



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA**

**FÁBIO PEREIRA DE LIMA**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ASSOREAMENTO DO AÇUDE SANTO  
ANASTÁCIO – FORTALEZA/CE**

**FORTALEZA**

**2011**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ASSOREAMENTO DO AÇUDE SANTO  
ANASTÁCIO – FORTALEZA/CE**

Monografia submetida ao Departamento do Curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Pesca.

**FÁBIO PEREIRA DE LIMA**

Orientadora: Prof. Dra. Helena Becker.

**FORTALEZA**

**2011**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- L698a Lima, Fábio Pereira de.  
Avaliação do processo de assoreamento do açude Santo Anastácio - Fortaleza/CE / Fábio Pereira de Lima. – 2011.  
47 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2011.  
Orientação: Profa. Dra. Helena Becker.
1. Água. 2. Barragens e açudes. I. Título.

CDD 639.2

---

FABIO PEREIRA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ASSOREAMENTO DO AÇUDE SANTO  
ANASTÁCIO – FORTALEZA/CE**

Monografia submetida à Coordenação do Curso Graduação em Engenharia de Pesca, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Pesca

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

ORIENTADORA: Prof. Dra. Helena Becker.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Helena Becker.

Departamento de Química Analítica

---

Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá

Departamento de Engenharia de Pesca – UFC

---

Prof. Dr. Reynaldo Amorim Marinho

Departamento de Engenharia de Pesca – UFC

**FORTALEZA**

2011.

## AGRADECIMENTOS

Primeiro agradecimento vem a Deus, que tornou esse sonho possível e me deu forças quando precisei. Obrigado Meu Deus por tudo.

A minha Orientadora Helena Becker, pelas suas orientações. Sem seu empenho nos momentos difíceis eu não teria chegado à realização deste trabalho. Meu profundo agradecimento.

Ao meu amor Natália que me serviu de apoio nas horas difíceis e que me encorajou nos momentos de dúvidas, a ela dedico meu eterno amor e meus eternos agradecimentos.

Aos meus pais, em especial à minha mãe Salete e aos irmãos, pela paciência e ajuda nas horas difíceis.

Ao Corpo de Bombeiros do Estado do Ceará, representados pelos Sgt. Junior e o Sgt. Ferreira, e o Soldado Bruno, por disponibilizarem o suporte da lancha, essencial nas referidas coletas do mapeamento batimétrico.

Aos companheiros Gleydson e Rodolfo do Laboratório de Dinâmica Costeira, do LABOMAR (LABDIC), e ao Prof. Dr. Luís Parente, cuja ajuda na coleta e tratamento dos dados e confecção dos mapas batimétricos foram fundamentais, portanto, parte integrante deste trabalho.

Aos Professores. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá e Dr. Reynaldo Amorim Marinho por constituírem a banca avaliadora deste trabalho. Obrigado pelo apoio e pela compreensão.

A todos meus amigos da Engenharia de Pesca que direta ou indiretamente contribuíram na elaboração desta monografia. Amigos de tantos anos de caminhada que pretendo manter para sempre.

Meus sinceros agradecimentos

*“É triste pensar que a natureza fala e que o gênero humano não a ouve.”*

*Vitor Hugo*

## RESUMO

Os açudes são indispensáveis para a obtenção de água em locais onde o acesso a mesma é escasso, principalmente no semi árido nordestino. Todo o cuidado deve ser tomado para a manutenção da qualidade dos açudes, pois quanto maior o volume de acumulação, maior será as pessoas beneficiados com o mesmo. Dentre os males que diminuem a vida útil dos reservatórios, o assoreamento é um dos principais. Ele diminui a profundidade do reservatório e com isso a capacidade do mesmo em reter a água é diminuída e menor será o seu suporte para a população. Um dos principais motivos para o assoreamento é o despejo de esgoto, lixo e sedimentos que poluem o meio ambiente do açude e diminuem a qualidade da água. A melhor técnica para avaliar o processo de assoreamento de um açude é o mapeamento batimétrico do mesmo, pois com essa análise podemos acompanhar a profundidade média do açude e assim calcular sua capacidade de suporte. O açude Santo Anastácio localizado na área urbana de Fortaleza vem sofrendo um rápido processo de assoreamento. A comparação dos últimos mapeamentos batimétricos dos anos de 1992, 2002, 2006 e 2011 reforçou o fato de que o assoreamento do mesmo é eminente e que se medidas não forem tomadas imediatamente o açude será totalmente assoreado.

Palavras-chave: Assoreamento, distúrbios, ecossistema lântico, semi-árido, Santo Anastácio, Brasil.

## ABSTRACT

Dams are extremely necessary in order to obtain water, mainly in the Northeastern semi-arid of Brazil where it is considered scarce. A lot of maintenance care must be taken to preserve the quality of the dams, because the higher the volume supply is, the higher the benefits brought to people will be. One of the biggest problems responsible for reducing this kind of water reservoir's life span it is called siltation. The siltation is responsible for shallowing reservoir and at the same time reduces its capacity to retain water. Therefore population will suffer form a reduction of water supply. It is mainly stated that trash, sediment and even sewage system thrown into the dams are responsible for polluting their environment as well as reducing the quality of water. The best technique used to evaluate a dams's siltation process is the batimetric mapping which consists in measuring its average depth and it can also calculate its capacity to retain water. Santo Anastácio dam, located in the urban area of Fortaleza, has been suffering form a fast siltation process. The last batimetric mapping comparisons carried out in the years 1992, 2002, 2006, and 2011 has revealed that Santo Anastácio's siltation is in its way and in order not to be totally silted, solutions must be urgently taken.

KEYWORDS: Siltation, disturbs, lentic ecosystem, semi-arid, Santo Anastácio, Brazil.



## LISTA DE FIGURAS

|           | Descrição da Imagem   | Página |
|-----------|---|--------|
| Figura 01 | Destaque da área do açude Santo Anastácio com os bairros que o contornam. Fonte: wikimapia.org, 2011 .....  | 16     |
| Figura 02 | Mapa parcial da cidade de Fortaleza, CE, evidenciando a localização do Açude Santo Anastácio .....  | 17     |
| Figura 03 | Mapa do Município de Fortaleza evidenciando suas bacias hidrográficas.....  | 18     |
| Figura 04 | Visão aérea destacando o sangradouro do açude Santo Anastácio. Fonte: Imagem de satélite, Google Earth. 2011.....   | 19     |
| Figura 05 | Alguns bancos de macrófitas aquáticas juntamente com lixo no açude Santo Anastácio, 2010.....   | 20     |
| Figura 06 | Lixo coletado no açude Santo Anastácio, 2010.....   | 21     |
| Figura 07 | Despejo de esgotos domésticos e lixo no canal de ligação da lagoa de Parangaba com o açude Santo Anastácio.....   | 21     |
| Figura 08 | Macrófitas retiradas do açude Santo Anastácio durante limpeza. 2010.....  | 22     |
| Figura 09 | Foto da lancha do Corpo de Bombeiros do Ceará usado nesta pesquisa.....   | 22     |
| Figura 10 | Equipamentos usados na coleta e armazenagem dos dados.....  | 20     |
| Figura 11 | Ilustração do funcionamento do perfilador de correntes ADCP, que calcula as intensidades e direções por célula de medição, ao longo de um perfil. Os cálculos são feitos baseados no efeito Doppler, causado pela movimentação do material em suspensão, o qual ecoa uma frequência transmitida. O ponto de referencia estático utilizado é a superfície batimétrica..... | 24     |
| Figura 12 | Aparelho usado para medir o ADCP.....   | 24     |
| Figura 13 | Localização dos perfis de ADCP.....   | 26     |
| Figura 14 | Representação de um levantamento batimétrico.....   | 27     |
| Figura 15 | GPS, modelo GPSMAP 238 <i>Sounder</i> GARMIN e o transdutor.....  | 28     |
| Figura 16 | Visão interna do reservatório destacando o sangradouro e evidenciando as algas e os detritos .....  | 30     |
| Figura 17 | Mapa do Açude Santo Anastácio evidenciando os quatro perfis com os respectivos resultados .....   | 31     |
| Figura 18 | Condomínios de apartamento em obras próximo ao reservatório .....   | 32     |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Figura 19 | Mobílias nas margens do açude Santo Anastácio .....   | 32 |
| Figura 20 | Montante do açude Santo Anastácio. Porta de entrada de efluentes e Sedimentos .....           | 33 |
| Figura 21 | Rosas das correntes do açude Santo Anastácio .....  | 33 |
| Figura 22 | Perfis batimétricos realizados no açude Santo Anastácio em 2011 .....                         | 35 |
| Figura 23 | Mapa batimétrico do açude Santo Anastácio, Fortaleza- CE em 2011, destacando a barragem ..... | 34 |
| Figura 24 | Modelo digital tridimensional do açude Santo Anastácio, Fortaleza- CE em 2011 .....           | 37 |
| Figura 25 | Modelo digital tridimensional de 2011 com o seu mapa batimétrico para comparação.....         | 37 |
| Figura 26 | Mapa Batimétrico do açude Santo Anastácio, Fortaleza- CE. Obtida em 1992.....                 | 38 |
| Figura 27 | Mapa Batimétrico do açude Santo Anastácio, Fortaleza- CE. Obtida em 2002.....                 | 39 |
| Figura 28 | Mapa Batimétrico do açude Santo Anastácio, Fortaleza- CE. Obtida em 2006.....                 | 40 |
| Figura 29 | Modelo digital tridimensional do açude Santo Anastácio, Fortaleza-CE, obtida em 2006 .....    | 41 |

## LISTA DE TABELA

|           | Descrição da Tabela  | Página |
|-----------|--|--------|
| Tabela 01 | Resumo dos Volumes e das Massas assoreadas no Açude Santo Anastácio nos anos de 1918, 1992, 2002, 2006 e 2011..... | 43     |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 12 |
| OBJETIVOS .....   | 15 |
| Objetivo geral .....  | 15 |
| Objetivos específicos .....   | 15 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS .....   | 16 |
| 2.1. Área de estudo .....   | 16 |
| 2.2. Levantamentos dos dado Batimétricos .....  | 22 |
| 2.3. Análise de perfil de correntes através do método <i>Acoustic Doppler Profiler Current</i> (ADCP) ..... | 22 |
| 2.4. Medições Correntométricas com ADCP .....   | 25 |
| 2.5. Levantamento Batimétrico .....   | 26 |
| 2.6. Tratamento dos dados .....   | 28 |
| 2.7. Cálculo de volume do reservatório .....  | 29 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 30 |
| 3.1. <i>ACOUSTIC DOPPLER PROFILER CURRENT</i> (ADCP) .....  | 30 |
| 3.2. Mapeamento batimétrico .....   | 35 |
| 3.3. Avaliação do volume e da diferença de profundidade .....   | 38 |
| 4. CONCLUSÃO .....  | 44 |
| BIBLIOGRAFIA .....  | 46 |

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais não renováveis, a água é o que mais tem demandado atenção atualmente. A sociedade vem se mobilizando cada vez mais em relação aos impactos ambientais causados pelo avanço da população nas áreas próximas as fontes de água. Esses impactos vêm diminuindo a qualidade da água, principalmente em relação às águas de reservatório.

No semiárido brasileiro, há um conflito muito grande por água. Seu abastecimento depende em grande parte das águas superficiais acumuladas nos reservatórios. As precipitações pluviais não são periódicas, pois estão concentradas em poucos meses, o que caracteriza a existência de grande desigualdade climática, incluindo áreas muito secas com menos de 300 mm de chuvas anuais, onde a taxa de evaporação chega a superar a de precipitação (BARBOSA, 2006).

De acordo com dados da COGERH (Companhia de Gestão de Recursos Hídricos) 2009, há um déficit natural de águas no estado do Ceará, devido às taxas de evaporação e a sua formação geológica. As taxas de evaporação no Ceará são tão altas que, enquanto chove 800 mm/ano a evaporação chega a 2.100mm anual. No semiárido cearense, concentrado nas regiões Centro-Leste e Centro-Oeste, além de anos secos e dos baixos totais pluviais anuais, a distribuição intra-anual da chuva também é adversa, já que concentra mais de 70% do total em apenas quatro meses (SILVA; RAO, 2002).

