



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

LYSANDRA GUEDES FONTENELE

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS E SEDIMENTOLÓGICAS ASSOCIADAS AOS  
IMPACTOS AMBIENTAIS DA LAGOA COSTEIRA DO CATÚ, AQUIRAZ, CEARÁ,  
BRASIL

FORTALEZA

2014

LYSANDRA GUEDES FONTENELE

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS E CAPACIDADE DE SUPORTE AMBIENTAL DA  
LAGOA COSTEIRA DO CATÚ, AQUIRAZ, CEARÁ, BRASIL

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, outorgado pela Universidade Federal do Ceará.

Orientadora: Dra. Lidriana de Souza Pinheiro

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Federal do Ceará

Biblioteca Rui Simões de Menezes

---

F763a Fontenele, Lysandra Guedes.

Alterações morfológicas e sedimentológicas associadas aos impactos ambientais da lagoa costeira do Catú, Aquiraz, Ceará, Brasil / Lysandra Guedes Fontenele. – 2014.

122f.: il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2014.

Área de Concentração: Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos.

Orientação: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Lidriana de Souza Pinheiro.

1. Sedimentos – Impactos Ambientais. 2. Lagoas – Aquiraz (CE). I. Título.

---

CDD 551.457

## Lysandra Guedes Fontenele

*“Alterações Morfológicas e Capacidade de Suporte Ambiental da Lagoa Costeira do Catú, Aquiraz, Ceará, Brasil.”*

Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR – Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Marinhas Tropicais, área de concentração em Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos.

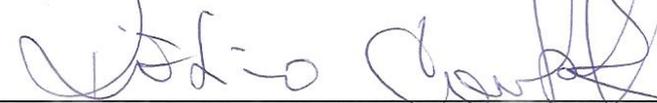
Aprovada em, 06 de janeiro de 2014.

### BANCA EXAMINADORA



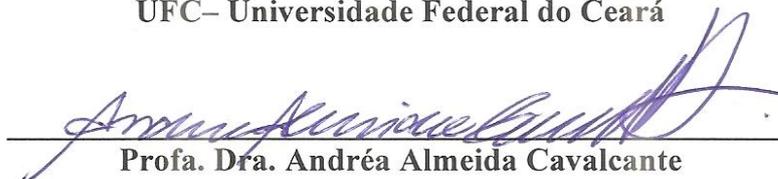
---

**Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro**  
UFC (Orientador – Presidente)



---

**Prof. Dr. Rivelino Martins Cavalcante**  
UFC – Universidade Federal do Ceará



---

**Profa. Dra. Andréa Almeida Cavalcante**  
UECE – Universidade Estadual do Ceará

*A Deus, o todo poderoso, o doador de toda  
boa dádiva e de todo dom perfeito. Toda  
honra, toda glória e todo o louvor sejam  
dados a Ele.*

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora e professora Dr. Lidriana de Souza Pinheiro pela oportunidade dada a minha pessoa ao me acompanhar nesta jornada de muito conhecimento, embora este trabalho tenha sido desenvolvido em meio a muitos entraves, hoje vejo como tudo foi válido. Agradeço a ela, por sempre me nortear com soluções e ideias que fortaleceram e proporcionaram o meu intelecto de profissional atual, além de muitas vezes me incentivar e acreditar que tudo daria certo.

Ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO), em nome do Professor Dr. Jáder Onofre de Moraes, pelo acolhimento e disponibilidade do espaço físico e das ferramentas necessárias para o desenvolvimento das análises realizadas neste trabalho. Assim como, faço a lembrança dos colegas conquistados no decorrer da minha estada no LGCO, que por muitas vezes me auxiliaram de uma forma grandiosa seja no apoio ao desenvolvimento do trabalho propriamente dito ou nas trocas de conversas, em especial, aos meus propulsores diretos, Antônio (Tião), Professor Paulo Pessoa, Renan, Marcus Vinícius, Felipe Lauro, Eduardo Lacerda, Brígida Miola e àquele que ficou comigo até aos últimos detalhes pós-laboratoriais: o Ramon. Meus agradecimentos também aos colegas Maciel, Silvia, Luciano, Mailton, Patrícia e Ciarlini.

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG), em especial a Cida e Mônica pelos auxílios concedidos na metodologia do trabalho.

Aos amigos Gleidson e Mário Godoy que foram as primeiras pessoas a me introduzirem na área de geoprocessamento, por sempre estarem dispostos a ajudar, a dispendem horas de seus dias comigo para o desenvolvimento do trabalho. Não esqueço das motivações e das palavras amigas, obrigada!

Ao Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) pelo repasse das ortofotos e informações adicionais que contribuíram com a pesquisa, o meu agradecimento em especial ao Analista de Políticas Públicas deste órgão, o prezado Sr. Cleyber Nascimento por sempre estar à disposição e me auxiliar em todas as dúvidas correntes ao longo do trabalho.

À turma do Mestrado 2011.2, as quatro pessoas que ingressaram comigo: Áureo Eduardo, Inah Sátiro, Liana Pinho e Pedro Filipe, embora não tenhamos passado muito tempo próximos, nos víamos vezes ou outras nos corredores do Labomar e em algumas disciplinas e

tais encontros eram sempre prazerosos, pois havia troca de motivação e força para continuar a caminhada.

Ao meu grande amigo, incentivador, companheiro de todas as horas, meu presente divino, meu “Momô”, meu namorado Emanuel o meu mais sincero agradecimento por estar sempre comigo, por acreditar em mim e trilhar junto comigo os caminhos do nosso Senhor Jesus Cristo.

Aos meus pais Fátima e Fontenele pelo incentivo e motivação constante.

À Comunidade Buscando a Cristo, nas pessoas do Pastor Carlos Eduardo Braga e Missionária Cristiane Braga pelo apoio incondicional, pelo esforço de divulgar o verdadeiro evangelho genuíno de Jesus Cristo, pelos ensinamentos constantes em todos os níveis e áreas, principalmente na contribuição sobremaneira no meu crescimento espiritual. A este casal por me tratar como filha e me impulsionar sempre ao serviço de Deus.

Aos meus irmãos queridos da minha nova morada, o “Casarão”. A irmandade que luta diariamente pelo mesmo objetivo de servir ao Criador, ao Eterno, ao Deus todo poderoso. Agradeço-os pela hospitalidade, pelo carinho, apoio e atenção sem reservas, primeiramente a minha vovó do coração, a Ir. Antônia, as minhas irmãs Débora Lima, Cárcia, Vilma, Erismar, vovó Adelaide e a minha pequenina e companheira de canções Ir. Letícia. Agradeço também aos varões residentes desta morada, como: Presbítero José Fidélis, os Diáconos Joselândio e Abreu, aos demais irmãos Dejaci Teófilo, Joaquim da Silva, Irineu Batista, Sidney Gastão, Francisco José, Marcos e Jonas Gomes. Em especial, gostaria de agradecer ao Diácono José Ivan, que me incentivou a não desistir de prestar a seleção do Mestrado, o meu obrigada pelas palavras afetuosas e de perseverança.

À Maressa, minha querida amiga e irmã que trilha comigo a jornada acadêmica desde a graduação, que me escuta e sempre ajuda-me a pensar em soluções para as situações conflituosas. Obrigada por sempre estar disponível e se fazer presente em minha vida!

Aos professores e funcionários do programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais e Instituto de Ciências do Mar.

Ao projeto PRONEM-FUNCAP/CNPQ - Análise integrada dos recursos hídricos na Zona Costeira do Estado do Ceará: Potencialidades de usos, impactos e conservação ambiental, na pessoa da coordenadora do projeto professora Dr. Lidriana de Souza Pinheiro e do órgão financiador FUNCAP, pelo suporte financeiro, infraestrutura e apoio logístico.

Ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida.

## RESUMO

A utilização dos recursos hídricos em suas mais distintas formas vem acarretando sérios impactos negativos para os reservatórios, tanto na exploração de suas águas quanto na ocupação dos seus entornos. A lagoa costeira do Catú está localizada no município de Aquiraz-CE, caracteriza-se pela elevada beleza cênica, pelos atrativos turísticos e pela crescente especulação imobiliária. A ocupação indevida das Áreas de Proteção Permanente (APPs) vem acarretando uma série de impactos ambientais negativos para a lagoa. O presente estudo teve por base estudar as alterações morfológicas e sedimentológicas associadas aos impactos ambientais da Lagoa do Catú, em decorrência do uso e ocupação da sua bacia de contribuição, verificando as mudanças ao longo dos últimos 10 (dez) anos (2003 - 2013). Para tanto, utilizou-se mapeamento de imagens dos anos de 2007 e 2012 para a identificação das atividades de uso e ocupação da lagoa e de sua bacia de contribuição direta, estimativas de contribuição de sedimento das diversas atividades econômicas e da cobertura do solo e procedimentos de batimetria atual e comparativa ao ano de 2003, caracterização sedimentológica de 49 amostras do fundo lacustre e relacionamento dos dados de contribuição de sedimento com a ocupação das APPs. Verificou-se que a bacia de contribuição da lagoa é uma área fortemente influenciada pelos fatores naturais, a exemplo do índice pluviométrico da região e das atividades exercidas no seu entorno. Quanto a comparação do relevo submerso atual com o ano de 2003, observou-se a variação do nível das profundidades, identificando um decréscimo de 2 metros, assim como a pontualização das maiores profundidades na porção ao norte da lagoa e das menores na dimensão média e nas suas margens, fato explicado pela constante movimentação de sedimentos provenientes das mais diversas atividades. Por meio do mapeamento da região em anos distintos verificou-se o acréscimo e decréscimo de diversas classes de usos a nível de área. Para as estimativas de sedimento as principais atividades que contribuem são: Área descampada, Dunas-paleodunas-planície de deflação, faixa de praia e área urbana. Quanto as características sedimentológicas há uma predominância da classe arenosa, principalmente de sedimentos finos e em seguida pela fração lamosa. O sistema lagunar possui baixa energia ao norte, e de sul à porção média da lagoa há considerável energia. A geoquímica para o ambiente indicou valores baixos de carbonato de cálcio no geral, com picos em áreas com atividades urbanas intensas. Para os índices de matéria orgânica foram encontradas as maiores quantidades na porção ao sul, região caracterizada pela forte ação antrópica. Notou-se a supressão de grande parte da APP, sendo possível relacionar os pontos com mais contribuições de sedimentos e cargas

geoquímicas em áreas desprovidas de vegetação peculiar. Além das vulnerabilidades sujeitas ao ambiente, como as ameaças de cheias quando em períodos chuvosos, assoreamento em diversas porções dado as atividades urbanas com contribuições para os processos erosivos por meio das diversas construções e aterramentos.

Palavras-Chave: Lagoas Costeiras, Sedimentos, Impactos, Áreas de Proteção Permanente (APPs).

### **ABSTRACT**

Hydric resources using in it most different ways have been causing serious negative impacts for its depots, not only in its water exploration, but also in its borders occupation. Catú coastal lake is located in the city of Aquiraz, Ceará, and it's characterized by elevated scenic beauty, touristic attractives and increasing real estate speculation. The incorrect occupation of the Permanent Protection Areas (PPAs) is causing a series of serious negative impacts to the lake. This research has in its base the study of the morphological alterations in Catú coastal lake in recurrence of its contribution bay using and occupation, and also verifies its environmental support capacity by using its invested sediment cargo, verifying its changes by the last ten years (2003 – 2013), by image mapping of years 2007 and 2012 for identification of using and occupation activities of the lake and its direct contribution bay, sediment contribution estimation of various economical activities and soil covering and actual and comparative bathymetry procedures in the year of 2003, sediment characterization of 49 samples of lacustrine soil, and data relation of sediment contribution and with PPAs occupation. The identified characteristics belong to the bay as a natural factor influenced area, as instanced by the region pluviometric index and the man-made activities by the borders. As for the comparing of the actual submerged relief with the year of 2003, the biggest observed alteration was the deep level with the decreasing of 2 centimeters, as well as the pointing of the deepest areas in the north of the lake, and the smallest in the medium dimension and its borders, fact explained by the constant sediment moving originated from the most different activities. By the region mapping in different years, it was verified the increasing and decreasing of several using classes in an area level. For the sediment estimate, the most contributing activities are: wildness area, deflation-planed-paleaodunic Dunes, Beach Stripe and Urban Area. As for the sediment characteristics, there is a dominance of sandy class,

mostly thin sediments, followed by muddy fraction. The estuarine system has low energy by the downstream, and upward at medium portion there's a considerable high energy. Geochemistry for the ambient has indicated low calcium carbonate values in general, with peaks in intense urban activities areas. For organic material index, the highest quantities were found by the south portion, a region with strong man-made action. It was noted the suppression of a biggest area of the PPA, being able to determine the points with more sediment contribution and geochemical cargos in areas without peculiar vegetation. Aside the environment vulnerabilities, like the floods in rainy periods, aggradations in different portions caused by urban activities with contributions for erosive process by different buildings and aggradations.

Keywords: Coastal Lakes, Sediments, Impacts, Permanent Protection Areas (PPAs)

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Apresentação da Lagoa do Catú sob diversos ângulos. ....	19
Figura 2. Mapa de localização da área em estudo. ....	20
Figura 3. Dunas móveis que resultaram na obstrução do rio, originando a Lagoa do Catú. ....	22
Figura 4. Ocorrência pluviométrica no intervalo dos anos 2003 a 2012 para o município de Aquiraz. ....	23
Figura 5. Diagrama Esquemático dos Principais Processos Metodológicos. ....	26
Figura 6. Mosaico de Ortofotos predominantemente do município de Aquiraz – CE. ....	27
Figura 7. Procedimentos realizados para a obtenção da Drenagem e consequente determinação da bacia de contribuição direta. ....	28
Figura 8. Imagem de satélite da área em estudo referente a 2012. ....	30
Figura 9. Principais equipamentos utilizados em campo. ....	34
Figura 10. Mapa com pontos de coleta das amostras de sedimento da Lagoa do Catú. ....	35
Figura 11. Sequência dos procedimentos realizados para a preparação das amostras. ....	37
Figura 12. Mosaico de imagens com a sequência dos processos e materiais descritos para o método do peneiramento. ....	39
Figura 13. Esquema de ensaio para a obtenção dos teores de $\text{CaCO}_3$ . Calcímetro de Bernard (modificado). ....	42
Figura 14. Sequência dos procedimentos para a determinação química da MO. ....	44
Figura 15. Mapa de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Catú e Lagoa do Catú. ....	47
Figura 16. Mapa das representações da superfície do terreno da Bacia de contribuição da Lagoa do Catú. ....	50
Figura 17. Mapas batimétricos da Lagoa do Catú de 2003 (à esquerda) e 2013 (à direita). ....	52
Figura 18. Mapa de Uso e Ocupação da Bacia de Contribuição direta da Lagoa do Catú – Ano 2007. ....	57
Figura 19. Mapa de Uso e Ocupação da Bacia de Contribuição direta da Lagoa do Catú – Ano 2012. ....	57
Figura 20. Comparativo das áreas encontradas para usos e ocupação nos anos de 2007 e 2012. ....	59
Figura 21. Área Urbana distribuída no entorno da Lagoa do Catú. ....	60
Figura 22. Área com as Atividades Agrícolas e Agroindustriais. ....	61
Figura 23. Mapa textural baseado nas amostras de sedimento da Lagoa do Catú - 2013. ....	68

Figura 24. Mapa da Dinâmica do Sedimento segundo as classes de Curtose baseado nas amostras de sedimento da Lagoa do Catú, cujo material coletado em 2013. ....	72
Figura 25. Mapa de concentração de carbonato de cálcio (CaCO <sub>3</sub> ) na Lagoa do Catú. ....	75
Figura 26. Mapa de concentração de Matéria Orgânica (MO) na Lagoa do Catú. ....	78
Figura 27. Ocorrência de macrófitas aquáticas à montante da Lagoa do Catú. ....	80
Figura 28. Delimitação das Áreas de Proteção Permanente e seus respectivos usos e ocupação para os anos de 2007 e 2012. ....	82
Figura 29. Parcela de solo com predominância vegetal, porção norte, à margem direita da lagoa. ....	83
Figura 30. Barracas construídas para a prática da tirolesa e “esqui-bunda” em área de proteção ambiental. ....	85
Figura 31. Ocupação urbana da porção ao sul da Lagoa do Catú, margem oeste. ....	87
Figura 32. Estabelecimentos com barracas contribuintes para o lazer da região. ....	88
Figura 33. Imagens aéreas na porção sul da lagoa do Catú, margem leste, evidências da ocupação urbana na área de preservação ambiental. ....	89
Figura 34. Evidência da captação de água para o abastecimento da sede de Aquiraz pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE. ....	90
Figura 35. Visão aérea panorâmica da ocupação da margem leste da Lagoa do Catú. ....	90
Figura 36. Placa identificando o embargo da obra de construção realizada indevidamente junto a lagoa em área de APP. ....	92
Figura 37. Evidências das construções irregulares no entorno da Lagoa do Catú. ....	92
Figura 38. Construção indevida de rampa para embarcações a margem da Lagoa do Catú. ....	93
Figura 39. Visão aérea do Empreendimento hoteleiro/imobiliário a margem oeste, porção sul da lagoa do Catú. ....	94
Figura 40. Visão aproximada do Empreendimento hoteleiro/residencial com suas características de lazer: Quadra de esportes diversos, amplo espaço e ao fundo visualiza-se as piscinas artificiais. A direita da imagem constata-se a supressão de um dos afluentes da Lagoa do Catú localizado logo atrás da edificação. ....	94
Figura 41. Área com cultivo agrícola e ao fundo uma das mais de 20 (vinte) produtoras de aves da região (granjas). ....	95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros ( <i>default</i> ) de carga de sedimentos (PLOAD) por tipo de uso. ....	33
Tabela 2. Valores limites do desvio padrão e classificação do grau de selecionamento, segundo a classificação de Folk (1968).....	40
Tabela 3. Valores limites e classificação da assimetria dos sedimentos, segundo FOLK (1968).....	41
Tabela 4. Valores limites e classificação da curtose, segundo FOLK (1968).....	41
Tabela 5. Áreas em hectares dos distintos usos da bacia de contribuição da Lagoa. ....	55
Tabela 6. Estimativas de produção de sedimento segundo as áreas dos usos na bacia de contribuição direta da Lagoa do Catú – Ano 2007.....	63
Tabela 7. Estimativas de produção de sedimento segundo as áreas dos usos na bacia de contribuição direta da Lagoa do Catú – Ano 2012.....	65
Tabela 8. Valores da mediana, média e classificação das amostras de sedimentos coletados em 2013, Lagoa do Catú. ....	67
Tabela 9. Classificação e valores do grau de seleção e assimetria para os sedimentos coletados em 2013 na Lagoa do Catú.....	70
Tabela 10. Classificação e valores da curtose para os sedimentos coletados em 2013 na Lagoa do Catú. ....	71
Tabela 11. Alteração dos Usos e Ocupação investigados nos anos de 2007 e 2012. ....	86

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
2.1 A Zona Costeira e suas Principais Fontes Hídricas.....	3
2.2 Lagoas Costeiras .....	5
2.2.1 Importância das Lagoas Costeiras.....	6
2.2.2 Gênese e Classificação das Lagoas Costeiras .....	6
2.2.3 Características Gerais das Lagoas Costeiras.....	9
2.2.4 Problemática Ambiental nas Lagoas Costeiras .....	10
2.3 Capacidade de Suporte Ambiental dos Corpos Hídricos .....	12
2.3.1 Aporte de Sedimentos nos Corpos Hídricos.....	14
2.3.2 Fontes de Sedimento para os Corpos Hídricos.....	15
2.4 Áreas de Proteção Permanente.....	16
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
3.1 Lagoa do Catú .....	18
3.1.1 Localização e Acesso .....	20
3.1.2 Características Gerais .....	21
3.1.2.1 Aspectos Geomorfológicos.....	21
3.1.2.2 Aspectos Climáticos .....	22
3.1.3 Histórico da Lagoa.....	24
4 MATERIAIS E MÉTODOS .....	26
4.1 Aquisição de dados Cartográficos e Mapeamento .....	27
4.2 Cálculo para Estimativas de Carga de Sedimentos .....	31
4.3 Campanhas de Campo.....	33
4.3.1 Coletas de Sedimentos.....	34
4.3.2 Levantamento Batimétrico .....	36
4.4 Procedimentos Laboratoriais.....	37

4.4.1 <i>Preparação das Amostras</i> .....	37
4.4.2 <i>Análises Físicas e Químicas</i> .....	38
4.5 Disposição dos dados Sedimentológicos e Morfométricos da Lagoa .....	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
5.1 Considerações sobre a Hidrologia e o Relevo da Bacia Hidrográfica do Catú .....	47
5.2 Identificação dos Usos e Ocupação da Bacia Direta de Contribuição da Lagoa do Catú e Alterações entre os anos de 2007 e 2012 .....	55
5.3 Implicações do Uso e Ocupação do solo na Produção de Sedimentos na Lagoa do Catú .....	62
5.4 Caracterização Sedimentológica .....	66
5.4.1 <i>Granulometria e Textural</i> .....	66
5.4.2 <i>Geoquímica do sedimento</i> .....	73
5.4.2.1 <i>Teores de Carbonato de Cálcio</i> .....	73
5.4.2.2 <i>Matéria Orgânica</i> .....	76
5.5 Impacto das Áreas de Preservação Permanente e Consequências no Assoreamento da Lagoa do Catú .....	81
6. CONCLUSÃO .....	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	99

## 1. INTRODUÇÃO

A importância dos recursos hídricos para as mais diversas formas de vida, e para o exercício de uma série de atividades comerciais e industriais não é desconhecida, principalmente os debates e questões levantadas nos meios científico, ambiental e governamental, dado a forma e a intensidade com que a água vem sendo utilizada em seus distintos setores.

As lagoas costeiras são corpos hídricos que estão na linha intensa de utilização e muitas vezes do exaurimento, uma vez que estão alocadas em regiões de forte pressão demográfica, a zona costeira. Como exemplo, tem-se grande parte do litoral cearense, que devido suas belezas naturais vem sendo ocupado de forma desordenada. Ambientes como estes possuem um excelente potencial turístico e recebe um forte incentivo público para a ampliação das diversas formas de uso e ocupação. Dessa forma, torna-se difícil controlar e compatibilizar as atividades antrópicas, que se apresentam sob diversas formas, tais como resorts, pousadas, casas de veraneio e ainda inúmeros loteamentos (GONDIM et al., 2009) com as fragilidades desses ecossistemas.

Oliveira e Meireles (2010) evidenciam a problemática, relatam a dinâmica geoambiental a partir da “litoralização” do município de Aquiraz-Ce. O estudo constatou que as lagoas e riachos, canais de maré vêm sofrendo impactos ambientais decorrentes da ocupação imobiliária e do desenvolvimento de diversas atividades antrópicas. Por consequência, há uma crescente urbanização, utilizando muitas vezes as áreas de preservação permanente, promovendo desta forma, o desmatamento da mata ciliar e a contaminação dos recursos hídricos por efluentes domiciliares.

As APPs são asseguradas por lei, pelo Código Florestal, Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012, que define tais áreas nos termos dos artigos 2º e 3º, considerando como de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural, localizadas ao longo de cursos d’água, dentre outros espaços. Embora exista o tratamento legal das APPs, não há uma efetiva consideração a essa legitimidade.

As APPs constituem uma eficiente medida de preservação dos recursos hídricos superficiais. Apesar de não eliminar totalmente os impactos causados pela ocupação e uso, estas faixas, quando respeitadas, garantem uma barreira protegendo as águas superficiais e subterrâneas das alterações físicas, químicas e biológicas consequentes da ação natural e antrópica nas áreas marginais (PINHEIRO e CABRAL, 2007).

Portanto, a ausência da proteção natural, da vegetação circundante dos corpos hídricos atrelados as constantes movimentações de massas de sedimentos, devido às atividades realizadas no seu entorno, poderão alterar a dinâmica natural, interferindo nas características morfológicas e sedimentológicas desses reservatórios.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo principal estudar as alterações morfológicas e sedimentológicas associadas aos impactos ambientais da Lagoa Costeira do Catú, em decorrência do uso e ocupação da sua bacia de contribuição, verificando as mudanças ao longo dos últimos 10 (dez) anos (2003 - 2013).

Os objetivos específicos foram:

1. Identificar as atividades de uso e ocupação no entorno da Lagoa do Catú e de sua bacia de contribuição direta;
2. Estimar a contribuição de sedimento das diversas atividades econômicas e das coberturas do solo existentes na bacia de contribuição para a Lagoa do Catú.
3. Realizar procedimentos de batimetria e caracterização sedimentológica do fundo da Lagoa Costeira do Catú, para a análise de possíveis pontos com processo de assoreamento e/ou erosão. Assim como, comparar tais dados obtidos com as informações encontradas em estudos realizados por Gomes (2003);
4. Relacionar os dados de contribuição de sedimentos aportados na lagoa com a ocupação das Áreas de Proteção Permanentes.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A Zona Costeira e suas Principais Fontes Hídricas

A Zona Costeira é um ambiente que depreende diversas definições em relação aos assuntos peculiares tratados, porém segundo Pollete et al. (2000), “[...] todas concordam que ela compreende uma faixa de terra seca e o espaço oceânico adjacente, na qual a parte terrestre e seus usos afetam diretamente a ecologia do espaço oceânico e vice-versa [...]”. Assim, por definição, “a zona costeira é o resultado da interconexão entre componentes da geosfera (continente), hidrosfera (oceano) e atmosfera” (BRANDÃO, 2008).

Para a legislação brasileira, conforme o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, a Zona Costeira é considerada como o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima (faixa que dista 12 (doze) milhas marítimas das linhas de base estabelecidas de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, abrangendo a totalidade do mar territorial) e outra terrestre (faixa do continente formada pelos Municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira) (POLLETE et al., 2000).

As regiões costeiras são caracterizadas por inúmeros fatores atrativos, a começar por sua riqueza biológica, que propicia significativa fonte de alimentos para as populações humanas, assim como recursos valiosos ao serem negociados no mercado comercial (SERAFIM & HAZIM, 2005). Estes ambientes detêm os ecossistemas mais produtivos da biosfera, como as lagoas, estuários, enseadas e baías (SERAFIM & HAZIM, 2005).

Tantos atributos têm conduzido a uma concentração correspondente nas áreas costeiras, de atividades humanas em todo o mundo (CROSSLAND et al., 2005). Crossland et al. (2005) afirmam que segundo estimativas, cerca de metade da população humana mundial vive perto da costa e que enquanto a densidade de populações costeiras varia dramaticamente entre as regiões, ainda há uma tendência geral das pessoas se moverem de áreas interioranas para o litoral.

Em números, Crossland et al. (2005) caracterizam a zona costeira como um ambiente que compreende a superfície terrestre em menos de 20% e que esta contém mais de 45% da população humana mundial e abrigam 75% das cidades (megacidades) com mais de 10 milhões de habitantes.

A zona costeira brasileira compreende uma faixa de cerca de 8,5 mil km de extensão e largura variável, contempla um conjunto de ecossistemas contíguos sobre uma área de aproximadamente 388 mil km<sup>2</sup> (SERAFIM & HAZIM, 2008). Nesta zona há uma concentração de quase 25% do País, em torno de 42 milhões de pessoas distribuídas em cerca de 400 municípios, com uma densidade média de 90 hab/km<sup>2</sup>, quase cinco vezes superior à média nacional (19 hab/km<sup>2</sup>) (SERAFIM & HAZIM, 2008).

A economia costeira proveniente de suas inúmeras atividades é destacada por Serafim e Hazim (2008) ao identificarem que esta região é responsável por cerca de 73% do PIB (Produto Interno Bruto) nacional.

Os atributos e as concentrações tanto mundial, quanto nacional identificam o exercício de uma forte pressão antrópica sobre os bens pertencentes a este ambiente. Tais pressões são assinaladas pelas atividades de lazer, pesca comercial e recreativa, maricultura, transporte marinho, esportes aquáticos, uso dos terminais portuários, indústrias de pesca e turismo, entre muitas outras (SERAFIM & HAZIM, 2008).

Logo, diante ao frágil equilíbrio entre os diferentes processos físicos atuantes e à complexidade e diversidade de ecossistemas presentes (como praias, manguezais, recifes de corais, estuários, lagoas, entre outros), caracterizam-se como áreas de elevada vulnerabilidade à degradação de seus recursos naturais, frente às atividades humanas inadequadas (BRANDÃO, 2008).

O panorama da concentração de população, da fragilidade do ambiente, juntamente com a demanda necessária pelos recursos naturais, repercute em pontos cruciais para a própria satisfação humana. Pois, de acordo com Tucci et al. (2003) as grandes concentrações urbanas brasileiras apresentam condições críticas de sustentabilidade devido ao excesso de cargas de poluição doméstica e industrial e à ocorrência de enchentes urbanas, que contaminam um dos recursos naturais imprescindíveis a manutenção da vida: os mananciais hídricos.

Setti et al. (2001) reconhecem a água como essencial à vida, como um elemento necessário para quase todas as atividades humanas, sendo, ainda, componente da paisagem e do meio ambiente. Presta-se para os mais diversos múltiplos usos: geração de energia elétrica, abastecimento doméstico e industrial, irrigação de culturas agrícolas, navegação, recreação, aquíicultura, piscicultura, pesca e também para assimilação e afastamento de esgotos (SETTI et al., 2001).

Em meio a todos os usufrutos propiciados pela água, um deles é fortemente debatido já alguns anos pela ONU (Organização das Nações Unidas) a fim de que o direito

fundamental ao acesso da humanidade por uma água limpa e segura seja assegurado em todos os âmbitos (UNIC - RJ, 2010).

Deste modo, o provimento desse recurso deve ser acessível em todos os setores da sociedade. Entretanto, para fins de abastecimento humano, as fontes de água na zona costeira são restritas. Ricardo (2005) corrobora que a água limpa está cada vez mais rara na Zona Costeira e a água de beber mais cara. Essa situação é decorrente ao descaso com a água disponível, com práticas de desperdício e falta de zelo (RICARDO, 2005).

Ao se fazer um breve parecer dos principais recursos aquáticos da região explorada, tais como: Manguezais, Estuários, Aquíferos Dunares e Lagoas Costeiras, verifica-se a limitação de suprimento de água.

Os estuários e os manguezais possuem características marinhas marcantes, o primeiro é caracterizado como um corpo d'água costeiro, semiconfinado, resultante da mistura de água doce, vinda do continente, com a água salgada do oceano (GODOY, 2011), enquanto o segundo são formações florestais que ocorrem em áreas abrigadas do litoral tropical, no ponto de contato entre o continente e o mar (LACERDA et al., 2006).

No entanto, os aquíferos dunares e as lagoas ou lagunas costeiras podem ser verdadeiras opções de fontes hídricas para a região costeira.

Os aquíferos dunares consistem em unidades geológicas armazenadoras de água, que conforme Costa et al. (2004) tem como fatores de recarga a precipitação pluviométrica, drenagens influentes que percolam o contexto, lagoas interdunares e o próprio sistema dunas/paleodunas, que pode funcionar com dupla função (aquífero e transferidor hídrico).

As lagoas costeiras são corpos d'água dos mais variados tamanhos, desde pequenas até grandes lagoas (ESTEVES, 1998). Elas podem ser de distintas gêneses, mas quando ocorre um completo isolamento das mesmas em relação ao oceano adjacente, as águas nelas contidas geralmente tornam-se doces (BARNES, 1980).

## **2.2 Lagoas Costeiras**

Como mencionado anteriormente, as Lagoas Costeiras são corpos hídricos que estão localizados em uma região que concentra mais de 70% da população mundial, a Zona Costeira (FREITAS & SANTOS, 1999).

Embora sejam situadas em regiões altamente adensadas populacionalmente, as lagoas costeiras são exemplares dos ecossistemas neotropicais, assim identificadas devido à grande biodiversidade peculiar a região englobada.

### ***2.2.1 Importância das Lagoas Costeiras***

As lagoas costeiras correspondem a 13% dos ambientes costeiros do mundo, com uma área média de 78 km<sup>2</sup>, apresentando uma área total de aproximadamente 332.000 km<sup>2</sup> ao longo do globo (KNOPPERS, 1994).

No Brasil as lagoas juntamente com os banhados costeiros cobrem relativamente 18% da área costeira do país (SERAFIM & HAZIM, 2005).

Diante da parcela ocupada por esses ambientes lagunares, Loureiro (2010) afirma que tais ambientes desempenham um importante papel na zona costeira, tanto do ponto de vista socioeconômico quanto ambiental.

As lagoas situadas na zona costeira são destaques pela alta produtividade diante ao elevado número de espécies vegetais e animais típicos a estes sistemas, bem como pela importância paisagística e turística em nível regional, constituindo-se, desta forma, em ambientes aquáticos de importância econômica e ecológica (CALLISTO et al., 1998 apud OLIVEIRA, 2006).

Perante à economia, esses recursos hídricos são comumente utilizados para atividades como pesca, agricultura, recreação, turismo e saciedade comum de seres humanos e animais. Quanto à ecologia, a importância é dada pelas características intrínsecas à região costeira, tais como, proximidade com o oceano, atuação dos ventos, nível de precipitação, regimes de salinidades e outros. Todos estes fatores mencionados fazem com que esses sistemas sejam únicos em comparação com outros ecossistemas aquáticos e também sejam responsáveis, com pesos distintos, para o funcionamento global e os serviços que estes sistemas proporcionam (ESTEVEZ et al., 2008).

### ***2.2.2 Gênese e Classificação das Lagoas Costeiras***

As lagoas costeiras são formas de relevo comuns ao longo das fronteiras da maioria dos continentes, possuem conexões de acesso restrito ao oceano (BERKES &

SEIXAS, 2005), apresentam longos tempos de permanência, e são efêmeras em uma escala de tempo geológico. Possivelmente, elas devem ter sido originadas em grande parte durante a subida do nível eustático do mar (KJERFVE & MAGILL, 1989).

A gênese de muitos destes ambientes lacustres provém do período Holocênico, no qual houve um aumento do nível do mar sobre o continente, após este período, grandes volumes de água marítima ficaram aprisionados nas depressões costeiras, embora a construção das barreiras costeiras que envolvem tais lagoas tenha exigido ação elevada de outros processos costeiros e grande suprimento de sedimentos arenosos (KJERFVE & MAGILL, 1989).

Segundo Kjerfve e Magill (1989) as lagoas costeiras se assemelham, em alguns pontos com os estuários, pois ambas são conduzidas por entradas de rios, força dos ventos, equilíbrio do calor na superfície e em alguns casos pelas marés. Entretanto, se diferenciam em muitos aspectos, por exemplo, respondem de forma desigual a diversas funções (marés, ventos, entradas de rios, calor) devido às diferenças geomorfológicas (KJERFVE, 1994).

