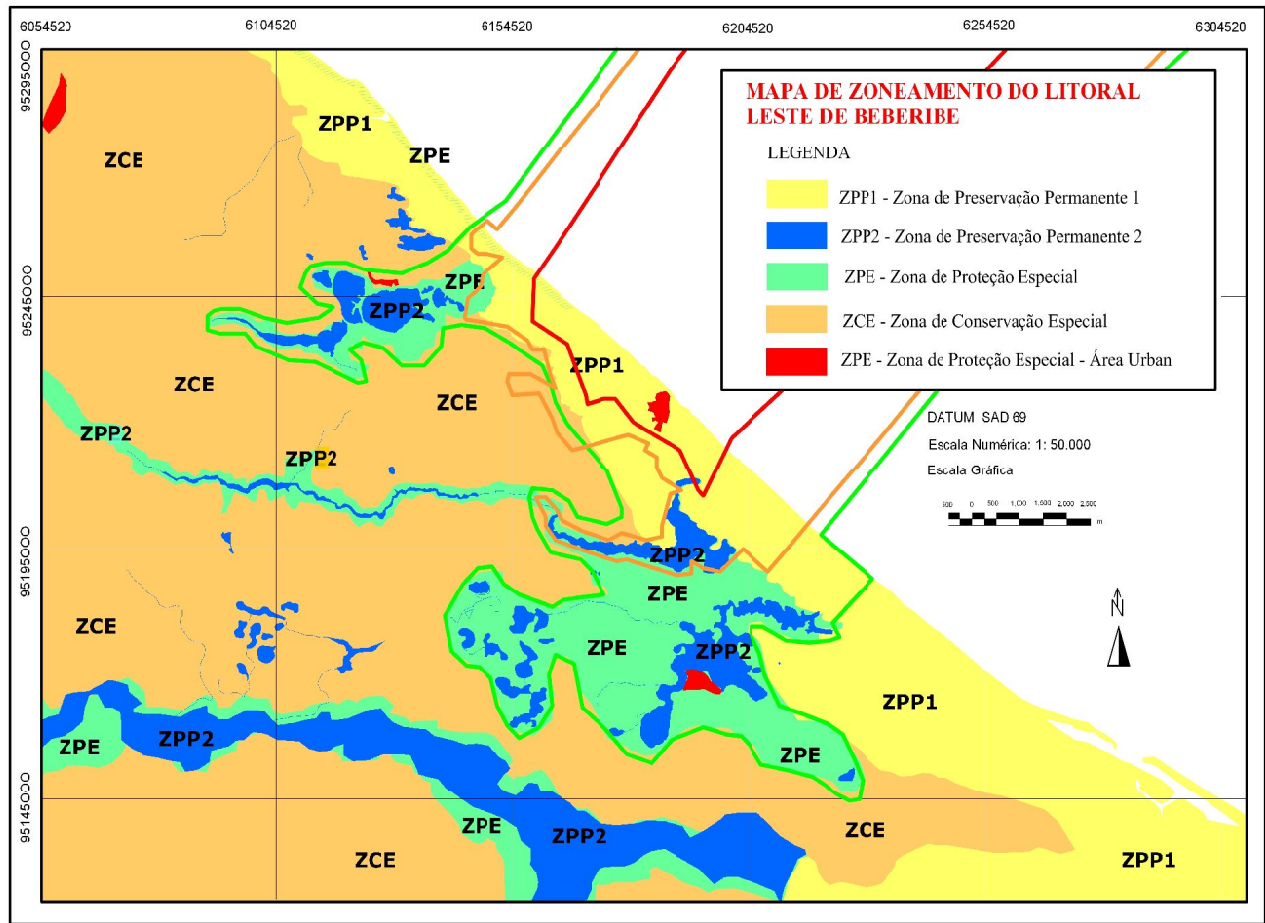


Fig. 4. Zoneamento Geoambiental na área de entorno das lagoas de Dentro, do Sal e de Paripueira.

potencialidade paisagística são alvo ocupações indevidas mesmo sendo amparadas por uma legislação. Foram realizadas mudanças quando da aprovação pelo CONAMA de sua Resolução 303/2001, onde foram concedidas às dunas móveis o status de área preservada que já fora garantido às dunas fixadas por vegetação, pelo Código Floresta Brasileiro (1934 e 1965). Entretanto, esta Resolução foi revogada e foi permitido o uso das dunas móveis. Atualmente, o uso e ocupação das dunas é regulamentado legalmente pela Resolução CONAMA 341/2003, que restringe o uso da duna móvel, para atividades ou empreendimentos turísticos, a 20% de sua área, e limita a ocupação a 10% dos campos de dunas recobertos ou desprovidos de vegetação.