Devido a essa baixa disponibilidade hídrica, há necessidade do acúmulo de água em reservatórios superficiais. A população nordestina está se adequando a viver com a ausência de chuvas durante um período anual de até oito meses utilizando a água armazenada em cisternas, cacimbas, barreiros, poços, açudes e barragens (ANDRADE, 1980).

A construção de reservatórios na região Nordeste foi iniciada pelos portugueses, no período da colonização. Durante esse período, a construção de reservatórios foi uma das estratégias utilizada pelos sertanejos para minimizar os efeitos das secas e minimizar o problema do abastecimento de água que atingia tanto os colonizadores como seus rebanhos. (BARBOSA, 2006)

Segundo Araújo (2003), 93% da água ofertada à população cearense vêm de reservatórios, ressaltando ainda mais a importância dos açudes. Não só para finalidade já mencionada, os açudes também têm a finalidade de contribuir de diversas outras formas tais como cultivo de peixes, recreação e ecologia, entre outras.

Com base na importância para a região onde se encontra, estudos periódicos de suas características físicas, químicas e biológicas são de extrema necessidade para se conhecer o comportamento do reservatório e detectar possíveis perigos, tanto para a população que se beneficia do mesmo, como para a própria vida útil do reservatório, garantindo assim fazer uma boa gestão dos seus recursos (ALMEIDA, 2001).

Se o volume de acumulação do reservatório diminuir ao longo do tempo, a disponibilidade de água também diminuirá prejudicando assim a população que depende dela, pois quanto mais água disponível, maior será a oferta de água e o maior número de pessoas beneficiadas.

Dentre os perigos para um corpo d'água, os sedimentos carregados e depositados no reservatório se apresentam como um grande potencial de deterioração quantitativo e qualitativo da água ofertada superficialmente (ARAÚJO, 2003).

Os rios carregam sedimentos resultantes da erosão de seu leito e dos solos da bacia hidrográfica através do seu leito e em suspensão. Os reservatórios barram os rios, fazendo com que a velocidade da corrente diminua e, com isso ocorre o processo de assoreamento, visto que o transporte de sedimentos é mantido pela velocidade do escoamento e com menor velocidade o sedimento sai da corrente e desce para o substrato. (CAMPOS, 2007).

Todas as características do sedimento (como tipo, forma e volume) dependem de vários fatores ligados à bacia hidrográfica, tais como as condições climáticas, o uso do solo pela sociedade, origem e o tipo do solo predominante e vegetação, entre outros (SOARES, 2003).

Com o assoreamento, a tendência é facilitar a "perda" da água por evaporação, tendo em vista que a relação de cota – área – volume é afetada. Temos também a redução da capacidade de armazenamento do reservatório diminuindo a água disponível do mesmo. (ARAÚJO, 2003).

Dessa forma fica claro que quanto mais sedimento é depositado no fundo de um reservatório menor vai ficando sua profundidade. Rios e reservatórios vão ficando cada vez mais rasos, comportando cada vez menos volume e com isso, a qualidade da água vai se deteriorando. O assoreamento de açudes e rios tem sido o motivo de vários fatores que causam efeitos negativos ao meio ambiente, e por conta disso a diminuição da qualidade de vida dos seres humanos (GUIMARÃES et al. 2009).

Um açude que vem sofrendo atualmente de um avançado processo de assoreamento é o açude Santo Anastácio, conhecido como lagoa da Agronomia. Por ser um açude localizado na área urbana de Fortaleza-CE ele teve um aumento substancial de pessoas morando em suas margens nos últimos 10 anos através de ocupação desordenada.

Muitos trabalhos foram feitos no açude Santo Anastácio, com o interesse de avaliar a sua qualidade de água, sua ictiofauna, seu estado trófico entre outros. Sabe-se que o reservatório está sofrendo um processo de assoreamento bastante proeminente, em virtude, principalmente da grande quantidade de detritos lançados diretamente pela população, por escoamento das chuvas e por esgotos (OLIVEIRA; MOTA, 2001).

De acordo com estudos recentes, uma das metodologias utilizadas atualmente para determinar assoreamento em reservatórios é o levantamento batimétrico automatizado. Através de uma análise batimétrica obtemos um mapa de profundidade, garantindo uma maior segurança na correta tomada de decisões que visem o uso e a gestão sustentável de um determinado corpo hídrico (FARIAS et al, 2007).

Alguns trabalhos realizados no açude do Santo Anastácio, localizado parcialmente no campus do Pici, executaram levantamento batimétrico a fim de acompanhar seu processo de sedimentação. Oliveira e Mota (2001) apresentaram uma batimetria realizada no ano de 1992; outro estudo registrado foi efetuado em 2006 por FARIAS et al, 2007, no programa “Lagoas de Fortaleza” com o objetivo de elaborar mapas batimétricos e modelos digitais tridimensionais de corpos hídricos urbanos de Fortaleza, visando conhecer a morfologia submersa, área de espelho d’água, perímetro e volume.

Devido ao acelerado processo de poluição do açude Santo Anastácio (BECKER et al, 2011; BOTERO et al, 2011) e para uma melhor compreensão dos

aspectos mencionados, foi escolhido esse açude, também conhecido como lagoa da Agronomia, visando comparar os dados e resultados obtidos anteriormente para analisar o estado de assoreamento deste reservatório e verificar através de uma análise de corrente pelo método de *Acoustic Doppler Profiler Current* (ADCP) e verificar como vem se comporta as correntes de água no interior do reservatório.

## **OBJETIVOS DO TRABALHO**

### **Objetivo geral**

- Verificar, através de um novo mapeamento batimétrico o estado de assoreamento do açude Santo Anastácio, localizado no município de Fortaleza, no estado do Ceará e comparar com dados obtidos desse estudo com pesquisas realizadas anteriormente.

### **Objetivos específicos**

- Apresentar os resultados obtidos neste levantamento batimétrico automatizado efetuado no açude Santo Anastácio, através um novo mapa batimétrico e um novo modelo 3D.
- Apresentar os resultados obtidos na análise de perfil de corrente pelo método de *Acoustic Doppler Profiler Current* (ADCP) efetuado no açude Santo Anastácio, no mês de junho de 2011.
- Apresentar o volume armazenado no açude Santo Anastácio calculado a partir dos dados desse levantamento.
- Comparar o volume atual armazenado do açude Santo Anastácio e sua profundidade máxima com os levantamentos batimétricos realizados anteriormente.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O açude Santo Anastácio, também conhecido como lagoa da Agronomia, é um pequeno reservatório parcialmente localizado no Campus Universitário do Pici da Universidade Federal do Ceará, na área urbana de Fortaleza-CE. Suas coordenadas são 03°44'36"S e 038°34'15"W. Seu perímetro é de 2.858 m.

A profundidade média do reservatório é de 1,67 m, sendo a máxima de 3,24 m e a profundidade mínima navegável de 0,64 m, valor atualizado em 2011.

O açude é contornado pelos bairros do Padre Andrade, Presidente Kennedy, Parquelândia, Amadeu Furtado, Bela Vista e Pici, sendo mais da metade da sua área inserida no Campus Universitário do Pici da Universidade Federal do Ceará (Figuras 01 e 02).



Figura 01 - Destaque da área do açude Santo Anastácio com os bairros que o contornam. Fonte: wikimapia.org, 2011

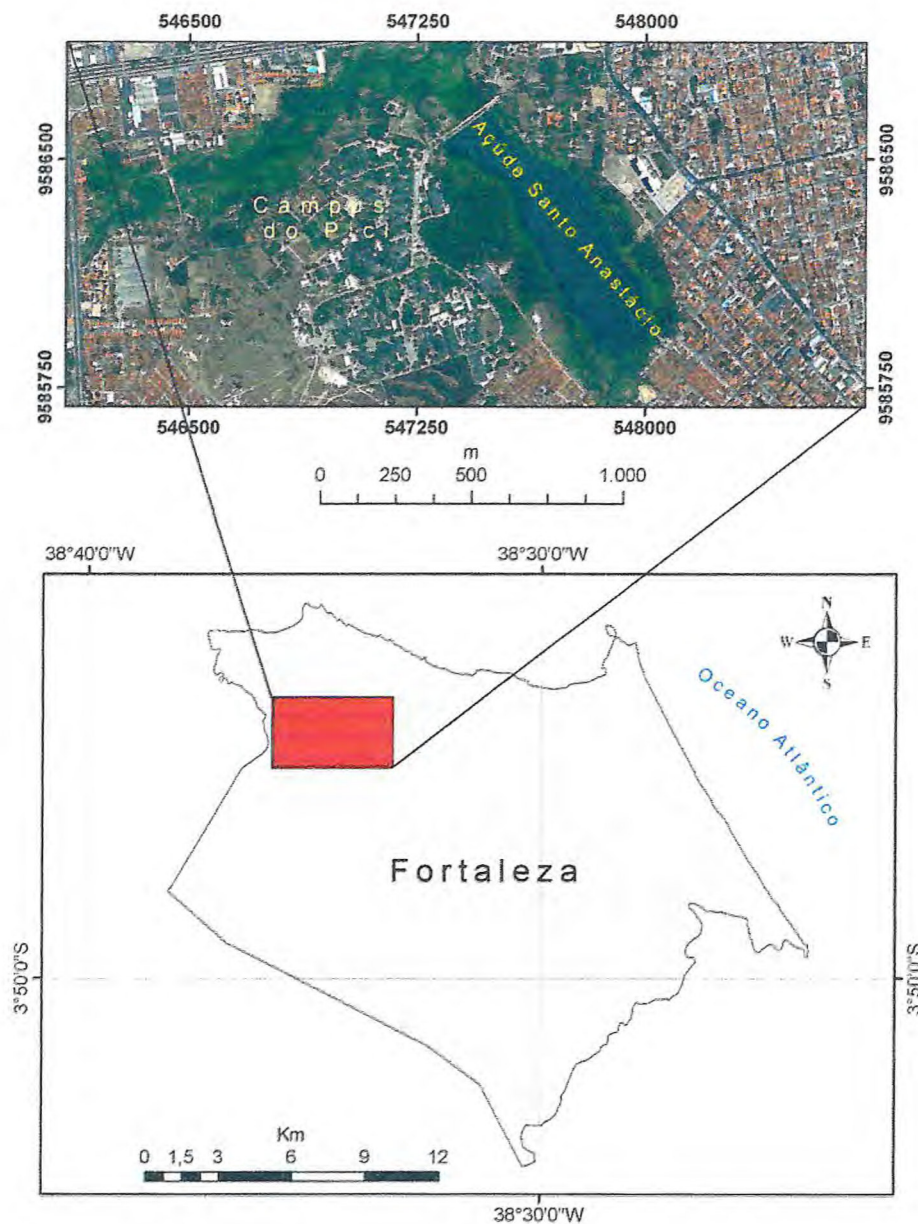


Figura 02 – Mapa parcial da cidade de Fortaleza, CE, evidenciando a localização do Açude Santo Anastácio.

Sua construção data de 1918, e foi feita pelo represamento do riacho Alagadiço Grande, efluente da lagoa de Parangaba, sendo esta situada na bacia do rio Maranguapinho (FARIAS, 2008). Situada a oeste do Município de Fortaleza, a bacia do Maranguapinho apresenta os rios Ceará e o Maranguapinho, sendo este último o principal (Figura 03).