Precisamente, por definição, as lagoas costeiras são ditas como corpos de águas interiores, sendo normalmente orientadas paralelamente à costa, separadas do oceano por uma barreira, ligadas ao oceano por uma ou mais entradas restritas. Uma lagoa pode ou não estar sujeito à mistura corrente, e a salinidade pode variar de forma que resulte em um lago costeiro de água doce a uma lagoa hipersalina, em função do equilíbrio hidrológico (KJERFVE, 1994).

Em 1986, Kjerfve subdividiu as lagoas costeiras em três tipos geomorfológicos de acordo com a taxa e a magnitude das trocas de água com o oceano, os quais refletem a força geradora dominante e a escala de tempo do ciclo hidrodinâmico. Desta forma esses corpos hídricos são subdivididos segundo a sua conexão, proximidade com o oceano por Kjerfve e Magill (1989) da seguinte forma:

**a) Lagoas sufocadas** - são normalmente encontradas ao longo da zona costeira. Possuem influência significativa da energia das ondas e da deriva litorânea. Elas são caracterizadas por um ou mais canais de entrada, compridos e estreitos, e têm tempos longos de permanência. Podem causar estratificação vertical intermitente devido à intensa radiação solar acoplada com os eventos de fluxos de água.

**b) Lagoas restritas** - geralmente apresentam dois ou mais canais de entrada ou enseadas, possuem circulação de marés bem definida, são fortemente

influenciadas pelos ventos, culminando, geralmente, em estratificação verticalmente mista.

**c) Lagoas abertas** - são normalmente encontradas ao longo das costas, onde as correntes de maré são mais significativas no transporte de sedimentos do que as ondas de vento. Estendem-se, muitas vezes, por mais de 100 km, mas em largura apresentam poucos quilômetros. Elas são caracterizadas pela variedade de troca de água com os oceanos através das marés, fortes correntes, salinidade elevada e diferenças de turbidez.

Além desta classificação, Esteves (1998) também divide as lagoas costeiras segundo os seus processos de formação, nos quais, os principais são apresentados a seguir:

**a) Lagoas Formadas pelo Isolamento de Enseada Marinha ou Braços de Mar, através de Cordões de Areia** - Estes cordões de areia se desenvolvem normalmente a partir de pontões rochosos. O aumento progressivo destes cordões se deve à deposição de sedimento marinho pela ação de correntes e ondas em condições de submersão marinha interglacial e pela ação de ventos sobre os sedimentos marinhos (areia), quando estes estão emersos. O resultado final desta atividade marinha é o isolamento de uma enseada ou de um braço de oceano, transformando-se assim numa laguna (quando permanece ligada ao mar por fluxo e refluxo), ou numa lagoa (quando se isola do mar, sem refluxo).

**b) Lagoas Formadas pelo Fechamento da Desembocadura de Rios por Sedimentos Marinhos** – Este tipo de lagoa é comum em regiões de tabuleiros (forma topográfica semelhante planalto, comum no litoral do Nordeste e Sudeste do Brasil). Elas se originam por deposição de sedimento marinho na desembocadura de pequenos rios ou por isolamento de estuário de vários pequenos rios.

**c) Lagoas Formadas pelo Fechamento da Desembocadura de Rios por Recifes de Corais** - A formação de Recifes pode represar a desembocadura de rios que buscam o mar. Este tipo de lagoa é encontrado no litoral nordestino brasileiro onde existem condições favoráveis para a formação de recifes.

**d) Lagoas Formadas pelo Fechamento da Desembocadura de Rios por Sedimento Fluviomarinho** – Tratam-se de lagoas formadas pela deposição de sedimentos, tanto pelo mar como pelo próprio rio, provocando assim, o desvio da foz original do rio. São relativamente grandes, profundidades aproximadas de 25 m e muito dendríticas.

**e) Lagoas Formadas nas Depressões entre Faixas de Areia que constituem as Restingas** - São muito rasas e abastecidas por pequenos córregos e pela água da chuva. Não raramente aquelas mais próximas à faixa da praia são invadidas pelo mar durante as marés altas.

A lagoa costeira do Catú tem sua origem associada ao fechamento do seu canal e desembocadura por sedimentos Holocênicos de origem marinha na forma de barreiras arenosas e dunas móveis (GOMES, 2003).

### ***2.2.3 Características Gerais das Lagoas Costeiras***

O conhecimento da dinâmica dos fatores abióticos é de fundamental importância para a compreensão das propriedades biológicas, químicas e físicas das lagoas costeiras. Smith (1994) identifica a importância, ao exemplificar que os fluxos de água controlam o sistema da lagoa, contribuem para a qualidade da água e fornecem um mecanismo para a importação e exportação de nutrientes e de organismos planctônicos.

Os fluxos de salinidade determinam as características gerais da lagoa, tais como a dinâmica das comunidades zooplânctônica e fitoplânctônica, assim como influenciam a turbidez do recurso hídrico, induzindo, de acordo com o grau de salinidade acoplado com a carga de nutrientes, mudanças da água de clara para o estado turvo de uma forma não linear (JEPESSEN et al., 1994 apud JEPESSEN et al., 2007) e os fluxos de temperatura controlam o aquecimento e o resfriamento (SMITH, 1994).

Devido ao alto grau de conectividade com o continente e aos ecossistemas oceânicos, as lagoas exibem, além da troca significativa de água, trocas de partículas e de materiais dissolvidos (SMITH & ATKINSON, 1994). Os rios e os córregos são, geralmente, a fonte dominante de entrada de material em lagoas costeiras, transportando material particulado do leito da bacia de drenagem (KJERVFE & MAGILL, 1989).

Kjervfe e Magill (1989) corroboram que as entradas alóctones na lagoa, de forma equilibrada, como a de nutrientes, por exemplo, aumentam a produtividade, entretanto, entradas em excesso podem causar eutrofização. A contribuição destes aportes pode envolver também várias substâncias tóxicas, como por exemplo, metais tóxicos, produtos químicos orgânicos e agrotóxicos, provenientes de descargas antrópicas, fontes agrícolas e industriais, que causam poluição nas lagoas (KJERVFE & MAGILL, 1989).

A composição da água nas lagoas costeiras depende da pluviosidade, do intemperismo das rochas, da agricultura na bacia de drenagem e dos eventuais despejos de esgotos domésticos e industriais. O fluxo de massa dos constituintes reflete a extensão da poluição e muitos outros processos que atuam na bacia de drenagem (STUM & MORGAN, 1981).

Kjervfe e Magill (1989) afirmam que estas lagoas estão sujeitas à rápida sedimentação e, eventualmente, podem evoluir para outros tipos de ambientes devido ao assoreamento, atividades tectônicas, mudanças eustáticas do nível do mar e atividades de usos da terra.

#### ***2.2.4 Problemática Ambiental nas Lagoas Costeiras***

Os ambientes lacustres costeiros possuem várias características que os tornam sistemas mais vulneráveis do que outros quanto aos impactos humanos. Como consequência, a manutenção e conservação da biodiversidade, e o funcionamento são, em muitos casos, problemáticos. Muitos impactos observados atualmente surgem nas zonas costeiras dos países em desenvolvimento como as da região Neotropical, nas quais os reguladores do governo são menos rigorosos ou sem comparação com os de países mais desenvolvidos (KENNISH, 2002).

Patchineelam (2000) apud Loureiro (2010) corrobora que as lagoas costeiras são ambientes extremamente sensíveis, que sofrem diretamente com as atividades humanas, tais como:

- a) construção de barragens e reservatórios de água na bacia de drenagem, que servirão de armadilha para os sedimentos necessários à formação da barreira/restinga;

b) agricultura e urbanização dos solos, que aumentarão o grau de erosão e conseqüentemente a chegada de sedimentos às lagoas, que sofrerão assoreamento e diminuição da qualidade das águas.

c) Lançamento de esgotos domésticos sem tratamento.

Considerando os corpos hídricos costeiros provedores de água para os mais diversos fins, inclusive ao uso comum e necessário de dessedentação para homens e animais, Carpenter et al., (1998) acrescentam que além dos múltiplos estressores antropogênicos citados, o desenvolvimento das bacias hidrográficas, a salinização, bem como os condutores da dinâmica ambiental, tais como: regimes hidrológicos e episódios de distúrbios quando combinados podem alterar profundamente os ecossistemas de água doce. Ressaltam também, que estes fatores não se restringem a áreas densamente povoadas, mas atingem também regiões relativamente pouco manejadas.

A compreensão da interação entre os estressores antropogênicos múltiplos e a variabilidade ambiental é um passo fundamental para avaliação das conseqüências dos impactos humanos sobre o funcionamento dos ecossistemas de água doce (HEUGENS et al., 2001). Portanto, o entendimento de todos os processos que são intrínsecos as lagoas, como níveis de eutrofização, circulação hidrodinâmica e dinâmica física são de importância primordial para o planejamento e implementação de estratégias de gestão em lagoas costeiras (KJERFVE & MAGILL, 1989).

Berkes e Seixas (2005) afirmam que estas lagoas são modificadas pela degradação do hábitat de diversos organismos, por assoreamento, por aterros e pela crescente eutrofização, perfazendo um dos ecossistemas mais dominados pelo homem e mais ameaçados na Terra, devido à localização ao longo da costa densamente povoada.

Naturalmente, os impactos que as ações antrópicas têm causado aos ambientes lênticos levam à perda de qualidade e dificultam a manutenção da integridade desses ecossistemas, além de interferir na sustentabilidade das comunidades tradicionais que as utilizam (Allan & Flecker, 1993; Pinheiro & Morais, 2010).

Esteves et al. (2008) acrescentam que embora não haja um conhecimento considerável sobre as conseqüências de impactos antropogênicos sobre a estrutura e função de lagoas costeiras em todo o mundo, existem casos quase que exclusivos, documentados de iniciativas bem-sucedidas voltadas para a proteção e recuperação desses sistemas para a costa

do Mediterrâneo citados em Lardicci et al. (2001), Gikas et al. (2006) e Tsihrintzis et al. (2007).

Portanto, diante das problemáticas levantadas, demonstram-se a necessidade da realização de diagnósticos integrados para o estabelecimento do nível de impacto da ação antrópica e área de abrangência para subsidiar ações de planejamento, gestão e recuperação ambiental dos corpos hídricos (LIMA et al., 2000; CAVALCANTE, 1995).

Para a verificação de situações como estas, tornam-se relevantes a identificação das fontes pontuais de poluentes nas lagoas costeiras, onde, geralmente as atividades de agricultura, indústria e habitação no entorno das mesmas são intensas. Estas informações associadas aos estudos socioambientais e biológicos são imprescindíveis em virtude da carência de trabalhos ou metodologias que consubstanciem planos de monitoramentos que avaliem impactos em médios e longos prazos nos sistemas hídricos (JORGENSEN & VOLLENWEIDER, 2000; GOMES, 2003).

### **2.3 Capacidade de Suporte Ambiental dos Corpos Hídricos**

Os ecossistemas aquáticos têm sofrido fortes alterações em distintos níveis devido à forte atuação antrópica. Tal fator, como já mencionado, vem acarretando uma série de impactos ambientais para os corpos hídricos, eventos estes, muitas vezes preocupantes, pois se tratam de um recurso imprescindível para os mais diversos usos. A degradação ambiental decorrente constitui-se em diminuição considerável na disponibilidade de água de qualidade, produzindo inúmeros problemas ao seu aproveitamento (PEREIRA, 2004).

Diante das pressões existentes aos recursos hídricos e de suas conseqüentes respostas ao meio, o conhecimento da interação entre os mesmos é de extrema valia para uma possível atenuação da situação.

O estudo da capacidade de suporte ambiental consiste em uma ferramenta importante para a identificação da assimilabilidade dos corpos hídricos quanto às pressões existentes no seu entorno e /ou em sua bacia hidrográfica. Segundo Youssapol et al (2002) a capacidade de carga é geralmente considerada como a capacidade para a absorção ou tolerância de cargas transmitidas em escala global, regional e local, ou seja, para uma acomodação das tensões sem mostrar os danos.

Sob uma visão ainda mais antropogênica e mesclada com o princípio da sustentabilidade, Starling et al (2005) enfatizam que a capacidade suporte também pode ser

definida como sendo o número de indivíduos que podem ser mantidos (suportados) em uma determinada área dentro do ambiente natural, social, cultural e econômico para gerações presentes e futuras.

Uma exemplificação desta abordagem é a frequente definição de capacidade de suporte de lagos para atividades de turismo e lazer em países da Europa e América do Norte (MONGILLO & ZIERDT-WARSHAW, 2000 apud STARLING et al., 2005)

Em meio às aspirações, necessidades ou desejos da sociedade, a variável ambiental precisa existir atribuída a um grau de importância que a favoreça, igualando-a ao agir humano quanto às possibilidades, potencialidades e mesmo as limitações do meio (MACHADO, 1999).

Portanto, Machado (1999) afirma que agindo dessa forma, considerando igualmente o meio e os anseios da sociedade há uma alteração substancial na rota tradicional dos debates, implicando em não se simplificar as questões relativas ao uso dos recursos naturais, em termos de “fazer ou não fazer”, mas priorizando o “como e quanto” deve ser feito.

Então, para o conhecimento da capacidade de suporte e regeneração é necessário saber quais processos impactantes negativamente atuam no meio. Para tanto, Stum e Morgam (1981) declaram que vários processos degradativos do ambiente podem ser identificados e estudados a partir de informações da geologia, composição da água dos rios, uso dos solos, densidade populacional, efeitos de concentração e fluxo dos poluentes.

Para os corpos hídricos, a identificação dos componentes limitadores de suas condições estáveis permeia na consideração de aspectos de qualidade e quantidade da água. Considerando-se as suas disponibilidades para as mais diversas atividades, tanto para os usos consuntivos (abastecimento humano, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais e outros), que são aqueles que não ocorrem perdas entre o que é retirado e o que retorna ao sistema natural, quanto aos não consuntivos (recreação, harmonia paisagística, geração de energia elétrica, conservação da flora e fauna, navegação, pesca, diluição, assimilação e afastamento de despejos) e a capacidade dos mananciais de diluir e depurar as possíveis cargas de resíduos aportadas (MOTA, 1997).

Dentre os inúmeros fatores que podem comprometer as condições estáveis dos ambientes aquáticos, um deles trata-se da ocupação indiscriminada de suas margens, que acontece, muitas vezes, equivocadamente e sem as mínimas condições técnicas (ZOCCAL, 2007). Este fator acarreta na substituição quase total da vegetação primitiva particular aos

ambientes aquáticos, a mata ciliar, favorecendo as atividades dominantes da região, como a agricultura local, com as culturas de ciclo curto (ZOCCAL, 2007), turismo, especulação imobiliária e outros.

### ***2.3.1 Aporte de Sedimentos nos Corpos Hídricos***

Segundo Suguio (1980), os sedimentos, de uma forma geral, são provenientes do processo de intemperismo das rochas matrizes preexistentes na área fonte sobre a composição dos mesmos.

O intemperismo age na interface entre a atmosfera e a litosfera em função principalmente de três grupos de variáveis: condições climáticas, propriedades dos materiais e variáveis locais (vegetação, vida animal, lençol freático, etc.) (SUGUIO, 1980). O processo resultante do intemperismo nas rochas e solos é conhecido por erosão.

A erosão do solo trata-se do processo de desagregação e deslocamento das partículas sólidas da superfície do solo ou do leito dos canais, devido a diversos agentes como o impacto das gotas de chuva e o escoamento superficial (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

Além da erosão proveniente da desagregação e do transporte de solos promovidos pelos mecanismos próprios do meio natural, há um aceleração deste processo pela atuação humana no espaço, que mediante suas atividades mobiliza e transporta grande quantidade de sedimentos. Isto, somado a ausência da cobertura vegetal, que atua como uma defesa natural (BRITO, 2012) tanto nos solos como as margens dos mananciais, possibilita um aporte de carga elevada de sedimentos aos cursos d'água.

Tucci e Collischonn (1998) enfatizam que durante o desenvolvimento urbano, o aumento da produção de sedimentos de uma bacia hidrográfica é significativo, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias entre outras causas.

Muito semelhante ao que acontece nas bacias rurais, “no cultivo do solo e sua consequente exposição periódica e aumento da produção de sedimentos, devido à alteração da estrutura da camada superficial do solo e declínio da resistência à erosão”, ocorre em bacias urbanas, durante o processo de alteração de uso do solo, como quando na ocupação nas periferias das cidades por loteamentos, em locais como: áreas de campos, florestas ou até banhados (TUCCI & COLLISCHONN, 1998).

Os efeitos da erosão aos recursos hídricos superficiais podem se manifestar através do assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, cujas consequências, muitas vezes, são a intensificação das enchentes e desequilíbrios ambientais que podem afetar a fauna e a flora local (AQUINO & LOPEZ, 2000). Aquino e Lopez (2000) intensificam que, além disso, o processo de assoreamento pode incidir numa perda de capacidade de armazenamento dos reservatórios, causando prejuízos tanto ao abastecimento de água, como à geração de energia elétrica quando for o caso.

### ***2.3.2 Fontes de Sedimento para os Corpos Hídricos***

Ao considerar uma bacia hidrográfica, que por definição corresponde “(... a uma unidade natural, ou seja, uma determinada área de superfície terrestre, cujos limites são criados pelo próprio escoamento das águas sobre a superfície, ao longo do tempo.)” (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003) como o resultado da interação da água e de outros recursos naturais como: material de origem, topografia, vegetação e clima (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003). Parte-se do pressuposto que todos os componentes que atuam direta e indiretamente na área de abrangência da bacia e que as cargas recebidas serão levadas por escoamento superficial ao corpo hídrico principal. Portanto, os usos do solo deverão ser conhecidos para a identificação das variáveis passíveis de alterações expressivas no ambiente aquático.

Valente e Castro (1981) apud Araújo et al. (2009) corroboram ao afirmarem que a qualidade de cada corpo d'água está relacionada à geologia, ao tipo de solo, ao clima, ao tipo e quantidade de cobertura vegetal e ao grau e modalidade de atividade humana.

O processo das fontes naturais ocorre de forma espontânea, como resultado do transporte de partículas inorgânicas ou orgânicas que, ao serem depositadas irão constituir o substrato sedimentar de diversos ecossistemas (GODOY, 2011). Essa carga de sedimentos originada do intemperismo e da erosão é produto de processos comuns que atuam em escalas temporais geológicas segundo as características litológicas da região.

Nos ambientes lacustres costeiros poderão também ocorrer de forma natural, contribuições sedimentares transportadas pelos ventos. Tal evento, também é responsável pelo surgimento das Dunas, que consistem em formações arenosas originadas através do acúmulo de material de granulometria fina pelo vento transportado (GODOY, 2011). As dunas podem

ser formadas em diversos ambientes litorâneos: estuários, lagoas, baías semifechadas e em praticamente todos os tipos de clima (HESP, 2002).

No entanto, o processo das fontes antrópicas consiste na alteração do regime sedimentar natural da região e na provocação de grandes alterações nos ambientes receptores dos sedimentos (GODOY, 2011).

A remoção da cobertura vegetal, o desnudamento e a compactação do solo, associados às altas declividades do talude, resultam em uma elevada susceptibilidade a processos erosivos. Tal impacto pode ser maximizado em função da textura dos solos e deficiência de infiltração, e do escoamento superficial diretamente sobre o solo (RODRIGUES et al., 2005). Como exemplo disto, Tucci e Collischonn (1998) afirmam que, tradicionalmente os loteamentos urbanos, construção de vias, estradas são precedidos por intensa atividade de retirada da cobertura vegetal, movimentação de volumes de terra e desestruturação da camada superficial de solo.

As técnicas agrícolas inadequadas acrescentam a problemática, o mau uso dos recursos naturais e o emprego de agroquímicos, levam à degradação dos corpos hídricos e do solo. Pois, muitas vezes esta atividade é conduzida por indivíduos que não possuem consciência ou capacitação técnica da necessidade da conservação do meio onde vivem e trabalham, principalmente quando a prática da cultura ocorre em áreas de grande sensibilidade como as próximas às nascentes de corpos hídricos e nas bordas de fragmentos florestais (ARAÚJO et al., 2009).

Além dos impactos físicos (assoreamento, diminuição da capacidade de armazenamento), Tucci e Collischonn (1998) acrescentam que o transporte de sedimentos traz consigo possíveis cargas de poluentes agregados aos sedimentos em função das atividades desenvolvidas na bacia de drenagem que possivelmente poderão comprometer a qualidade da água dos reservatórios hídricos próximos.

## **2.4 Áreas de Proteção Permanente**

Em face do exposto nos capítulos anteriores, nota-se uma real interdependência entre a qualidade dos recursos hídricos com as atividades desenvolvidas em suas margens. Lodo e Rosalen (2012) confirmam que a qualidade do manancial está intimamente relacionada com o uso que se faz do solo em seu redor.

Assim, parte-se do pressuposto que a manutenção dos corpos hídricos é diretamente proporcional a manutenção equivalente de outros recursos naturais. Dentre eles, a vegetação circundante dos ambientes aquáticos, intitulada como mata ciliar.

Nascimento et al. (2005) afirmam que os debates acerca da preservação e conservação da vegetação nativa, sobretudo aquela situada ao longo dos cursos d'água, nascentes e em regiões de topografia acidentada tem ocupado lugar de destaque, sendo um dos pilares para técnicos, pesquisadores e ambientalistas que relatam a sua importância para proteção dos recursos hídricos.

As áreas ripárias onde estão localizadas as matas ciliares possuem importantes funções na dinâmica dos ecossistemas aquáticos (POLETO et al., 2004). Dentre as inúmeras funções, Lima e Zakia (2000) apud Poleto et al. (2004) citam algumas: a formação de habitats e abrigos, corredores de migração, áreas de reprodução, constância térmica, regulação da entrada e saída de energia, fornecimento de material orgânico, contenção de ribanceiras, diminuição da entrada de sedimentos, sombreamento, regulação de vazão e do fluxo corrente, além da influência na concentração de elementos químicos na água.

Diante da importância de áreas como estas, o Código Florestal Brasileiro – a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 instituiu a criação das Áreas de Preservação Permanente (APP), preconizando-a como área protegida, 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 et al. (2005) consideram neste código a intenção de disciplinamento e limitação das interferências antrópicas sobre o meio ambiente.

Desde a criação do Código Florestal Brasileiro em 1965, ocorreram diversas mudanças na lei e na forma de interpretação da lei que determina o que é a Área de Preservação Permanente, sendo que as principais polêmicas giram em torno da delimitação da mata ciliar.

Assim, em 25 de maio de 2012, foi instituída a Lei Nº 12.651 - o Novo Código Florestal Brasileiro. Em seu artigo 4º, a Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas referentes aos corpos hídricos são considerados da seguinte forma:

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:

- 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;

Áreas de Proteção Permanente possuem sistemas de proteção legais rígidos: sua regra é a intocabilidade, admitida excepcionalmente a supressão da vegetação apenas nos casos de utilidade pública ou interesse social legalmente previsto (ALVES & CALIJURI, 2010; PINHEIRO & CABRAL, 2007).

Entrementes, muitas dessas conquistas ainda não externaram o papel, condição esta, decorrente basicamente de dois fatores: primeiro, a inexistência da demarcação oficial das áreas de preservação permanente, para vetar, em seu nascedouro, o licenciamento ambiental indevido; segundo, a constatação da deficiência estrutural do Estado, inviabilizando promover-se efetiva fiscalização ambiental em um país de dimensões continentais (RIBEIRO et al., 2005).

Dessa forma, o monitoramento das áreas de preservação permanente tem sido um grande desafio sob o aspecto técnico e econômico, pois os critérios de delimitação com base em levantamentos cadastrais exigem o envolvimento de pessoal especializado e de informações detalhadas da unidade espacial em análise (LODO & ROSALEN, 2012).

### **3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

#### **3.1 Lagoa do Catú**

A lagoa costeira do Catú constitui em uma porção do manancial com nome homônimo, o Rio Catú.

Segundo Pinheiro et al. (2010) a lagoa do Catú é o resultado dos processos de evolução que ocorreram no ambiente costeiro no qual o rio Catú está inserido, tais como a morfodinâmica dos campos de dunas móveis ao longo do Quaternário, que impulsionadas pelos ventos de E-SE migraram para o canal estuarino do rio, resultando no aprisionamento de águas e consolidando sua origem.

Este ambiente lacustre (Figura 1) junto ao litoral, possui área e volume consideráveis, com valores respectivos de 2,42 km<sup>2</sup> e 7.455.610 m<sup>3</sup> (GOMES et al., 2008; GONDIM et al., 2009).

**Figura 1. Apresentação da Lagoa do Catú sob diversos ângulos.**



Fonte: Acervo da Autora, 2013. (A) Visada aérea da lateral oeste da lagoa próximo à Rodovia CE 040; (B) Imagem frontal a montante da lagoa; (C) Visualização do corpo hídrico em direção às dunas.

A representatividade demonstrada em números desta lagoa se valida através da responsabilidade de abastecer parte da sede (30%) do município de Aquiraz. Além disso, é ainda utilizada para pesca artesanal e esportiva, assim como para práticas esportivas náuticas, a saber: barco, embarcações a motor, motos aquáticas, lanchas e outros equipamentos (GONDIM et al., 2009).

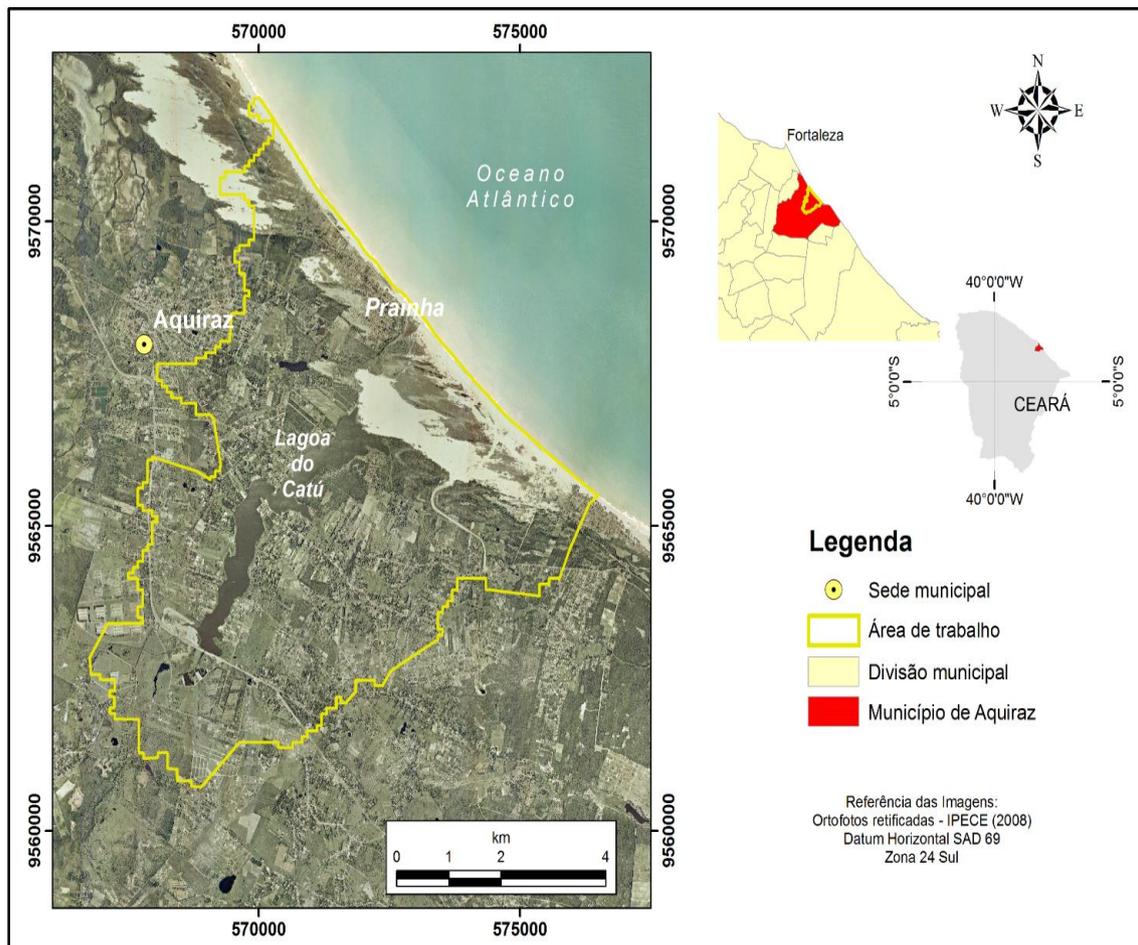
Consoante a sua beleza cênica, as condições climáticas agradáveis da região, tal área é identificada como um ponto atrativo ao turismo, as casas de veraneio, a balneabilidade e a especulação imobiliária.

### 3.1.1 Localização e Acesso

O sistema hídrico ao qual a lagoa faz parte, o Rio Catú, inicia-se com sua nascente no município de Horizonte no Estado do Ceará e escoia por aproximadamente 30 km até desaguar no Distrito da Prainha em Aquiraz (FALCÃO et al., 2006).

Ao longo da bacia hidrográfica do Rio Catú, a lagoa do Catú encontra-se no seu baixo curso, mais especificamente, limitada por referenciais físicos, a montante pela Rodovia CE-040 e a jusante por um Campo de Dunas, sob as coordenadas UTM 0567000E, 9561273N e 0575000E, 9569000N (Figura 2).

**Figura 2. Mapa de localização da área em estudo.**



Fonte: Elaboração da autora, 2013.

A área delimitada para o estudo está precisamente situada no município de Aquiraz, região nordeste do Estado do Ceará, a uma distância aproximada de 26 km da capital. O acesso à referida localidade se faz pela Rodovia Estadual CE-040.

### ***3.1.2 Características Gerais***

#### ***3.1.2.1 Aspectos Geomorfológicos***

A lagoa costeira em estudo está inserida sobre as rochas das Eras Cenozóicas Terciárias e Quaternárias, tais rochas estão representadas na área pela Formação Barreiras e pelos sedimentos litorâneos que compõem a planície costeira de Aquiraz e os depósitos fluvio-aluvionares (GOMES, 2003).

Pessoa (2003) destaca que, considerando sua localização, a lagoa está “embutida na superfície dos tabuleiros pré-litorâneos, assumindo características particulares, pois se trata de uma unidade de formação recente e dinâmica com mudanças significativas constantes, tanto físicas quanto sociais”.

No entorno da lagoa há uma presença preponderante dos Tabuleiros Pré-litorâneos, geologicamente provenientes da Formação Barreiras. Silva (2000) e Ribeiro (2001) relatam que os sedimentos oriundos desta formação são caracterizados como areno-argilosos, pouco consolidados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, com granulação variando de fina a média (silte/argila), possuindo ainda sedimentos mal selecionados e sub-arredondados e angulares dispersos.

Embora haja uma preponderância dos Tabuleiros Pré-litorâneos, estes não estão isolados, pois há toda uma dinâmica que envolve o corpo hídrico, uma vez que, a presente lagoa é uma seção de um rio e que a mesma está localizada em ambiente costeiro.

Assim, os depósitos fluvio-aluvionares estão, por sua vez, representados na área em interesse, pelas planícies e terraços fluviais, constituídos por sedimentos fluviais e lacustres (GOMES, 2003). Os sedimentos encontrados são areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica, geralmente, apresentam coloração cinza-claro ou amarelo-claro com variações para tonalidades escuras (quando há presença de matéria orgânica) (GOMES, 2003).

Na área em foco há ocorrência de dunas, sejam elas móveis (Figura 3) ou fixas. Ribeiro (2001) afirma que as dunas móveis ou recentes são resultantes da acumulação de sedimentos

removidos da faixa praial através da ação eólica (deflação) e distribuem-se em forma de cordão contínuo disposto paralelo à linha de costa e tem largura variável, havendo setores onde alcançam 2 a 3 km de largura.

**Figura 3. Dunas móveis que resultaram na obstrução do rio, originando a Lagoa do Catú.**



Fonte: Acervo da Autora, 2013.

Segundo Gomes (2003) é possível encontrar também na área, as paleodunas distribuídas discordantemente sobre os sedimentos da Formação Barreiras e são, em grande parte, cobertas pelas dunas móveis ou recentes. Entretanto, para a constatação que se trata realmente de um depósito mais antigo de dunas há a necessidade da utilização de métodos precisos para a sua identificação, como a datação com Carbono 14 (GOMES, 2003).

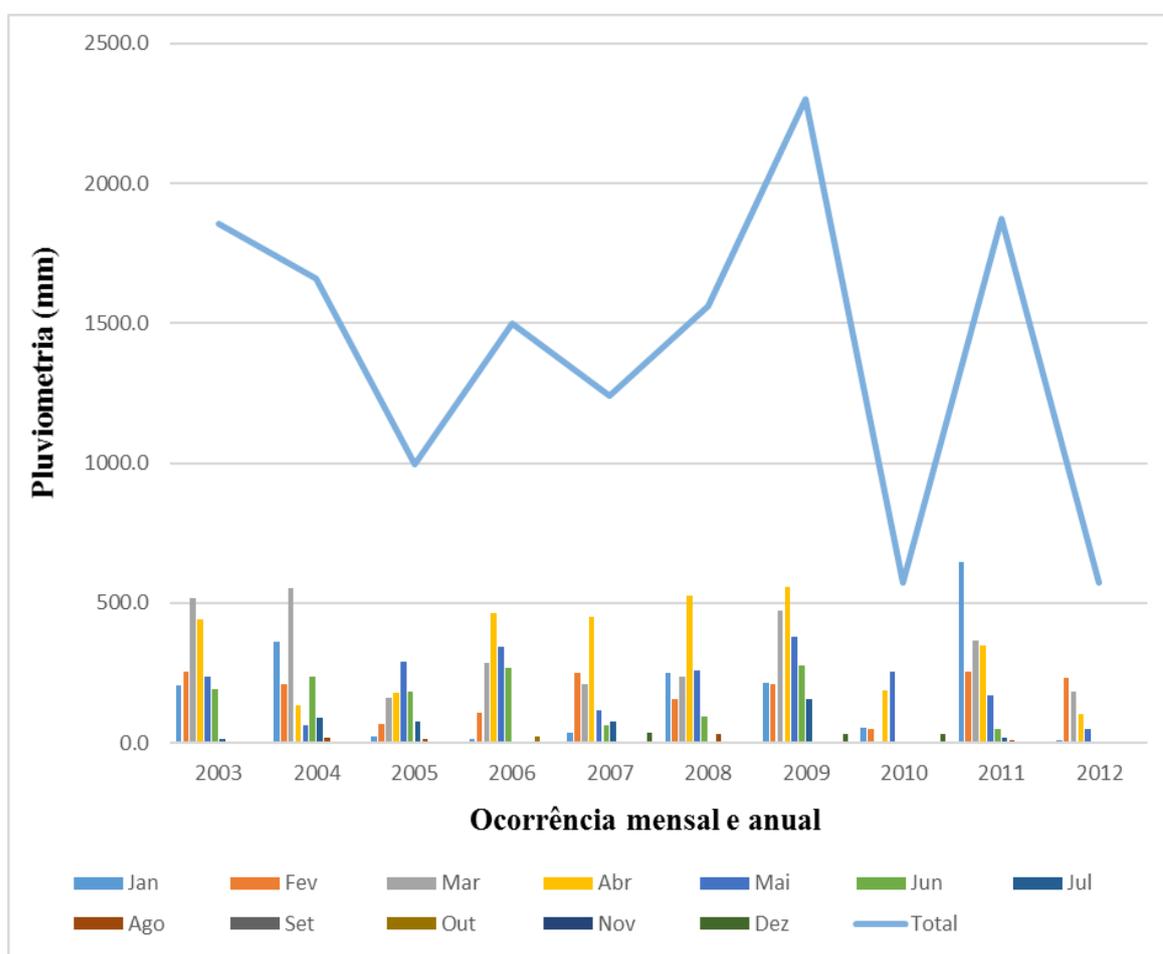
### *3.1.2.2 Aspectos Climáticos*

Segundo dados da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME) apud IPECE (2012), o município em que se encontra a Lagoa do Catú, Aquiraz, apresenta um clima Tropical Quente Sub-úmido, uma pluviosidade média de 1.379,9 mm e suas temperaturas variam entre 26° (fevereiro) a 28° C (agosto).