Das disposições legais relacionadas aos recursos hídricos e sua preservação podem-se citar

as Áreas de Preservação Permanente do Código Florestal Brasileiro, CONAMA de 04/85, artigo 3º. E o artigo 4º do Novo Código Florestal Lei nº 12.651/2012 que trata da delimitação das APP's e dá definições de Cursos d'água: faixa de mata com 30 m de largura para rios com até 10m de largura; com 50m para os rios entre 10m e 50 de largura; com 100m para rios entre 50m e 200m de largura. A Lei Estadual no Ceará nº 10.147 de 1977 dispõe sobre o disciplinamento do solo para a proteção dos recursos hídricos, criando as faixas de 1º e 2º categorias.

Foram considerados para o mapeamento e a delimitação das zonas: a legislação e os parâmetros ambientais de estabilidade, fragilidade e a vulnerabilidade dos ambientes, no intuito de melhor planejar o uso da área, dentro dos princípios da sustentabilidade.

Os parâmetros para se obterem as classes do mapa da figura 4 foram a delimitação dos leitos regulares das áreas de APP's por interpretação de imagens de satélites, e limites previstos na Lei nº 12.651/2012. Percebeu-se sua complexidade, pois os rios anastomosados (comuns na área) formam diversos leitos e subleitos paralelos, localmente, intercalados por barras arenosas. No rio Pirangi observaram-se locais com leitos menores que 10m, entre 10 e 50m de largura, além de leitos com áreas marginais constantemente alagadas que ultrapassam os 100m de largura. Assim, calculou-se uma média para a largura do leito regular para a delimitação dos limites das ZPP's.

Assim, os resultados tendem para uma proposta de zoneamento ambiental na qual de sua área total as zonas devem obedecer: a 30,4% de Zonas de Preservação Permanente (ZPP's) incluindo 15,20% de ZPP1 dividido entre as áreas com 33m de faixas de praia, e as planícies flúviomarinhas; e 10,20% de ZPP1 de campos de dunas, onde 0,67% são APP's de dunas fixas, e 9,53% da área de dunas móveis (sendo 7,63% são APP's e 1,9% podem ser utilizadas por atividades); e 5% de ZPP2 com APP's nas planícies fluviais e flúviolacustres dos rios e lagoas. Cerca de 1,6% de ZPE1, e cerca de 10% como ZPE2, incluindo as planícies de inundação fora das APP's e as áreas de falésias. E cerca de 58% dentro da ZCE's que incluem as áreas em equilíbrio entre uso e recursos naturais como os as áreas urbanas e as áreas rurais nos tabuleiros costeiros.

A ocupação nas áreas de dunas da Prainha do Canto Verde atualmente é regulada pela RESEX que apresenta falta de Plano de Manejo, para seu zoneamento. Entretanto, há que se observar se o crescimento da população continuará lento na área, ou se a especulação imobiliária poderá causar conflitos de uso futuros.

As ZPP's nas faixas de praia são amparadas pela legislação que determina que os "terrenos de marinha são aqueles em uma profundidade de 33

metros medidos horizontalmente para a parte da terra, da posição da linha do preamar médio de 1831, situados no continente, na costa marítima e nas margens de rios e lagoas até onde se faça sentir a influência das marés..." (GOUVEIA, 1985, p. 27).

Nas ZPE1 ou áreas urbanas são áreas sem peculiaridades, comuns, mas que a ocupação intensiva pode causar grandes impactos, incluindo-se as áreas urbanas em dunas móveis, assim a ocupação não ultrapassou ainda os 20% das áreas de dunas móveis possíveis para uso de atividades ou uso de empreendimentos turísticos, devendo-se ter medidas de conservação integrada com recuperação e tentativas de redução de impactos. Essas áreas devem respeitar e adequar-se aos limites de ocupação das APP's, Lei nº 12.651/2012, como os de 30m para lagoas em áreas urbanas.

A área total das ZCE's somou 58% e ocupam as áreas rurais, a ocupação deve-se voltar para a sustentabilidade, são áreas de maior equilíbrio, mas requerem cuidados e até recuperação. As ZCE's devem respeitar os limites de ocupação e as APP's, Lei nº 12.651/2012, como os das faixas de 100m marginais nas lagoas de área com mais de 20ha (cada uma das três lagoas de Beberibe analisadas ultrapassam esse valor).

Portanto, são essenciais estudos cada vez mais aprofundados dos sistemas como este, no intuito de proteger o potencial paisagístico, sem prejuízos econômicos e sociais para as populações costeiras, dentro dos princípios de participatividade, sustentabilidade, ética e transparência, seguindo os princípios da Agenda 21.

## 6. Conclusões

Considerando o zoneamento ambiental um instrumento para o uso adequado do solo e dos recursos naturais, considerando a legislação que trata dos recursos hídricos e dos recursos marinhos e de dunas, a proposta desta pesquisa é que a área deve possuir cerca de 30,4% do total como ZPP's, cerca

de 1,6% como ZPE1, 10% ZPE2 e cerca de 58% dentro da ZCE. Propõe-se um aumento da área da RESEX incluindo a área de alta vulnerabilidade das lagoas de Dentro, do Sal e de Paripueira.