Além do açude Santo Anastácio, estão também presentes nessa bacia as lagoas da Parangaba, Mondubim e a do sítio do Urubú. O rio Maranguapinho possui extensão de 34 km, sendo os seus 15,5 últimos quilômetros na área urbana de Fortaleza. Ao todo esta bacia corresponde a 28,7% do total do Município de Fortaleza. (FARIAS et al, 2007)

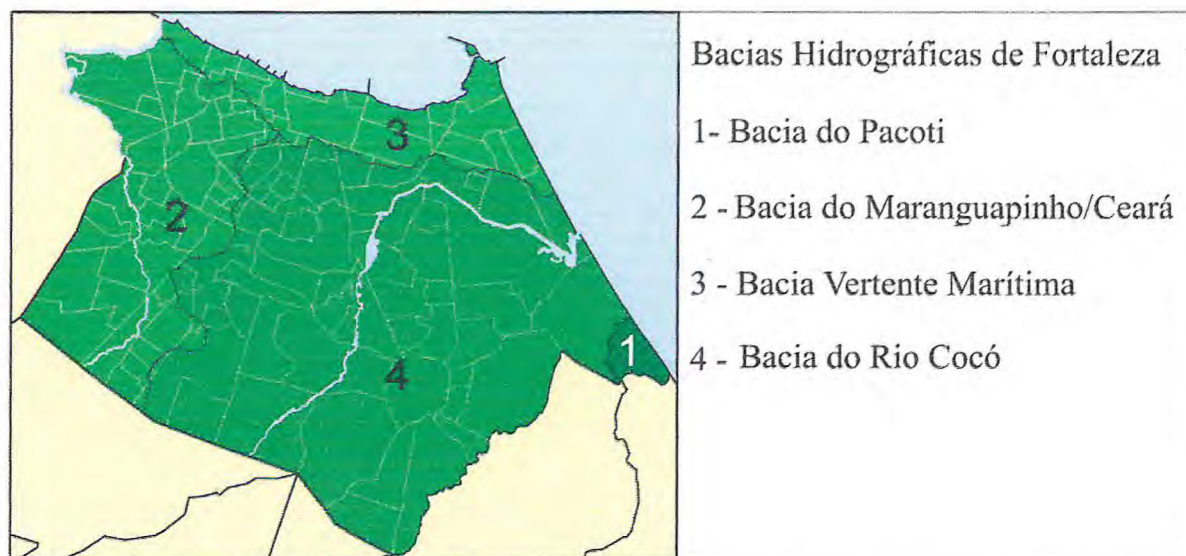


Figura 03 – Mapa do Município de Fortaleza evidenciando suas bacias hidrográficas. Fonte: wikimapia.org, 2011

A estrutura de represamento do açude Santo Anastácio, segundo Oliveira (2001), foi feita com a construção de uma barragem de terra compactada, protegida por material rochoso a montante, ocupando aproximadamente 182 m de comprimento. Seu sangradouro foi feito de concreto em sua ombreira esquerda, na qual posteriormente foi construída uma ponte de acesso ao Campus Universitário do Pici dando continuidade a avenida Andrade Furtado (Figura 04).

Farias et al (2007) caracterizaram o açude Santo Anastácio como um corpo hídrico de pequeno porte, pequena profundidade média e por manter seu volume e área de espelho d'água praticamente perene, demonstrando o grande fluxo diário do afluentes que ele recebe.



Figura 04 – Visão aérea destacando o sangradouro do açude Santo Anastácio. Fonte: Imagem de satélite, Google Earth. 2011

Com o aumento da população em Fortaleza, 306.007 habitantes só nos últimos 10 anos (IBGE BRASIL, 2011), os bairros em torno do açude ganharam muitos moradores e estes contribuem para efeitos antrópicos tais como a ocupação desordenada, uso inadequado do solo e ao lançamento de resíduos sólidos e efluentes sem qualquer tratamento prévio (Figuras 05, 06 e 07), que acabam constituindo-se em fonte de contaminação das reservas hídricas e uma ameaça à saúde pública (BECKER et al., 2011).

Com o aumento da população, teremos um aumento do aporte no açude de diversos produtos oriundo do esgoto doméstico como produtos de limpeza contendo compostos polifosfatados. Estes aportes por sua vez atuam na liberação de nutrientes como fosfato que atuam como compostos estimuladores da eutrofização, que é o aumento da fertilidade de ecossistemas aquáticos continentais. (ESTEVEES, 1998)

Segundo Oliveira (2001) em 1975 havia na superfície do açude Santo Anastácio um grande banco de algas que atuava como filtro retendo os sólidos em suspensão no açude. Hoje 36 anos depois devido à alta taxa de eutrofização ainda há uma biomassa muito grande de macrófitas aquáticas na superfície do açude (Figura 08).

Macrófitas aquáticas são vegetais que em seu processo evolutivo retornaram para o ambiente aquático vindo do ambiente terrestre e, por conta disso ainda mantém muitas das características de plantas terrestres (ESTEVES, 1998) Periodicamente funcionários da Universidade Federal do Ceará removem essas macrófitas juntamente com uma grande quantidade de lixo proveniente das comunidades que cercam o açude. Essas comunidades lançam diretamente no açude seu lixo doméstico, assim como restos de animais mortos, mobílias velhas e também esgoto *in natura* sendo despejado diretamente no seu afluente, este que foi transformado em canal de escoamento de esgoto das casas que margeavam o afluente sendo assim a água que entra no açude por esse canal já e carregado de todo o esgoto dessas casas.



Figura 05 – Alguns bancos de macrófitas aquáticas juntamente com lixo no açude Santo Anastácio, 2010



Figura 06 – Lixo coletado no açude Santo Anastácio, 2010



Figura 07 – Despejo de esgotos domésticos e lixo no canal de ligação da lagoa de Parangaba com o açude Santo Anastácio.



Figura 08 – Macrófitas retiradas do açude Santo Anastácio durante limpeza. 2010

## 2.2. Levantamento dos dados Batimétricos

Em junho de 2011 foi realizada a coleta de dados através de análise de perfil de correntes através do método *Acoustic Doppler Profiler Current* (ADCP) e levantamento batimétrico. A embarcação utilizada no presente estudo pertence ao Corpo de Bombeiros (Figura 09). Sua propulsão mecânica através de motor de popa do tipo dois tempos, potência de 25HP, consumo de 7 litros de gasolina por hora.



Figura 09 – Foto da lancha do Corpo de Bombeiros do Ceará usado nesta pesquisa.

Todos os dados foram armazenados em formato ASCII no padrão NMEA 2.3 em meio magnético e portado por um Laptop (Figura 10). As sentenças utilizadas para o processamento foram a GPGLL, SDDPT e SDMTW, as quais trazem as informações referentes a coordenadas e profundidades para elaboração de tabelas no formato XYZ e também a temperatura local.

Para alimentação de energia elétrica na embarcação foi usado um conversor de 12 volts para 110 volts. Este ficava ligado a uma bateria de 12 volts com 42 A. Desta forma foi possível manter uma autonomia de 2 horas de trabalho sem recarga dada à bateria, mantendo um sistema com GPS/ecossonda de 8 a 38 volts e um laptop de 110 volts.

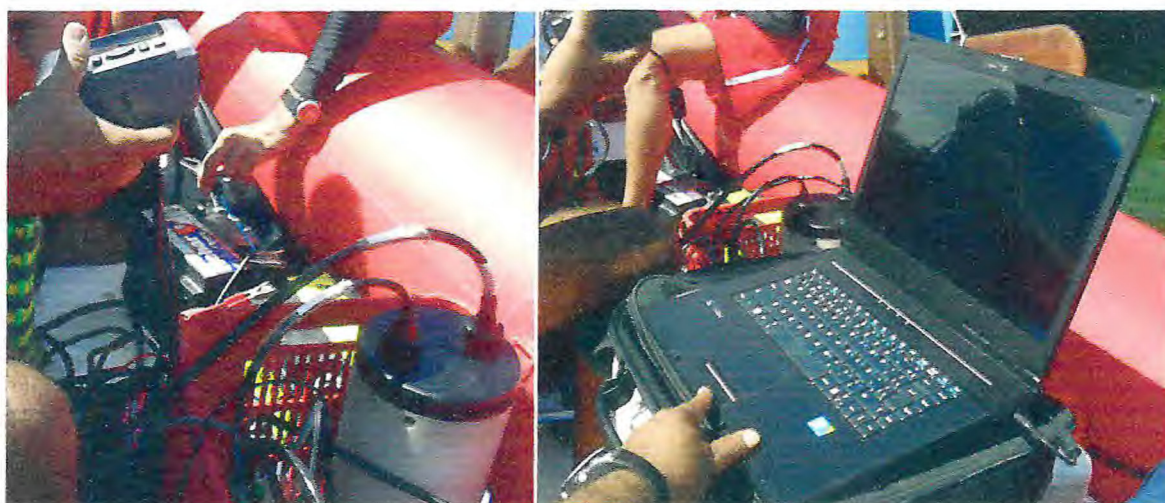


Figura 10 – Equipamentos usados na coleta e armazenagem dos dados.

### **2.3. ANÁLISE DE PERFIL DE CORRENTES ATRAVÉS DO MÉTODO *ACOUSTIC DOPPLER PROFILER CURRENT* (ADCP)**

O aparelho utilizado para medir as correntes na área de estudo foi um correntômetro modelo ADCP 3D (Acoustic Doppler Current Profiler) com sensor acústico de frequência 1,5 MHz, produzido pela SONTEK/YSI, com capacidade de medir perfis contínuos de correntes ao longo da coluna de água até uma profundidade média de 25 metros, identificando com precisão a batimetria do fundo. (BENSI, 2006)

A Figura 11 ilustra o funcionamento de um correntômetro.



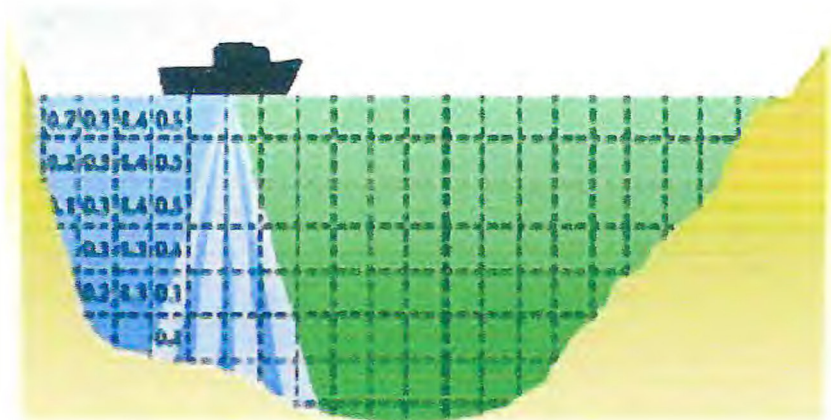


Figura 11 – Ilustração do funcionamento do perfilador de correntes ADCP, que calcula as intensidades e direções por célula de medição, ao longo de um perfil. Os cálculos são feitos baseados no efeito Doppler, causado pela movimentação do material em suspensão, o qual ecoa uma frequência transmitida. O ponto de referencia estático utilizado é a superfície batimétrica.  
Fonte: Evarsa

O ADCP (Figura 12) é equipado com três sensores (beams) direcionados com um ângulo de 25 graus em relação à vertical. Os três sensores medem a direção e a intensidade da corrente ao longo dos eixos X, Y, Z com uma resolução de 0,1 cm/s. O valor resultante da direção e da intensidade da corrente é calculado pela media dos três valores obtidos ao longo dos três eixos. No caso da direção, o valor em graus, já é em função do norte verdadeiro, enquanto a bússola magnética do aparelho é calibrada antes de qualquer medição. (BENSI, 2006)



Figura 12 – Aparelho usado para medir e armazenar os dados de ADCP

O aparelho, durante as campanhas oceanográficas, foi posicionado a proa do barco através de uma estrutura de sustentação para permitir a navegação do barco com velocidade moderada, de 3-4 nós, durante a medição. Os sensores foram orientados para baixo, imersos na água a uma profundidade de cerca 30 cm em relação à linha d'água, para evitar que devido à navegação, os sensores saíssem da água ou que o mesmo tocasse o fundo do açude.

Uma vez posicionado e ligado, o aparelho enviava o sinal acústico, ao longo da coluna de água, por meio dos três sensores, este era refletido por partículas presentes dentro da água, isso acontece ao longo da coluna d'água em varias células, que podem ser de comprimento mínimo de 25 cm (para sensor com frequência de 1,5 MHz utilizado nos campos). Utilizando o principio do Efeito Doppler, o aparelho determinou a direção da corrente em função do tempo de retorno do sinal acústico e da velocidade do mesmo no meio aquático.

Todo o sistema foi conectado ao laptop para transmissão, em tempo real, dos dados obtidos através do software *River Surveyor* produzido pela *Sontek*, produtora do correntômetro, programa este para a noção de medição hidráulica canal aberto como o reservatório pesquisado. (BENSI, 2006)

#### **2.4. Medições Correntométricas com ADCP**

As atividades de campo começaram às 10h30min e foram concluídas às 12h30min do dia 09/06/11, portanto, permitindo o registro das medidas de correntes de todo o reservatório no sentido jusante a montante.