A quadra chuvosa de Aquiraz é apresentada por Lima e Zanaella (2011) como bem definida nos meses de fevereiro a maio, esta informação é corroborada por Pinheiro e colaboradores (2006) ao afirmarem que nos meses de março, abril e maio há um acúmulo em cerca de 96% de precipitação. O exposto pode ser confirmado com os dados plotados no

gráfico da Figura 4, cuja qual expõe a ocorrência chuvosa para todos os meses no intervalo dos anos 2003 a 2012, onde é possível verificar a forte incidência chuvosa no primeiro semestre ao longo dos anos e um decaimento brusco nos últimos seis meses. Na mesma figura também é visualizado a frequência chuvosa no decorrer do intervalo delimitado, pois ao observar o segmento de linha (legenda na cor azul claro) que identifica os totais anuais no gráfico, nota-se as maiores ocorrências chuvosas nos anos de 2003, 2009 e 2011 e as menores em 2005, 2007, 2010 e 2012. No gráfico não há presença do ano de 2013, uma vez que não houve precipitações significativas para o ano citado. Constatando-se, portanto, a irregularidade chuvosa da área.

**Figura 4. Ocorrência pluviométrica no intervalo dos anos 2003 a 2012 para o município de Aquiraz.**



Fonte: Elaboração da autora (2013). Dados pluviométricos cedidos pela FUNCEME (2013).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema atmosférico atuante na Região, porém outros sistemas atuam nessa área, tais como: Vórtice Ciclônico de

Altos Níveis (VCAN), Complexos Convectivos de Meso-escala (CCM), Linhas de Instabilidades (IT), Ondas de Leste (OL), Brisa Marítima e Brisa Terrestre (LIMA & ZANELLA, 2011). A ZCIT controla a migração dos ventos, que são caracterizados por uma velocidade variante de 3,2 a 10 m/s ao longo do ano (PINHEIRO et al., 2006).

A evaporação da localidade possui valores altos, com um total anual de aproximadamente 1.800 mm, com máximas nos períodos de agosto a novembro (meses enquadrados na estação seca, típica da região), e mínimas de fevereiro a março (meses com maior índice pluviométrico) (PINHEIRO et al., 2006).

### ***3.1.3 Histórico da Lagoa***

Para o entendimento das condições atuais da Lagoa do Catú, faz-se necessário um breve levantamento das condições passadas pela mesma diante as inúmeras intervenções ocorridas no seu sistema hídrico, o Rio Catú. Para tanto, a seguir serão listadas e especificadas as principais transformações na bacia de drenagem do Catú desde a década de 1990.

A lagoa costeira do Catú foi formada pelo represamento do rio de mesmo nome pela formação do campo de dunas móveis, na qual formou um espelho de água que se estendia até aproximadamente dois quilômetros a montante. Gomes (2003) nota que o processo desencadeado na área ocorreu bem próximo à foz e que ao analisar imagens distintas (de 1973 e 1997) do referido local, confirma que o rio tentou resistir, migrando lateralmente na direção Oeste, seguindo o contorno do campo de duna. Entretanto, devido ao grande aporte de areias eólicas, juntamente com a baixa competência do rio, assoreou, quase que totalmente o canal fluvial, formando uma barreira ao deságue deste rio à aproximadamente 2,7 km da foz (GOMES, 2003).

Embora este impacto tenha sido de extrema relevância para a formação do corpo lacustre, outras situações de caráter antrópico aconteceram para que a configuração atual da lagoa existisse.

Portanto, a seguir estarão relatados os fatos ocorridos na lagoa a partir da década de 1990 segundo Gomes (2003):

Dado a problemática de abastecimento d'água vivenciada pelo município, intensificado por um período de estiagem, em 1993, a administração local (Prefeitura de Aquiraz) decidiu barrar o curso do Rio Catú (que ainda corria contornando o campo de dunas)

para manter o nível da lagoa mais elevado a fim de garantir o abastecimento da sede do município;

Inicialmente foi construída uma barragem de pequeno porte, localmente denominada de passagem molhada, que aprisionou quantidade considerável de água e reduziu significativamente o fluxo para o estuário do sistema;

No entanto, logo ocorreram problemas de inundações na planície lacustre formada pelo barramento anterior, frente a um aporte elevado de água para a lagoa em 1994, devido a um intenso período chuvoso.

Em 1995, através de estudos solicitados pela Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará foi sugerida a construção de um vertedouro na área de barramento natural das dunas com rebaixamento da cota de sangria de 8.84 m para 5.84 m, com o intuito de regularizar as vazões e evitar, dessa forma, as inundações e impactos a fauna e flora do estuário;

Em 2002, foi construído um novo vertedouro de concreto, revestido por enrocamento com a finalidade de evitar que no período chuvoso do corrente ano o nível da lagoa subisse demais e comprometesse a estrutura da barragem e as benfeitorias no entorno da lagoa (casas, pousadas, restaurantes e cultivos);

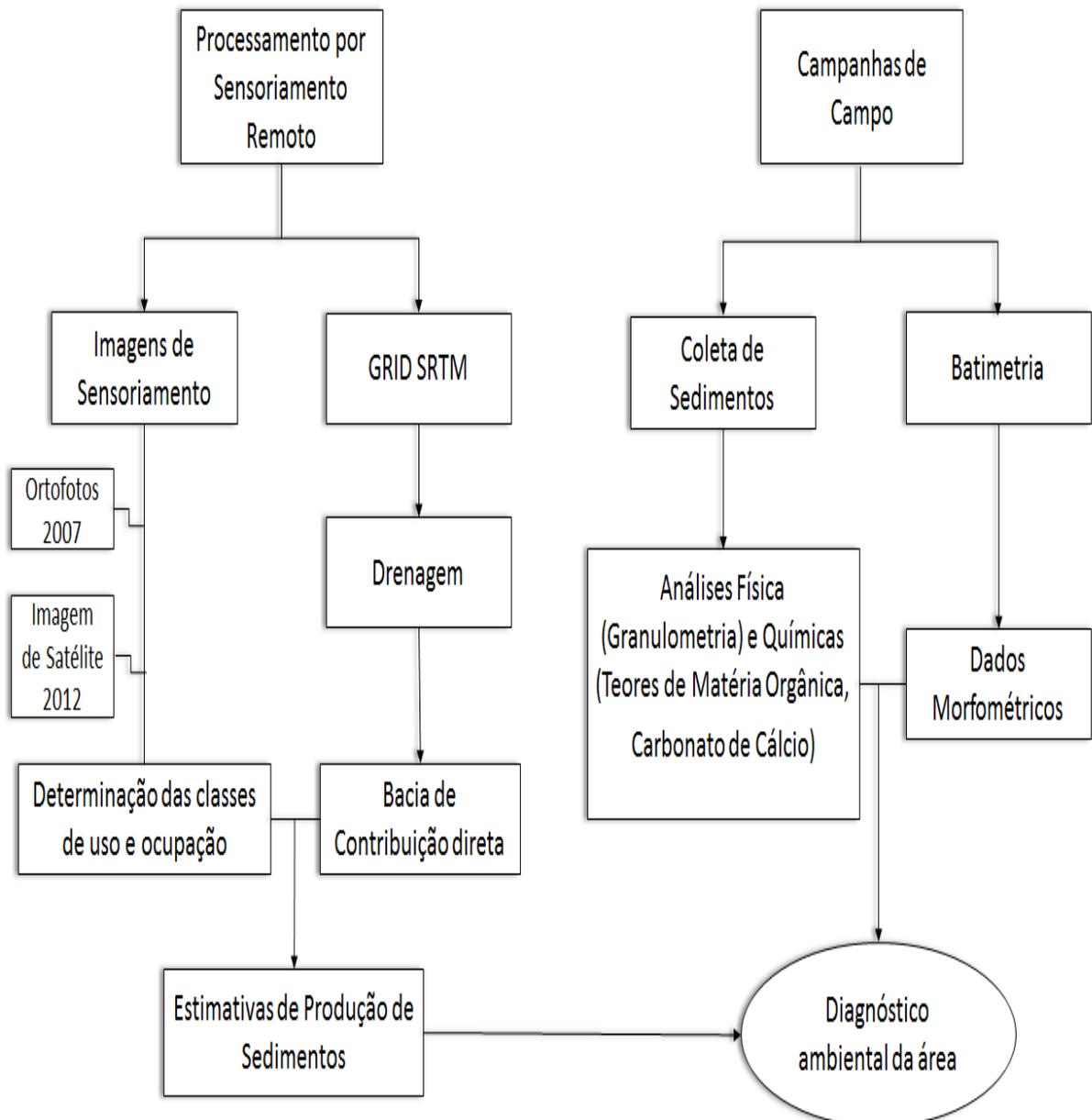
Em 2003, foi concluída a construção de uma barragem, intitulada como Açude Catú-Cinzento, no início do terço superior da bacia do Rio Catú, nas localidades Cinzenta e Guarda.

Pinheiro e Moraes (2010) consideram que a construção do reservatório Catú-Cizento associado ao sistema de vertimento da lagoa foram obras imprescindíveis no controle das inundações. No entanto, apesar da eficiência das obras, as margens da lagoa foram largamente desmatadas e ocupadas, aumentando o assoreamento e o surgimento de novas áreas de riscos de inundações (PINHEIRO & MORAIS, 2010).

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o conhecimento do comportamento da Lagoa do Catú nos últimos 10 anos, assim como do seu entorno, foram seguidos os seguintes procedimentos metodológicos (Figura 5):

**Figura 5. Diagrama Esquemático dos Principais Processos Metodológicos.**



Fonte: Elaboração da própria autora, 2013.

#### 4.1 Aquisição de dados Cartográficos e Mapeamento

Para o início do trabalho, primeiramente, foi adquirido material cartográfico básico da área que abrange a Lagoa do Catú, junto ao Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE, que compreendia ortofotos na escala de 1:20.000 (Figura 6) obtidas a partir de fotografias aéreas verticais na escala de 1:35.000, do ano 2007 e reambulação no ano de 2008 (IPECE, 2008).

**Figura 6. Mosaico de Ortofotos predominantemente do município de Aquiraz – CE.**



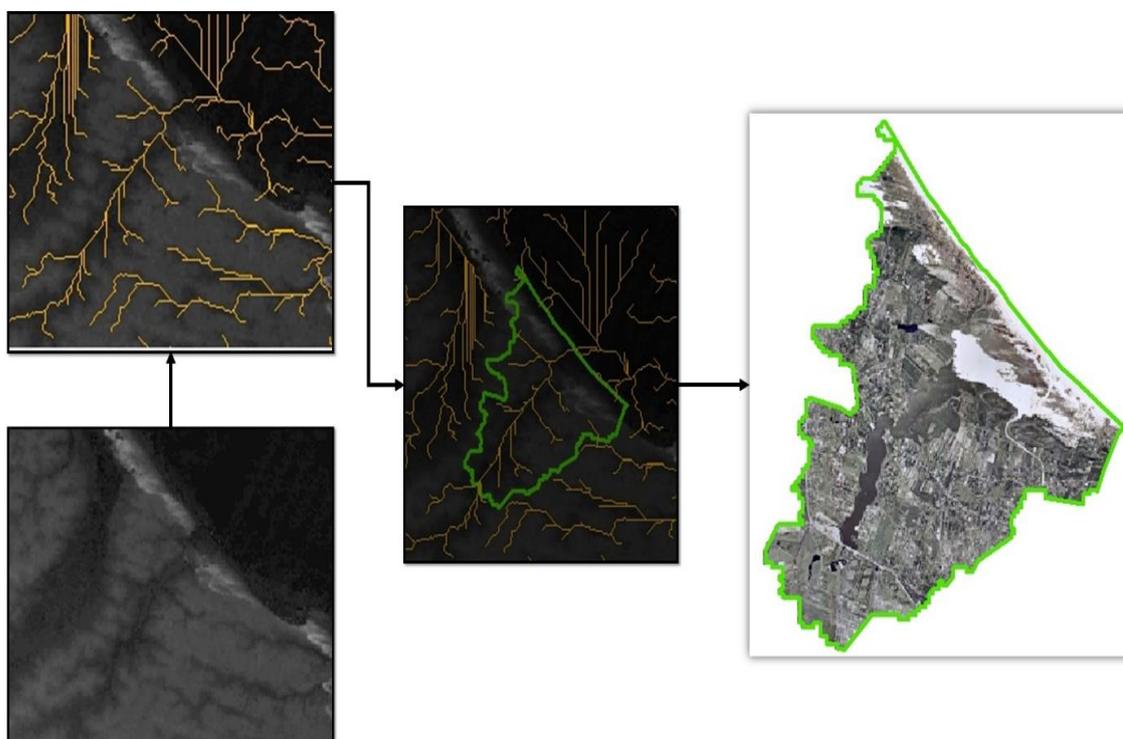
Fonte: IPECE, 2008. Em destaque a área de enfoque do presente estudo: Lagoa do Catú e sua bacia de contribuição direta.

Ao analisar a área por meio das ortofotos, buscou-se delimitá-la em função do corpo hídrico em estudo, uma vez que, a referida lagoa já faz parte da sub-bacia do Rio Catú. Então, foi realizada a delimitação da bacia de contribuição direta a Lagoa do Catú por meio da realização de procedimentos para a extração de drenagens da área em ambiente de Sistemas

de Informações Geográficas - SIG, utilizando o *software* ArcGis 9.3® para a obtenção dos pontos confluentes ao corpo lacustre.

Para tanto, utilizou-se o Modelo Digital do Terreno (MDE) (Figura 7) oriundo da missão SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*, disponível em formato *Geotiff* na rede mundial de computadores (internet) para *download* no sítio eletrônico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa.

**Figura 7. Procedimentos realizados para a obtenção da Drenagem e consequente determinação da bacia de contribuição direta.**



Fonte: Conforme as setas, primeiramente, MDE (EMBRAPA, 2012) e por último Ortofotos (IPECE, 2008) já recortadas segundo a delimitação dos pontos confluentes ao corpo hídrico resultante da extração de drenagens.

Após a delimitação da bacia de contribuição direta foram realizados processos para a identificação de aspectos descritivos do relevo da localidade a nível de conhecer o contorno topográfico, a declividade e a hipsometria da região estudada ainda com o MDT do local. Foram realizadas triangulações nos programas de sensoriamento remoto.

O TIN corresponde a uma estrutura de grade triangular do tipo vetorial, que apresenta topologia do tipo nó-arco e possibilita a representação de uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas. Assim, cada um dos três vértices da face

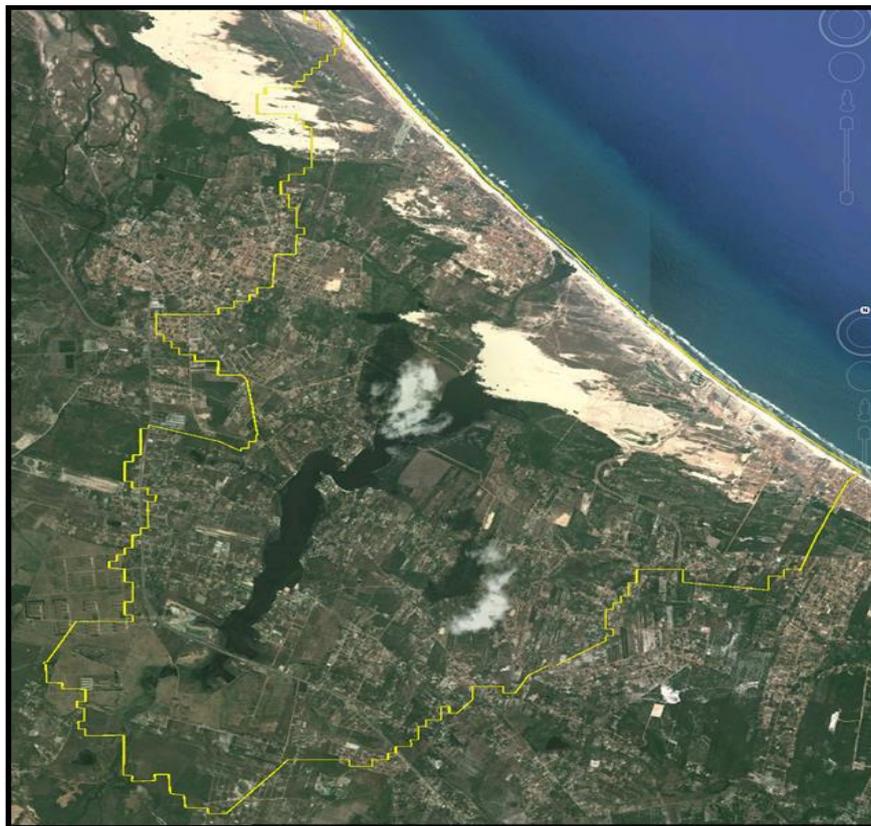
triangular armazena informações sobre a localização (x, y) e sobre os valores de altitude/elevação correspondente ao eixo z (COELHO, 2007).

Posteriormente, foi iniciado o processo de identificação dos usos e ocupação de toda a área englobada pela bacia criada nas Ortofotos de 2007. Mediante a utilização de *software* de sensoriamento remoto e GIS, sob a projeção cartográfica UTM, zona 24 Sul, datum SAD-69, a imagem foi transformada em representações vetoriais, constituídas de linhas e polígonos atribuídos segundo ao uso específico das atividades identificadas na área.

A interpretação da imagem ocorreu de forma visual e manual bem como por meio de constatações em campo e de relatos encontrados nos trabalhos de Gomes (2003, 2012) e Pinheiro e Cabral (2007). Como resultado, foram identificados os seguintes tipos de uso da terra: Rios e Canais, Áreas de trânsito-transporte, Práticas Agrícolas, Solo Exposto, Faixa de Praia, Dunas-Paleodunas-Planície Fluvial, Hidrografia, Área Urbana, Vegetação Rala, Vegetação Densa.

De posse do mapeamento dos usos e ocupação da bacia através da imagem de 2007, foi pesquisada outra imagem de cunho espacial para o favorecimento de uma análise mais apurada da evolução da ocupação no entorno da lagoa do Catú. Em vista disso, buscou-se no *software* Google Earth, versão 7.0.2, cujo qual é uma ferramenta de pesquisa e apresentação de dados geográficos, uma imagem recente e com uma visualização de alta qualidade. Obteve-se, portanto, uma imagem do ano de 2012 (Figura 8).

**Figura 8. Imagem de satélite da área em estudo referente a 2012.**



Fonte: Google Earth (versão 7.0.2), 2013.

Posteriormente, a imagem de 2012 foi processada tomando por base os usos previamente delimitados nas Ortofotos de 2007, desta forma, realizou-se a comparação dos atributos, quanto aos usos da área, existentes ou não em seus respectivos períodos, por conseguinte, tal processo resultou na criação de dois mapas de épocas distintas com suas peculiaridades na escala de 1:50.000.

Ainda na ferramenta de geoprocessamento os dois mapas obtidos de uso e ocupação passaram pelo procedimento de cálculo de área para cada atividade identificada na bacia, conseqüentemente, os valores obtidos serviram para a verificação de mudanças substanciais ao longo do período de 2007 a 2012, assim como para a realização de estimativas de cargas de produção de sedimentos para o corpo hídrico.

No mesmo programa computacional, foi realizada a delimitação da APP na faixa marginal no entorno da lagoa do Catú, baseando-se na área de 100 metros assegurada pelo Código Florestal Brasileiro para os corpos hídricos que tenham de 50 a 200 metros de largura. Embora Gomes (2003) mencione que a lagoa do Catú possua uma largura média de 280 m, adotou-se a delimitação de 100 metros diante da intensa ocupação verificada em seu entorno.

Deste modo, gerou-se uma zona de largura (buffer) correspondente a 100 m. Tal procedimento foi realizado em estudo por PINHEIRO & CABRAL (2007), com imagem de alta resolução do satélite Quickbird, datada de 2001, portanto, dados deste trabalho também foram comparados para uma avaliação da evolução da margem de ocupação no entorno da lagoa em detrimento da mata ciliar.

#### 4.2 Cálculo para Estimativas de Carga de Sedimentos

Para a realização da estimativa de carga de sedimentos aportados na Lagoa do Catú, adotou-se a modelagem matemática, que consiste na substituição de objetos, forças, eventos, etc, por uma expressão que contém variáveis, parâmetros e constantes matemáticas (KRUMBEIN e GRAIBYLL, 1965 apud CHRISTOFOLETTI, 1999). Steinke (2007) afirma que modelos de simulação de carga poluidora, que representam matematicamente os processos de geração das cargas, têm como objetivo relacionar os diferentes tipos de cobertura do solo e seus impactos na rede de drenagem. Assim, as estimativas são realizadas na expectativa de indicar as áreas de maior fornecimento de poluição e as áreas que podem estar ameaçadas ou em desequilíbrio, por serem receptoras destas cargas (STEINKE, 2007).

No presente trabalho, optou-se na utilização das equações e parâmetros de carga e do escoamento superficial disponível no modelo simplificado baseado em sistema de informação geográfica, intitulado como *Pollutant Loading Application Overview* (PLOAD) acessível no *software Basins 4.0*. O modelo apresenta dois métodos distintos: Método do Coeficiente de Exportação (EC) ou o Método Simples (EMC). A diferença básica entre os dois trata-se de que o EC utiliza uma tabela com coeficientes de exportação e não requer dados de precipitação. Enquanto que, para o EMC há a necessidade da precipitação anual para o cálculo do escoamento superficial. Então, para este estudo, foi escolhido o EMC que utiliza os dados pluviométricos da região.

Para o método EMC, as cargas poluidoras para o poluente específico são calculadas por meio de duas equações. As mesmas foram baseadas nas conversões realizadas por Pitrat (2010), uma vez que as equações originais utilizam unidades não convencionais adotadas no Brasil.

Então, primeiramente, calcula-se o coeficiente de escoamento superficial para cada tipo de uso da terra por intermédio da seguinte equação:

$$R_{vu} = 0.05 + (0.009 * I_u) \quad (1)$$

Onde:

$R_{vu}$  – Coeficiente de escoamento por cada tipo de uso da terra ( $u$ ), *mm escoamento/mm precipitação*;

$I_u$  – Percentual de impermeabilidade por tipo de uso do solo (presente na tabela de fator de impermeabilidade do terreno encontrada no modelo).

No corrente trabalho foi realizado apenas o cálculo da carga de Sedimentos suspensos, salientando-se que o programa mencionado possui uma vasta gama de outros poluentes para a realização dos cálculos. Entretanto, a pesquisa limitou-se a verificar a carga de sedimentos com a seguinte equação:

$$LP = \sum_u (P * P_J * R_{VU} * C_U * A_U * /1.000.000) \quad (2)$$

Onde:

$L_P$  – Carga Poluidora, entende-se como a carga produzida para determinado parâmetro, no caso, Carga de produção de Sólidos Suspensos (*kg/ano*);

$P$  – Precipitação anual (*mm/ano*);

$P_J$  – Razão de chuva produtora de escoamento de superfície (*default = 0,9*);

$R_{vu}$  – Coeficiente de escoamento por cada tipo de uso do solo ( $u$ ) (*mm escoamento/mm chuva*);

$C_U$  – Média de concentração de poluente para cada tipo de uso do solo ( $u$ ) (*mg/L*);

$A_U$  – Área para cada tipo de uso da terra ( $m^2$ );

*1.000.000* – fator de conversão de *mg* para *kg*.

As equações mencionadas, juntamente com os seus parâmetros foram dispostos em planilhas do programa computacional *Microsoft Excel 2013* para a realização dos cálculos.

Os valores de precipitação para a região de Aquiraz, utilizados na equação (2), foram obtidos através do Relatório Anual/Diário de Pluviometria da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME (1013). As taxas de carga são derivadas das tabelas de EMC disponíveis no modelo, enquanto que as áreas de uso são provenientes do

cálculo realizado segundo os usos por meio de programas de GIS. Os valores utilizados como parâmetros de carga de sedimentos segundo o seu uso são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1. Parâmetros (*default*) de carga de sedimentos (PLOAD) por tipo de uso.**

<b>Tipo de Uso</b>	<b>Classes de Uso</b>	<b>Sólidos Suspensos Total (mg/l)</b>
Agricultura	Práticas Agrícolas	100
Agroindústria		
Áreas Descampadas	Solo Exposto	1000
Campo	Vegetação	1
Campo Mata		
Faixa de Praia	Praia	1000
Dunas-Paleo-Pln.Fluv.	Áreas Arenosas sem Praia	1000
Hidrografia	Água	70
Área Urbana	Urbano ou Área Construída	50

Elaboração - Lysandra Guedes Fontenele, a partir de Basins 4.0 (PLOAD).

### 4.3 Campanhas de Campo

Como recurso para a validação dos dados propostos pela modelagem matemática, foram realizadas três campanhas *in situ*, a primeira para o reconhecimento e aquisição de impressões sobre a área em estudo, a segunda para a coleta de amostras ao longo da Lagoa do Catú e a terceira para a realização do procedimento de Batimetria.

Os três momentos foram estabelecidos da seguinte forma:

- a) 1º campanha – impressões presenciais da área, avaliação das circunstâncias evidenciadas e constatações dos relatos encontrados na literatura sobre a localidade bem como a realização de registros fotográficos;

- b) 2º campanha – coletas de sedimento em 49 (quarenta e nove) pontos distribuídos ao longo do piso da lagoa, nas partes centrais e próximas a margem para a caracterização física e química do sedimento lacustre;
- c) 3º campanha – procedimento de Batimetria para a realização do Mapa Batimétrico.

**Figura 9. Principais equipamentos utilizados em campo.**



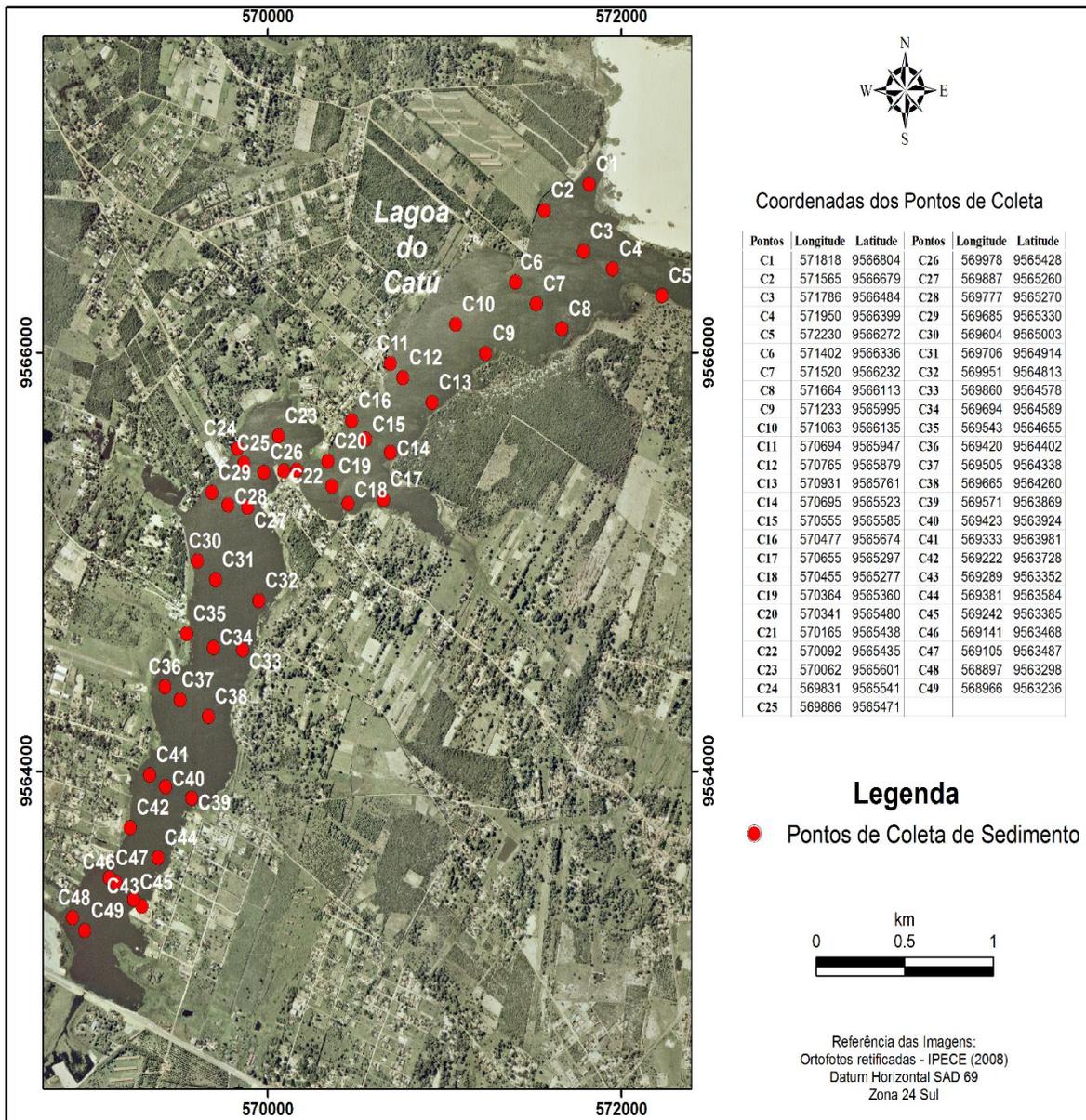
Fonte: Acervo da autora, 2013.

#### 4.3.1 Coletas de Sedimentos

Para a execução das análises físicas e químicas do sedimento, foram coletadas 49 (quarenta e nove) amostras ao longo da lagoa (Figura 10).

As amostras seriadas foram distribuídas em seções de 2 (dois), 3 (três) a 4 (quatro) pontos em relação a largura da lagoa, sendo cada uma espaçada a intervalos arbitrários ao longo do seu comprimento, a fim de alcançar uma melhor extensão das mudanças nas características dos sedimentos no piso lacustre.

Figura 10. Mapa com pontos de coleta das amostras de sedimento da Lagoa do Catú.



Fonte: Acervo da Autora, 2013.

A coleta dos sedimentos foi realizada com uma draga do tipo Van Veen (demonstrada na Figura 09). Em todas as amostras coletadas foi feito a demarcação da posição geográfica dos seus respectivos pontos através do aparelho GPS.

O procedimento ocorreu à medida que havia a escolha de pontos relevantes, tais como próximo as dunas, parte central e as margens da lagoa.

Então, a cada ponto o transporte náutico que conduzia o grupo da campanha, era ancorado e a draga lançada cuidadosamente ao fundo, de forma que ao tocar o piso sedimentar o instrumento aprisionava o material e, em seguida, era retirado do corpo hídrico

para a remoção da amostra e acondicionamento da mesma em sacos plásticos devidamente lacrados e identificados.

A caracterização física do sedimento da Lagoa do Catú compreendeu na determinação da granulometria (processo por peneiramento úmido e seco), e a caracterização geoquímica ocorreu com a determinação dos teores de carbonato de cálcio, carbono orgânico e matéria orgânica.

As amostras coletadas em campo foram levadas para armazenamento no Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira, Oceânica - LGCO da Universidade Estadual do Ceará - UECE, as quais foram mantidas em ambiente refrigerado. A maioria das análises foram processadas no LGCO, exceto a determinação do teor de carbonato de cálcio, que foi desenvolvida no Laboratório de Oceanografia Geológica - LOG da Universidade Federal do Ceará - UFC.

#### ***4.3.2 Levantamento Batimétrico***

Para o conhecimento do relevo submerso da lagoa realizou-se o processo de batimetria, cujo qual consiste na representação gráfica do relevo de fundo de áreas submersas.

O levantamento foi promovido com a utilização do aparelho ecobatímetro acoplado a um GPS Garmin (Sistema de Posicionamento Global), o primeiro equipamento caracteriza-se como uma sonda que determina a variação da profundidade do piso aquático, enquanto o segundo demarca as coordenadas dos pontos investigados.

O ecobatímetro funciona como uma fonte emissora de sinais acústicos, que com o auxílio de um relógio interno, mede o intervalo entre o momento da emissão do sinal e o instante em que o eco retorna ao sensor, assim, o som é captado pelo transdutor do aparelho que converte as ondas sonoras de retorno em sinais elétricos (PEREIRA & BARACUHY, 2008). Permitindo, portanto, a definição da distância vertical da superfície à profundidade do piso lagunar.