Para as áreas rurais e urbanas sugerem-se a adequação do uso para o respeito às APP's, a observância das APP's Consolidadas de Beira de Rio, bem como a realização do Cadastro Ambiental Rural, e a inclusão pelo Programa de Regularização Ambiental que permite ao proprietário rural regularizar as de APP's e Reserva Legal consolidada, desde que não estejam em áreas de risco e sejam observados critérios técnicos de conservação do solo e da água, seja pela Lei nº 12.651/2012 e/ou pelas políticas específicas de recursos hídricos e ambientais.

### Agradecimentos

A FUNCAP pelo apoio financeiro, ao Prof. Dr. George Satander Sá Freire e a Diolande Gomes pela oportunidade e uso dos laboratórios e equipamentos, e aos atuais e ex-integrantes dos laboratórios (LGMA e LGA) do Departamento de Geologia, e todos deste departamento, que contribuíram direta ou indiretamente para o andamento dessa pesquisa.

### Referências Bibliográficas

- Aguiar, P. F. de. Zoneamento Geoambiental no Litoral Leste do Município de Beberibe, Ceará. (Dissertação de Mestrado) Departamento de Geologia. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 157p. 2005.
- Barroso, Joísa (coord.). Perspectivas para o meio ambiente urbano: GEO Beberibe – Ceará, Fortaleza: Cearah Periferia, 2010.
- Bertrand, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. In: Caderno de Ciências da Terra (13). São Paulo: USP, 1969. p.1-27.
- CONAMA Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Brasil. Brasília, 2005.
- BRASIL. Decreto-lei de 5 de junho de 2009 que cria a Reserva Extrativista Prainha do Canto Verde (RESEX), em Beberibe-CE. Brasília, 2009.
- Camara, G. Medeiros, J. S. Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE. 2000.
- Christofolletti, A. Modelagem de Sistemas Ambientais. São Paulo: Edgard Blücher. 1999.p.236.
- Crosta, A.P. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. ed. rev. São Paulo: IG/ UNICAMP, 1993, p. 170.
- Davis, R. 1992. Depositional System: An Introduction to Sedimentology and Stratigraphy. 2 ed. New Jersey: Prentice Hall. 604 p.
- Esteves, F. A. (1998). Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciência, FINEP. p. 575.
- Freire, G.S.S. Edute hydrologique et sedimentologique de l'estuarie du rio Pacoti (Fortaleza, Ceará, Brasil). Nantes: Université de Nantes Faculte des Sciences et des Techniques. (These du Doctorat). 1989.
- Freire, O. Zoneamento Costeiro e suas Interfácies. Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiros e Marinho. MMA: Brasil (Coordenadora). 2002.
- Florenzano, T. G. Imagens de satélite para estudos Ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97p.
- Leal, J. R. L. V. Zoneamento Geoambiental da Área de Proteção Ambiental de Canoa Quebrada – Aracatí – Ceará, Fortaleza: UFC. Dissertacao de Mestrado em Geologia Ambiental. 2003, p. 256.
- PDDU. Lei nº 605/2000. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Beberibe. Beberibe, 2000.
- Maia, L. P. Processos costeiros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE – BRASIL): Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral. Tese de Doutorado. Universidade de Barcelola, Barcelona-ES. 1998. 269p.

Morais, J.O.; Souza, M.J.N.; Coutinho, P.N. Contribuição ao Estudo geomorfológico-sedimentológico do litoral de Beberibe (Ceará-Brasil). 15 (2). Fortaleza: Arq. Ciência do Mar. 1975. p. 71-78.

Moreira, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3 ed. Viçosa: UFV, 2007. 307p.

Meireles, A. J. A.; Silva, V. da E. Geomorfologia e Dinâmica Ambiental da Planície Litorânea entre as Desembocaduras dos Rios Pacoti e Ceará. Revista Geonotas, Fortaleza, v. 5, p. 5-27, 2001.

Oliveira, C. G. de. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação gerados a partir de sensores remotos orbitais óptico (Aster) e radar (Radarsat-1, SRTM: um estudo para a região da Serra dos Carajás (PA). 2005. 184 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, São José dos Campos. 2005.

OMS, Guidelines for Drinking - Water Quality. WHO, Genova, V.1., 1984, p. 128.

Souza, M.J.N. de. Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: Ceará - Projeto Áridas: Grupo I - Recursos Naturais e Meio Ambiente. Fortaleza: Secretaria de Planejamento; Fundação Cearense de Meteorologia. v.2, p.183-206. 1994.

Souza, M.J.N. EIA/RIMA do Complexo Portuário e Industrial do Pecém. Fortaleza: SEMACE, 1996.

SEMACE. Legislação estadual. Fortaleza: SEMACE. 2009.

TRICART, Jean. A terra, planeta vivo. Lisboa, Editorial Presença, 1974.

TRICART, Jean. Ecodinâmica. IBGE/SUPREN. Rio de Janeiro: 1977.