Visando o melhor entendimento da hidrodinâmica da região em estudo, foram definidos quatro perfis de corrente, os quais dois foram realizados no sentido SW-NE e dois no sentido NE-SW. Os posicionamentos dos perfis encontram-se mostrados na Figura 13.

### Mapa dos Perfis de Corrente

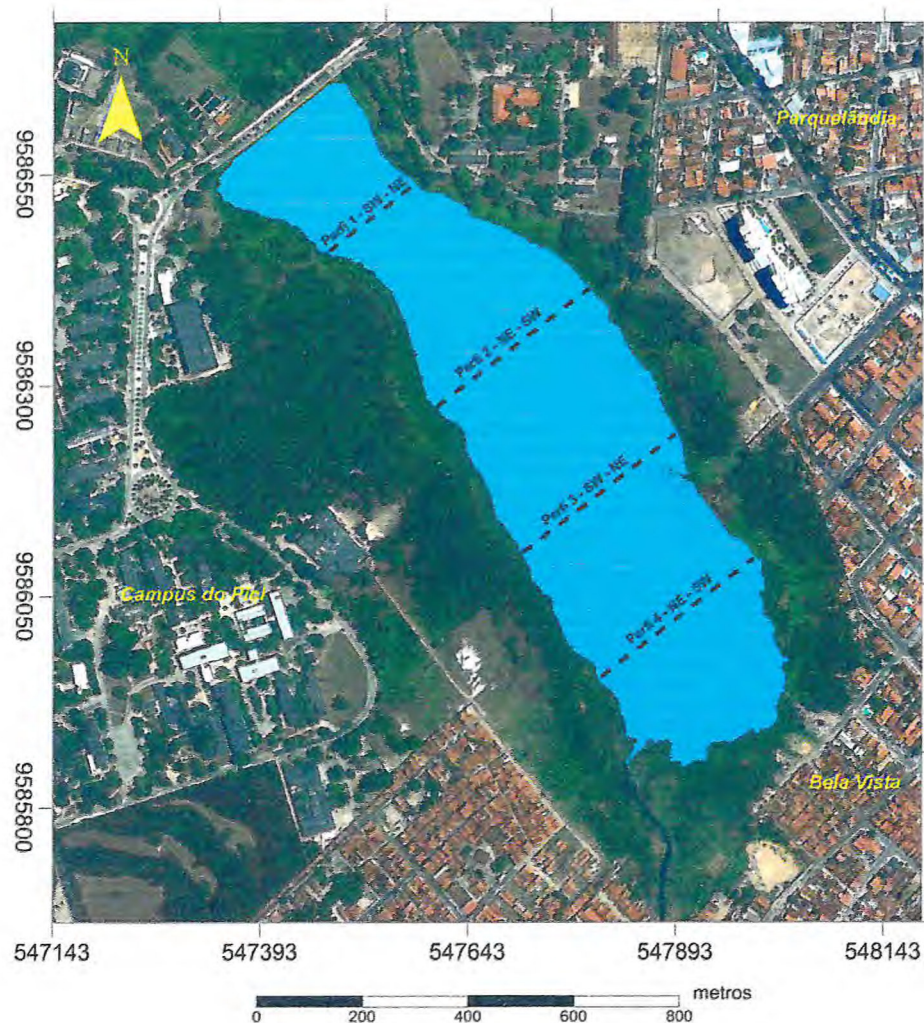


Figura 13 – Localização dos perfis de corrente pelo método ADCP

## 2.5. Levantamento Batimétrico

Levantamento batimétrico é uma técnica para estabelecer uma posição geográfica no ecossistema aquático por intermédio da análise da topografia do substrato (Figura 14).

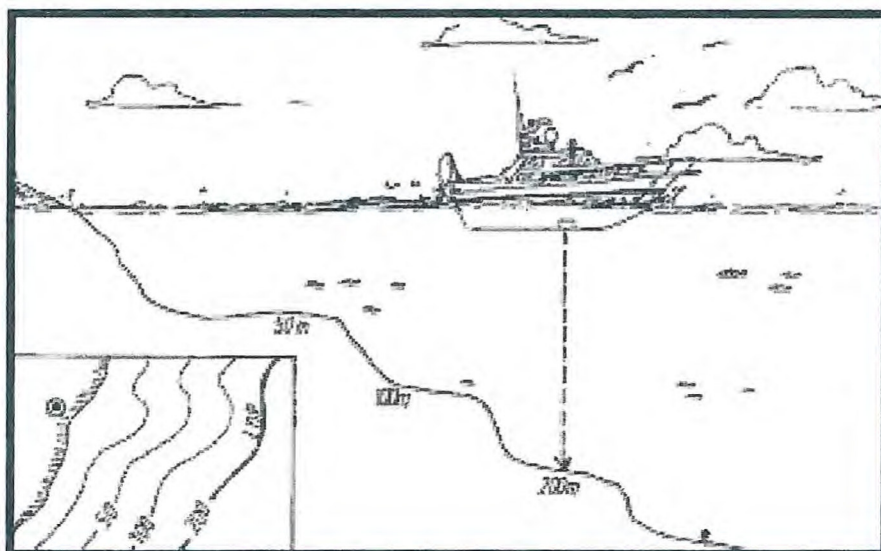


Figura 14 – Representação de um levantamento batimétrico. (Fonte: ALMARAN VELEIROS)

Em ambientes aquáticos continentais, como lagos, lagoas ou reservatórios as condições climatológicas locais e períodos do ano devem ser considerados para a determinação da morfologia desses corpos hídricos. Para as áreas emersas e adjacentes, ou seja, as porções de terra a margem do corpo hídrico e as regiões não passíveis de navegação foi adotado o valor de cota zero. O método de interpolação para a geração do GRID foi o método geoestatístico de krigagem. Krigagem é um método de regressão desenvolvida a partir dos trabalhos do seu de Daniel G. Krige usado para aproximar ou interpolar dados. (FARIAS et al, 2007).

Para o levantamento do relevo submerso da região foi utilizada uma ecossonda conjugada a um GPS, modelo GPSMAP 238 *Sounder* GARMIN (Figura 15), transdutor de resolução de 0,01metros de profundidade e sensor de temperatura, antena externa, recepção para 12 canais e receptor diferencial. A ecossonda implementa um sistema de aquisição de dados de profundidade, hora, e coordenadas, acoplado a um laptop. A taxa de transmissão dos dados é de 1/segundo e estes estão no formato NMEA na versão 2.3.



Figura 15 – GPS, modelo GPSMAP 238 *Sounder* GARMIN e o transdutor.

Para obter coordenadas de pontos no terreno de forma remota, usa-se atualmente a técnica do GPS (Global Positioning System). Esta técnica, inicialmente de uso militar e atualmente liberada para uso civil (com restrições), consiste no rastreamento, recebimento e registro de sinais de satélites específicos. Estes sinais são processados em combinação com determinados parâmetros (efemérides) para calcular as coordenadas de um ponto no terreno.

Os dados capturados pela sonda eram armazenados em um laptop em formato ASCII no padrão NMEA 2.3. As sentenças utilizadas para o processamento foram a GPGLL e SDDPT onde trazem as informações para elaboração de tabelas no formato XYZ de coordenadas e profundidades. (FARIAS et al, 2007).

## 2.6. Tratamento dos dados

O Tratamento dos dados coletados no açude Santo Anastácio foi executado no Laboratório de Dinâmica Costeira, do LABOMAR (LABDIC), tanto para a ADCP como para a confecção do mapa batimétrico. Inicialmente foi realizada uma filtragem dos dados através do software Excel, onde foram selecionadas as colunas GPGLL, SDDPT e SDMTW, referentes às coordenadas geográficas, às profundidades e temperatura respectivamente.

Posteriormente, em ambiente CAD foi obtida a linha de contorno das lagoas. A linha da margem é um elemento importante no levantamento batimétrico, pois esta será inserida, em forma de pontos, na planilha dos dados de batimetria, para que no modelamento a linha da margem seja considerada como cota zero. Isto deve ser levando em consideração já que os dados adquiridos pela ecossonda no presente estudo são referentes apenas às áreas passíveis de navegação. Esta, também, corresponde ao limite entre terra e água durante a criação do modelo digital batimétrico.

Na seqüência, os dados foram processados no software Surfer 8.0 com intuito de obter a geração de uma malha regular (GRID), possibilitando a obtenção do modelo digital batimétrico (MDB).

O software Surfer 8.0 foi também utilizado para a geração dos modelos digitais do açude, também no Laboratório de Dinâmica Costeira, onde a partir destes é possível visualizar o corpo hídrico de forma tridimensional, ressaltando as sinuosidades ao longo da sub-superfície aquática.

Sob a projeção UTM com datum horizontal SAD 69 e zona 24 sul, os modelos digitais batimétricos foram georeferenciados, sendo a integração dos dados pós-processados realizada com o software ArcGIS 9.0. (FARIAS et al, 2007)

## **2.7. Cálculo de volume do reservatório**

Para calcular o volume do reservatório, foi utilizado o software *Surfer* 8.0, no qual os dados obtidos por meio da batimetria foram previamente tratados pelo método estatístico de krigagem. Após esse procedimento, o software fornece os valores referentes à área do espelho d'água e sua média de profundidade, com isso o programa calcula o volume e fornece o valor. (FARIAS et al, 2007)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. ACOUSTIC DOPPLER PROFILER CURRENT (ADCP)

Foram realizados quatro perfis com auxílio de uma sonda ADCP em pontos distintos ao longo da área de estudo. Destes, dois foram realizados no sentido SW-NE (primeiro e terceiro) e dois no sentido NE-SW (segundo e quarto perfil). Cada uma das perfilagens percorreu em linha reta de comprimento com tamanhos diferenciados devido ao formato irregular do reservatório.

Por conta da baixa profundidade do açude (inferior a 2 metros na sua maioria) não foi possível medir a velocidade das correntes do açude Santo Anastácio, mas foi possível fazer o perfil de direção das correntes.

As direções de fluxo mostram que toda a região apresenta direções de fluxo em torno de  $290^\circ$ , o que denota um forte caráter homogêneo de direção de fluxo ao longo dos perfis, não apresentando oscilações significativas na rosa das correntes em nenhum dos perfis realizados no período estudado.

O primeiro perfil foi realizado no ponto mais próximo da jusante do reservatório, sentido SW – NE. Observou-se uma direção mais concentrada para o sangradouro, sendo sua direção voltada entre de  $290$  e  $310^\circ$  em relação ao norte magnético da bússola do equipamento. Mesmo com uma grossa camada de macrófitas aquáticas e a grande quantidade de detritos que obstrui a passagem do sangradouro (Figura 16), essa corrente é evidenciada e mostrada na Figura 17.



Figura 16 – Visão interna do reservatório destacando o sangradouro e evidenciando as algas e os detritos.