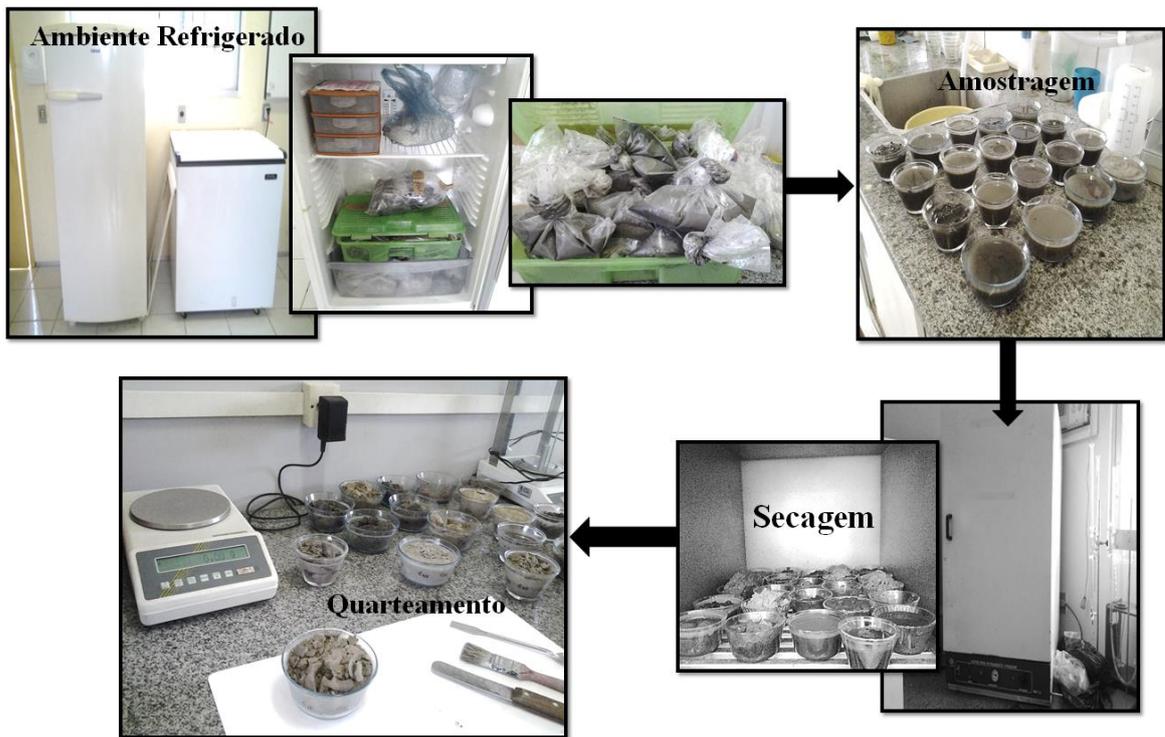
Os dados obtidos no levantamento batimétrico da lagoa do Catú permitiram a confecção do mapa batimétrico.

## 4.4 Procedimentos Laboratoriais

### 4.4.1 Preparação das Amostras

No LGCO, as amostras foram retiradas do ambiente refrigerado, dispostas em recipientes apropriados e colocadas para secar em estufa a uma temperatura de 60°C, por um período de 3 (três) dias, evitando, deste modo, modificações nos argilominerais sensíveis a altas temperaturas. Após a secagem, as amostras foram homogêneas, quarteadas e pesadas em balança analítica segundo a quantidade necessária para cada tipo de análise, a saber, 100g para a granulometria, 0,5g para o teor de carbonato de cálcio e 1g para carbono orgânico e matéria orgânica.

Figura 11. Sequência dos procedimentos realizados para a preparação das amostras.



Fonte: Acervo da autora, 2013.

#### *4.4.2 Análises Físicas e Químicas*

A caracterização granulométrica é responsável pela identificação do tamanho e textura dos grãos para a investigação dos eventos existentes na área em estudo, como os agentes de transporte e/ou ambientes de deposição.

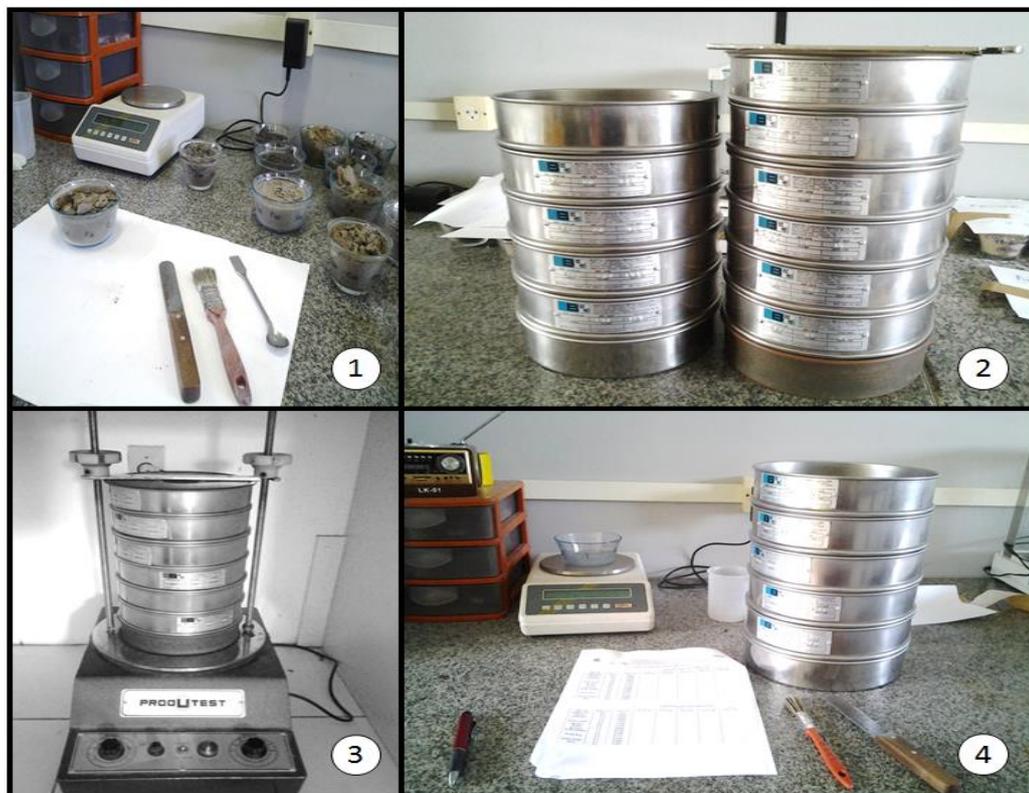
Portanto, para a separação das frações finas e grosseiras, a porção de cada amostra designada para a análise mecânica foi submetida ao peneiramento úmido, cujo qual, consiste na disposição do material sólido em peneira de malha 0,062mm de diâmetro e lavagem do mesmo em água corrente.

O material retido na peneira corresponde às frações variáveis de areia fina a cascalho, estes foram colocados em recipientes apropriados e encaminhados para uma nova secagem na estufa a uma temperatura de 60°C por 3 (três) dias. O sedimento passante se enquadra na granulação extremo inferior (areia muito fina - silte e argila) ou fração lamosa, o qual foi determinado pela diferença inicial das amostras (100 gramas) e o somatório de todas as outras frações obtidas no processo seco.

Após os processos iniciais descritos, a análise mecânica foi realizada em duas etapas, a primeira consistiu no método do peneiramento seco e a segunda na submissão dos dados obtidos no programa computacional de análise granulométrica ANASED 4.3i, desenvolvido pelo Laboratório de Geologia Marinha Aplicada da UFC, para a realização de cálculos estatísticos.

O método do peneiramento consistiu no encaminhamento da amostragem oriunda da secagem em estufa, equivalente a fração maior que 0,062mm a uma bateria de 12 (doze) peneiras com aberturas no intervalo de 2,830 mm à 0,062 (correspondendo a -2,00 a 4,00  $\phi$ ), conforme a escala granulométrica de WENTWORTH (1922) in SUGUIO (1973). Logo em seguida, foram direcionadas ao agitador mecânico “ROTAP SIEVE-SHAKER” por um intervalo de tempo de 10 (dez) minutos. As frações retidas em cada peneira foram pesadas e anotadas em uma planilha devidamente identificada com as referências de cada amostra e a numeração das malhas das peneiras utilizadas (Figura 12).

**Figura 12.** Mosaico de imagens com a seqüência dos processos e materiais descritos para o método do peneiramento.



Fonte: Acervo da autora, 2013. 1) Destorroamento dos grãos; 2) Conjunto de peneiras com diversas malhas; 3) Agitador Mecânico; 4) Pesagem do material disposto em cada malha e anotação dos valores encontrados.

Os dados provenientes das análises laboratoriais foram inseridos no software ANASED 4.3i, que destina-se ao cálculo de medidas estatísticas a partir das frequências simples e acumulada dos grãos, com a elaboração de histogramas e descrição dos sedimentos em relação as suas várias propriedades, como: diâmetro médio, mediana, assimetria, curtose e desvio padrão.

A tendência central da amostra é denotada pelos valores de moda, mediana e média. A moda consiste na maior ocorrência de um dado tamanho granulométrico. A média é caracterizada na divisão da amostra ao meio, pontua-se em determinada posição cêntrica em relação aos pontos extremos de uma amostra.

As medidas de dispersão e assimetria visam o fornecimento de informações mais precisas sobre o formato da curva das retas nos gráficos de frequência. O desvio padrão mede a variabilidade dos valores em torno da média obtida, os intervalos para a classificação do

selecionamento pelo desvio padrão, em valores de  $\Phi$ , estão expressos na Tabela 2, a seguir:

**Tabela 2. Valores limites do desvio padrão e classificação do grau de selecionamento, segundo a classificação de Folk (1968).**

<b>Classificação do Selecionamento</b>	<b>Valores em <math>\Phi</math></b>
Muito bem selecionado	< 0,35
Bem selecionado	0,35 a 0,50
Moderadamente bem selecionado	0,50 a 0,71
Moderadamente selecionado	0,71 a 1,00
Mal selecionado	1,00 a 2,00
Muito mal selecionado	2,00 a 4,00
Extremamente mal selecionado	> 4,00

Fonte: MUEHE, 2011.

A assimetria expõe se a curva é ou não simétrica, assim como indica o lado de inclinação da cauda mais longa da curva. Para uma curva assimétrica há sua distinção nas proposições positiva e negativa, caso seja a primeira, a cauda da curva à direita do valor modal, se estende mais que a localizada à esquerda, dirigindo-se em direção aos sedimentos mais finos. Isto, na escala de  $\Phi$ , é traduzido por valores mais elevados. Na segunda proposição, assimetria negativa, ocorre a cauda mais estendida do lado esquerdo do valor modal, direcionando-se para as frações grossas do sedimento.

Segundo Muehe (2011), na distribuição simétrica a posição da moda, da mediana e da média coincidem, então a simples análise da posição da média em relação à mediana fornece a ideia se a distribuição tende mais para o lado das frações grossas (assimetria negativa, valor da média, em  $\Phi$ , menor que o da mediana) ou para o lado das frações finas (assimetria positiva, valor da média, em  $\Phi$ , maior que o da mediana). A seguir, estão os valores limitantes para a classificação da assimetria (Tabela 3):

Tabela 3. Valores limites e classificação da assimetria dos sedimentos, segundo FOLK (1968).

<b>Classificação da Assimetria</b>	<b>Valores em (<math>\Phi</math>)</b>
Assimetria muito negativa	- 1,0 a - 0,3
Assimetria negativa	- 0,3 a - 0,1
Simétrica	- 0,1 a 0,1
Assimetria positiva	0,1 a 0,3
Assimetria muito positiva	0,3 a 1,0

Fonte: MUEHE, 2011.

O grau de agudez dos picos das amostras é intitulado como curtose, retratada nos picos nas curvas de distribuição de frequência. Conforme Suguio (1973), a maior parte das medidas de curtose computa a razão entre as dispersões (espalhamento) na parte central e nas caudas das curvas de distribuição. A curtose é uma medida de esbeltez da curva de distribuição (MUEHE, 2011).

Ponçano (1975) *in* Guerra e Cunha (2011) descreve que as distribuições leptocúrticas são características de áreas de transporte de sedimentos e as platicúrticas relacionadas as áreas deposicionais. As distribuições mesocúrticas são transicionais entre os dois estados citados. Para a classificação da curtose de uma curva, os valores limites estão descritos na Tabela 4, a seguir:

Tabela 4. Valores limites e classificação da curtose, segundo FOLK (1968).

<b>Classificação da Curtose</b>	<b>Valores em (<math>\Phi</math>)</b>
Muito platicúrtico	< 0,67
Platicúrtico	0,67 a 0,90
Mesocúrtico	0,90 a 1,11
Leptocúrtico	1,11 a 1,50
Muito leptocúrtico	1,50 a 3,00
Extremamente leptocúrtico	> 3,00

Fonte: MUEHE, 2011.

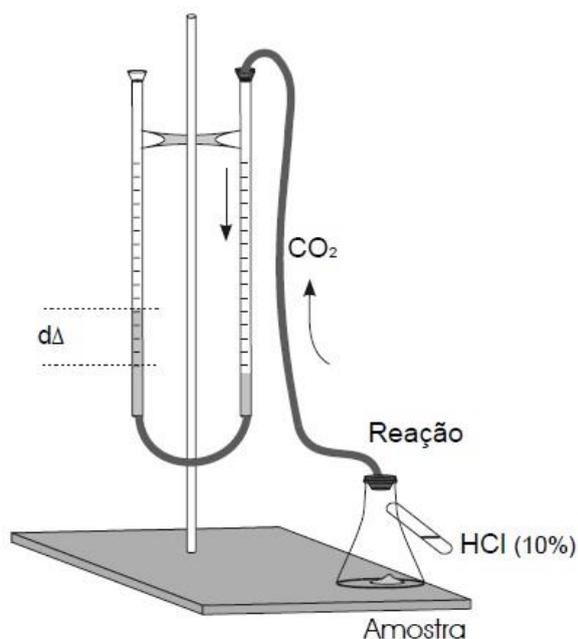
Agregando-se as análises físicas, as análises geoquímicas dos sedimentos permitiram a quantificação dos teores de Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e da Matéria Orgânica (MO) para a verificação composicional dos mesmos.

Os teores de  $\text{CaCO}_3$  foram obtidos para todas as amostras, com uma fração de 0,5g de sedimento seco.

O procedimento consistiu na aplicação do método do Calcímetro de Bernard modificado, no qual as amostras são atacadas com Ácido Clorídrico - HCL diluído a 10% em um sistema de vasos comunicantes.

Em um erlenmeyer adaptado a um tudo de ensaio, a amostra é colocada na parte referente ao erlenmeyer e o HCL inserido no tudo de ensaio. Cuidadosamente, a vidraria citada é acoplada à mangueira ligada a um tudo de provetas preenchidas com água. Em seguida, é realizado leves movimentos manuais com o erlenmeyer adaptado de modo que o ácido entre em contato com o sedimento e o gás  $\text{CO}_2$  seja desprendido pela reação  $\text{HCL} + (\text{amostra} + \text{CaCO}_3)$ , proporcionando o deslocamento da coluna d'água ( $d\Delta$ ) dentro da proveta (Figura 13) (GASTÃO & MAIA, 2010). Admite-se um valor máximo de deslocamento para uma amostra de 99% de  $\text{CaCO}_3$ .

**Figura 13. Esquema de ensaio para a obtenção dos teores de  $\text{CaCO}_3$ . Calcímetro de Bernard (modificado).**



Fonte: GASTÃO & MAIA (2010).

O percentual de carbonato de cálcio é obtido de modo indireto através da equação a seguir:

$$C_{amostra} (\%CaCO_3) = (v_{amostra} * c_{padrão}) / v_{padrão} \quad (3)$$

Onde:

$C_{amostra}$  – concentração de  $CaCO_3$  da amostra;

$v_{amostra}$  – volume da solução deslocado pelo gás carbônico produzido na reação do HCL com o carbonato contido na amostra;

$c_{padrão}$  – concentração padrão da amostra a 99% de  $CaCO_3$ ;

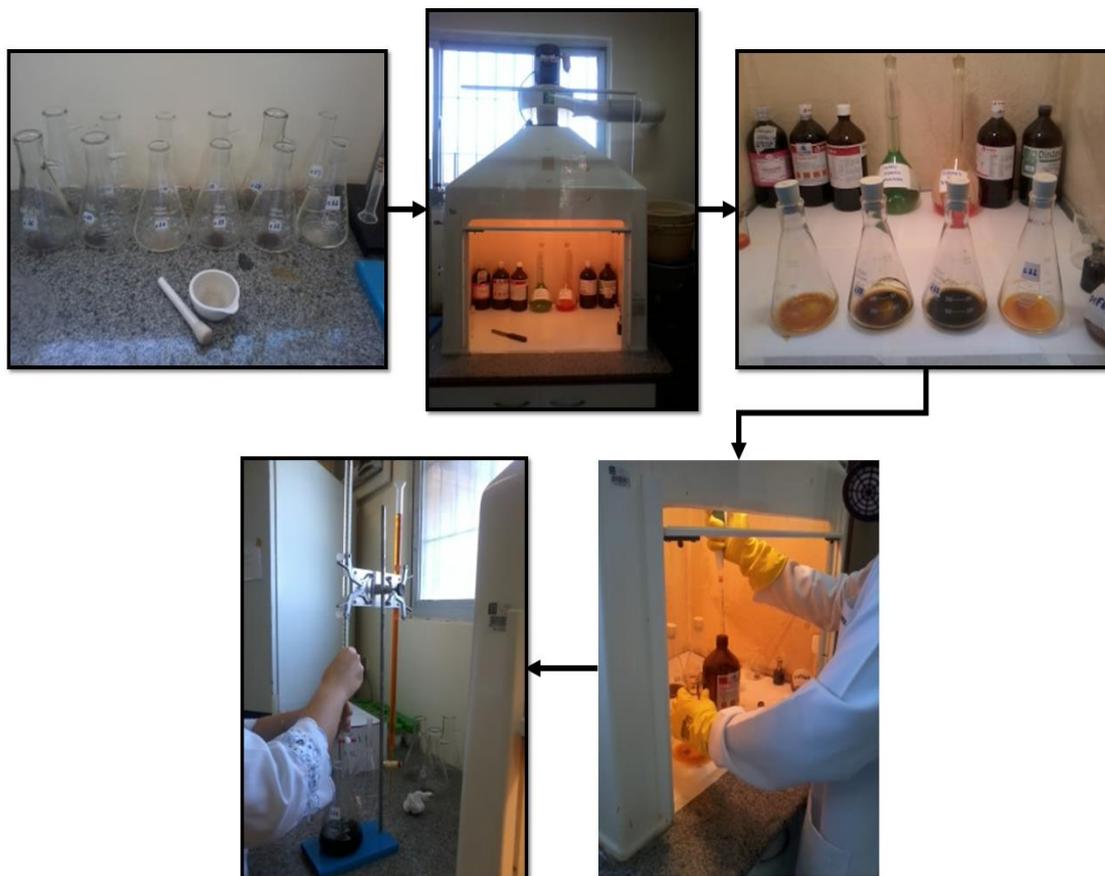
$v_{padrão}$  – volume de solução salina deslocado pela amostra padrão.

Os teores de Matéria Orgânica (MO) foram determinados utilizando a metodologia de *Walkey-Black* modificado. O ensaio de MO foi realizado para todas as amostras, com uma fração de 1g de sedimento seco, devidamente macerada em gral (almofariz) com pistilo.

O método consiste na oxidação da matéria orgânica do sedimento, por via úmida, com a utilização de reagentes, como a solução de dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) em meio a ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e empregando como fonte de energia ou catalisação da oxirredução o calor despreendido do ácido sulfúrico. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal [ $Fe (NH_4)_2 (SO_4)_2$ ].

Para o processo (Figura 14), foram utilizados erlenmeyers de 250 ml devidamente identificados com legendas das amostras e dispostos 0,5 gramas da fração do solo seco macerado em cada um, em seguida foi adicionado 10 ml de solução normal de  $K_2Cr_2O_7$  N, proporcionando a mistura do solo com a solução.

Figura 14. Sequência dos procedimentos para a determinação química da MO.



Fonte: Acervo da Autora, 2013. Conforme as setas, primeiramente o processo de identificação das amostras, maceração e disposição nos erlenmeyers, em seguida trabalho com os reagentes em capela e equipamentos de proteção individual para o manuseio dos ácidos e posterior titulação.

Logo após, adicionaram-se 20 ml de  $H_2SO_4$  concentrado, posteriormente realizaram-se movimentos rotacionais para assegurar o contato dos grãos com os reagentes. Houve um repouso de 30 minutos. Em seguida, adicionaram 200 ml de água, 10 ml de ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) e dez gotas do indicador Difenilamina. A finalização do processo se deu com a titulação dos compostos formados com sulfato ferroso amoniacal, quando a coloração característica do processo até o momento escura se altera para verde.

Antes da realização do processo descrito, é necessário a obtenção do título da solução de sulfato ferroso amoniacal para a aquisição do fator a ser utilizado nos cálculos de identificação dos valores de carbono orgânico e matéria orgânica. Tal processo, é realizado da mesma forma já descrita, apenas com a ausência do solo, ou seja, utilizando somente os reagentes.

Então, encontra-se o fator:

$$f = 10 * 1 / V_1 * 0,5 \quad (4)$$

Na qual,

$V_1$  – volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação.

Os valores obtidos na titulação são calculados, primeiramente, na equação para a obtenção do carbono orgânico, a seguir:

$$C (\%) = (10 - V_a * f * 0,5) * 0,4 / p \quad (5)$$

Onde,

$C$  - carbono orgânico;

$V_a$  – volume da amostra;

$f$  – fator obtido no volume de sulfato ferroso gasto na prova em branco;

$p$  – peso da amostra em gramas.

O teor de matéria orgânica é obtido apenas com a multiplicação do resultado do carbono orgânico por 1,725 (Equação 6). Este fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58% (EMBRAPA, 1997).

$$\text{Matéria orgânica (\%)} = C (\%) * 1,725 \quad (6)$$

#### 4.5 Disposição dos dados Sedimentológicos e Morfométricos da Lagoa

Para uma análise aprofundada dos dados obtidos nas análises sedimentológicas (física e química), assim como para os dados batimétricos, utilizou-se ferramentas SIG para a transformação dos dados coletados em dados espaciais, objetivando a execução de mapas temáticos para a visualização dos atributos trabalhados na área de estudo.

O modelo escolhido para o agrupamento dos resultados consistiu na ponderação do inverso da distância (*Inverse Distance Weighting - IDW*), cujo qual se baseia na estimativa de um valor para um local não amostrado como uma média dos valores dos dados dentro de uma vizinhança (Miranda, 2010 apud Rodrigues et al, 2011). Trata-se de um método de

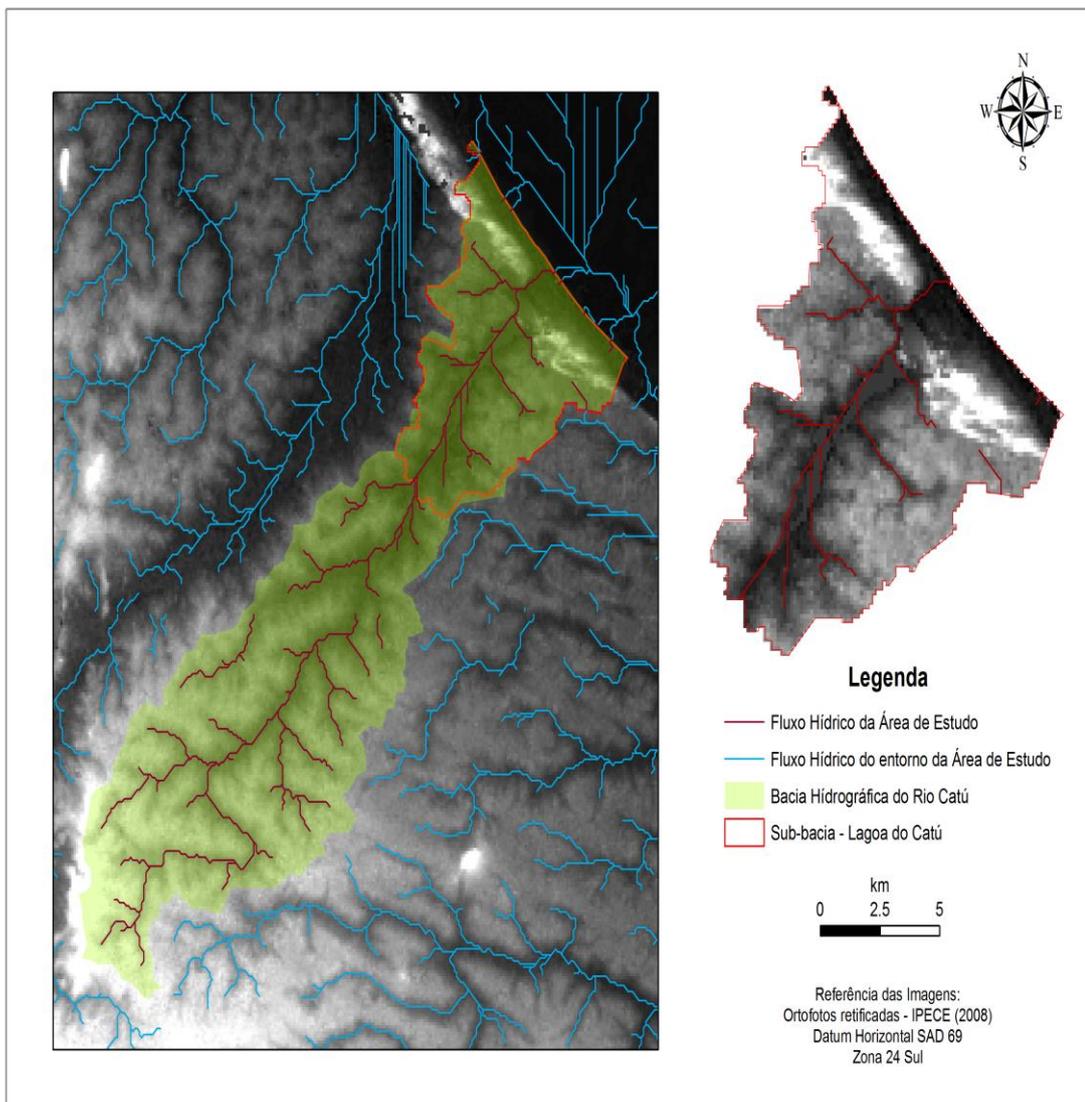
interpolação determinística, que se baseia em uma combinação linear ponderada de um conjunto dos pontos de amostragem. Rodrigues et al (2011) afirmam que o modelo realiza uma média ponderada entre o ponto escolhido para interpolação e o seu vizinho, tendo em vista que a influência causada pelos vizinhos diminui de acordo com a distância e seus valores teóricos nunca extrapolam os valores obtidos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Considerações sobre a Hidrologia e o Relevo da Bacia Hidrográfica do Catú

Em antecedência a análise dos usos e ocupação da área alvo do estudo, foi conveniente considerar a superfície pela qual a Lagoa do Catú está inserida. Como resultado da extração de drenagens da bacia hidrográfica do Rio Catú e do seu entorno foi possível a delimitação da sub-bacia do rio, cuja qual engloba a lagoa do Catú (Figura 15).

**Figura 15. Mapa de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Catú e Lagoa do Catú.**



Fonte: Elaboração da Autora, 2013. Extração das drenagens do corpo hídrico principal: Rio Catú e seu entorno. Delimitação da Sub-bacia do rio: Lagoa do Catú.

A bacia hidrográfica do Catú possui uma extensão aproximada de 165,77 km<sup>2</sup>, que abrange parte do município de Horizonte (nascente) e Aquiraz (alto, médio, baixo curso e foz). A sub-bacia do Catú onde está situada a lagoa do Catú possui uma área aproximada de 47,20 km<sup>2</sup> e encontra-se no baixo curso do rio.

Considerando a bacia como o resultado das interações da água, da topografia e constituintes do relevo, a forma dos canais afluentes ao corpo hídrico principal permitiram analisar as contribuições da área topográfica.

Os afluentes fluviais drenam a bacia e recolhem o material particulado oriundo do escoamento superficial de precipitações pluvial e/ou por gravidade.

Por meio da classificação dos padrões de drenagem, com base na formação dos canais drenantes foi possível enquadrar a bacia no tipo dendrítico, padrão este descrito por CUNHA (2007) como arborescente pela sua semelhança com os galhos de uma árvore e que o mesmo se desenvolve sobre rochas de resistência uniforme ou em rochas estratificadas horizontais. Tais características são corroboradas pelas condições geomorfológicas do local, uma vez que os sedimentos da Formação Barreiras ocupam, segundo SILVA (2000) apud GOMES (2003) a maior parte da bacia e os mesmos são identificados por sedimentos de natureza detrítica com o predomínio de siltes e argilas (Almeida, 1964 apud Bezerra, 2009), sedimentos mal selecionados, distribuindo-se de forma contínua e paralela ao longo da faixa marítima (SOUZA, 1988 apud Bezerra, 2009).

A bacia hidrográfica do Catú sofreu ao longo dos anos uma série de intervenções antrópicas, conforme exposto no histórico da localidade no capítulo 3.1.3. Uma delas consistiu no controle da vazão hidrológica com a construção do reservatório Catú-Cinzento a montante do rio em 2002. Segundo estudo realizado por Pinheiro e Moraes (2010) identificou-se uma contribuição hidrológica da bacia para a Lagoa do Catú antes desta intervenção no valor aproximado de  $5.10^7$  m<sup>3</sup> restrito ao período de janeiro a junho (maior índice pluviométrico da região). Enquanto que, posterior ao barramento realizado a contribuição encontrada da bacia para a sub-bacia do Catú consistiu em  $4.10^6$  m<sup>3</sup> (PINHEIRO e MORAIS, 2010).

Somado ao valor desta contribuição oriunda dos córregos e riachos a montante da lagoa que compõem as vertentes da bacia, estão as contribuições intrínsecas a sub-bacia do Catú, que para este trabalho está sendo nomeada como bacia de contribuição direta da Lagoa do Catú.

Portanto, para o entendimento do fluxo hídrico e conseqüentemente do material particulado transportado, realizou-se o mapeamento de aspectos descritivos do relevo da bacia, tais como: o contorno topográfico, a declividade e a elevação da região (Figura 17 – A, B e C respectivamente).

O mapa A da figura 16 ilustra as linhas topográficas da bacia de contribuição da lagoa, cujas quais serviram de base para a identificação dos outros parâmetros do relevo local. O contorno topográfico consiste na identificação de linhas que ligam pontos no relevo com os mesmos valores topográficos. Assim, através da legenda do mapa citado visualiza-se a classificação de 7 (sete) variações, sendo a mínima de 10 metros e a máxima de 70 metros. Identificando claramente que o relevo circundante ao ambiente lacustre não apresenta variações bruscas. Tal afirmação pode ser confirmada com os mapas B e C da Figura 16.

O mapa B da Figura 16, refere-se a declividade da região, esta informação é útil na demonstração das inclinações de uma área em relação a um eixo horizontal e subsidiam a identificação das aptidões agrícolas, riscos de erosão, restrições de usos e ocupação urbana, entre outros (Silva e Rodrigues, 2009).

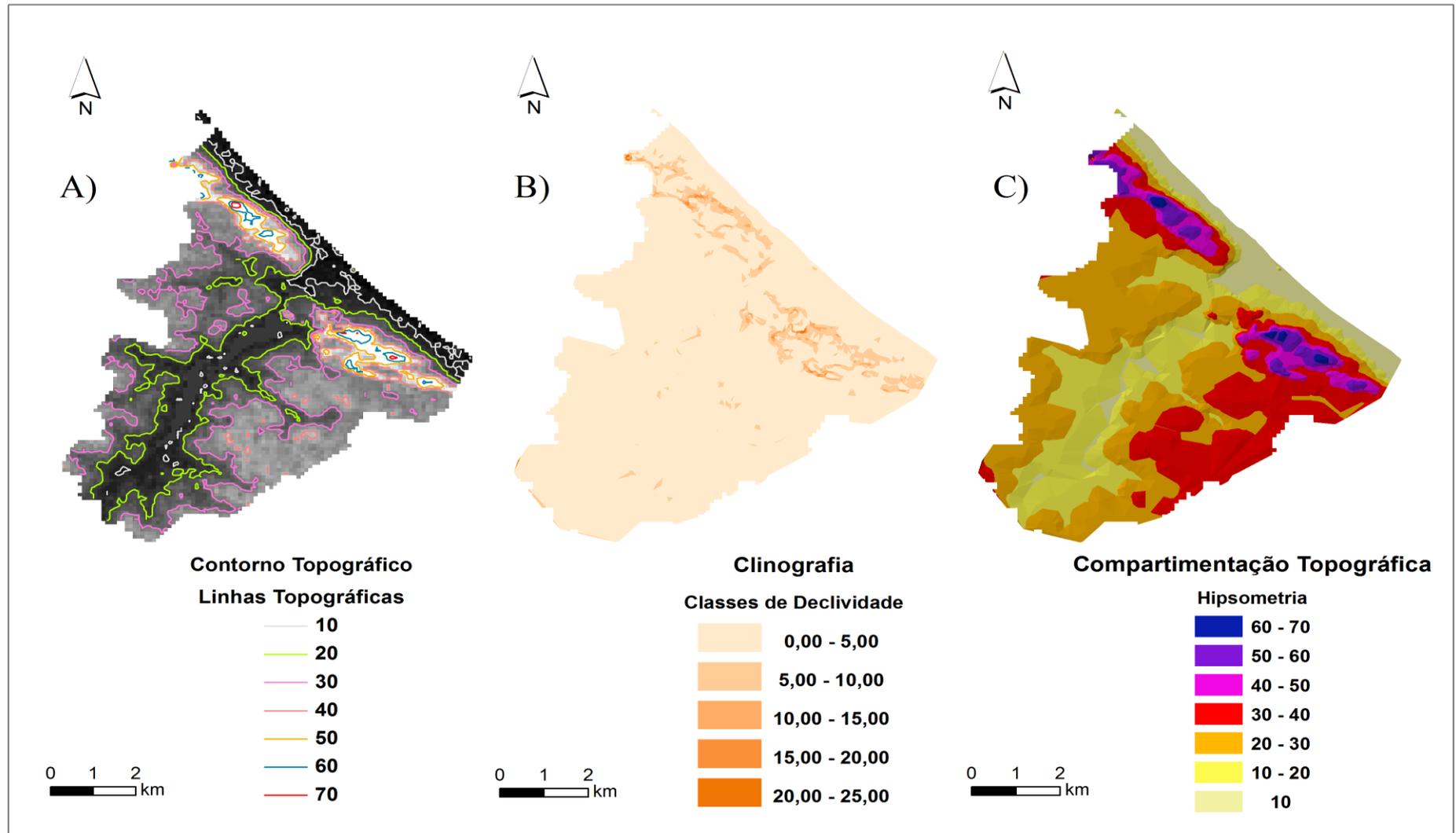
Os valores obtidos para a clinografia da área apresentam-se em porcentagem e foram dispostos em 5 (cinco) classes, pois como já mencionado a localidade possui uma certa homogeneidade em sua superfície. Os valores mais altos foram encontrados nas regiões onde estão alocados os campos de dunas, sendo delimitados com a cor em degradê mais escura.

O mapa C da Figura 16 trata-se da compartimentação topográfica, o mesmo serve como base para a identificação dos alinhamentos estruturais mais importantes, feições que são evidenciadas pela orientação da drenagem e das serras, por exemplo (PETRINI, 2008).

Para a compartimentação topográfica, a bacia foi dividida em 7 (sete) níveis altimétricos (de 10 a 70 metros). A classe de menor valor, 10 metros, é encontrada na região onde está situado o leito da lagoa do Catú e a jusante da mesma, onde acha-se a zona estuária e praiana. Logo as margens desta classe, ocorre a faixa de 10 – 20 metros, que caracterizam as áreas de contribuição direta, como os filetes de drenagem mais próximos.