## Mapa dos Perfis de Corrente

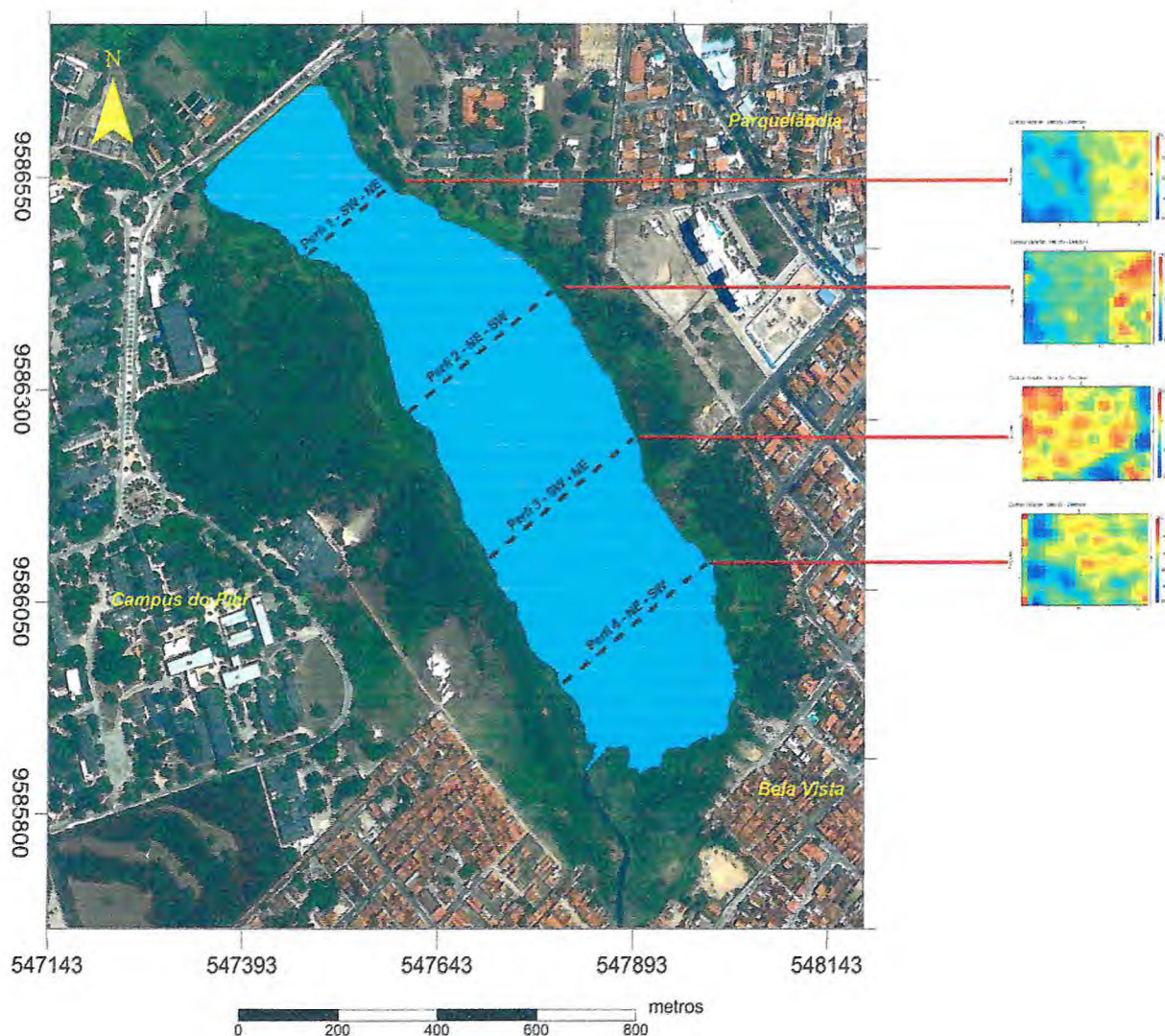


Figura 17 – Mapa do Açude Santo Anastácio evidenciando os quatro perfis com os respectivos resultados.

O segundo perfil foi localizado no primeiro ponto de alargamento onde externamente, na sua margem esquerda fica localizada a entrada da UFC, situada na Rua Padre Guerra. O sentido do perfil foi NE – SW. Nesse ponto a corrente torna ainda mais evidente seu sentido montante - jusante.

Este ponto foi muito influenciado por ser porta de entrada para todo material restante das obras que estão sendo feita na encosta do açude (Figura 18).





Figura 18 – Condomínios de apartamento em obras próximo ao reservatório.

O terceiro perfil teve o sentido SW – NE. O perfil de corrente neste ponto é de  $290^\circ$ . É bem profundo em relação à média de profundidade do açude. Neste ponto há um grande aporte de lixo nas margens, dentre eles mobílias abandonadas por moradores próximos ao reservatório (Figura 19).



Figura 19 – Mobílias nas margens do açude Santo Anastácio.

O quarto perfil teve o sentido NE – SW e foi bem próximo a montante do açude e porta de entrada de todo eșgoto e sedimento (Figura 20). Nesse ponto a direção predominante da corrente é de  $295$  a  $300^\circ$ .



Figura 20 - Montante do açude Santo Anastácio. Porta de entrada de efluentes e sedimentos.

A Figura 21 mostra as rosas das correntes do açude Santo Anastácio.

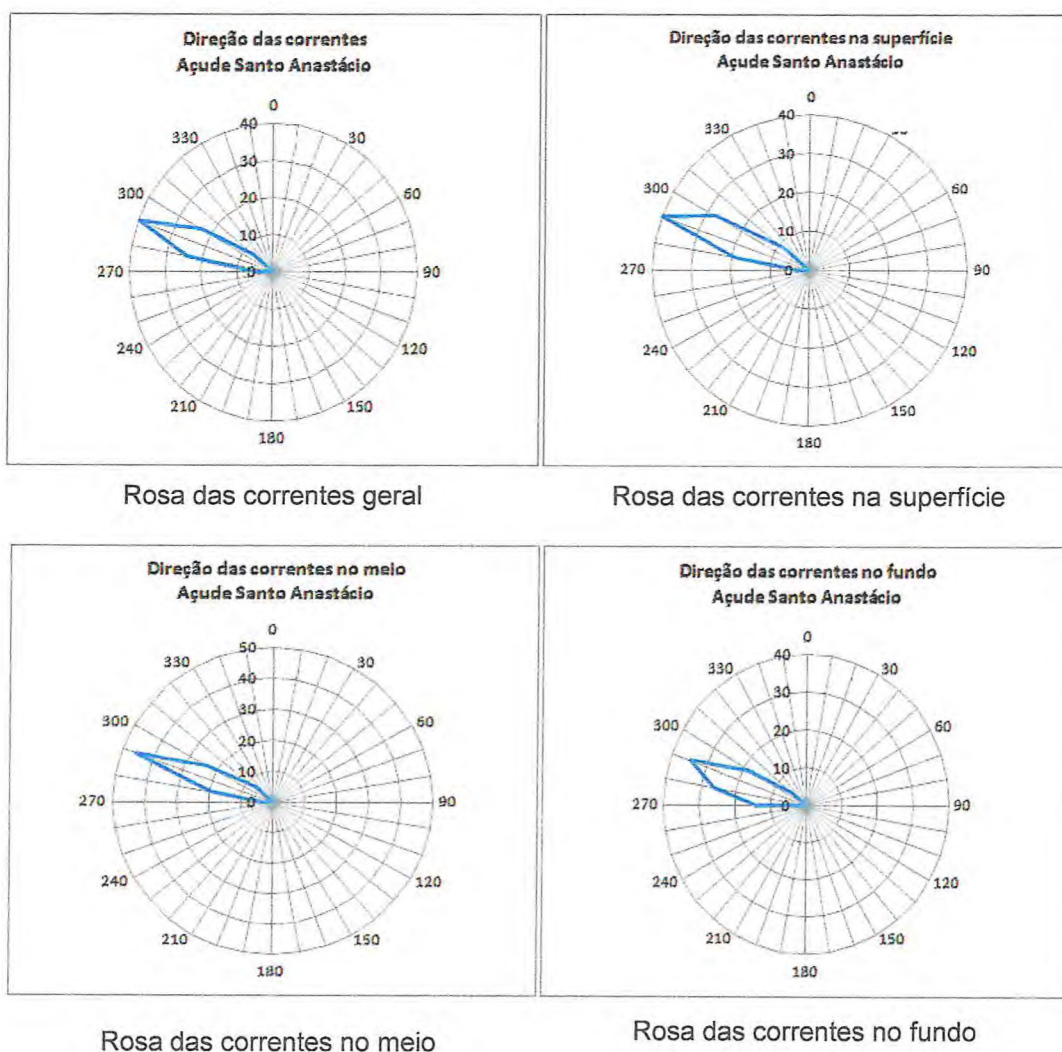


Figura 21 – Rosas das correntes do açude Santo Anastácio.

O perfil das correntes demonstra uma estabilidade em relação à direção tanto na superfície como meio. Isso se deve ao fato da corrente seguir o fluxo normal de escoamento, do montante para a jusante. No fundo do reservatório há uma pequena variação, mas ainda sim seguindo na direção de  $290^\circ$ .

De acordo com este estudo, foi possível observar que o sentido nas regiões próximas a superfície é sensivelmente maior que as próximas ao substrato, o mostrando que além do escoamento natural da corrente, que segue o sentido da montante para a jusante temos uma grande influência do vento na movimentação dessas massas d'água, que durante todo período do estudo se manteve constante na direção da corrente.

### 3.2. Mapeamento batimétrico

Para o levantamento batimétrico foi percorrida toda a porção navegável da área de estudo. Deste modo, o mapeamento foi realizado a uma velocidade média de 3-4 nós (através de perfis transversais médios ao longo de toda região, sendo coletados aproximadamente 4.350 pontos de ecobatimetria (Figura 22). As linhas batimétricas foram planejadas com ajuda do aparelho de GPS, com distanciamento de 25 metros em média entre elas e espacialmente distribuída por todo o reservatório, onde serviu de guia para o barco fazer a coleta das profundidades.

Mapa dos Perfis Batimétricos

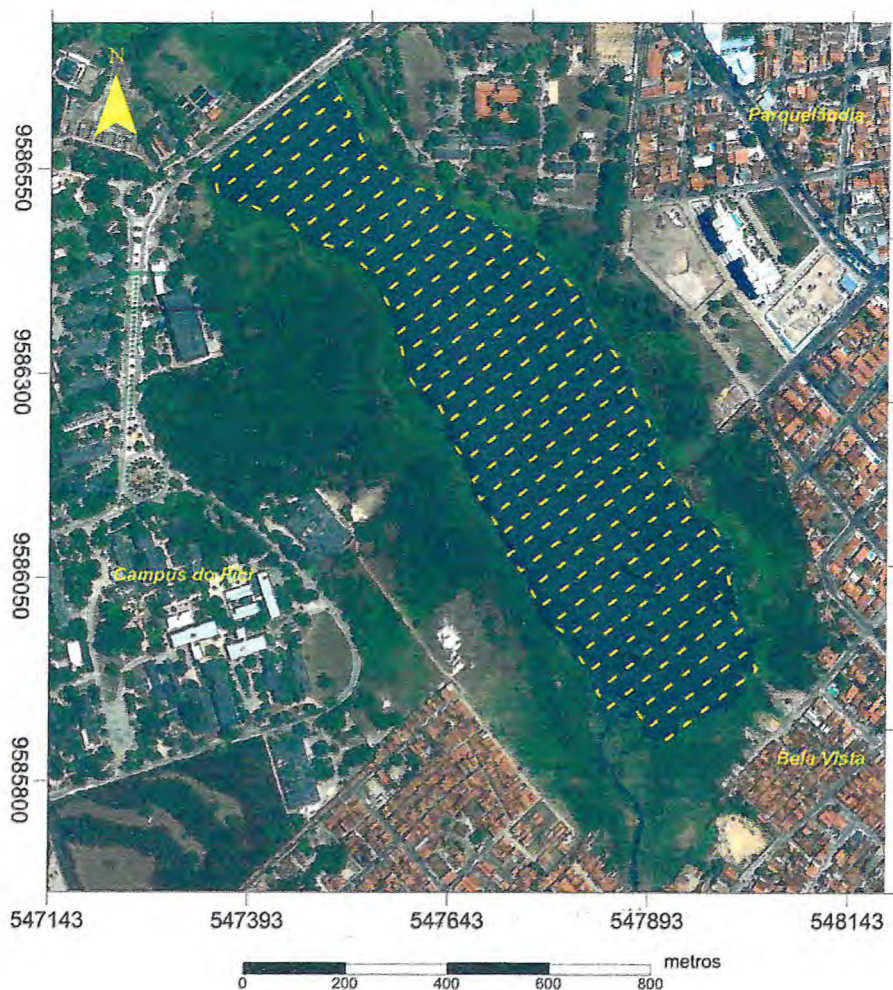


Figura 22 – Perfis batimétricos realizados no açude Santo Anastácio em 2011.

Após todos os dados serem revisados, corrigidos, interpolados e processados, o levantamento batimétrico do açude Santo Anastácio, correspondente ao dia 09 de junho de 2011 apresentou os seguintes dados:

A profundidade média encontrada em todo o reservatório foi de 1,67 metros, com presença de picos de profundidade máxima em torno de 3,24 metros, sendo estes valores encontrados na zona próxima a barragem (Figura 23). A figura 24 mostra o modelo digital tridimensional e na figura 25 foi incluído o estudo batimétrico de 2011 para efeito de comparação.