A maior parte do estudo situa-se no intervalo de 20 a 30 metros, com uma predominância no setor oeste da bacia e no entorno de toda a classe citada anteriormente. Seguida pela altitude de 30 a 40 metros a leste da bacia.

Figura 16. Mapa das representações da superfície do terreno da Bacia de contribuição da Lagoa do Catú.



Fonte: Elaboração da Autora, 2013. Mapas extraídos de imagens SRTM (EMBRAPA, 2012).

Por fim, as cotas de 40 a 70 metros representam as áreas mais elevadas da bacia, equivalentes às dunas existentes na localidade.

As condições evidenciadas confirmam o que Gomes (2003) salientou sobre a Formação Barreiras, que se caracteriza como uma região plana e fracamente ondulada.

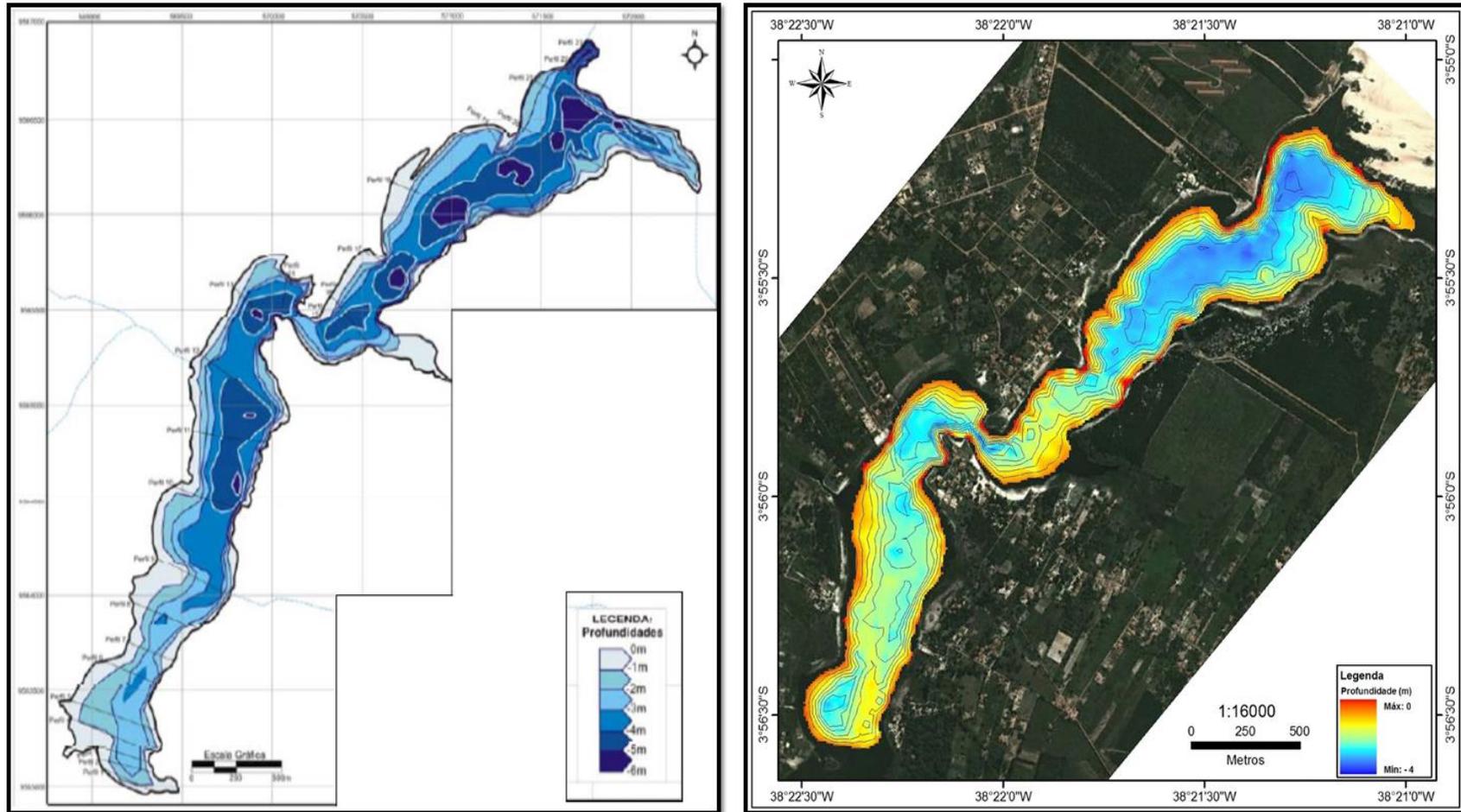
Embora não existam variações altas no relevo, os aspectos identificados caracterizam a bacia de contribuição direta da lagoa do Catú como uma área influenciada pelos fatores naturais. A exemplo, a sucessão dos possíveis acontecimentos: o índice pluviométrico da região que por consequência ocasiona o escoamento superficial da área, propiciando o carreamento de materiais particulados para o corpo lacustre e isto agregado ao material inconsolidado do relevo e a presença ou ausência de vegetação no percurso, acarreta no aporte de sedimentos para a lagoa.

As maiores elevações encontradas para a área consistem no campo de dunas, cujos quais são modelados majoritariamente pela ação eólica, uma vez que as águas oriundas das precipitações não escoam pelas mesmas e sim percolam nos interstícios dos sedimentos que formam as dunas/paleodunas. Silva e Colares (2000) afirmam que as dunas móveis ou recentes são formadas por sedimentos inconsolidados removidos da face de praia e constituem depósitos dunares distribuídos como um cordão contínuo paralelo a linha de costa, com largura média de 2 a 3 km, acrescentam ainda que, elas ocorrem normalmente, capeando as gerações de dunas mais antigas. Litologicamente, são formadas por areias esbranquiçadas bem selecionadas de granulação de média a fina com grãos de quartzo fosco, arredondados (SILVA e COLARES, 2000).

Ademais, as alterações antrópicas bem como os usos e ocupação sobre as feições mencionadas, pertencentes a bacia hidrográfica serão refletidos no curso d'água. Portanto, a análise morfológica do piso lagunar atual com dados coletados há 10 (dez) anos, em 2003, na região de estudo, caracteriza o diagnóstico das alterações enfrentadas pelo corpo hídrico evidenciadas pelas características do relevo submerso.

Para tanto, de posse dos dados da batimetria do fundo da lagoa viabilizada no ano de 2013 foi realizado o mapa batimétrico (Figura 17) com as curvas batimétricas que unificam os pontos de mesmas profundidades, delimitando as zonas similares em um esquema de cores que indicam os níveis de profundidade.

Figura 17. Mapas batimétricos da Lagoa do Catú de 2003 (à esquerda) e 2013 (à direita).



Fonte: Na sequência, mapa à esquerda por Gomes (2003) e mapa a direita realizado com dados obtidos no ano de 2013 pelo projeto PRONEM-FUNCAP(2013).

Os dados batimétricos do ano de 2003 foram obtidos do trabalho de Gomes (2003), no qual encontra-se também o mapa batimétrico (Figura 17) da lagoa do Catú.

Segundo Gomes (2003) e conforme visualiza-se na Figura 17, referente ao mapa batimétrico da época, as maiores profundidades identificadas foi na porção norte da lagoa, alcançando em certos pontos valores de 5,7 m. Tais pontos, foram justificados como evidências da existência de poços que auxiliaram no abastecimento em épocas de estiagem severa, assim como, mais a porção sul encontrou-se profundidades de 6 m ou mais, acreditando-se na possibilidade de serem vestígios de atividades extrativistas (de areia e argila), quando o nível da lagoa era mais baixo que o de 2003.

No mapa de 2003, verifica-se um intervalo maior de profundidades do que em 2013. As profundidades daquela variaram de 0 (nível de partida da superfície terrestre) ao valor de 6 m, enquanto que em 2013 as profundidades variaram de 0 a 4 m. Tal fato é explicado ao observar o índice pluviométrico dos anos distintos, conforme é possível visualizar na Figura 4. Em 2003, a quadra chuvosa foi considerável de modo a manter um nível generoso do espelho d'água, enquanto que para 2013 a quadra chuvosa se fez instável, culminando em valores baixos para o nível da água.

A alteração nas profundidades do corpo hídrico ao longo de 10 anos foi a primeira grande mudança identificada na lagoa, embora as maiores profundidades sejam encontradas em regiões correspondentes as de 2003 como é possível verificar no mapa de 2013. Constatando-se a predominância das maiores profundidades na parte mais ao norte, bem como à margem oeste da lagoa e ao barramento localizado próximo ao campo de dunas.

Seguindo o curso do Rio Catú, da direção de jusante à montante, as maiores profundidades estendem-se às proximidades da metade da lagoa em seu comprimento, isto é claramente visualizado em ambos os mapas, sendo em 2003 identificado pelos tons mais fortes na cor azul e em 2013 pelos tons mais claros em azul, este sendo logo substituído pelos tons em amarelo indicando profundidades menores. As maiores profundidades são encontradas principalmente na parte central da lagoa, logo devido ao talvegue lagunar.

Em todas as margens identificam-se as menores profundidades, assim como, igualmente na porção ao sul verificam-se níveis inferiores. Tal percepção foi obtida já por Gomes (2003) ao afirmar que a batimetria permitia levantar ainda outras questões, como a de que a porção mais ao sul da lagoa parecia sofrer mais intensamente o processo de deposição e/ou assoreamento. À vista disso, a autora levantou distintas hipóteses, cujas quais foram objetos de análises em relação a batimetria atual realizada.

Gomes (2003) aponta que tanto fatores naturais quanto antrópicos são mais enfáticos na região sul da lagoa. Logo após a rodovia CE-040 há o encontro do rio Catú com a sua porção lacustre, com águas mais paradas, assim, Gomes (2003) afirma que o material em suspensão transportado por arraste é logo precipitado devido a mudança de velocidade entre os ambientes fluvial e lagunar.

A autora citada refere-se também a ocupação prevalecente nesta região, isto pode ser verificado no mapa de 2013 (Figura 17), possibilitando fazer a interpretação da imagem no entorno do corpo hídrico, visualizando a intensidade de residências e atividades nas margens mais a oeste se comparado às margens a leste. Portanto, a maior existência de casas ou construções próximas à lagoa propiciam a movimentação de sedimentos que por gravidade deslocam-se para o sistema hídrico.

Gomes (2003) acrescenta ao analisar os perfis do leito lacustre que o mesmo dispõe de um relevo submerso mais suave do que entalhado, confirmando a pouca competência desse curso d'água, caracterizando-o como uma área deposicional.

Percebe-se em diversos pontos nas margens da lagoa a dimensão em monta de áreas com baixa profundidade, irradiando desde a superfície terrestre ao alcance do leito lacustre. Estas áreas são denotadas pela aparência recorrente dos tons em amarelo visível no mapa batimétrico de 2013 e em tons claros da cor azul em 2003.

Na porção mediana da lagoa há também uma forte incidência de profundidades menores em detrimento ao encontrado em 2003, onde havia uma constância na área com os tons mais escuros na cor azul, denotando a existência de profundidades significativas. Tal fato, pode ser explicado pela constante movimentação de massas proveniente das mais diversas atividades (construções, aterros, plantações, desmatamentos e outros) ao longo de 10 (dez) anos, resultando no assoreamento gradual de diversos pontos, isso agregado a ausência de uma regularidade chuvosa na região contribui para o estado encontrado atualmente.

## 5.2 Identificação dos Usos e Ocupação da Bacia Direta de Contribuição da Lagoa do Catú e Alterações entre os anos de 2007 e 2012

Conforme os processamentos realizados em imagens espaciais dos anos de 2007 e 2012, obteve-se uma área da bacia de contribuição direta da lagoa do Catú em torno de 47,20 km<sup>2</sup>. Dentro desta área houve o mapeamento e a classificação dos usos e ocupação no entorno do corpo hídrico relativo aos períodos correspondentes. Deste modo, foi possível a verificação das alterações ocorridas em um intervalo de tempo de cinco anos (2007 a 2012), constatando com relatos observados no ano de 2002/2003 por Gomes (2003), caracterizando, portanto, a evolução da área ao longo de uma década.

No mapeamento das imagens foram identificadas 10 (dez) classes de uso e ocupação de maior relevância na bacia abordada, as áreas obtidas para cada uma delas estão apresentadas na Tabela 5.

**Tabela 5. Áreas em hectares dos distintos usos da bacia de contribuição da Lagoa.**

<b>USOS E OCUPAÇÃO</b>	<b>2007</b>	<b>2012</b>	<b>ALTERAÇÃO (%)</b>
Práticas Agro-industriais	237.6	383.47	2.97
Solo Exposto	507.00	787.45	5.72
Vegetação Rala	1981.00	1781.90	-3.85
Vegetação Densa	1229.42	318.62	-18.32
Faixa de praia	167.40	149.16	-0.35
Dunas-Paleodunas-Planície deflação	475.32	232.18	-4.88
Hidrografia	39.89	52.33	0.26
Área Urbana	82.09	992.01	18.42
Lagoa do Catú	244.08	244.83	0.04

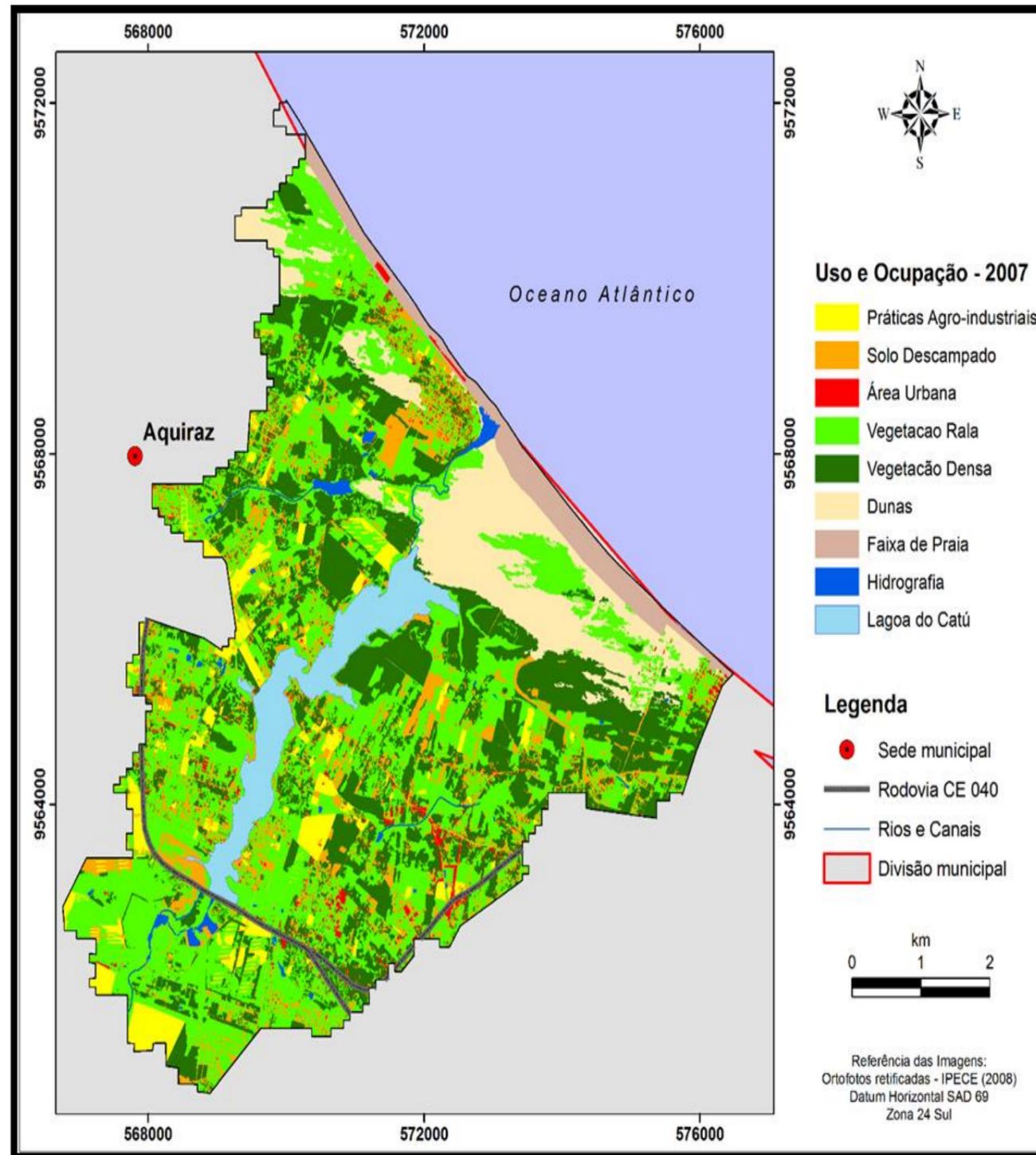
Fonte: Elaboração da Autora, 2013.

Ao analisar os dados da Tabela 5, é possível verificar de imediato as mudanças ocorridas no período compreendido de 2007 a 2012 ao visualizar a coluna de alteração. Os percentuais de alteração foram obtidos através da diferença entre os valores de área obtidos nos anos em questão.

Primeiramente, é notável que praticamente todas as classes tiveram alterações substanciais, seja em acréscimo ou decréscimo de área. Em seis (6) classes, a saber, Práticas Agroindustriais – Solo Exposto – Hidrografia – Lagoa do Catú houve acréscimo e nas demais, Vegetação Rala e Densa - Faixa de Praia – Dunas-Paleodunas-Planície de Deflação houve decréscimo.

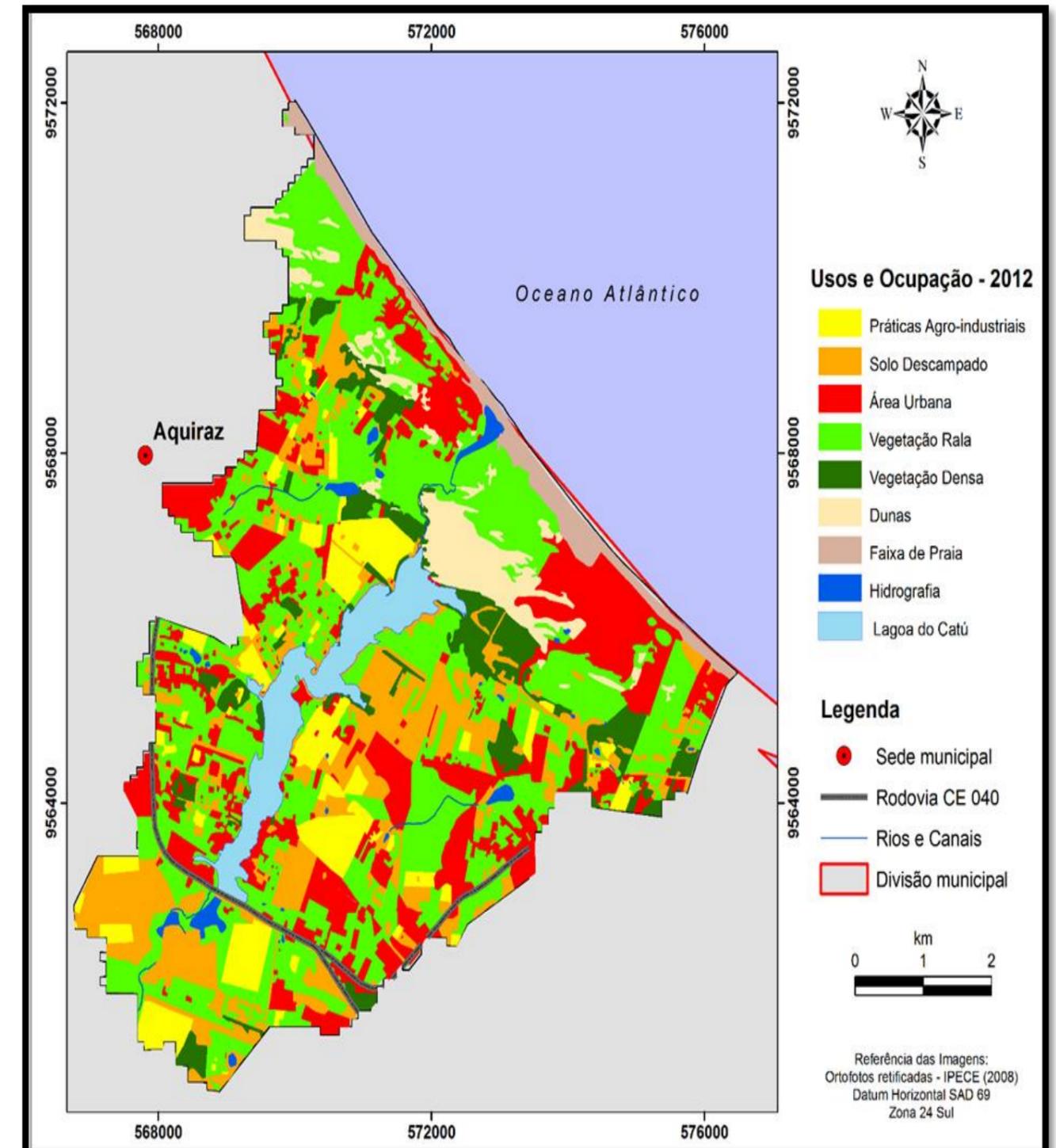
Os dados expostos poderão ser melhor identificados nas imagens dos mapas gerados (Figuras 18 e 19), nas quais os valores estão espacializados de modo a favorecer uma interpretação visual sobre a evolução da área.

Figura 18. Mapa de Uso e Ocupação da Bacia de Contribuição direta da Lagoa do Catú – Ano 2007.



Fonte: Elaboração da Autora, 2013.

Figura 19. Mapa de Uso e Ocupação da Bacia de Contribuição direta da Lagoa do Catú – Ano 2012.



Fonte: Elaboração da Autora, 2013.

Frente ao mapa de 2007, verifica-se uma predominância da cor verde, tanto no tom mais claro, quanto escuro, que segundo a legenda denota a classe vegetação rala e vegetação densa. Posterior, a Lagoa do Catú se destaca na parte central do mapa com os filetes hidrográficos de contribuição, assim como a identificação de suas barreiras, a montante a Rodovia CE 040 e a jusante o campo de Dunas.

Nota-se uma distribuição homogênea das atividades agrícolas, sendo a mesma destacada na cor amarela em diversos setores do mapa bem como há uma forte percepção de espaços com solo exposto.

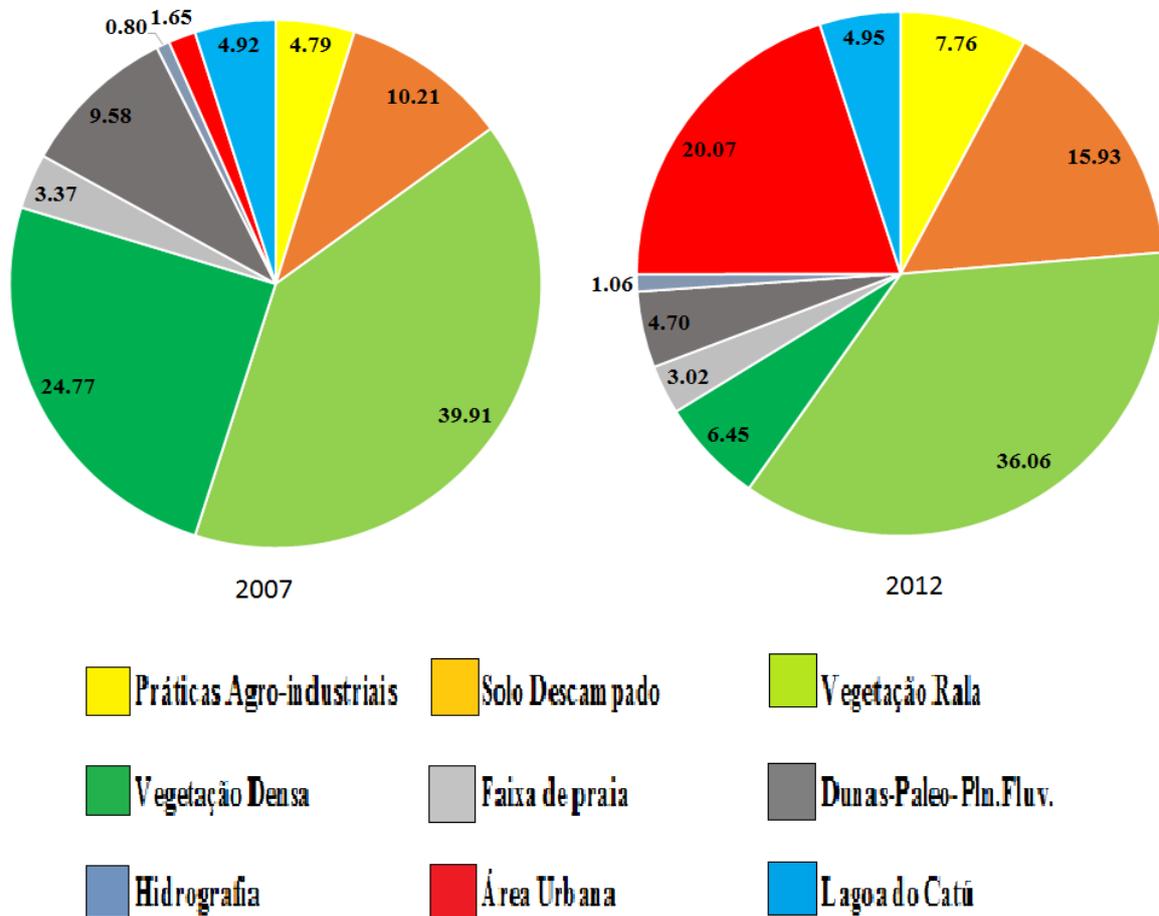
A área urbana é evidenciada em pequenos pontos distribuídos, principalmente a Oeste (W) e a Leste (E) do corpo hídrico, havendo também uma concentração expressiva próximo a faixa de praia.

O resultado do mapeamento do ano de 2012 (Figura 20) mostra alterações fortes nos quesitos de área urbana, atividades agrícolas, solo exposto em detrimento da área verde. Este fato evidenciado era esperado, uma vez que, registros de Gomes (2003) já enfatizavam uma intensa especulação imobiliária, com construções de pousadas, casas de veraneio e restaurantes próximos a Lagoa do Catú. Entretanto, o crescimento não se restringiu apenas no entorno da lagoa, mas em toda a sua bacia de contribuição, abrangendo desde o seu núcleo central urbano (sede de Aquiraz) à orla da praia.

A justificativa para tal crescimento urbano pode ser atribuída tanto a condição da cidade de Aquiraz pertencer a Região Metropolitana de Fortaleza e dividir o peso da pressão demográfica já existencial na capital cearense, quanto a sua característica peculiar atual, pois caracteriza-se como o segundo maior parque hoteleiro do Ceará, conforme dados da Secretaria Estadual do Turismo apud PMA (2013).

Em termos de comparação, a Figura 20 evidencia a quantificação dos valores encontrados.

Figura 20. Comparativo das áreas encontradas para usos e ocupação nos anos de 2007 e 2012.



Fonte: Elaboração da Autora, 2013.

Com os gráficos na Figura 20 é possível comparar de fato os dois anos em questão e discorrer sobre a evolução da localidade. A área da Lagoa do Catú se manteve relativamente constante, no decorrer dos cinco anos houve apenas um acréscimo de 0.04%, isso pode ser justificado pelas mudanças nas margens da lagoa proveniente das atividades no seu entorno, cujas quais serão explanadas mais adiante no trabalho. Para a hidrografia da região houve uma sutil alteração em 0.26%, possivelmente ocasionado pela construção de reservatórios artificiais e/ou capacidade elevada dos corpos hídricos existentes.

Parcelas significativas encontradas em 2007 de vegetação rala e densa foram substituídas por área urbana e solo descampado em 2012. Dentro da área urbana encontram-se as residências, os conjuntos habitacionais, as indústrias e os polos turísticos, tais como hotéis, parques aquáticos, campos de golfe e demais atividades de lazer (Figura 21). Para o solo

descampado estão as áreas disponíveis para futuros empreendimentos e/ou atividades agrícolas.

**Figura 21. Área Urbana distribuída no entorno da Lagoa do Catú.**



Fonte: Acervo da Autora, 2013. (A) Residências e casas de veraneio (com piscinas) na parte inferior, pista de aeronaves à direita da imagem e ao fundo estruturas brancas intituladas como Hangares – abrigo fechado para aeronaves; (B) Outras residências e casas de veraneio; (C) Empreendimento recente, o mesmo ocupou área de solo exposto as margens da Lagoa do Catú.

A agricultura da região (Figura 22), conforme a Prefeitura Municipal de Aquiraz - PMA (2013) é montada em bases tradicionais, possuindo maior destaque, a castanha de caju, o coco da baía e a cana de açúcar. Tal como há também o cultivo de frutas: manga e mamão bem como as culturas de subsistência: feijão, milho e mandioca (PMA, 2013).

Figura 22. Área com as Atividades Agrícolas e Agroindustriais.



Fonte: Acervo da Autora, 2013. Em destaque de vermelho o exemplo de uma das várias Granjas espalhadas pela bacia de contribuição e no seu entorno atividades agrícolas.

A agroindústria da localidade é concentrada na produção pecuária, avícola e extrativista (PMA, 2013). A produção avícola possui grande significância (Figura 22), pois é possível encontrá-la bem próximo ao corpo hídrico em estudo. As atividades de Agricultura e Agroindústria são tratadas neste trabalho como as práticas agroindustriais que somam um acréscimo de 2.97%.

As dunas, as paleodunas e a planície de deflação estão enquadradas na mesma classificação, embora a ocorrência predominante neste grupo sejam as Dunas. Com o passar dos anos houve um decréscimo em 4.88% de sua ocorrência, principalmente na interface com a Faixa de Praia, na direção Leste (E). Parcelas consideráveis foram ocupadas por atividades turísticas, proporcionando espaço para a área urbana. Tal motivo é também aplicável ao decréscimo observado em 0.35% na Faixa de Praia.

### 5.3 Implicações do Uso e Ocupação do solo na Produção de Sedimentos na Lagoa do Catú

Os distintos usos do solo provocam diferentes alterações na paisagem e na dinâmica da área utilizada, por consequência, os recursos hídricos poderão refletir segundo as suas vulnerabilidades as modificações ocorridas em sua bacia de drenagem.

Portanto, a partir das classes de uso e ocupação determinadas para a bacia de contribuição direta da Lagoa do Catú, foram realizadas estimativas da produção de sedimentos por meio das variáveis utilizadas pelo modelo de poluição difusa PLOAD. Conforme exposto na metodologia do trabalho, utilizaram-se as equações e os parâmetros pré-estabelecidos do modelo, tais como percentual de impermeabilidade do terreno, razão de chuva produtora de escoamento e a média de concentração de sólidos suspensos para cada tipo de uso. Os valores intrínsecos a área em estudo foram a área em m<sup>2</sup> e a precipitação anual em milímetros.

As equações para a determinação dos valores de produção de sedimentos foram utilizadas para os espaços encontrados nos anos de 2007 e 2012. Os resultados alcançados permitiram as seguintes análises:

- a) Valores individuais encontrados para cada classe de uso;
- b) Identificação dos fatores determinantes em prol dos valores encontrados, tais como índice de precipitação anual, dimensão das áreas e média de concentração para cada uso.

Conforme mencionado, houve acréscimos de área para determinadas classes de uso e em outras decréscimos. Em consequência disto, os resultados obtidos nas estimativas de um ano para o outro influenciaram no resultado final.

De início, na Tabela 6 são apresentados os valores estimados para o ano de 2007. Para este ano, houve uma média anual de precipitação de 1243.2 mm para a região (FUNCEME, 2013). Tal fato, agregado as dimensões de área para cada classe propiciaram os valores obtidos.

A produção de sedimentos é proporcionada pela erosão superficial do solo. Sendo assim, as características peculiares ao solo, as atividades desenvolvidas nos mesmos e a incidência pluviométrica da localidade permitirão a movimentação das partículas destacadas ao corpo hídrico drenante mais próximo.

**Tabela 6. Estimativas de produção de sedimento segundo as áreas dos usos na bacia de contribuição direta da Lagoa do Catú – Ano 2007.**

USOS	CLASSES (PLOAD)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	Rvu (mm)	Iu	Pj	Cu (mg/l)	Lp (Kg/ano)	Lp (ton/ano)
<b>Agricultura</b>	Práticas Agrícolas	2,376,061.3	0.05	0	0.9	100	13292.64	13.29
<b>Agroindústria</b>								
<b>Área Descampada</b>	Solo exposto Áreas de Transição	5,070,019	0.05	0	0.9	1000	283637.1	283.64
<b>Vegetação Rala</b>	Vegetação	32,104,147	0.05	0	0.9	1	1796.034	1.80
<b>Vegetação Densa</b>								
<b>Faixa de praia</b>	Praia	1,673,956	0.05	0	0.9	1000	93647.8	93.65
<b>Dunas-Paleo-Plan. Deflação</b>	Áreas arenosas sem praia	4,753,151	0.05	0	0.9	1000	265910.3	265.91
<b>Hidrografia</b>	Água	398,940	0.05	0	0.9	70	1562.281	1.56
<b>Área Urbana</b>	Urbano/Área construída	820,881	0.5	50	0.9	50	22961.69	22.96
<b>Total</b>	-	<b>47,197,156</b>	-	-	-	-	<b>682807.9</b>	<b>682.81</b>

Fonte: Elaboração da Autora, 2013. Resultados dos cálculos realizados com as equações (1) e (2) e parâmetros descritos no capítulo 5 – Materiais e Métodos.

Assim, de acordo com a Tabela 6, as principais atividades contribuintes com a produção de sedimentos são a Área Descampada (283.64 ton/ano), seguidos com o grupo das Dunas–Paleodunas–Planície de Deflação (265.91 ton/ano), a Faixa de Praia (93.65 ton/ano) e Área Urbana (22.96 ton/ano). As Práticas Agrícolas (13,29 ton/ano), a Hidrografia (1.56 ton/ano) e a Vegetação (1.80 ton/ano) são os usos com as menores contribuições de produção de sedimento em relação as demais ocupações.

Araújo et al (2011) afirma que qualquer atividade humana que exija a remoção da cobertura vegetal protetora promove a erosão. Tal afirmação pode ser aplicada ao alto índice encontrado para a Área Descampada, processo comum que antecede a diversas outras atividades, como a implantação de edificações e preparação para plantios.

O grupo das dunas-paleodunas-planície de deflação é atingido dado ao forte agente atuante, os ventos. A erosão eólica é controlada tanto pelos ventos, quanto pelas

características do solo. Embora, a ocorrência de dunas vegetadas ajudem na retenção da areia e minimizem a erosão da costa, como o caso das paleodunas. Além das forças naturais propiciadoras a erosão eólica, há relatos de atividades antrópicas constantes nas mesmas, como corrobora GOMES (2003), salientando o uso de veículos nas dunas e por sua vez, propiciando a alteração da dinâmica do ambiente.

A faixa de praia ocorre na interface continente – oceano e segundo Muehe (2011) este ambiente é caracterizado por instabilidade decorrente de alterações por efeitos naturais e antrópicos, que se traduzem em modificações na disponibilidade de sedimentos, no clima de ondas e na altura relativa do mar.

Enquanto que nas áreas caracterizadas pelo processo de urbanização, a situação é evidenciada pela supressão dos espaços permeáveis e com vegetação, que segundo Araújo et al (2011) são convertidos para usos que, geralmente provocam o aumento de áreas com superfície impermeável, resultando no aumento de volume do escoamento superficial e da carga de poluentes.

Embora as áreas demarcadas como práticas agrícolas da região tenham obtido um dos valores mais baixos para a exportação de sedimento, tal ação deve ser observada com cautela, pois trata-se de uma atividade que deve ser manejada com uma série de práticas adequadas a fim de evitar a degradação do solo, seja pelo intenso cultivo de culturas permanentes e/ou pela utilização de defensivos agrícolas.

A hidrografia obteve o menor índice de produção de sedimento da bacia de contribuição delimitada. Tal fato se deve pela presença de alguns córregos espalhados pela região e por uma curta seção do Rio Catú, o fluxo destes é primordialmente dependente do volume de água disponível e da sua velocidade. Determinadas correntes podem transportar a carga sedimentar de diferentes maneiras (suspensão, saltação e rolamento), de acordo com a granulação das partículas (tamanho e forma) e as características da própria corrente (Cunha, 2007).

Um dos menores valores encontrados de perdas de solo foi para a vegetação, perdendo apenas para hidrografia, condição favorecida por este possuir a menor área em extensão, enquanto a área vegetada ocorre em maioria em relação a todas as outras classes. Para USDA - *Soil Conservation Service* (1978) *apud* Araújo (2011) as perdas de solo devido à erosão pluvial podem ser diminuídas em até mil vezes, mantendo-se uma cobertura densa de gramíneas ou vegetação herbácea. Araújo (2011) intensifica que no caso de erosão superficial,

a vegetação herbácea e as gramíneas são mais eficientes do que a vegetação arbórea, porque fornecem uma cobertura densa ao solo.

Na Tabela 7, são mostrados os valores estimados de produção de sedimento para o ano de 2012. O índice pluviométrico anual para este ano foi inferior ao índice de 2007, equivalente a menos da metade da incidência chuvosa deste ano, obtendo um valor apenas de 574.5 mm para a região (FUNCEME, 2013).

**Tabela 7. Estimativas de produção de sedimento segundo as áreas dos usos na bacia de contribuição direta da Lagoa do Catú – Ano 2012.**

USOS	CLASSES (PLOAD)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	Rvu (mm)	Iu	Pj	Cu (mg/l)	Lp (Kg/ano)	Lp (ton/ano)
<b>Agricultura</b>	Práticas Agrícolas	3,834,626.08	0.05	0	0.9	100	9913.467	9.91
<b>Agroindústria</b>								
<b>Área Descampado</b>	Solo exposto Áreas de Transição	7,874,516.49	0.05	0	0.9	1000	203575.9	203.58
<b>Vegetação Rala</b>	Vegetação	21,005,228.13	0.05	0	0.9	1	543.0377	0.54
<b>Vegetação Densa</b>								
<b>Faixa de praia</b>	Praia	1,491,600.83	0.05	0	0.9	1000	38561.61	38.56
<b>Dunas-Paleo-Plan. Deflação</b>	Áreas arenosas sem praia	2,321,796.92	0.05	0	0.9	1000	60024.25	60.02
<b>Hidrografia</b>	Água	523,296.62	0.05	0	0.9	70	946.9968	0.95
<b>Área Urbana</b>	Urbano/Área construída	9,920,107.76	0.5	50	0.9	50	128229.8	128.23
<b>Total</b>	-	<b>46,971,172.82</b>	-	-	-	-	441795.1	<b>441.80</b>

Fonte: Elaboração da Autora, 2013. Resultados dos cálculos realizados com as equações (1) e (2) e parâmetros descritos no capítulo 5 – Materiais e Métodos.

Como efeito, os resultados obtidos para as perdas de solo foram bem inferiores aos alcançados para 2007. Deste modo, houve alterações substanciais apenas nas classes onde ocorreram acréscimos expressivos em termos de área em detrimento de outras.

Ao visualizar a Tabela 7, encontra-se ainda na primeira posição a classe de Área Desmatada (203.58 ton/ano), embora tenham ocorrido poucas chuvas no período em análise, o valor obtido é elevado dado ao acréscimo de áreas com o solo exposto na bacia.

Em seguida, a área urbana (128.23 ton/ano) com a mesma razão da classe anterior, houve uma expansão do processo de urbanização, tanto as margens da Lagoa do Catú, quanto

em pontos espalhados na bacia, como na ocupação de áreas extensas nas dunas – paleodunas – planície de deflação, faixa de praia e vegetação, perfazendo na diminuição de suas extensões, contribuindo com as estimativas de perdas de solo em 60.02 ton/ano, 38.56 ton/ano e 0.54 ton/ano, respectivamente.

As extensões de área das classes de práticas agrícolas e hidrografia aumentaram, todavia, os valores estimados foram inferiores aos de 2007, com 9.91 ton/ano para a primeira e 0.95 ton/ano para a segunda, resultantes também da carência de chuvas para este período. Muito embora, seja notável o acréscimo da hidrografia, mas tal feito, provavelmente seja atribuído a construção de reservatórios artificiais na região e/ou ao acúmulo de volume do ano anterior a 2012, marcado com uma incidência chuvosa anual de 1872.8 mm (FUNCEME, 2013).

#### **5.4 Caracterização Sedimentológica**

Para a análise dos pormenores do sedimento do substrato lacustre e conseqüente conhecimento da dinâmica do corpo hídrico, foram coletadas 49 amostras ao longo de sua extensão, abrangendo desde as seções centrais às periféricas (conforme apresentado na Figura 11). Os resultados encontrados para as análises granulométricas e geoquímicas foram dispostos em tabelas, gráficos e mapas para a visualização do panorama geral e promoção da discussão.

##### **5.4.1 Granulometria e Textural**

Para as 49 (quarenta e nove) amostras obteve-se a distribuição granulométrica, que consistiu no percentual acumulado para os tamanhos dos grãos por Folk & Ward e posterior enquadramento nas classes texturais estabelecidas por Wentworth (1922).

Então, segundo os resultados dos cálculos estatísticos da mediana e da média dos valores dos grãos (Tabela 8), observou-se uma predominância da classe arenosa, principalmente de sedimentos finos e em seguida pela fração lamosa (silte-argila).

**Tabela 8. Valores da mediana, média e classificação das amostras de sedimentos coletados em 2013, Lagoa do Catú.**

<b>Amostras dos Sedimentos</b>	<b>Mediana</b>	<b>Média</b>	<b>Classificação pela Média</b>	<b>Amostras dos Sedimentos</b>	<b>Mediana</b>	<b>Média</b>	<b>Classificação pela Média</b>
<b>C1</b>	3.125	3.355	Areia Muito Fina	<b>C26</b>	8.394	6.678	Silte Fino
<b>C2</b>	1.778	1.324	Areia Média	<b>C27</b>	2.265	2.468	Areia Fina
<b>C3</b>	3.566	3.825	Areia Muito Fina	<b>C28</b>	8.471	8.471	Argila Grossa
<b>C4</b>	8.500	8.500	Argila Grossa	<b>C29</b>	2.277	2.305	Areia Fina
<b>C5</b>	2.101	2.173	Areia Fina	<b>C30</b>	2.000	1.417	Areia Média
<b>C6</b>	1.997	1.919	Areia Média	<b>C31</b>	0.678	2.578	Areia Fina
<b>C7</b>	1.880	3.112	Areia Muito Fina	<b>C32</b>	2.585	3.574	Areia Muito Fina
<b>C8</b>	1.883	1.901	Areia Média	<b>C33</b>	3.836	4.536	Silte Grossa
<b>C9</b>	1.989	1.983	Areia Média	<b>C34</b>	8.268	5.689	Silte Médio
<b>C10</b>	2.353	2.316	Areia Fina	<b>C35</b>	8.094	6.573	Silte Fino
<b>C11</b>	2.080	2.040	Areia Fina	<b>C36</b>	2.299	2.283	Areia Fina
<b>C12</b>	2.470	2.440	Areia Fina	<b>C37</b>	8.413	8.413	Argila Grossa
<b>C13</b>	1.839	1.813	Areia Média	<b>C38</b>	-0.465	2.141	Areia Fina
<b>C14</b>	2.009	1.975	Areia Média	<b>C39</b>	2.157	2.247	Areia Fina
<b>C15</b>	2.088	2.113	Areia Fina	<b>C40</b>	1.292	2.825	Areia Fina
<b>C16</b>	1.993	1.960	Areia Média	<b>C41</b>	1.942	1.829	Areia Média
<b>C17</b>	2.132	3.882	Areia Muito Fina	<b>C42</b>	2.251	3.721	Areia Muito Fina
<b>C18</b>	2.138	2.158	Areia Fina	<b>C43</b>	8.163	5.418	Silte Médio
<b>C19</b>	1.764	3.287	Areia Muito Fina	<b>C44</b>	1.490	2.699	Areia Fina
<b>C20</b>	1.861	1.861	Areia Média	<b>C45</b>	1.004	3.008	Areia Muito Fina
<b>C21</b>	1.902	1.935	Areia Média	<b>C46</b>	3.101	3.940	Areia Muito Fina
<b>C22</b>	0.990	2.987	Areia Fina	<b>C47</b>	2.114	2.052	Areia Fina
<b>C23</b>	2.174	3.910	Areia Muito Fina	<b>C48</b>	8.150	6.053	Silte Fino
<b>C24</b>	2.287	2.487	Areia Fina	<b>C49</b>	2.252	1.542	Areia Média
<b>C25</b>	8.464	8.464	Argila Grossa				

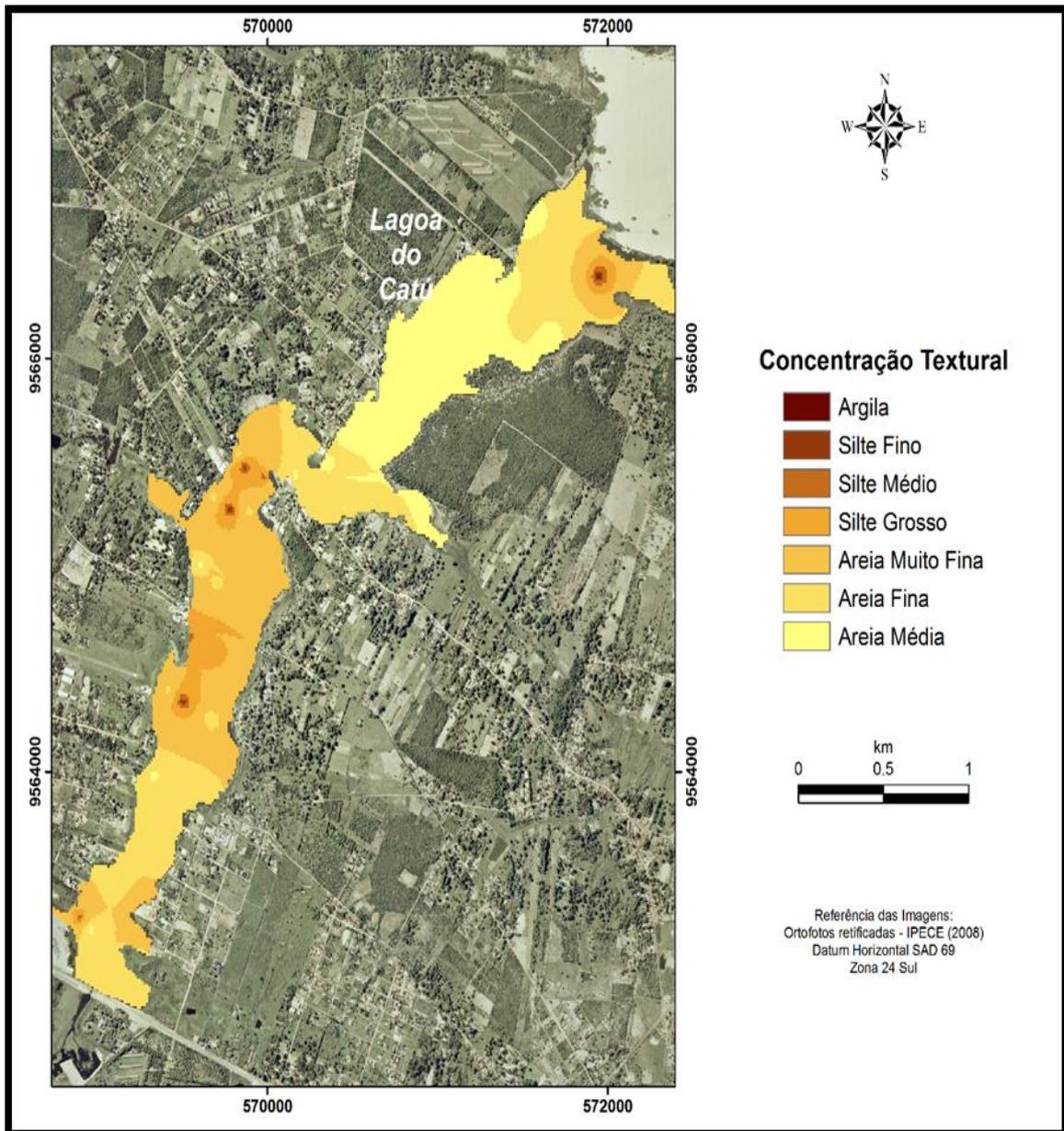
Fonte: Elaboração da Autora, 2013.

Resultados similares aos encontrados foram detectados em estudo realizado por GOMES (2003) na referida área, no ano de 2001, no qual foi relatado a preponderância de sedimentos arenosos finos com grande tendência para os sedimentos finos (silte e argila).

Em apenas 12 (doze) pontos identificou-se a presença de material arenoso médio, a saber, C2 – C6 – C8 – C9 – C13 – C14 – C16 – C20 – C21 – C30 – C41 – C49.

Para uma melhor visualização dos dados, os mesmos foram espacializados no mapa da lagoa para o aferimento das causas das variações da granululação.

**Figura 23.** Mapa textural baseado nas amostras de sedimento da Lagoa do Catú - 2013.



Fonte: Elaboração da Autora, 2013.

A coleta do material sedimentar foi iniciada de jusante à montante da lagoa, ou seja, equivalente a amostra C1 (próximo ao campo de dunas) a amostra C49 (próximo à Rodovia CE-040). Entretanto, para esta análise utilizou-se a sequência normal do fluxo fluvial (de montante a jusante), uma vez que, a lagoa do Catú é uma seção do Rio Catú. Assim sendo,

através da Figura 23 é possível analisar o fluxo fluvial-lacustre e o consequente comportamento do sedimento, além de agregar a este os eventos que ocorrem logo as margens da lagoa.

A montante, conforme visualizado no mapa (Figura 23), há uma supremacia de areia fina (legenda – tom suave amarelado), acompanhada de material silte-argiloso as margens da lagoa (legenda – tom suave próximo a coloração marrom) e dois pontos isolados de material arenoso médio (legenda – tom amarelado). Pode-se afirmar que nesta passagem ocorre uma interferência expressiva da velocidade do fluxo hídrico oriundo do rio Catú, pois a carga sólida encontrada reflete movimentação. Aos tons mais escuros atribuídos a fração lamosa que ocorrem as margens pode estar diretamente relacionada as atividades ali desenvolvidas, a margem direita compreende a uma área urbana e esquerda a uma zona em processo de ocupação, sendo recente a implementação de um condomínio neste local.

Em direção à jusante, observa-se a ocorrência homogênea de material fino e pontos isolados com sedimento arenoso. Este fato é visualizado até aproximadamente a metade da lagoa. Logo posterior, dar-se início a uma concentração de areia fina e em seguida de material arenoso médio, tal condição se estende a jusante, onde próximo as dunas é substituída por grãos finos. Isto é proporcionado pelo acúmulo de sedimento, pois além de estar sujeito a uma forte contribuição das dunas, tanto pelo caráter natural de transporte eólico, como pelas inúmeras atividades de lazer correntes na área. Assim como, pelo baixo fluxo da água oriundo do rio e contenção do sedimento pela barragem existente próximo ao campo de dunas, caracterizando a área como zona em processo de assoreamento.

O selecionamento é a característica resultante da velocidade/competência da corrente que transporta as partículas de sedimento. Os resultados encontrados para este grau de selecionamento e a assimetria dos grãos estão disponíveis na Tabela 9.

Mais de 35 (trinta e cinco) amostras obtiveram valores na classificação extremamente, pobremente selecionada indicando que o ambiente lacustre possui baixa energia. O restante das amostras (14 - quatorze) foram classificadas com uma composição homogênea, indicando alta energia no meio com uma seleção consideravelmente boa.

Tabela 9. Classificação e valores do grau de seleção e assimetria para os sedimentos coletados em 2013 na Lagoa do Catú.

Amostras	Selecionamento		Assimetria		Amostras	Selecionamento		Assimetria	
C1	Extremamente mal selecionado	4.234	Simétrica	0.067	C26	Muito pobremente selecionado	2.913	Muito Negativa	-0.8727
C2	Pobremente selecionado	1.855	Negativa	-0.3123	C27	Pobremente selecionado	1.673	Muito Positiva	0.4591
C3	Muito pobremente selecionado	3.945	Simétrica	0.0455	C28	Pobremente selecionado	1.081	Muito Negativa	-0.42
C4	Muito bem selecionado	0.306	Simétrica	0	C29	Pobremente selecionado	1.462	Muito Positiva	0.3201
C5	Moderadamente selecionado	0.849	Positiva	0.1576	C30	Muito pobremente selecionado	2.028	Negativa	-0.3499
C6	Moderadamente selecionado	0.702	Muito Negativa	-0.2647	C31	Muito pobremente selecionado	3.804	Muito Positiva	0.5943
C7	Extremamente mal selecionado	4.040	Muito Positiva	0.3505	C32	Muito pobremente selecionado	3.840	Positiva	0.2796
C8	Moderadamente selecionado	0.580	Simétrica	0.0753	C33	Muito pobremente selecionado	3.295	Positiva	0.1846
C9	Moderadamente selecionado	0.523	Negativa	-0.0394	C34	Muito pobremente selecionado	3.694	Muito Negativa	-0.8768
C10	Moderadamente selecionado	0.838	Simétrica	-0.1762	C35	Muito pobremente selecionado	2.801	Muito Negativa	-0.8022
C11	Moderadamente selecionado	0.556	Negativa	-0.0892	C36	Muito pobremente selecionado	2.021	Positiva	0.1943
C12	Moderadamente selecionado	0.564	Simétrica	-0.132	C37	Pobremente selecionado	1.079	Muito Negativa	-0.409
C13	Moderadamente selecionado	0.718	Simétrica	-0.0938	C38	Extremamente mal selecionado	4.173	Muito Positiva	0.7515
C14	Moderadamente selecionado	0.957	Simétrica	-0.1024	C39	Muito pobremente selecionado	2.093	Positiva	0.2725
C15	Moderadamente selecionado	0.700	Positiva	0.1233	C40	Extremamente mal selecionado	4.151	Muito Positiva	0.4359
C16	Pobremente selecionado	1.441	Positiva	0.2698	C41	Pobremente selecionado	1.306	Negativa	-0.1384
C17	Muito pobremente selecionado	2.952	Muito Positiva	0.6845	C42	Muito pobremente selecionado	3.410	Muito Positiva	0.4623
C18	Moderadamente selecionado	0.691	Simétrica	-0.0128	C43	Muito pobremente selecionado	3.964	Muito Negativa	-0.8688
C19	Muito pobremente selecionado	3.516	Muito Positiva	0.476	C44	Extremamente mal selecionado	4.088	Muito Positiva	0.3662
C20	Moderadamente selecionado	0.622	Simétrica	-0.0005	C45	Muito pobremente selecionado	3.827	Muito Positiva	0.6027
C21	Bem selecionado	0.465	Simétrica	0.0606	C46	Muito pobremente selecionado	3.462	Positiva	0.2201
C22	Muito pobremente selecionado	3.768	Muito Positiva	0.6186	C47	Pobremente selecionado	1.100	Negativa	-0.1172
C23	Muito pobremente selecionado	2.939	Muito Positiva	0.6881	C48	Muito pobremente selecionado	3.245	Muito Negativa	-0.8385
C24	Pobremente selecionado	1.736	Muito Positiva	0.3738	C49	Muito pobremente selecionado	2.519	Negativa	-0.1571
C25	Pobremente selecionado	1.145	Muito Negativa	-0.4242					

Fonte: Elaboração da Autora, 2013.

A assimetria é determinada segundo a análise da posição dos valores da média em relação a mediana. Os valores alcançados estão apresentados na Tabela 9. Tais dados permitiram analisar a tendência majoritária das amostras para o lado das frações finas (assimetria positiva) em 44.9%, enquanto que 32.65% tendeu para as frações grossas (assimetria negativa) e o restante das amostras (22.45%) foram simétricas.

Através do parâmetro curtose são avaliados os dados obtidos quanto ao grau de esbeltez da curva de distribuição de frequência, proporcionando a classificação dos valores em relação ao comportamento do ambiente. Por meio da Tabela 10 é possível visualizar a ocorrência do caráter deposicional logo a jusante da lagoa, no intervalo dos pontos C1 a C4, classificados como Muito Platicúrtico e Platicúrtico, confirmando esta zona como uma área de grande índice de estagnação dos sedimentos, fato este devido à baixa competência fluvial no trecho.

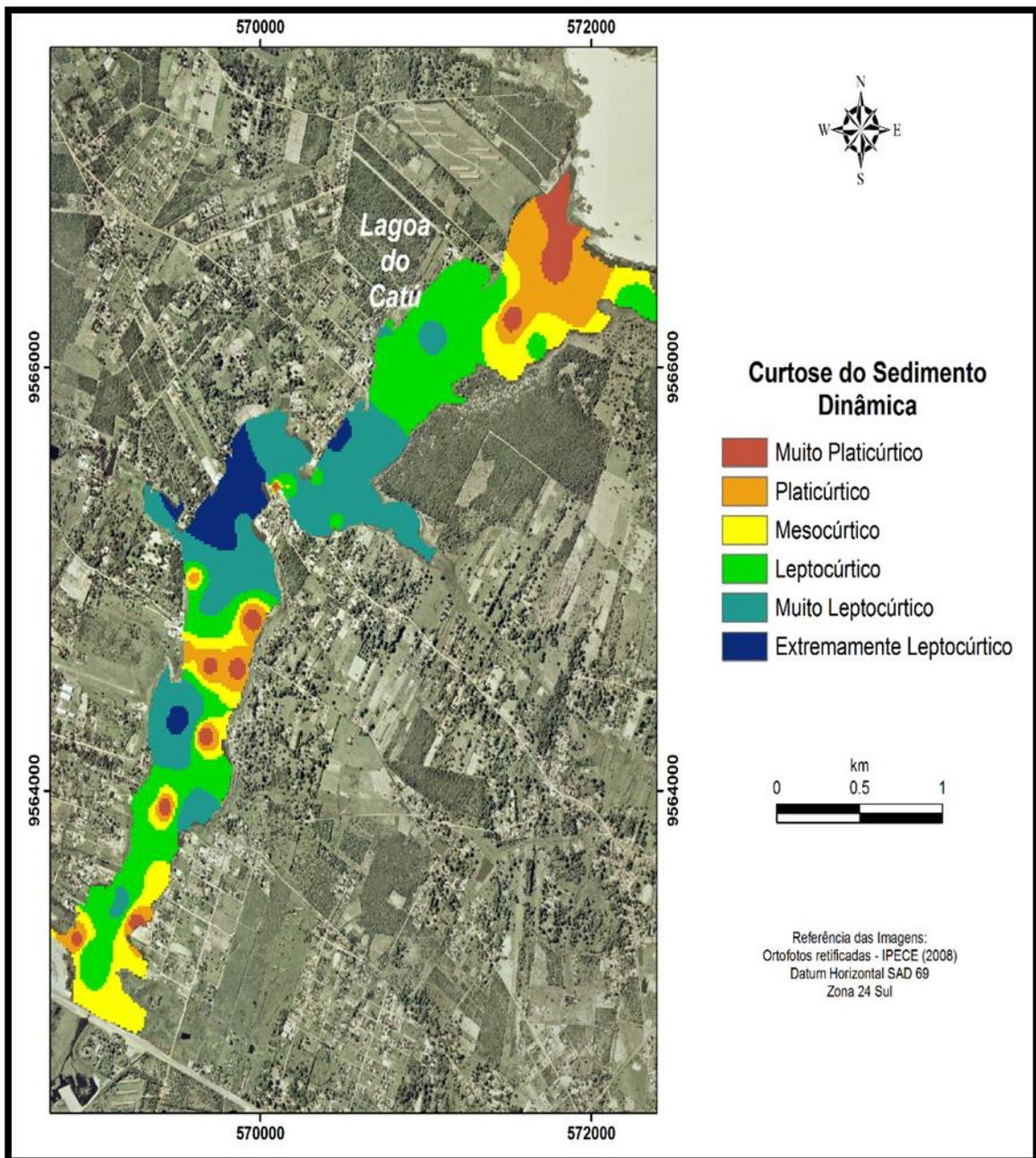
**Tabela 10. Classificação e valores da curtose para os sedimentos coletados em 2013 na Lagoa do Catú.**

Amostras	Curtose		Classificação da Dinâmica	Amostras	Curtose		Classificação da Dinâmica
C1	Muito Platicúrtico	0.44	Deposição	C26	Extremamente Leptocúrtico	6.34	Transporte
C2	Platicúrtico	0.77	Deposição	C27	Muito Leptocúrtico	2.41	Transporte
C3	Muito Platicúrtico	0.55	Deposição	C28	Extremamente Leptocúrtico	4.61	Transporte
C4	Platicúrtico	0.74	Deposição	C29	Extremamente Leptocúrtico	4.13	Transporte
C5	Leptocúrtico	1.25	Transporte	C30	Platicúrtico	0.77	Deposição
C6	Leptocúrtico	1.49	Transporte	C31	Muito Leptocúrtico	1.64	Transporte
C7	Muito Platicúrtico	0.48	Deposição	C32	Muito Platicúrtico	0.49	Deposição
C8	Leptocúrtico	1.17	Transporte	C33	Platicúrtico	0.56	Deposição
C9	Leptocúrtico	1.13	Transporte	C34	Platicúrtico	0.56	Deposição
C10	Muito Leptocúrtico	1.58	Transporte	C35	Platicúrtico	0.74	Deposição
C11	Leptocúrtico	1.26	Transporte	C36	Muito Leptocúrtico	2.65	Transporte
C12	Leptocúrtico	1.21	Transporte	C37	Extremamente Leptocúrtico	4.05	Transporte
C13	Leptocúrtico	1.33	Transporte	C38	Muito Platicúrtico	0.45	Deposição
C14	Muito Leptocúrtico	1.90	Transporte	C39	Muito Leptocúrtico	2.08	Transporte
C15	Leptocúrtico	1.50	Transporte	C40	Muito Platicúrtico	0.46	Deposição
C16	Extremamente Leptocúrtico	4.47	Transporte	C41	Leptocúrtico	1.28	Transporte
C17	Muito Leptocúrtico	2.57	Transporte	C42	Leptocúrtico	1.46	Transporte
C18	Leptocúrtico	1.31	Transporte	C43	Muito Platicúrtico	0.60	Deposição
C19	Muito Leptocúrtico	2.47	Transporte	C44	Mesocúrtico	0.93	Transição
C20	Leptocúrtico	1.26	Transporte	C45	Muito Platicúrtico	0.49	Deposição
C21	Mesocúrtico	1.09	Transição	C46	Muito Leptocúrtico	2.33	Transporte
C22	Muito Platicúrtico	0.49	Deposição	C47	Leptocúrtico	1.12	Transporte
C23	Muito Leptocúrtico	1.91	Transporte	C48	Muito Platicúrtico	0.57	Deposição
C24	Extremamente Leptocúrtico	3.13	Transporte	C49	Leptocúrtico	1.35	Transporte
C25	Extremamente Leptocúrtico	4.86	Transporte				

Fonte: Elaboração da Autora, 2013.

A partir do ponto C6 há uma representatividade elevada do caráter transportador do meio, variando nas classes Leptocúrticas (muito e extrema), estendendo-se até a amostra C29, quando é iniciada uma variação nas classes, intercalando em Leptocúrtica e Platicúrtica, finalizando com o aparecimento de áreas isoladas em transição (Mesocúrtica). O exposto pode ser melhor visualizado na Figura 24.

**Figura 24. Mapa da Dinâmica do Sedimento segundo as classes de Curtose baseado nas amostras de sedimento da Lagoa do Catú, cujo material coletado em 2013.**



Fonte: Elaboração da Autora, 2013.

Ao visualizar o mapa corroboram-se as afirmações realizadas. A jusante (próximo ao campo de dunas) com predominância no acúmulo de sedimento, ocasionado tanto pelo fluxo oriundo do rio quanto pelos processos de erosão eólica das dunas. De jusante para montante há uma supremacia do forte caráter transportador, principalmente na metade do corpo hídrico. Posteriormente, notam-se evidências deposicionais as margens da lagoa, sendo possivelmente atribuídas as atividades de ocupação no seu entorno. A seguir encontram-se variações nos regimes muito leptocúrtico, leptocúrtico, mesocúrtico e pontos isolados de deposição. Caracterizando esta seção como altamente instável, dado a condição de fluxo ativo a montante, oriundo do rio, proporcionando a circulação de sedimentos e sendo passível de interferências do entorno, através das contribuições de cargas erodidas vindas das atividades circundantes.

#### ***5.4.2 Geoquímica do sedimento***

##### *5.4.2.1 Teores de Carbonato de Cálcio*

A averiguação dos teores de carbonato de cálcio em ambiente aquático possibilita a identificação das contribuições sedimentares oriundas de toda a bacia hidrográfica, refletindo as propriedades litológicas da região, assim como diagnóstica os processos químicos existentes no corpo hídrico.

Tundisi e Matsunaga Tundisi (2008) afirmam que os sais dissolvidos em lagos possuem como origem a drenagem e a permanente contribuição de rochas ígneas e sedimentares. As rochas sedimentares podem contribuir com sulfato, carbonato e fosfato, ou bicarbonato.

Além da litologia, a ocorrência das espécies carbonáticas pode ser de forma atmogênica (reações dos gases presentes na atmosfera com a água) e biogênica (estruturas esqueletais e carapaças de animais terrestres e/ou aquáticos).

Em ambientes lacustres o carbonato atua como um dos agentes determinantes na acidez ou alcalinidade das águas naturais e por decorrência favorece a dureza da água. Isto é possível, dado ao condicionamento do ciclo biogeoquímico do carbono.

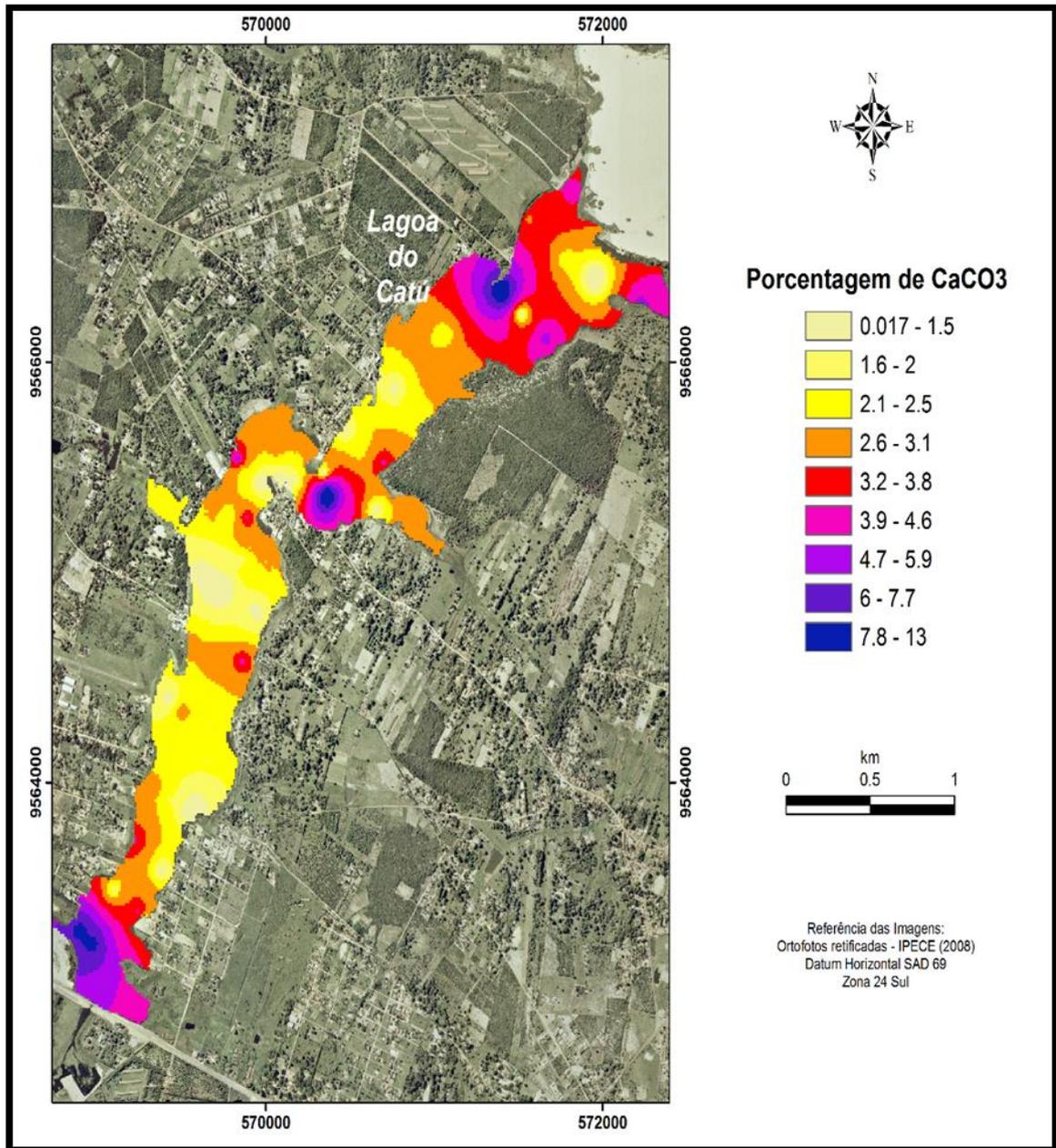
A concentração de carbonato de cálcio foi determinada em 49 amostras, sendo que em apenas duas delas não foi encontrado registro de  $\text{CaCO}_3$ , nas amostras C4 e C22. Nas demais amostras, em todas elas obtiveram índices variantes do elemento.