### Mapa Batimétrico - Açude Santo Anastácio

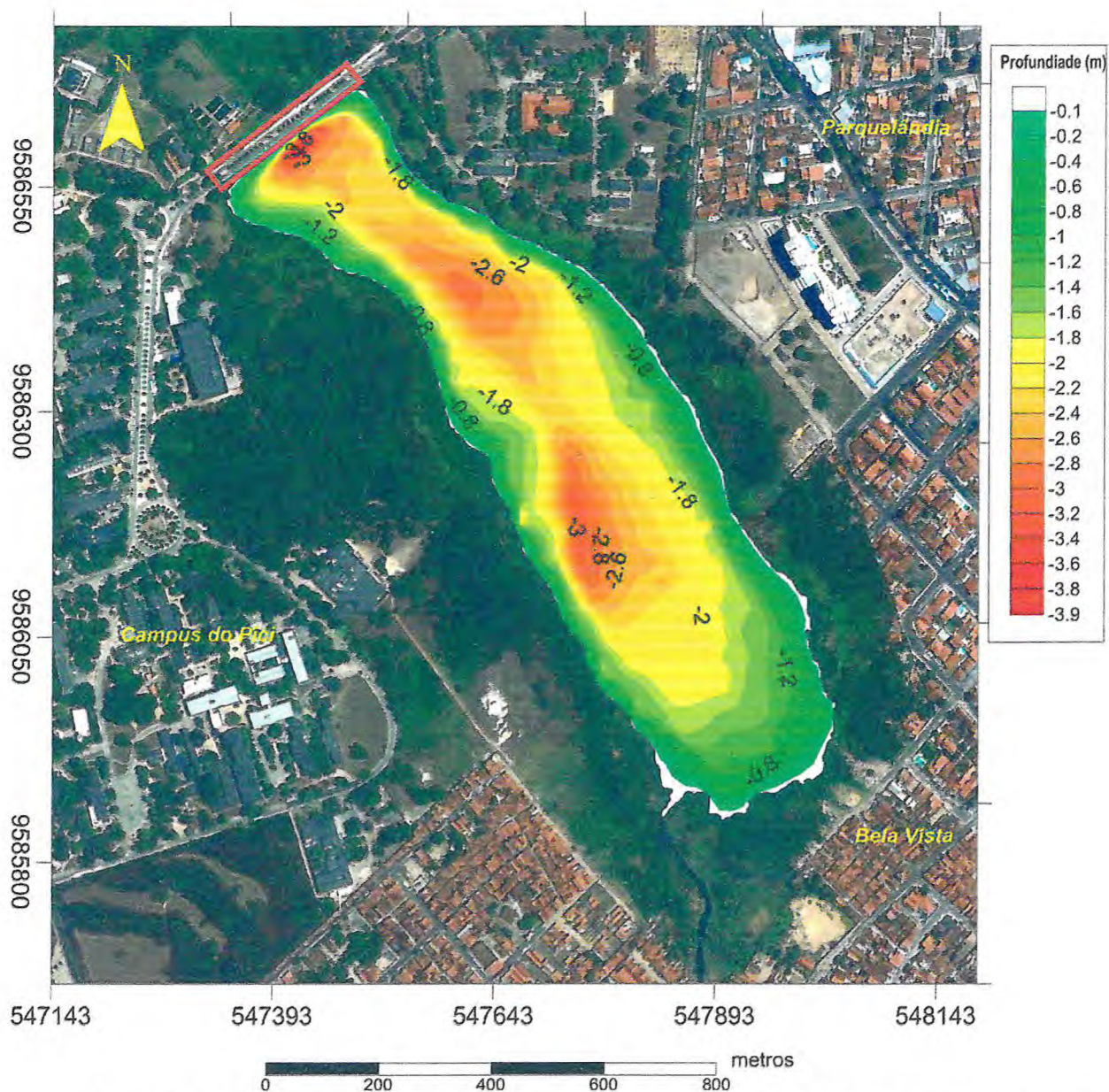


Figura 23 – Mapa batimétrico do açude Santo Anastácio, Fortaleza-CE em 2011, destacando a barragem.

### Perspectiva em 3D do Açude Santo Anastácio

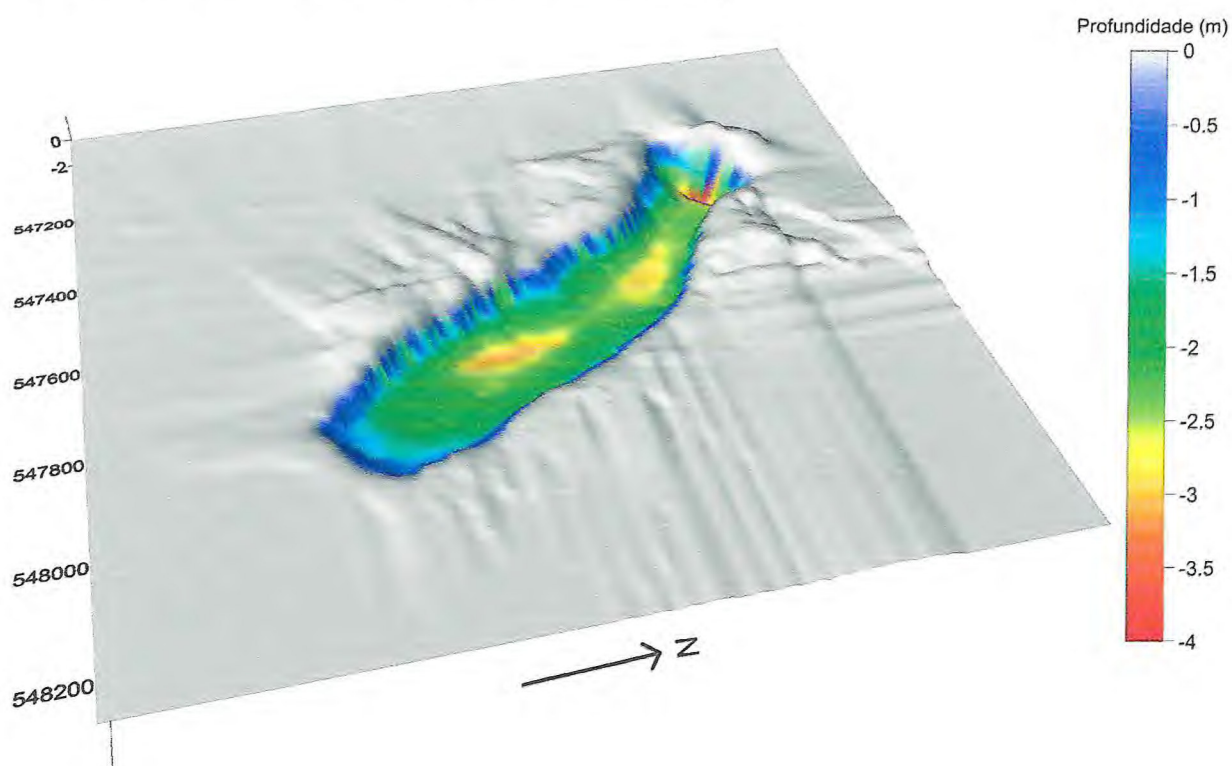


Figura 24 – Modelo digital tridimensional do açude Santo Anastácio, Fortaleza- CE em 2011.

### Perspectiva em 3D do Açude Santo Anastácio

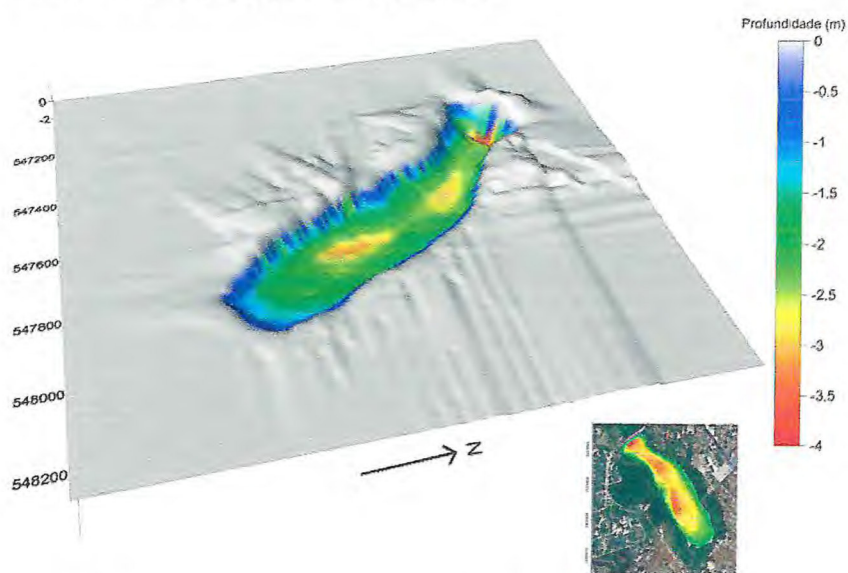


Figura 25 – Modelo digital tridimensional de 2011 com seu o mapa batimétrico para comparação.

### 3.3. Avaliação do volume e da diferença de profundidade.

Segundo Oliveira (2001), o Santo Anastácio vem sofrendo um processo de assoreamento bastante acentuado, decorrente de todos os impactos ambientais que a urbanização não planejada causa. O seu estudo mostra os dados batimétricos obtidos no açude Santo Anastácio no ano de 1992 (Figura 26).

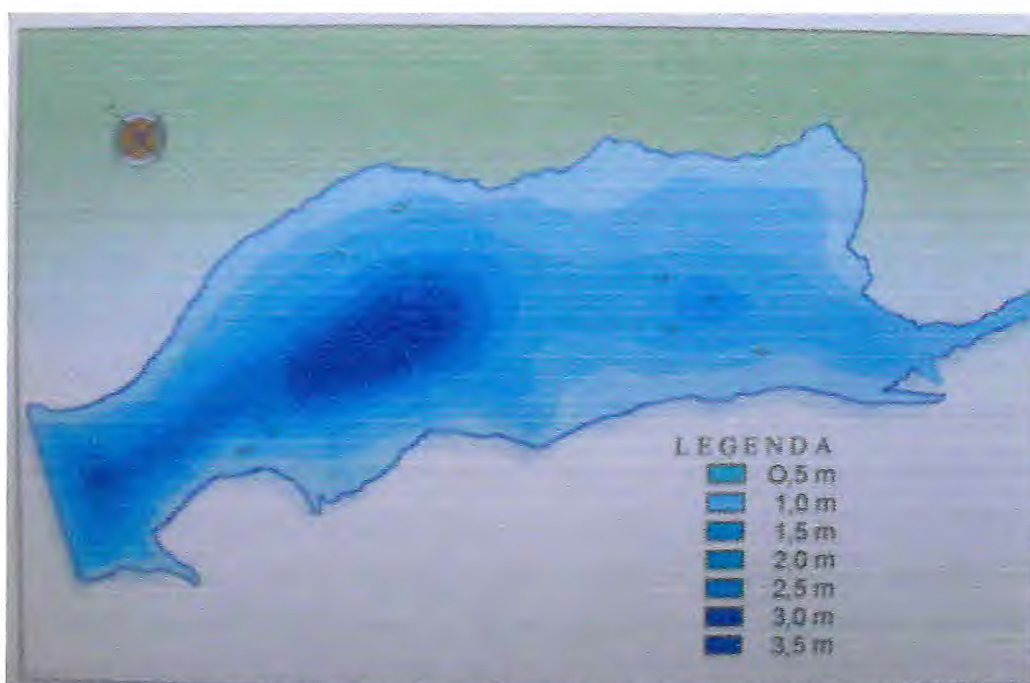


Figura 26 – Mapa Batimétrico do açude Santo Anastácio, Fortaleza- CE, obtido em 1992. (Fonte: Oliveira 2001)

Comparando com o modelo obtido nesse estudo, observou-se que a linha do contorno do açude mudou. O motivo pode ser o assoreamento das suas margens assim como as novas técnicas de obtenção de contorno, que agora são por fotos de satélite obtidas e manipuladas de modo digital. Essa tecnologia não era disponível na época. No centro do açude observa-se uma profundidade máxima de 3,5 m, assim como uma baixa profundidade no canal de entrada e em torno da região próxima aos bairros que margeiam o açude na zona próxima a sua montante. Na região próxima ao sangradouro encontrou-se pontos de alta profundidade em comparação a profundidade média do mesmo.