Na direção de jusante a montante, as amostras C1 a C3 constataram-se índices de 3.37% a 2.23%, com a ausência na C4 e presença contínua no intervalo C5 a C21, com valores de 0.89% a 5.35% e picos de elevação em C6 e C19, respectivamente 12.04% e 14.27%. Após a ausência na amostra C22, os índices identificados estiveram no intervalo de 0.22% a 5.35% na sequência de C23 a C47. Enquanto que, nas duas últimas amostras houve um acréscimo e constância de resultado em C48 e C49 com o mesmo valor de 8.92%.

A espacialização dos valores encontrados de carbonato de cálcio no sedimento lacustre pode ser visualizada no mapa da Figura 25.

Ao verificar as zonas de cores distintas (legenda – Figura 25) é notável a percepção de cinco regiões com os maiores valores de  $\text{CaCO}_3$ , apresentando-se sempre próximo as margens e irradiando para valores menores (ponto central destacado na cor azul escuro e clareando para o tom lilás e em seguida cor vermelha), identificáveis nas margens esquerda e direita a jusante da lagoa. Nessas referidas regiões encontram-se áreas desprovidas de vegetação no entorno, motivo este, pode ser o propiciador da lixiviação de sedimentos terrígenos para a área, principalmente a margem oeste, na qual, além da desproteção do solo, existe o desenvolvimento de atividades de ocupação, lazer e práticas agrícolas. Enquanto que na margem leste há apenas o desprovimento de proteção vegetal.

Figura 25. Mapa de concentração de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) na Lagoa do Catú.



Fonte: Elaboração própria da Autora (2013).

Na porção central, em sentido leste ocorre uma vasta zona (cor azul escuro) denotando uma forte incidência de  $\text{CaCO}_3$ . Na referida região é encontrada uma densa ocupação as margens da lagoa e ausência de proteção da mata ciliar. Assim como, em direção a montante e sentido oeste verifica-se uma pequena mancha escura próxima a área desprovida de vegetação e presença de atividades urbanas bem como a presença de uma das inúmeras atividades aviárias da região.

A montante visualiza-se concentração de  $\text{CaCO}_3$ , principalmente na margem esquerda, área que sofreu fortes mudanças com a instalação de um extenso empreendimento imobiliário, resultando portanto, na retirada da cobertura vegetal nativa remanescente e movimentação intensa de cargas de sedimentos para possíveis aterramentos e aplainamentos de área para a edificação do mesmo.

Quanto as demais regiões da lagoa, conforme o mapa, apresentam-se em maioria a zona característica do intervalo 2.1% – 2.5% (tom amarelo), identificando baixos valores e segue intercalando com passagens levemente mais elevadas (tom laranja) com respeito ao teor de carbonato e pontos espalhados com nível um pouco mais elevado em 3.2% - 3.8% (tom vermelho).

Por meio das observações realizadas é possível afirmar que a principal fonte de contribuição de carbonato de cálcio oriunda da bacia de contribuição e principalmente dos pontos onde há um maior desenvolvimento de atividades. Logo as margens do corpo hídrico, sendo este desprovido de proteção vegetal, assimila as cargas sedimentares com  $\text{CaCO}_3$  em sua constituição, propiciando a deposição no substrato lacustre.

#### 5.4.2.2 *Matéria Orgânica*

A matéria orgânica (MO) é todo o material de origem vegetal ou animal produzido no próprio ambiente aquático (autóctone) ou introduzido nele por meio de despejos ou carreamento, ou seja, pelo arraste por água de chuva (alóctone) (CETESB, 2014).

O processo de decomposição da MO implica no consumo do oxigênio presente no meio, liberando nutrientes que serão utilizados pelas algas e vegetais superiores para o seu crescimento.

Entretanto, a entrada em demasia da MO de origem antrópica no meio aquático aumenta muito a quantidade de nutrientes disponíveis no meio, desequilibrando os processos de fotossíntese e decomposição.

Assim, para a Lagoa do Catú, detectou-se em seus sedimentos uma variação de 0.05% a 6.68% obtendo uma média de 2.30%. Os valores encontrados foram plotados em mapa para uma visualização panorâmica estimada, no qual os valores foram extrapolados no intervalo de 0.4% a 5.9%. Tais valores não subestimam os resultados, uma vez que os produtos inferiores ao menor número se enquadra no mesmo, enquanto que os resultados

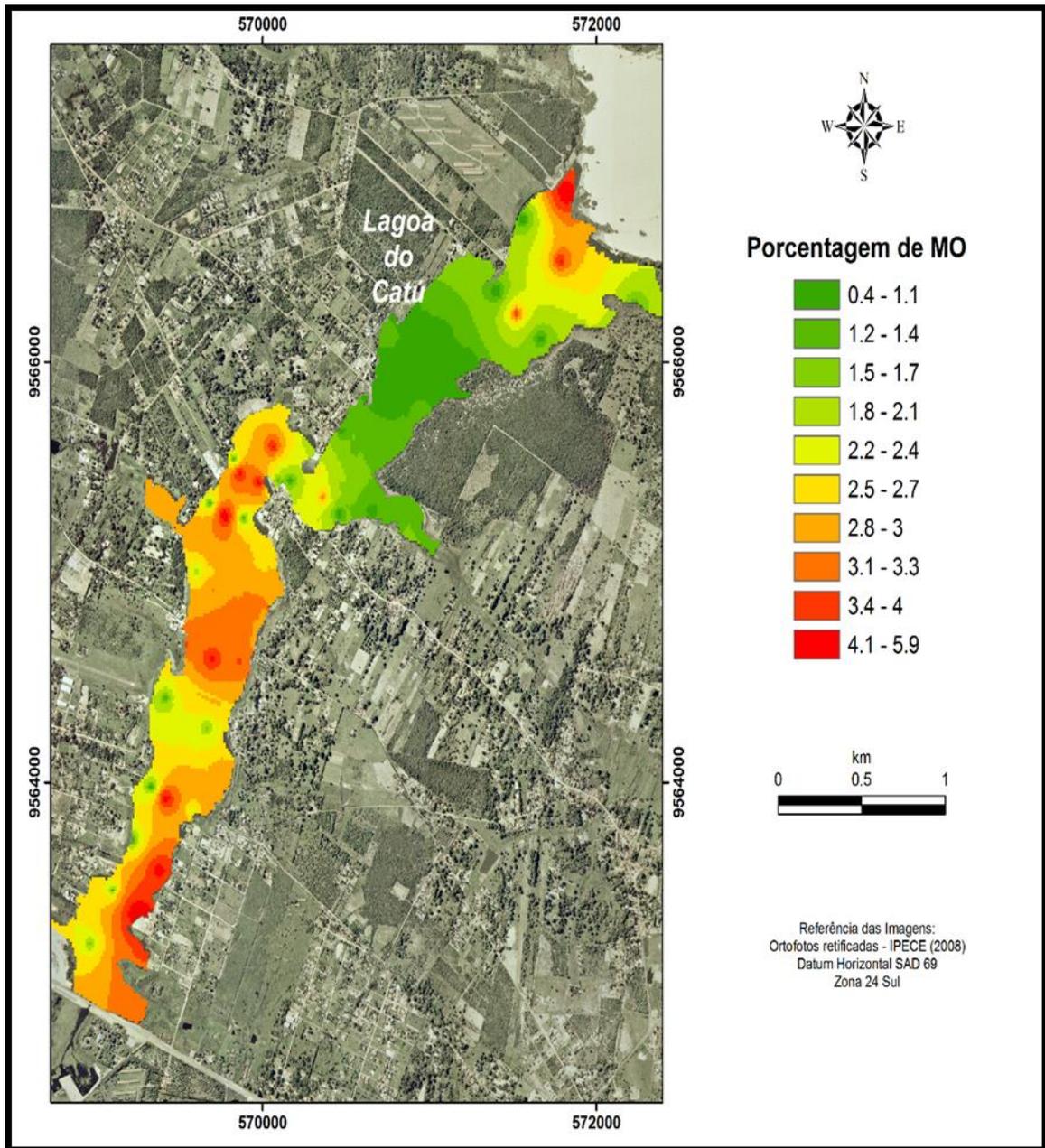
superiores são considerados o maior valor no intervalo e integram as zonas respectivas representativas em cores.

Portanto, segundo a margem do teor de MO encontrada, as zonas no mapa da Figura 26 estão distribuídas em tons de cores distintas para a averiguação dos maiores e menores índices do referido composto no ambiente lacustre. De acordo com a legenda, as zonas com as maiores porcentagens em MO estão na cor vermelha, variando para as tonalidades mais suaves conforme o teor diminui. Os valores medianos (2.2% a 2.7%) estão com as tonalidades na cor amarela e os inferiores em degradê verde, decrescendo do tom mais claro para o escuro.

A montante da lagoa encontram-se os maiores índices de MO, percebe-se que a margem direita, região leste, é destacada pela tonalidade azul, que caracteriza os maiores índices do composto orgânico, isto é evidenciado pelas ocupações existentes na área. À margem correspondente, na região oeste encontram-se valores ainda elevados, entretanto mais inferiores do que o identificado à leste.

Em paralelo, a margem oeste, há o predomínio dos valores medianos com registros dispersos de pontos esverdeados indicando menores valores. Próximo a metade da lagoa ocorrem registros da presença mais elevada da MO, intercalando com os valores medianos. Posterior a metade da lagoa, dirigindo-se a jusante, há uma constância dos menores índices, possivelmente dado a ausência da magnitude das atividades antrópicas evidenciadas nos outros pontos da lagoa, principalmente na região leste da mesma.

Figura 26. Mapa de concentração de Matéria Orgânica (MO) na Lagoa do Catú.



Fonte: Elaboração própria da Autora (2013).

Mais ao Norte, encontra-se uma nova variação com a predominância do intervalo mediano e pontos isolados com valores mais altos, sendo observada a tonalidade mais escura do vermelho nas proximidades das práticas agroindustriais da região.

Nota-se que as zonas com a detecção dos maiores valores para MO estão situados em ambientes onde há certa predominância de material sedimentar fino. Para a simples constatação basta a verificação do mapa textural da região na Figura 23. Isso é possível, dado a granulometria dos sedimentos encontrados nesses setores na fração de areia fina a silte e

argila. Estas classificações texturais são caracterizadas pelas menores composições de grãos sedimentares, conferindo, portanto, uma maior porosidade entre os mesmos, possibilitando um acúmulo superior de substâncias devido a elevada área superficial. Tal fato é corroborado pela determinação do coeficiente de correlação entre finos e MO, que constitui, segundo Garson (2009) apud Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009) na medida de associação bivariada (força) do grau de relacionamento entre duas variáveis.

Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009) acrescentam que em termos estatísticos, duas variáveis se associam quando elas guardam semelhanças na distribuição dos seus escores. Mais precisamente, elas podem se associar a partir da distribuição das frequências ou pelo compartilhamento de variância. Assim, dado a presença recorrente nas mesmas regiões do mapa houve a determinação da correlação entre os dados de material sedimentar fino e MO, para tanto encontrou-se o valor de 0.69, indicando conforme Dancey e Reidy (2005) apud Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009) a classificação da magnitude do coeficiente em moderado, ou seja, há uma correlação entre as variáveis, mas de forma moderada, pois quanto mais o coeficiente estiver próximo de 1 maior será a sua correlação.

Contudo, verifica-se que a própria dinâmica de deposição sedimentar local influencia no acúmulo de elementos geoquímicos aportados na lagoa. Além das diversas atividades antrópicas desenvolvidas no entorno do corpo hídrico, bem como de sua bacia de contribuição, registra-se o aparecimento de macrófitas aquáticas (Figura 27) logo na região a montante da lagoa, na qual há valores elevados para todos os índices geoquímicos estudados neste trabalho.

A concentração destes organismos na região pode ser oriunda de contribuições geoquímicas diretas do rio Catú, cujo qual pode descarregar uma quantidade considerável a montante da lagoa, isto associado a outros fatores como baixa profundidade local, altas temperaturas, e elevada evaporação propiciam a cumulação diagnosticada.

Tundisi e Matsumura Tundisi (2008) relatam que as macrófitas aceleram o processo de sedimentação e colmatação de lagos, em virtude da concentração de sedimentos que produzem, principalmente em regiões de lagos com baixa declividade, onde se favorece o acúmulo de sedimentos.

Figura 27. Ocorrência de macrófitas aquáticas à montante da Lagoa do Catú.



Fonte: Acervo da Autora, 2013. Imagens aéreas a montante da lagoa, (A) vista parcial a oeste; (B) visada a leste da lagoa; (C) proximidade com a CE 040 e ao complexo imobiliário hoteleiro e a predominância de espécimes vegetais no interior da lagoa.

Segundo Tundisi e Matsumura Tundisi (2008) a intensa proliferação e crescimento de macrófitas aquáticas produz elevada biomassa que, ao se decompor, acelera a liberação de nutrientes e matéria particulada para a água e para o sedimento, acelerando os ciclos biogeoquímicos, tais como carbono, nitrogênio e fósforo, tornando-os disponíveis para outros seres produtores fotoautotróficos, como o fitoplâncton e perífiton.

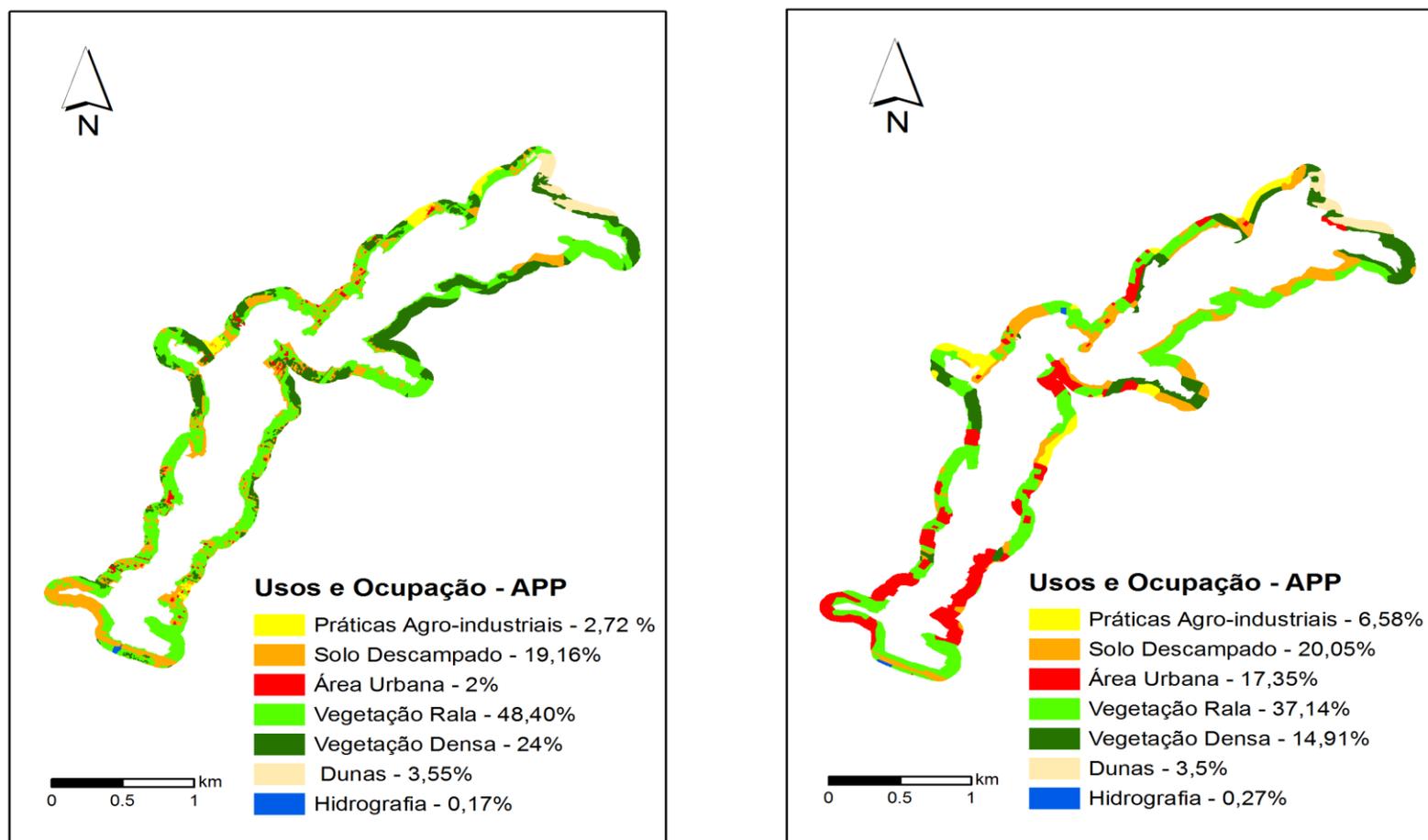
### **5.5 Impacto das Áreas de Preservação Permanente e Consequências no Assoreamento da Lagoa do Catú**

Conforme exposto no capítulo 2.4, as áreas de preservação permanente – APPs são espaços protegidos por lei que instrumentam a relevância do interesse ambiental a fim da promoção da sustentabilidade.

Os cursos d'água com cinquenta a duzentos metros de largura devem ter assegurados a APP em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com uma largura mínima de 100 (cem) metros.

O corpo hídrico em questão possui uma largura média aproximada de 280 metros, entretanto, dado a intensa ocupação de suas margens optou-se pela delimitação da faixa marginal de no mínimo 100 (cem) metros (Figura 28).

Figura 28. Delimitação das Áreas de Proteção Permanente e seus respectivos usos e ocupação para os anos de 2007 e 2012.



Fonte: Elaboração da Autora (2013). No sentido do texto, o primeiro mapa com seus respectivos dados referem-se ao ano de 2007, enquanto o segundo mapa e seus dados referem-se ao ano de 2012.

Ao visualizar os mapas da Figura 28 é notável a supressão da APP da lagoa, principalmente ao avaliar a diferença entre os anos em questão, demonstrando a evolução da ocupação sem controle às margens lacustres.

Em ambos os anos são encontrados as mesmas atividades predominantes, mas em proporções distintas. Em 2007, verifica-se a predominância da vegetação rala (48,40%), acompanhado em segundo lugar pela vegetação densa (24%), indicando uma vasta área de contenção as contribuições exógenas de materiais. Em alguns pontos evidenciavam-se a presença de áreas descampadas (19,16%). A jusante da lagoa encontra-se o campo de dunas, com uma parcela de 3,55% em relação a APP assegurada para o corpo hídrico.

Nas margens da lagoa ocorre a presença também de algumas contribuições hídricas, como o caso do rio Catú e pequenos afluentes ao longo da lagoa perfazendo o valor de 0,17%. Em detrimento dos recursos naturais, fazem-se presentes na área delimitada os usos e ocupação das práticas agroindustriais (2,72%) e área urbana (2%).

Em contrapartida, para o ano de 2012, identifica-se a presença marcante da ocupação, evidenciada pelos altos valores de sua ocorrência em relação aos recursos naturais peculiares da área.

Ainda persiste uma predominância geral de vegetação, sendo que 37,14% está com a vegetação rala e 14,91% com a vegetação densa (Figura 29).

**Figura 29. Parcela de solo com predominância vegetal, porção norte, à margem direita da lagoa.**



Fonte: Acervo da Autora, 2013.

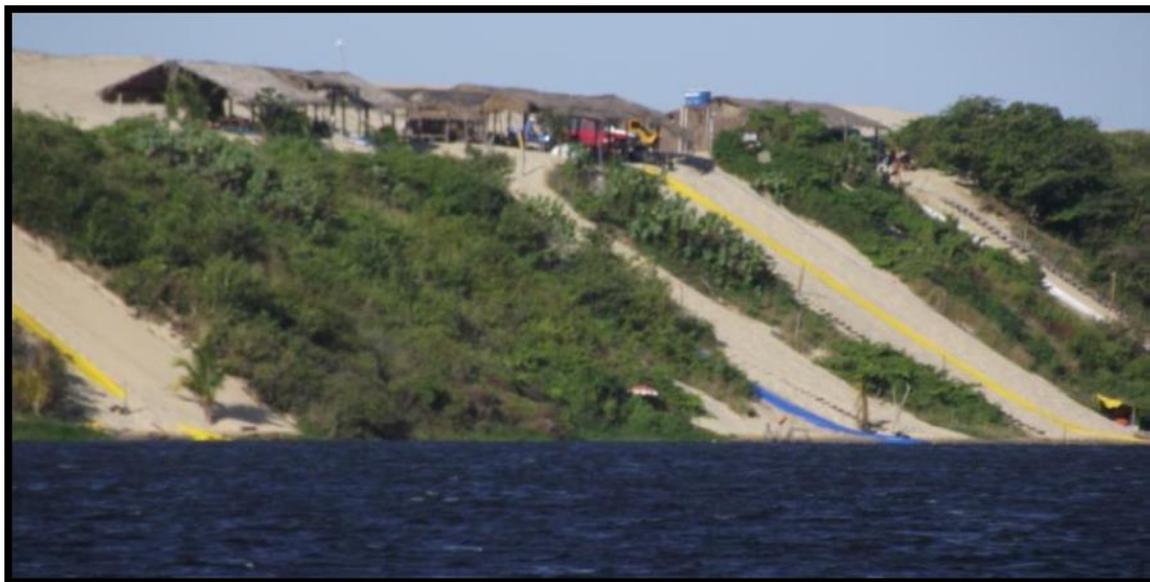
A diferença é perceptível ao visualizar os mapas distintos (Figura 28), identificando a substituição das áreas vegetadas pelas demais atividades. Espaços que outrora possuíam cobertura de gramíneas, herbáceas deram lugar aos usos e ocupação e/ou ao desnudamento do solo, enquanto que o espaço com cobertura densa de arbustos foi diminuída, dando lugar a cobertura rala. A constatação realizada é confirmada como uma tendência oriunda da urbanização da localidade, Araújo et al (2011) afirmam que durante este processo, os espaços permeáveis, inclusive áreas vegetadas e bosques, são convertidos para usos que, geralmente, provocam o aumento de áreas com a superfície impermeável, resultando no aumento de volume do escoamento superficial e da carga de poluentes.

A presença do solo descampado foi acrescida para 20,05%. Este quesito é evidenciado em diversas partes da APP, até mesmo em pontos distintos daqueles encontrados no ano de 2007, pois o desmatamento é uma atividade típica, praticamente um pré-requisito para a implementação dos mais diversos usos do solo. Em regiões onde se visualizavam áreas descampadas em 2007, em 2012 deparam-se com áreas urbanas ou práticas agrícolas.

Guerra e Cunha (1996) salientam que o desmatamento de áreas para as mais diversas finalidades podem promover a degradação ambiental local, principalmente se não houver um manejo adequado. Os referidos autores discorrem que ao se desmatar grandes áreas, para a agricultura deve-se deixar intacto a vegetação próxima aos mananciais, porque só assim é possível continuar o abastecimento de água, como diminuir a possibilidade de erosão dos solos promovida, muitas vezes, pela erosão pluvial, atuando, segundo Araújo et al (2011) com efeitos benéficos de interceptação, contenção, retardamento e infiltração das águas pluviais, nessas áreas florestadas, que servirão também como um refúgio para a fauna.

A área relativa às dunas foi decrescida para 3,5%. A alteração diagnosticada não foi tão expressiva quanto aos outros usos, mas demonstra uma situação sensível a ser analisada, pois conforme se visualiza no mapa de 2012, encontra-se indícios de atividades urbanas na mesma. Tal fato foi constatado em visitas a campo na localidade, nas quais foi possível a visualização de atividades de lazer no campo de dunas, com barracas e escorregadores improvisados para o entretenimento da população local e turística. Tal fato foi registrado por Gomes (2013) (Figura 30).

**Figura 30. Barracas construídas para a prática da tirolesa e “esqui-bunda” em área de proteção ambiental.**



Fonte: Gomes, 2013.

Gomes (2013) identifica a prática mencionada no ano de 2011 (na porção norte da lagoa do Catú) e relata que esta atividade remobiliza sedimentos e altera o comportamento natural migratório das dunas.

A hidrografia localizada na APP da lagoa de 2012 diferenciou-se apenas em 0,1% em relação ao ano de 2007, que pode-se considerar como uma situação praticamente homogênea, sem grandes efeitos ou intervenções sobre os afluentes/contribuintes para a lagoa, uma vez que há uma diferença de cinco anos entre os períodos analisados.

Os percentuais mais significativos encontrados em termos de intervenções antrópicas foram para a área urbana (17,35%) e práticas agroindustriais (6,58%). As alterações entre os anos analisados podem ser visualizados na Tabela 11, cuja qual mostra a diferença entre os anos.

**Tabela 11. Alteração dos Usos e Ocupação investigados nos anos de 2007 e 2012.**

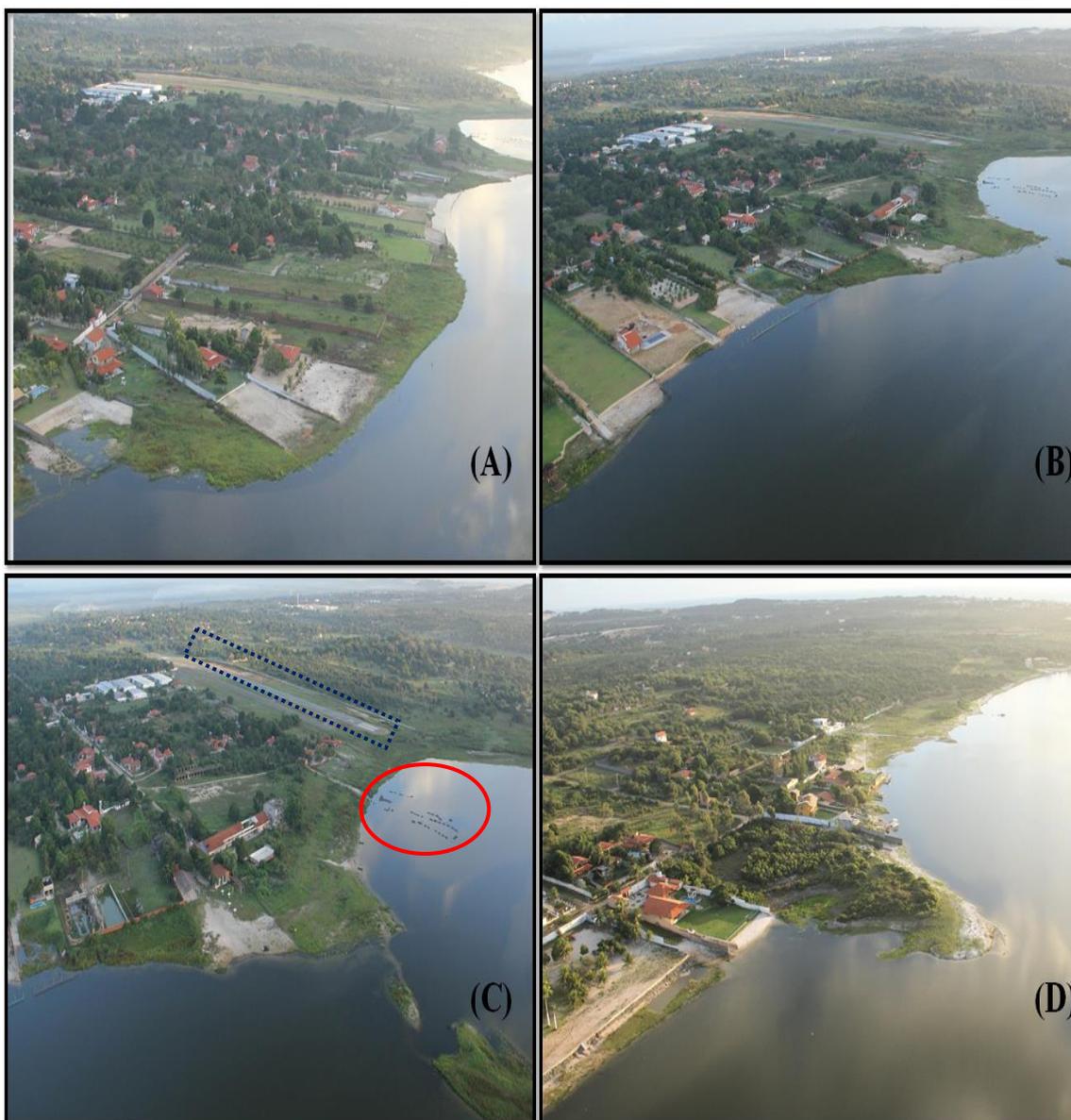
<b>Usos e Ocupação</b>	<b>2007 (%)</b>	<b>2012 (%)</b>	<b>Alteração (%)</b>
Hidrografia	0.17	0.27	0.10
Dunas	3.55	3.50	-0.05
Campo/Mata	24	14.91	-9.09
Campo	48.40	37.14	-11.26
Área Urbana	2	17.55	15.55
Área Desmatada	19.16	20.05	0.90
Práticas Agro-industriais	2.72	6.58	3.86

Fonte: Elaboração da Autora, 2013.

Conforme a tabela 11, a área urbana encontrada as margens lacustres teve um acréscimo de 15,55%, equivalendo a totalidade de 17,35%. Os valores encontrados denotam um crescimento intenso no decorrer de cinco anos.

Em 2007 visualizavam-se residências, empreendimentos de forma dispersa ao longo das margens, enquanto que em 2012 foi possível a identificação clara de uma pressão maior deste uso, fato este, corroborado por Gomes (2013) ao enfatizar que a urbanização crescente motivada pela especulação imobiliária ocorre de forma bastante efetiva em toda a área da lagoa em estudo, principalmente na porção mais ao sul da lagoa em ambas as margens é visível a densa ocupação (Figura 31).

Figura 31. Ocupação urbana da porção ao sul da Lagoa do Catú, margem oeste.



Fonte: Acervo da Autora, 2013. Mosaico de fotografias aéreas em sequência de sul a norte da lagoa, evidenciando a intensa ocupação das margens, presença constante de residências de alto poder aquisitivo e regiões descampadas (A, B, D), assim como a ocorrência de outras atividades como a aviação desportiva (C) – pista de decolagem (tracejado na cor azul) e pousos de aeronaves e piscicultura (C) – redes para o cultivo de peixes (círculo na cor vermelha).

Conforme o exposto na Figura 31, a área urbana é compreendida além das residências, por atividades de lazer, como a aviação desportiva (Figura 31 - C), que possui sede própria com pista de decolagem e pouso situados logo as margens da lagoa. Segundo Gomes (2013) partem deste local diversas aeronaves, como ultraleves e aviões mono e bimotores, principalmente aos finais de semana. Para a realização de tal atividade é necessário o frequente rebaixamento da vegetação que se desenvolve na área (GOMES, 2013).

Logo próximo ao campo de dunas, porção norte da lagoa, encontra-se o intenso desenvolvimento da balneabilidade na região (Figura 32), com barracas e estabelecimentos que favorecem tal lazer. Observa-se também a utilização dos transportes náuticos, principalmente as lanchas e motos aquáticas.

**Figura 32. Estabelecimentos com barracas contribuintes para o lazer da região.**



Fonte: Acervo da Autora, 2013.

Na porção sul, margem leste da lagoa encontra-se também uma densa ocupação, ao começar na metade de sua extensão, posterior a um vasto campo de vegetação. A ocupação presente é evidenciada pelas diversas residências encontradas e pelos espaços descampados.

Nota-se na Figura 33, a predominância de casas com características de alto poder aquisitivo, com a presença de diques, piscinas, vegetação ornamentada e arquitetura diferenciada em espaço de terra com proeminência para o corpo lacustre. Logo há uma vulnerabilidade alta deste espaço em situações de cheias, que porventura possa sofrer a lagoa em estações chuvosas. Esta ameaça é possível em todos os terrenos que estão situados nas margens dos cursos d'água e de reservatórios, pois os mesmos, segundo Gomes (2003), exercem papel de grande importância, principalmente se estiverem cobertos por vegetação

natural, uma vez que propiciam a proteção do solo contra a erosão e evitam o assoreamento dos corpos de água, além de garantir áreas de monitoramento das cheias. Portanto, faz-se necessário o uso restrito de tais locais a fim salvaguardar o ecossistema local, a dinâmica peculiar e a segurança dos indivíduos moradores locais.

Na mesma imagem (Figura 33), pode-se identificar um afunilamento da lagoa nessa região, uma vez que há uma acentuada aproximação das margens oeste e leste, preconizando uma situação futura de junção das margens como consequência dos processos erosivos das áreas circundantes, assim como pela contribuição de sedimentos resultantes da bacia hidrográfica da região. Este fato promoveria a divisão do corpo hídrico existente e acarretaria uma situação preocupante para os inúmeros usufrutos da lagoa, um deles o de abastecimento de água (Figura 34) para a sede de Aquiraz e das comunidades ribeirinhas.

**Figura 33. Imagens aéreas na porção sul da lagoa do Catú, margem leste, evidências da ocupação urbana na área de preservação ambiental.**



Fonte: Acervo da Autora, 2013. Visualiza-se 2 (duas) imagens distintas da mesma região. Ao lado esquerdo percebe-se a aproximação das margens oeste e leste da lagoa, assim como o destaque na proeminência de terra envolta pelo corpo hídrico marcado pela intensa ocupação urbana; na imagem à direita encontra-se o zoom frontal do destaque da imagem vizinha.

**Figura 34. Evidência da captação de água para o abastecimento da sede de Aquiraz pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.**



Fonte: Acervo da Autora, 2013.

A sul da lagoa do Catú, acham-se formas mais incisivas de impactos sobre o corpo hídrico. Ainda na margem leste, encontram-se diversas propriedades privadas, que em muitos casos, limitam o acesso livre ao bem natural, assim como diversas pretensões de implementação de novas edificações, conforme pode ser visualizado na Figura 35, na qual se identificam pontos com obras de construção civil.

**Figura 35. Visão aérea panorâmica da ocupação da margem leste da Lagoa do Catú.**



Fonte: Acervo da Autora, 2013. Destaque para as obras de construção civil marcadas em amarelo.

Schueler (1987) apud Araújo et al (2011) salienta que conforme a urbanização acontece, as mudanças na hidrologia são inevitáveis, tais como alterações hidrológicas e hidráulicas que ocorrem em resposta à limpeza do terreno, à terraplanagem e à adição de superfícies impermeáveis. Entretanto, os maiores problemas são o grande aumento nos volumes de escoamento superficial e as subsequentes cargas de erosão e sedimentos às águas superficiais que acompanham as mudanças na paisagem (Araújo et al, 2011).