Ainda de acordo com Oliveira (2001), no ano de 1918, o mesmo possuía profundidade máxima de 6 metros de profundidade e que no ano de 1975 esse valor

já teria reduzido para 4,5 metros. Informa que se medidas imediatas não fossem tomadas o assoreamento completo do açude seria inevitável em um futuro próximo.

Soares (2003) em sua pesquisa executou mais uma vez no reservatório um levantamento batimétrico (Figura 27). Nesse mesmo trabalho do Soares (2003) há muita informação a respeito do grande impacto das comunidades que residem em torno do açude como o grande aporte de detritos. O ponto de maior profundidade foi de 5 metros de profundidade.

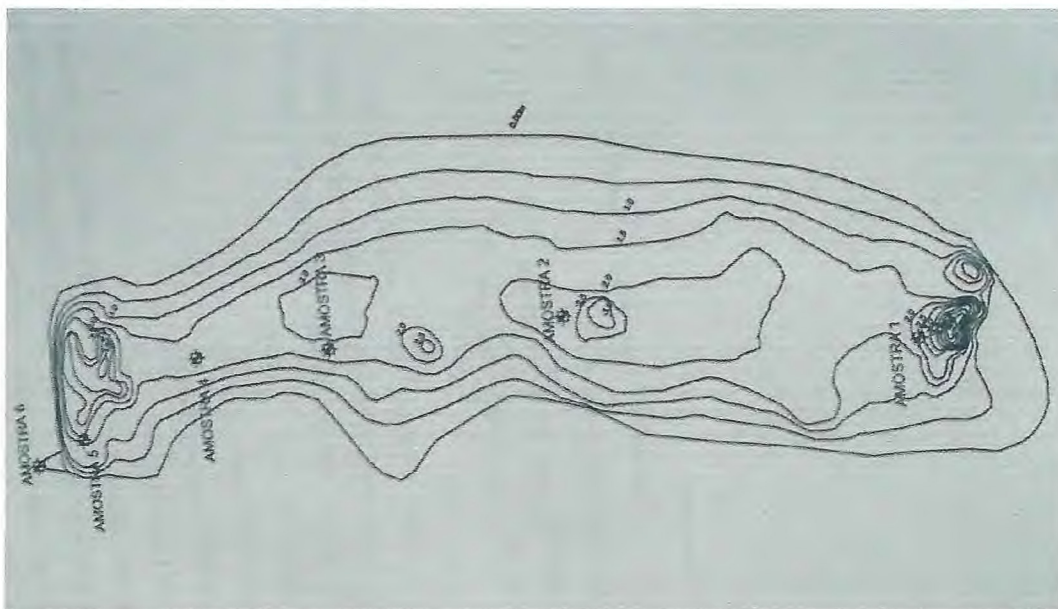


Figura 27 – Mapa batimétrico do açude Santo Anastácio, Fortaleza- CE, obtido em 2002. Fonte (Soares 2003)

Em sua pesquisa Soares (2003) compara a batimetria realizada no ano de 2002 com a descrita por Oliveira (2001) executada em 1992. Há pontos com bastante diferentes entre os dois levantamentos batimétricos, sendo pontos com assoreamento de até 2 metros de diferença. Também encontrou-se pontos com erosão onde a profundidade máxima quem em 1992 era de 3,5 m e agora é de 5,00 m, mostrando uma diferença de níveis bem destacados e uma distribuição dos sedimentos dentro do reservatório.

Grande parte da massa assoreada nesse período fica no meio do reservatório ou mais perto da barragem. Os sedimentos urbanos como explica o autor são em maioria orgânicos, de baixa densidade e pequeno diâmetro o que os torna mais fácil de serem transportados dentro do corpo hídrico por suas correntes, já demonstradas neste trabalho.



Farias et al. 2007 participaram do programa “Lagoas de Fortaleza”, da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF), cujo objetivo era de elaborar mapas batimétricos e modelos digitais tridimensionais de corpos hídricos urbanos de Fortaleza, visando conhecer a morfologia submersa, área de espelho d’água, perímetro e volume.

Nessa pesquisa, o açude Santo Anastácio teve mais um levantamento batimétrico. Na apresentação dos resultados com a ajuda da computação gráfica já se verifica uma nova tecnologia de montagem dos mapas batimétricos com a inclusão de modelos digitais tridimensionais (Figuras 28 e 29).

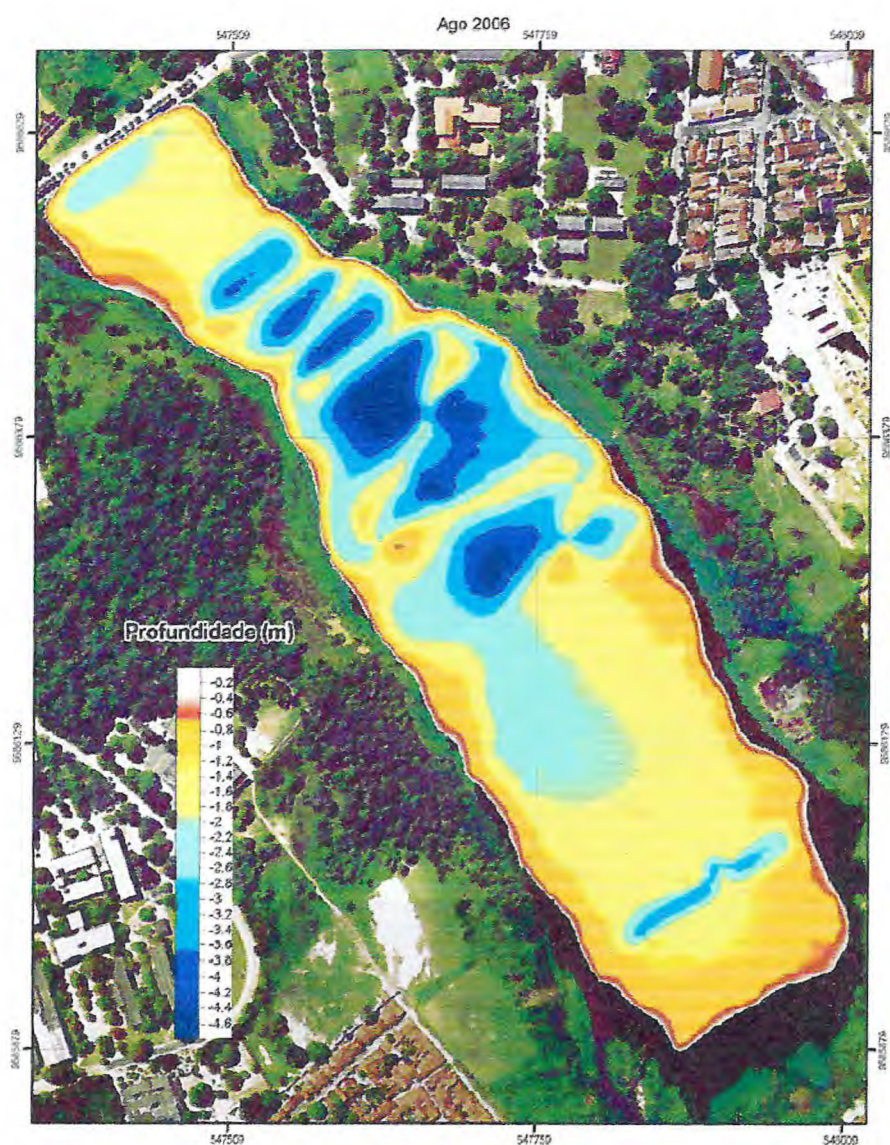


Figura 28 – Mapa Batimétrico do açude Santo Anastácio, Fortaleza- CE, obtida em 2006. Fonte: Farias et al, 2007.

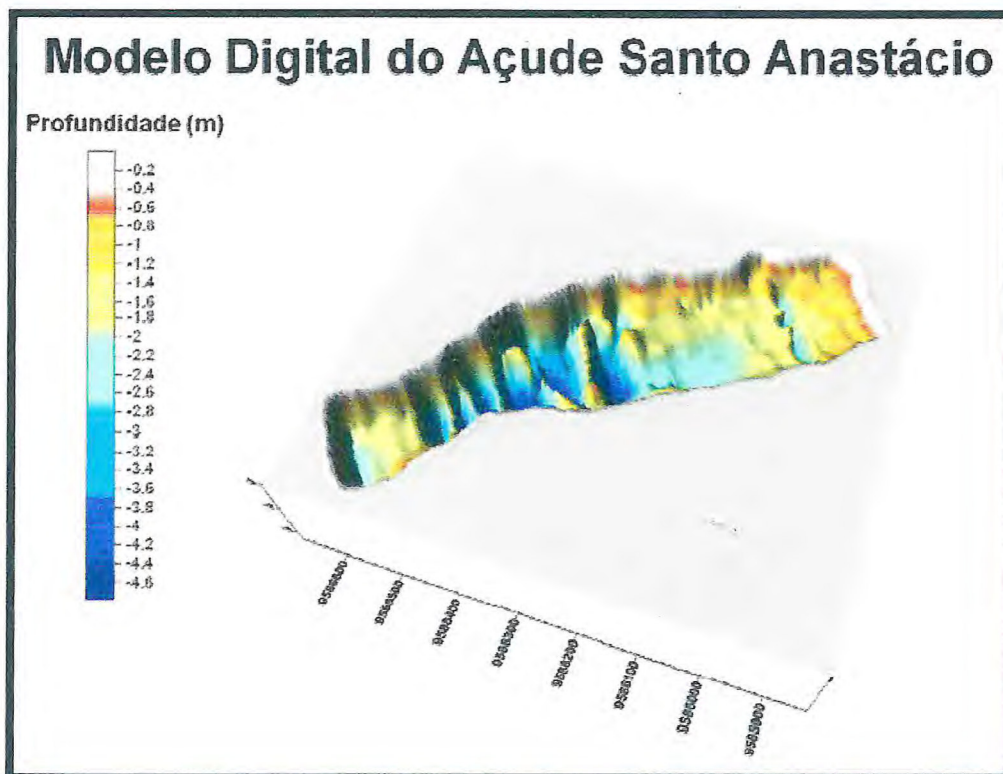


Figura 29 – Modelo digital tridimensional do açude Santo Anastácio, Fortaleza- CE, obtido em 2006.  
Fonte: Farias et al, 2007.

Os resultados mostram pontos com profundidade máxima de 4,97 m na área mais central do açude. As áreas próximas a entrada e da barragem apresentaram uma profundidade mediana, de 2,29 metros, bem diferente da mencionada por Soares (2003) que obteve como profundidade média o valor de 1,26 metros.

Atualmente, os valores apresentados no levantamento batimétrico apontam profundidade média de 1,67 metros, com presença de picos de profundidade máxima em torno de 3,24 metros, sendo estes valores encontrados na zona próxima a barragem.

Conforme Soares (2003) houve um movimento de sedimento em relação à mudança de profundidades, nos dois estudos anteriores, mas as duas análises mantiveram uma média de profundidade semelhante, fato esse que não ocorreu entre o levantamento batimétrico de 2007 para 2011. O ponto mais profundo foi localizado próximo à barragem, ponto que anteriormente era de 2 metros. Porém, a mudança mais significativa foi na região central do açude onde anteriormente fora o ponto mais profundo e hoje está muito assoreado, passando de 4,60m para aproximadamente 1,80 – 2,00 metros.

Há um aporte contínuo de sedimento vindo da margem esquerda do açude. Nos períodos de chuva contendo restos de material de construção e areia. Novos condomínios de apartamento estão sendo construídos nos terrenos próximos a Avenida Humberto Montes bem como um pequeno conjunto habitacional da Prefeitura Municipal de Fortaleza. Como o escoamento da chuva, toda a poluição difusa vindo desses canteiros de obra, é carregada e termina sedimentando o açude. Este aporte está localizado justamente na zona onde houve a maior diferença entre as profundidades dos dois últimos levantamentos batimétrico.