Araújo et al (2011) encontrou em obras científicas de Yorke e Herb (1978) e Novotny (1991) a existência de relatos que informam a respeito do descontrole nas cargas de sedimentos provenientes de canteiros de obras da ordem de 86 a 111 t/ha, enquanto que em Leopold (1968) os mesmos autores constataram que as cargas provenientes de áreas florestadas não perturbadas são, tipicamente, de menos de 4 t/ha por ano.

As obras identificadas despertam maiores preocupações pois são realizadas junto a lagoa do Catú, situação esta que exprime no mínimo a atuação das autoridades ambientais competentes da região para a tomada de providências quanto as circunstâncias evidenciadas.

Assim, verificou-se o noticiário das ações realizadas pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará – SEMACE em seu sítio eletrônico, onde foi possível visualizar a ação rotineira na Lagoa do Catú, com o intuito de impedir atos lesivos ao meio ambiente.

Segundo a Semace (2013) desde o ano de 2012, o órgão ambiental vem monitorando a região lacustre, haja vista as características naturais privilegiadas da área que influenciam a especulação imobiliária, que em alguns casos, acaba descumprindo as leis que protegem os recursos naturais.

Do período de 2012 a 2013 a Diretoria de Fiscalização da Semace já autuou cinco pessoas por estarem cometendo infrações ambientais no recurso hídrico ou em sua APP. Dentre os crimes cometidos estão o aterramento indiscriminado da lagoa sem a devida autorização do órgão ambiental competente, construção de muro sem permissão e extração mineral sem autorização. Salienta-se que todas as obras foram embargadas (Figura 36) (SEMACE, 2013).

Entretanto, mesmo com a ação fiscalizadora e de punição, os infratores persistem na recorrência dos delitos, pois mesmo com os embargos das obras citadas, a equipe da Semace e do Batalhão de Policiamento do Meio Ambiente – BPMA constataram a continuidade do aterramento de parte da Lagoa do Catú, sendo que em uma das propriedades o aterramento realizado já havia avançado cerca de 25 metros na direção à lagoa (desde a

última vistoria do dia 03 de janeiro de 2013, data do embargo) e que um muro de arrimo estava praticamente concluído (Figura 37). Além disso, uma rampa para embarcações estava sendo construída (Figura 38) (SEMACE, 2013).

**Figura 36. Placa identificando o embargo da obra de construção realizada indevidamente junto a lagoa em área de APP.**



Fonte: SEMACE, 2013.

**Figura 37. Evidências das construções irregulares no entorno da Lagoa do Catú.**



Fonte: SEMACE, 2013. Imagem a esquerda mostra o aterramento realizado em parte da lagoa e a direita imagem de parte do muro de arrimo levantado bem próximo a lagoa.

Figura 38. Construção indevida de rampa para embarcações a margem da Lagoa do Catú.



Fonte: SEMACE, 2013.

A especulação na área é de tamanha magnitude que muitos dos proprietários das atividades já embargadas tentam burlar as leis e não despertar a atenção dos órgãos competentes ao agirem nos finais de semana e feriados. Entretanto, a Semace (2013) afirma que tais tentativas agravam a pena conforme o artigo 15 da Lei 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais).

No entorno da lagoa do Catú, outra construção significativa desperta a atenção (Figura 39). O espaço descampado encontrado na margem oeste, na porção sul da lagoa em 2007, foi ocupado por uma obra de cunho residencial (Figura 40), que segundo Gomes (2013) alterou significativamente um afluente do rio Catú para a construção de uma marina. A autora citada afirma que a obra foi embargada diversas vezes, mas acabou conseguindo prosseguir e finalizar-se de modo que atualmente já há ocupação na mesma.

**Figura 39. Visão aérea do Empreendimento hoteleiro/imobiliário a margem oeste, porção sul da lagoa do Catú.**



Fonte: Acervo da Autora, 2013.

**Figura 40. Visão aproximada do Empreendimento hoteleiro/residencial com suas características de lazer: Quadra de esportes diversos, amplo espaço e ao fundo visualiza-se as piscinas artificiais. A direita da imagem constata-se a supressão de um dos afluentes da Lagoa do Catú localizado logo atrás da edificação.**



Fonte: Acervo da Autora, 2013.

A expansão urbana na área de proteção permanente da lagoa, somam-se as práticas agroindustriais (Figura 41) que encontram-se com um percentual de 6,58% de ocupação para o ano de 2012, enquanto que em 2007 achava-se o valor de 2,72%. Este aumento exprime reflexão dado as ameaças possíveis para o corpo hídrico próximo, uma vez que para o exercício da agricultura e criação de animais demanda uma série de práticas que se não bem manejadas podem desencadear processos danosos ao meio.

**Figura 41. Área com cultivo agrícola e ao fundo uma das mais de 20 (vinte) produtoras de aves da região (granjas).**



Fonte: Acervo da Autora, 2013.

O manejo agrícola inadequado pode estar relacionado a escolha das áreas de plantio como o cultivo em extensas áreas com monocultura, áreas de encostas, isto agregado a falta de medidas especiais para a proteção da estrutura do solo e manutenção da fertilidade por meio da redução do pousio, fertilização insuficiente e/ou a falta de gestão eficiente podem promover problemas de degradação ambiental. Dentre alguns impactos típicos ocasionados,

estão a salinização, a elevação do lençol freático de áreas irrigadas, além da poluição por pesticidas e/ou fertilizantes do solo (ARAÚJO ET AL, 2011), que pela drenagem local podem ser carreados para o corpo hídrico mais próximo.

A pecuária da região, de forma mais enfática e representativa pela criação de aves, devido aos diversos criadouros próximos a lagoa, a exemplo da unidade mostrada na Figura 41, prefigura-se também como uma atividade digna de atenção. Corrêa e Miele (2011) apontam a atividade pecuária de criação de aves como concentradora de resíduos, os quais se forem manejados inadequadamente permitirão a presença de alta carga poluidora de nutrientes para o solo, ar e água. Os resíduos gerados na produção animal constituem-se em substratos complexos contendo matéria orgânica particulada e dissolvida, elevado número de componentes inorgânicos, bem como alta concentração de microrganismos patogênicos, todos de interesse na questão ambiental (STEIL ET AL, 2003).

Portanto, diante de todas as circunstâncias encontradas para a área de estudo entre cinco anos, em suma, a ocupação acelerada das margens do corpo hídrico, o desrespeito para com a lei seguradora das APPs em razão dos propósitos econômicos a todo custo, seja por interesse pessoal reservado para as grandes mansões encontradas ou pelo interesse do pólo turístico, assim como das atividades agro-industriais situadas em áreas de proteção ambiental, somado a dependência da comunidade local do recurso hídrico como fonte de abastecimento, de irrigação para suas culturas de subsistência e/ou comércio, criação de espécies aquáticas bem como para balneabilidade, todas elas contribuem com distintas parcelas para o risco de saturação ambiental da Lagoa do Catú.

## 6. CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos e expostos no capítulo anterior, conclui-se que:

A análise morfológica do substrato atual com dados coletados em 2003 na região de estudo, permitiu a observação das alterações sofridas na área evidenciadas pelas características do relevo submerso por meio da batimetria. A grande alteração observada foi o nível das profundidades, que em 2003 variavam no intervalo de 0 a 6 metros e atualmente encontra-se em 0 a 4 metros.

As maiores profundidades são encontradas principalmente na parte central da lagoa, logo devido ao talvegue lagunar. Nas margens da lagoa há forte incidência das profundidades menores em detrimento ao encontrado em 2003. Tal fato, pode ser explicado pela constante movimentação de massas proveniente das mais diversas atividades (construções, aterros, plantações, desmatamentos e outros.) ao longo de 10 (dez) anos, resultando no assoreamento gradual de diversos pontos, isso agregado a ausência de uma regularidade chuvosa na região que contribuiu para o estado encontrado atualmente.

Foram identificadas 10 (dez) classes de uso e ocupação de maior relevância e realizada a análise das mudanças substanciais ao longo dos anos. As principais alterações observadas foram para área urbana, atividades agrícolas e solo exposto, com aumento de 18.42%, 2.97%, 5.72%, respectivamente. Tais acréscimos incidiram negativamente em áreas com características naturais, como áreas verdes, dunas e planície praial, que decresceram em 22.17%, 4.88% e 0.35%, respectivamente.

Notou-se o crescimento intenso da especulação imobiliária e que o crescimento urbano não se restringiu apenas no entorno da lagoa, mas em toda a sua bacia de contribuição, abrangendo desde o núcleo central urbano (sede de Aquiraz) à orla da praia.

As estimativas de produção de sedimentos mostraram a distinção dos valores em relação aos acréscimos e decréscimos de área do período de 2007 a 2012. Assim como, a influência da incidência pluviométrica nos anos limitantes, pois no primeiro ano obteve-se uma quadra chuvosa bem superior (1243.2 mm) que do último (574.5 mm) e isto influenciou no resultado final. De modo que em 2007 obteve-se uma estimativa total superior de 682.81 ton/ano, enquanto que no ano de 2012 obteve-se o total de 441.80 ton/ano. Mas, para ambos os anos as principais atividades contribuintes com a produção de sedimentos foram área descampada, Dunas-paleodunas-Planície de deflação, faixa de praia e área urbana.

Para as características sedimentológicas do corpo lacustre há uma predominância da classe arenosa, principalmente de sedimentos finos e em seguida pela fração lamosa (silte-argila). À montante ocorre a supremacia da areia fina, acompanhada de material silte-argiloso às margens da lagoa, resultante da interferência expressiva da velocidade do fluxo hídrico oriundo do rio Catú. As margens lamosas podem estar diretamente relacionadas com as atividades antrópicas ali desenvolvidas. À jusante da lagoa, encontra-se a ocorrência homogênea de material fino e pontos isolados com sedimentos arenosos. Isto é possível pelo acúmulo de sedimentos na área oriundo das contribuições dunares, atividades de lazer, somado ao baixo fluxo do rio e contenção dos sedimentos pela barragem existente próximo ao campo de dunas, caracterizando-se como uma zona em processo de assoreamento. Corroborase que o sistema possui baixa energia a jusante e a montante ao meio da lagoa há uma considerável alta energia. No geral existe uma tendência majoritária para as frações finas.

A geoquímica para o ambiente lacustre estudado indicou valores baixos de carbonato de cálcio no geral, abstendo-se em dois pontos e obtendo-se picos em áreas com atividades urbanas intensas, assim como para os índices de matéria orgânica que foram encontrados em maiores quantidades na porção sul da lagoa, região esta, caracterizada pela forte ação antrópica. Logo, tais valores podem estar diretamente ligados às práticas dos agentes que estão envolvidos na ocupação do entorno da lagoa.

É notável a supressão de grande parte da área de proteção permanente da lagoa, demonstrando a evolução da ocupação sem controle às margens lacustres. A zona assegurada para a proteção dos corpos hídricos vem sendo invadida e utilizada para os mais diversos usos, que por fim acabam por denegrir as condições estáveis da lagoa. Foi possível analisar que os pontos com mais contribuições de sedimentos e cargas geoquímicas estão nas áreas desprovidas de vegetação peculiar, a mata ciliar.

As ocupações e contribuições sedimentares de forma exacerbada contribuem para a vulnerabilidade alta do sistema, pois em situações de cheias, que porventura possa sofrer a lagoa em estações chuvosas, podem promover malefícios para a população local, assim como estar sujeita a ameaça de assoreamento em diversas porções, principalmente na região norte, a jusante, onde há uma baixa influência fluvial. Além da interferência das atividades antrópicas que modificam a dinâmica normal das dunas; na porção média, com uma acentuada aproximação das margens oeste e leste, preconizando uma situação futura de junção das margens como consequência dos processos erosivos das áreas circundantes e; as diversas construções e aterramentos que ocorrem na porção mais ocupada, a região sul.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, J.David & FLECKER, Alexander.S. **Biodiversity Conservation in Running Waters: Identifying the major factors that threaten destruction of riverine species and ecosystems.** BioScience. Vol. 43. Nº.1, 1993.

ALVES, Patrícia Layne & CALIJURI, Maria Lúcia. **DIAGNÓSTICO DAS ÁREAS DE OCUPAÇÃO INADEQUADA A PARTIR DA DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA – MG. CAMINHOS DE GEOGRAFIA** - revista on line. Uberlândia, v. 13, n. 33. P. 11-26, 2010. Disponível: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>

AQUINO, Wagner França & LOPEZ, Álvaro Gutierrez. **ESTUDO DO ASSOREAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA PELO MÉTODO GEOFÍSICO DE GEO-RADAR.** In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio Grande do Sul: ABES, 2000.

ARAÚJO, Lincoln Eloi de; SOUSA, Francisco de Assis Salviano; MORAES NETO, João Miguel; SOUTO, Jacob Silva; REINALDO, Lediam Rodrigues Lopes Ramos. **BACIAS HIDROGRÁFICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS.** Qualit@s Revista Eletrônica, Vol. 8, No 1, 2009.

ARAÚJO, Gustavo Henrique de Sousa; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Gestão ambiental de áreas degradadas.** 7º ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 322p. 2011.

BARNES, Richard Stephen Kent. **Coastal Lagoons.** Great Britain: Cambridge University Press, 1980.

BERKES, Fikret. & Cristiana S. SEIXAS. **Building Resilience in Lagoon Social-Ecological Systems: A Local Level Perspective.** Ecosystems 8: 967-974, 2005

BERTONI, J & LOMBARDI, F. N. **Conservação de solo.** 5. ed. São Paulo: Ícone. 2005.

BEZERRA, Luiz José Cruz. **Caracterização dos Tabuleiros Pré-Litorâneos do Estado do Ceará.** Fortaleza: UFC, 2009. 144f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação

em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

BRANDÃO, Ricardo de Lima. **Regiões Costeiras**. In: SILVA, Cássio Roberto da. Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 264 p.

BRASIL. **Lei Federal n. 4.771**. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro de 15 de Setembro de 1965.

BRIGANTE, Janete. & ESPÍNDOLA, Evaldo Luiz Gaeta. **Limnologia Fluvial: Um Estudo no Rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: Editora RiMa. 278p. 2003.

BRITO, A. O. (2012). **Estudos da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Publicação PPG EFL. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 77.

CARPENTER, S. R.; CARACO, N. F.; CORRELL, D. L.; HOWARTH, R. W.; SHARPLEY, A. N. & SMITH, V. H. (1998). **NONPOINT POLLUTION OF SURFACE WATERS WITH PHOSPHORUS AND NITROGEN**. Ecological Applications, 8, 559-568.

CAVALCANTE, A. A. **Aspectos da produção de sedimentos e seus efeitos na gestão dos recursos hídricos no baixo vale do Rio Jaguaribe-CE**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Ceará. Mestrado Acadêmico em Geografia. Fortaleza, 1995.

CEARÁ, Governo do Estado. **Municípios Cearenses: Aquiraz**. Ceará. Disponível em: <<http://www.ceara.gov.br/index.php/municipios-cearenses/780-municipios-com-a-letra-a/#munic-pio-aquiraz>> Acesso em: 28 ago. 2012.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Alterações Físico Químicas – Matéria Orgânica e Nutrientes**. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas\\_materia.php](http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_materia.php)> Acessado em 05/05/2014

CHISTOFOLETTI, Antonio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1ª edição – São Paulo: Editora Blucher, 1999.

COELHO, André Luiz Nascentes. Aplicações de Geoprocessamento em Bacias de Médio e Grande Porte. **Anais**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p.2437-2445. Disponível em:<

<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.31.17.41/doc/2437-2445.pdf> >

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2002. **Resolução Conama nº 303**. Disponível em:<[www.mma.conama.gov.br/conama](http://www.mma.conama.gov.br/conama) >Acesso em 27/08/2012

CORREA, Juliano Corulli & MIELE, Marcelo. **A Cama de Aves e os Aspectos Agronômicos, Ambientais e Econômicos**. In: PALHARES, Julio Cesar P. & KUNZ, Airton. MANEJO AMBIENTAL NA AVICULTURA – Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 221p.; Documentos/Embrapa Suínos e Aves, ISSN 0101-6245;149.

COSTA, Regilane Cunha; VASCONCELOS, Sônia Maria Silva; MAIA, Luís Parente. **Aspectos Hidrogeológicos do Sistema Dunas/Paleodunas, Fortaleza, Ceará, Brasil**. Revista de Geologia, Vol. 17, nº2. 132-142, 2004.

CROSSLAND, Christopher J.; BAIRD, Dan; DUCROTOY, Jean-Pau; LINDEBOM, Han; BUDDEMEIER, Robert W.; DENNISON, William C.; MAXWELL, Bruce A.; SMITH, Stephen V.; SWANEY, Dennis P. **The Coastal Zone – a Domain of Global Interactions**. In: CROSSLAND, Christopher J.; KREMER, Hartwig H.; LINDEBOM, Han J.; CROSSLAND, Janet I. Marshall; LE TISSIER, Martin D. A. **Coastal Fluxes in the Anthropocene: The Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone Project of the International Geosphere-Biosphere Programme**. Springer, 2005. 232 p.

CUNHA, Sandra Baptista. **Geomorfologia Fluvial**. In: GUERRA, Antonio José Teixeira & CUNHA, Sandra Baptista (Orgs.). Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos. 7º ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. P. 472.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. Ed. Er. Atual. - Rio de Janeiro, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Brasil em Relevo, Download do SRTM// Ceará, Carta SB-24-X-A**. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/ce/sb-24-x-a.htm>> Acesso em: 30 ago. 2012.

ESTEVEES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

ESTEVEES, F. A.; CALIMAN, A.; SANTAGELO, J.M.; GUARIENTO, R.D.; FARJALLA, V.F.; BOZELLI, R.L. **Neotropical coastal lagoons: Na appraisal of their biodiversity, functioning, treats and conservation management**. Braz. J. Biol., 68 (4, Suppl.): 967-981, 2008.

FALCÃO, T. O.; PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; SOUSA, P. H. G de O. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Regional Conference on Geomorphology, Goiânia-GO, 2006**.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Britto & SILVA JÚNIOR, José Alexandre da Silva. **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)**. Revista Política Hoje, Vol. 18, n. 1, 2009.

FREITAS, M.A.V. de; SANTOS, A.H.M. Importância da água e da informação hidrológica. In: Freitas, M.A.V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil; perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL/MME/ MMA-SRH/OMM, 1999. p.13-16.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. **Relatório Anual/Diário de Pluviometria**, Período de Janeiro de 2003 a Maio de 2013. Fortaleza, 2013.

GASTÃO, Francisco Gleidson da Costa & MAIA, Luís Parente. **O Uso de dados da missão SRTM e sedimentológicos nos estudos de geomorfologia e padrões de drenagem na região dos lençóis maranhenses**. Revista Brasileira de Cartografia, Nº 62/02, 2010. (ISSN 0560-4613).

GIKAS, GD.;YIANNAKOPOULOU, T. and TSIHRINTZIS, VA., 2006. **Water quality trends in a coastal lagoon impacted by non-point source pollution after implementation of protective measures**. Hydrobiologia, vol. 563, p. 385-406.

GODOY, Mário Duarte Pinto. **MUDANÇAS NA SEDIMENTAÇÃO NO ESTUÁRIO DO RIO JAGUARIBE (CE) DEDIDO A MUDANÇAS NOS USOS DO SOLO**. Fortaleza:

UFC, 2011. 131 p. Dissertação (Mestrado) – Pós – Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

GOMES, Maria Luzineide. **Análise Ambiental e Avaliação Quali-Quantitativa da Bacia Hidrográfica do Rio Catú (Aquiraz/Horizonte - Ceará)**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

GOMES, Maria Luzineide. **Aspectos hidrológicos, sedimentológicos e impactos ambientais na lagoa costeira do Rio Catu-Aquiraz-Ceará**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.

GOMES, M. L.; PEREIRA, E. C. G.; MORAIS, J. O. **Degradação Socioambiental no Baixo Curso do Rio Catú, Aquiraz-Ceará: Comprometimento da mata ciliar e recursos hídricos**. IV Encontro Nacional da Anppas, Brasília – DF – Brasil, 2008.

GONDIM, V. M; ALEXANDRE, M. S; CRUZ, M. L. B. Uso do Sensoriamento Remoto na identificação da pressão antrópica na Lagoa do Catú – Aquiraz/Ceará. **Anais**. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30, abril 2009, INPE, p. 3859-3865.

GUERRA, Antonio José Teixeira & CUNHA, Sandra Baptista da (Orgs). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. – 5º ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

HESP, Patrick. (2002). **A Gênese de Cristas de Praias e Dunas Frontais**. Revista de Geografia da UFC; Fortaleza; ano 01, N° 02.

HEUGGENS, EHW, Hendriks AJ, Dekker T, Van Straalen NM, Admiraal W. 2001. **A Review of the Effects of Multiple Stressors on Aquatic Organisms and Analysis of Uncertainty Factors for Use in Risk Assessment**. In: Critical Reviews in Toxicology 31(3): 247-2

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **PERFIL BÁSICO MUNICIPAL 2012 – AQUIRAZ**. 2012. Disponível em: [http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/pbm-2012/Aquiraz.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2012/Aquiraz.pdf). Acesso em: 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Base Cartográfica do Pólo Ceará Costa do Sol**. 2008. Nota técnica nº 35. Disponível na internet: [www.ipece.ce.gov.br](http://www.ipece.ce.gov.br). Acesso em: 10 jun. 2013.

JEPESSEN, Erik; SONDERGAARD, Martin; PEDERSEN, Asger Roer; JÜRGENS Klaus; STRZELCZAC, Agnieska; LAURIDSEN, Torben L.; JOHANSSON, Liselotte S. **Salinity Induced Regime Shift in Shallow Brackish Lagoons**. *Ecosystems* (2007) 10: 47–57. DOI: 10.1007/s10021-006-9007-6.

JORGENSEN, S. E; VOLLENWEIDER, R.A. **Princípios para o gerenciamento de lagos**. São Carlos: ILEC, IIE, UNESP, v.1, 180p, 2000.

KENNISH, M. K. **Environmental threats and environmental future of estuaries**. *Environmental Conservation*, 29, pp 78-107 doi: 10.1017/S0376892902000061. (2002).

KJERFVE, Bjorn. Coastal Lagoons. In: KJERFVE, B. **Coastal Lagoon Processes**. Elsevier Oceanography series, 60. 1994.

KJERFVE, B., e MAGILL, K. E. (1989). **Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons**. *Marine Geology*, 88(3-4), 187-199. doi: 10.1016/0025-3227(89)90097-2

KNOPPERS, Bastian. **Aquatic Production in Coastal Lagoons**. In: KJERFVE, B. *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography series, 60. 1994.

LACERDA, Luiz Drude; MAIA, Luís Parente; MONTEIRO, Leonardo Hisley Uchoa; SOUZA, Guilherme Marques e; BEZERRA, Luiz José Cruz; MENEZES, Marcelo Oliveira Teles de. **Manguezais do Nordeste**. *Ciência Hoje*, Vol. 39, nº229. 24-29, 2006.

LARDICCI, C., COMO, S., CORTI, S. and ROSSI, F., 2001. **Changes and recover of macrozoobenthic communities after restoration measures of the Orbetello Lagoon (Tyrrhenian coast, Italy)**. *Aquatic Conserv. Mar. Freshwater Ecosyst.*, vol. 11, no. 4, p. 281-287.

LODO, Rafael Silveira & ROSALEN, David Luciano. **Avaliação das Áreas de Preservação Permanente do Rio Mogi Guaçu, no Município de Pitangueiras – SP**. *Nucleous*, v. 9, n. 1, 2012.

LOUREIRO, Daniel Dias. **COMPORTAMENTO DO MERCÚRIO EM LAGOAS COSTEIRAS URBANAS: DAS MUDANÇAS PALEOAMBIENTAIS AO BALANÇO DE MASSA (ESTUDO DE CASO: LAGOA RODRIGO DE FREITAS)**. Niterói, RJ – Universidade Federal Fluminense – UFF, Instituto de Química, Departamento de Geoquímica, 2010

LIMA, L. C.; Souza, M. J. N. de & Morais, J. O. de. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000, 268p.

LIMA, L. C. & ZANAELLA, M. E. **A Climatologia Aplicada ao Planejamento Urbano e Ambiental de Aquiraz/CE-BR**. Revista Geográfica da América Central, número especial EGAL, 2011 – Costa Rica. PP. 1-13.

MACHADO, Pedro José de Oliveira. **CAPACIDADE, SUPORTE E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**. Geosul, Florianópolis, v. 14, n. 27, p. 122-127, jan./jun. 1999.

MENEZES, M. O. T.; Araújo, F. S.; Romero, R. E. 2010. **O sistema de conservação biológica do estado do Ceará: Diagnóstico e Recomendações**. REDE - Revista Eletrônica do Prodepa 5(2): 7-31.

MOTA, Suetônio. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 292p.

MUEHE, Dieter. **Geomorfologia Costeira**. In: GUERRA, Antonio José Teixeira & CUNHA, Sandra Baptista da (Orgs). Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. – 5º ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

NASCIMENTO, Melchior Carlos; SOARES, Vicente Paulo; RIBEIRO, Carlos A.A.S; SILVA, Elias. **Uso do Geoprocessamento na Identificação de Conflito de Uso da Terra em Áreas de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre**, Espírito Santo. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 207-220, 2005.

OLIVEIRA, E. C. (2006). **Aspectos limnológicos e sanitários de uma lagoa costeira no litoral leste do Ceará - Lagoa do Batoque São Carlos**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2006. 164p. Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

OLIVEIRA, G.G. & MEIRELES, A.J.A. **Dinâmica Geoambiental a partir da “Litoralização” de Aquiraz, Ceará, Brasil.** In: Revista Eletrônica do Prodema – REDE, Fortaleza, v.5, n.2, p. 50-68, jun. 2010. Disponível em: < <http://www.prodema.ufc.br/revista/> > Acesso em: 19 set. 2011.

PEREIRA, Regis da Silva. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos.** Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH-UFRGS. V. 1, n. 1. P. 20-36. 2004. <<http://www.abrh.org.br/informações/rerh.pdf>>

PEREIRA, Jógerson Pinto Gomes & BARACUHY, José Geraldo de Vaconcelos. **Ecobatimetria – Teoria e Prática** – Campina Grande: Gráfica Agenda, 2008. 84p. il.

PESSOA, Ércio Flávio Viana. **Análise Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Catú – CE.** 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.

PETRINI, Maria Angélica. **Mapeamento Morfoestrutural e Evolução do Relevo na Bacia do Rio Bonito-SP.** Campinas: UNICAMP, 2008 65p. Monografia (Graduação) – Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

PINHEIRO, L. & N.R.A.J. CABRAL. 2007. **Níveis de ocupação nas áreas de preservação permanente no entorno da lagoa do Catú, Aquiraz-ce.** Disponível em: <[http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20080212\\_090754\\_MEIO-020.pdf](http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20080212_090754_MEIO-020.pdf)> 7 p.

PINHEIRO, Lidriana de S.; GOMES, M. L.; e FALCÃO, T. O. Influência dos Processos Estuarinos na Morfodinâmica e Vulnerabilidade a Erosão na Prainha do Aquiraz- CE. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Regional Conference on Geomorphology,** Goiânia-GO, 2006.

PINHEIRO, Lidriana de Souza & MORAIS, Jáder Onofre de. **Interferências de barramentos no regime hidrológico do estuário do rio Catú-Ceará-Nordeste do Brasil.** Sociedade & Natureza (UFU. Online), v. 22, p. 237-250, 2010.

PITRAT, Didier Marie Jacques Joel. **Avaliação da contaminação por metais em rios: estudo de caso da bacia do rio Passaúna.** Curitiba: UFPR, 2010. 231f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

POLETO, C.; CARVALHO, S.L.; FREITAS LIMA, E.A.C. **Problemas de Degradação Ambiental em uma Microbacia Hidrográfica situada no Município de Ilha Solteira – SP., Brasil e sua Percepção pelos Proprietários Rurais.** *Holos Environment*, v.4 n. 1, 2004 – P. 68-80.

POLLETE, Marcus; DIEHL, Fernando Luiz; DIEHL, Franceline Pantoja; SPERB, Rafael Medeiros; SCHETTINI, Carlos Augusto França; KLEIN, Antonio Henrique de Fontoura. **GERENCIAMENTO COSTEIRO INTEGRADO E GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS: COMO COMPATIBILIZAR TAL DESAFIO.** In: MUÑOZ, Hector Raúl. *Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: Desafios da lei de águas em 1997.* 2. ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DE AQUIRAZ – PMA. **Conheça Aquiraz – Aspectos Econômicos** [online]. Disponível na internet: [http://www.aquiraz.ce.gov.br/pagina\\_simples.php?titulo=Aspectos%20Econ%F4micos&pagina=aspectos\\_economicos](http://www.aquiraz.ce.gov.br/pagina_simples.php?titulo=Aspectos%20Econ%F4micos&pagina=aspectos_economicos). Acesso em 2013.

RIBEIRO, Carlos Antonio Alvares Soares; SOARES, Vicente Paulo; OLIVEIRA, Angelo Marcos Santos e GLERIANI, José Marinaldo. **O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente.** *Rev. Árvore* [online]. 2005, vol.29, n.2, pp. 203-212. ISSN 0100-6762.

RIBEIRO, José Alcir Pereira (2001). **Caracterização Hidrogeológica e Hidroquímicas da faixa Costeira Leste da Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará.** Defesa de Dissertação de Mestrado. Fortaleza.

RICARDO, Beto. **O Risco da escassez – Qualidade comprometida.** São Paulo: Instituto Sócio Ambiental, 2005. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org/esp/agua/pgn/>> Acesso em: 23 mai. 2012.

RODRIGUES, Antônio Passos; ALMEIDA, Leonardo de; RESENDE, Leonardo; MAGALHÃES, Luiz Fernando; SÁ, Marcos Alcoforado Maranhão; CAMPOS, José Eloi Guimarães. **Caracterização do Meio Físico, dos Recursos Minerais e Hídricos do Município de Aparecida de Goiânia.** Goiânia: Superintendência de Geologia e Mineração, 2005. 106 p. il.

RODRIGUES, Mikael Timóteo; MONTE, Benicio; FIALHO, Wendell Max Barbosa; DINIZ, Marco Antônio; AMORIM, Ricardo Ferreira Carlos; SILVA JUNIOR, Rosiberto Salustiano; FRAGOSO JUNIOR, Carlos Ruberto. Utilização de Métodos de Interpolação para Análise Espacial Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Paraíba do Meio – Alagoas e Pernambuco. IV SIC – Simpósio Internacional de Climatologia. **Anais**. Disponível: <  
<http://sic2011.com/sic/arq/21068475392722106847539.pdf>>. João Pessoa – PB, 2011.

SERAFIM, Carlos Frederico Simões & HAZIM, Fábio. Ecosistema Costeiro. In: SERAFIM, Carlos Frederico Simões & CHAVES, Paulo de Tarso. **Geografia: ensino fundamental e ensino médio: o mar no espaço geográfico brasileiro**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2005. 304 p. (Coleção explorando o ensino, v. 8)

SETTI, Arnaldo Augusto; LIMA, Jorge Enoch Furquin Werneck; CHAVES, Adriana Goretti de Miranda; PEREIRA, Isabela de Castro. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p. : 2ª ed.

SILVA, José Gonzaga & COLARES, Jaime Quintas dos Santos. **Hidrogeologia da Faixa Costeira de Aquiraz – CE**. In: 1ST JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER, 2000, Fortaleza. Anais do 1st Joint World Congresso n Groundwater. Disponível em:  
<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/23037/15163>2000. v. 1. P. 1-14.

SILVA, José Gonzaga. **Hidrogeologia da faixa Costeira de Aquiraz-Ceará**. Defesa de Mestrado. Universidade Estadual Paulista- UNESP. 2000.

SILVA, Thallita Isabela & RODRIGUES, Sílvio Carlos. **TUTORIAL DE CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA: ARCGIS 9.2 e ENVI 4.0**. Manuais Técnicos – Revista Geográfica Acadêmica, v.3, n.2, 2009. ISSN 1678-7226.

SILVÉRIO, Patrícia F. & GONÇALVES, Cristina. **Influência dos métodos de determinação da fração de carbono orgânico em solos nos estudos de qualidade da água subterrânea e de avaliação de risco**. Trabalho apresentado ao XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal-RN, 2008.

SMITH, Ned P. **Water, salt and Heat Balance of Coastal Lagoons**. In: KJERVFE, B. Coastal Lagoon Processes. Elsevier Oceanography series, 60. 1994.

SMITH, Stephen V.; ATKINSON, Marlin J. **Mass Balance of Nutrient Fluxes in Coastal Lagoons**. In: KJERVFE, B. Coastal Lagoon Processes. Elsevier Oceanography series, 60. 1994.

STARLING, Fernando; PEREIRA, Carlos E.; ANGELINI, Ronaldo. **Definição da Capacidade Suporte do Reservatório de Furnas para Cultivo Intensivo de Peixes em Tanques-Redes**. In: Estudo Técnico-Científico Visando a Delimitação de Parques Agrícolas no Lago da Usina Hidroelétrica de Furnas – MG. Governo de Minas – Ciência e Tecnologia & UFMG. CONVÊNIO N. 025/2005, PROCESSO: 00350.000278/2005-20, 2005.

STEIL, Lara; LUCAS JUNIOR, Jorge de; OLIVEIRA, Roberto Alves de. **EFICIÊNCIA DE REATORES ANAERÓBIOS MODELO BATELADA ALIMENTADOS COM RESÍDUOS DE AVES DE POSTURA, FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS NA REDUÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS E FECAIS**. 2003. Trabalho apresentado ao 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville – Santa Catarina, 2003.

STEINKE, V. A. **Identificação de áreas úmidas prioritárias para a conservação da biodiversidade na bacia da Lagoa Mirim (Brasil-Uruguai): Subsídios para a gestão transfronteiriça**. Tese (Doutorado), publicação ECO.TD, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 138 p.

STUMM, Werner; MORGAN, James J. **Aquatic Chemistry – An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters**. Wiley – Interscience, 1981. 3ªed.

SUGUIO, Kenitiro. **Rochas Sedimentares: Propriedades, Gênese, Importância Econômica**. São Paulo: Edgard Blücher. Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SEMACE. **SEMACE age para coibir irregularidades ambientais na Lagoa do Catú**. Notícias. Disponível em: <http://www.semace.ce.gov.br/2013/04/semace-age-para-coibir-irregularidades-ambientais-na-lagoa-do-catu/>> Acesso em: 15 mai. 2013

TOSCANO, H. 2007. **Determining the Fraction of Organic Carbon Guidance** – IDEM (Indiana Department of Environmental Management). Disponível em <[http://www.in.gov/idem/files/Foc\\_Guidance\\_070925\\_Final.pdf](http://www.in.gov/idem/files/Foc_Guidance_070925_Final.pdf)>