Outra grande contribuição para o assoreamento do açude Santo Anastácio é a poluição vinda do canal que traz a descarga da lagoa de Parangaba para o açude Santo Anastácio. Na margem esquerda, moradores próximos à margem do reservatório colocaram uma cerca para evitar que terceiros joguem detritos como móveis, animais, e outros objetos que possa de certa forma poluir o local, porém, na entrada do açude não há nenhuma proteção para esse perigo, por isso a maioria dos pontos de lixo fica na margem direita do açude.

Segundo Araújo (2000) *apud* Soares (2003) o valor da acumulação inicial do Santo Anastácio, ao final de sua construção, no ano de 1918 era de 508.000 m<sup>3</sup>. Sua finalidade no período de sua construção foi de uso exclusivamente rural.

Soares (2003) informa que no ano de 1992 o volume havia sido reduzido para um valor de 282.744 m<sup>3</sup> e em sua pesquisa no ano de 2002 esse valor já tinha diminuído para 268.981 m<sup>3</sup>. Essa redução na cota foi dada à grande massa assoreada.

Farias et al, (2007) estimaram um valor de 316.760 m<sup>3</sup> foi obtido e constatado que o açude Santo Anastácio sangra o ano inteiro, demonstrando que recebe grande fluxo de efluentes diariamente. Isto representa que ele mantém seu volume no máximo durante todo o ano, assim como é quase constante a área de espelho d'água.

Seu valor é bem maior em relação aos valores obtidos anteriormente que foram calculadas através do cálculo de Cota X Volume apresentada na pesquisa de Soares (2003) e desenvolvida por Araújo (2000).  $Vac = 1/3 (H^3)$ , onde Vac é o volume acumulado até a cota H, e esta cota é em que cota deve ser calculado o volume.

Neste trabalho o cálculo do volume foi feito de modo semelhante ao trabalho de 2007 e o valor obtido através deste novo levantamento batimétrico é de 306.752 m<sup>3</sup>. Isso mostra que o volume perdido nos últimos cinco anos devido ao assoreamento é de 10.008 m<sup>3</sup>.

Tabela 1. Volume, profundidades e assoreamento do açude Santo Anastácio nos anos de 1918, 1992, 2002, 2006 e 2011. Fonte: Oliveira (2001), Soares (2003), Farias et al (2007), Lima (2011)

| Ano  | Volume de Acumulação (m <sup>3</sup> ) | Volume Assoreado (m <sup>3</sup> ) | Profundidade Máxima (m) |
|------|--|------------------------------------|-------------------------|
| 1918 | 508.000                                | 0                                  | 6,00                    |
| 1992 | 282.744                                | 225.256                            | 3,50                    |
| 2002 | 268.981                                | 13.763                             | 5,00 <sup>[1]</sup>     |
| 2006 | 316.760                                | - 47.779 <sup>[2]</sup>            | 4,97                    |
| 2011 | 306.752                                | 10.008                             | 3,24                    |

<sup>[1]</sup> Redução na profundidade máxima causada pela erosão.

<sup>[2]</sup> Aumento no volume de acumulação.

Na Tabela 01 observa-se um aumento na profundidade máxima no ano de 2002. Segundo Soares (2003), isso se deve ao fato de que as correntes demonstradas nesse trabalho movimentam o sedimento no interior do açude Santo Anastácio. Com isso houve uma erosão no substrato do açude aumentando o ponto de máxima profundidade.

O valor do volume de acumulação ter aumentado deve-se ao fato de que novas técnicas digitais foram utilizadas para o cálculo na pesquisa de Farias et al (2007). Anteriormente eram utilizadas técnicas topográficas e formulas matemáticas para calcular o valor e isso pode ter causado essa diferença.

#### 4. CONCLUSÃO

Através de observações feitas nos mapeamentos batimétricos nos anos de 1992, 2002, 2006 e 2011 pode-se concluir que o açude Santo Anastácio vem sofrendo um rápido processo de assoreamento. O mapa batimétrico de 2011 mostra uma redução na profundidade média de 28% se comparado ao mapeamento feito no ano de 2006. A região mais afetada na última análise foi à região central do açude, pois a recente abertura de terrenos na margem esquerda do reservatório e a construção de prédios próximos a este local têm servido como fonte adicional de sedimentos para o reservatório, e além aqueles sedimentos que provêm da entrada do açude.

Diversos fatores vêm contribuindo para este adiantado grau de assoreamento do açude Santo Anastácio. As principais causas desse processo são o aumento desordenado das comunidades próximas ao açude e a realização de obras de grandes proporções nas áreas próximas ao mesmo.

Há um aporte muito grande de detritos de todas as formas tanto como esgoto *in natura*, como objetos jogados no leito do canal que leva a água para o reservatório. Diversos objetos foram encontrados dentre eles temos mobílias, brinquedos, garrafas plásticas, sacos com lixo, e alguns de natureza orgânica, como animais mortos. Esses detritos podem precipitar e com isso fixam-se no substrato ou ficam retidos nos bancos de macroalgas, impedindo assim o escoamento natural da água e retendo sedimento em seu corpo hídrico.

Apesar de alguns trabalhos por parte tanto da Prefeitura Municipal de Fortaleza como pela Universidade Federal do Ceará, não houve um resultado significativo em prol da limpeza do açude. Há a necessidade de um trabalho de conscientização para os moradores em torno da área do açude, pois isso seria um grande diferencial no processo de assoreamento. Como foi citado anteriormente, se nenhuma medida imediata for tomada para conscientizar a população, o assoreamento completo do açude será inevitável em um futuro bem próximo.

Se compararmos o resultado deste mapeamento batimétrico com o anterior, executado por Farias et al (2007), observamos uma redução na profundidade máxima de 1,73 m e na profundidade média de 0,62 m. Isso é aproximadamente 0,124 m por ano. Mantendo essa velocidade num período aproximado de 13,5 anos o açude será totalmente assoreado, ou seja, por volta do ano 2024 ou 2025 o açude poderá não existir.

O atual valor no volume de acumulação teve um decréscimo de aproximadamente 10.000 m<sup>3</sup> no intervalo de 2006 a 2011. Essa redução no volume foi quase duas vezes mais rápida que o decréscimo causado no período entre 1992 a 2002 que foi de 13.763 m<sup>3</sup>. Esse valor mostra como está adiantado o processo de assoreamento.

A variação no valor de Volume de Acumulação do ano de 2002 para o ano de 2006 deve-se ao fato de o cálculo ter sido feito de maneiras diferentes, assim como a linha de contorno do açude que agora foi feito de maneira digitalizada e não por meios topográficos.

O perfil de corrente do açude confirma que sua direção é constante com o sentido de 290°, nos quatro perfis pesquisados (figura 17) e há uma predominância tanto na superfície como no meio como no fundo sendo este com leve deformação. O motivo do perfil da superfície ser mais acentuado deve-se ao fato da influencia direta do vento (figura 21). O local é bastante ventilado e isso causa também efeito no processo de assoreamento, pois todas as macrófitas aquáticas da região do montante migram em direção a barragem e acumulam-se de forma a atuarem como um filtro impedindo os detritos de seguir pelo sangradouro.

**BIBLIOGRAFIA**

ALMARAN VELEIROS: Disponível em:

<<http://almaran.alojamentogratico.com/patraocosta/navegacao/navegacaotodo.htm>>  
.Acesso em: 16 mai. 2011.

ALMEIDA, Gorety Batista de; ARAÚJO, José Carlos de UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Modelagem da retenção de sedimentos em reservatórios no semi-árido**. Fortaleza, 2001. 120f. Dissertação (Mestrado) em Recursos Hídricos. Universidade Federal do Ceara. Jose Carlos de Araujo.

ANDRADE, M. C., 1980, **A terra e o homem no Nordeste**, 3a ed. Editora Brasiliense, São Paulo, 251p.

ARAÚJO, J. C.. Assoreamento em reservatórios do semi-arido: modelagem e validação. **Revista brasileira de recursos hídricos**, v. 8, n. 2, p. 39-56. 2003

BARBOSA, José Milton; PONZI JR, Manlio. **ARRANJOS PRODUTIVOS NO SERTÃO NORDESTINO: AQUICULTURA E PESCA**. Rev. Bras. Eng. Pesca 1(1), ago. 2006

BECKER, Helena; SILVA, Renata de Oliveira, NOBRE, Crisiana de Andrade, TORRES, Geovany Rocha. **EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL**. Grupo Açude Vivo. Pró-Reitoria de Extensão. Departamento de Química Analítica e Físico-Química. Universidade Federal do Ceará. III WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. 2011

BENSI, Manuel. **APLICAÇÃO DO CORRENTÔMETRO ACÚSTICO ADCP EM AMBIENTES MARINHOS E ESTUARINOS DO CEARÁ E PARAÍBA - NORDESTE DO BRASIL**. 2006. 128 f.: Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto De Ciências Do Mar - Labomar, Fortaleza-CE, 2006.

BOTERO, Jorge Iván Sánchez; BECKER, Helena. **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, CAPTURA POR UNIDADE DE ESFORÇO E CONCENTRAÇÃO DE METAIS NAS ESPÉCIES DE PEIXES *Hoplosternum littorale*, *Prochilodus brevis* e *Oreochromis niloticus* NO AÇUDE SANTO ANASTÁCIO, FORTALEZA (CE)** . Departamento de Biologia / Universidade Federal do Ceará. III WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. 2011

CAMPOS, Rogério . **CONSIDERAÇÕES SOBRE A MEIA-VIDA DE UM RESERVATÓRIO NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO**. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste, 2007, Cuiabá. Anais. Porto Alegre : ABRH, 2007. v. único.

COGERH - Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. Disponível em:  
<<http://portal.cogerh.com.br> > acesso em agosto de 2010.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p. 6

EVARSA Evaluación de Recursos S.A. Disponível em:  
< <http://www.evarsa.com.ar/portugues/adcp-ab.htm>> Acesso em agosto de 2010.

FARIAS, D.B.A. **Monitoramento do açude Santo Anastácio**. 2008. 36 f. Monografia (Graduação em Química Industrial) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

FARIAS, E. G. G.; MAIA, L. P.; BEZERRA, M. A. **Relatório do mapeamento batimétrico de nove (09) corpos hídricos da cidade de Fortaleza**. (Cartas, mapas ou similares/Mapa). Parceria SEMAM/PM Fortaleza e LABOMAR/UFC, 2007.

GUIMARÃES, Carlos Lamarque ; RIBEIRO, George do Nascimento ; VIEIRA, Lucílio José de Santos. **LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO DO AÇUDE PARAÍSO SÃO FRANCISCO – PB**. Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável grupo verde de agricultura alternativa. Dez/2005.



IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010 Disponível em:

< [http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados\\_divulgados/index.php?uf=23](http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php?uf=23)>

Acesso em agosto de 2010.

OLIVEIRA, Moisés Almeida de; MOTA, Suetônio; Universidade Federal do Ceará. **Eutrofização antrópica: aspectos ecológicos e uma nova abordagem para modelagem da cadeia trófica pelágica em reservatórios tropicais de pequena profundidade.** Fortaleza, 2001. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, 2001.

REIS, Vitor Cavalcanti Dos; **EFEITOS DA HIPER-EUTROFIZAÇÃO DO AÇUDE SANTO ANASTÁCIO NA ESTRUTURA DA ICTIOFAUNA, FORTALEZA, CE.** Monografia (graduação) – Departamento de Biologia / Universidade Federal do Ceará

SALES, Luiz Belino Ferreira. **Análise sócio-ambiental do segmento do baixo curso do rio maranguapinho na cidade de Fortaleza-Ce: relações sociedade x natureza.** 2004. 131 f. ; Dissertação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará.

SILVA, Francisco de A. S. e and RAO, Tantravahi V. R.. **Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no Estado do Ceará.** Rev. bras. eng. agríc. ambient. [online]. 2002, vol.6, n.3, pp. 440-446. ISSN 1807-1929.

SOARES, Francisco Atualpa. **Assoreamento de bacia urbana : estudo de caso do açude Santo Anastácio, Fortaleza, Ceará.** 2003. 151 f.: Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Fortaleza-CE, 2003.