

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PEDRO THOMAZ CARNEIRO

**CONCENTRAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO E FÓSFORO TOTAL NO  
MANGUEZAL DO RIO TAVARES– SC**

Florianópolis 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PEDRO THOMAZ CARNEIRO

**CONCENTRAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO E FÓSFORO TOTAL NO  
MANGUEZAL DO RIO TAVARES– SC**

Trabalho de Conclusão do Curso  
Bacharelado em Oceanografia da  
Universidade Federal de Santa Catarina.  
Professora orientadora: Dra. Alessandra  
Larissa D Oliveira Fonseca.

Florianópolis 2016

Pedro Thomaz Carneiro

**CONCENTRAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO E FÓSFORO TOTAL NO  
MANGUEZAL DO RIO TAVARES– SC**

Esta monografia foi julgada adequada para obtenção do Título de Bacharelado em Oceanografia, e aprovado a em sua forma final pelo Programa de Avaliação deste.

Florianópolis 23 de novembro de 2016

---

Professora Dr.<sup>a</sup> Carla Bonetti.

Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

---

Professora, Dr.<sup>a</sup> Alessandra Fonseca.

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

---

Dr. André Rovai

---

Dr.<sup>a</sup> Janete Abreu

Universidade Federal de Santa Catarina

## **RESUMO.**

O presente trabalho foi realizado a fim de avaliar a concentração de carbono orgânico e fósforo total no sedimento superficial do manguezal do rio Tavares, localizado na porção sudoeste da ilha de Santa Catarina. Para isso, estimou-se o balanço de ganhos e perdas do estoque considerando o efeito da ação antrópica sob a área de ocupação do manguezal e entorno, levando em conta a fragilidade deste ambiente com possíveis mudanças no nível do mar. Pelos resultados obtidos, observou-se que existe relação entre as concentrações de carbono orgânico e fósforo total com a densidade do sedimento, entretanto os teores de fósforo também estão sob influência antrópica.

Palavras chave: Manguezal, estoques de carbono orgânico e fósforo total, *Bulk density*.

## Lista de Figuras e Tabela.

Figura 1: Localização do manguezal do rio Tavares, com as indicações dos pontos amostrais (em amarelo).....	14
Figura 2: Regressão que representa a melhor relação entre a densidade do sedimento ( $g \cdot cm^{-3}$ ) em relação aos teores de água no sedimento (%), fósforo total - PT (%) e de teor de carbono orgânico CO (%).....	17
Figura 3:Relação entre a concentração molar ( $mol \cdot cm^{-3}$ ) do carbono orgânico e do fósforo total no sedimento do manguezal do rio Tavares. Amostragem julho e agosto de 2016.....	18
Figura 4: Mediana e quartis (25 e 75) da razão CP, Densidade do sedimento ( $D_s$ ), da concentração de carbono (CO) e fosforo total (PT) e estoque de carbono (EC) e estoque de fósforo (EP) nos pontos amostrais do manguezal do rio Tavares. Amostragem foi de julho/agosto de 2016.....	19
Figura 5:MDS das características do sedimento como densidade do sedimento $D_s$ o estoque de carbono C a concentração de fósforo e a razão CP. Quando maior o (Circulo preenchido com cinza) maior os valores. O resultado do cluster está identificado pela delimitação dos grupos na projeção do MDS.....	21
Figura 6: Imagem feita por OLIVEIRA (2001)do Manguezal do rio Tavares em 1938 e1998. Representando as cores, verde escuro bosques de mangue bem desenvolvidos, de verde claro bosque de mangue antropizado e de rosa as áreas urbanizadas.....	25
Figura 7: Mapade áreas alagadas do município de Florianópolis(MONTANARI et al, 2014).As áreas de azul representam as áreas alagadas.....	26
Tabela 1: Estoque de carbono e fósforo em $Mg \cdot ha^{-1}$ na area do manguezal do rio Tavares.....	21

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	7
1.1. Ecossistema manguezal .....	7
1.2. Características do Solo e sua importância nos ciclos biogeoquímicos .....	8
1.3. Importâncias do ecossistema manguezal em estocar carbono orgânico .....	9
1.4. Importâncias do ecossistema manguezal em estocar o Fósforo.....	9
1.5. O ecossistema manguezal frente às mudanças globais.....	11
2. OBJETIVOS .....	13
2.1. Objetivo geral .....	13
2.2. Objetivos específicos .....	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	13
3.1. Área de estudo .....	13
3.2. Procedimento em campo.....	15
3.3. Procedimento em Laboratório .....	15
3.4. Análises estatísticas .....	16
3.5. Identificação do uso da área e características da floresta de manguezal .....	16
4. RESULTADOS .....	17
5. DISCUSSÃO.....	21
5.1. Características do sedimento do manguezal do rio Tavares.....	21
5.2. Caracterização dos solos e dos teores de C e P.....	22
5.3. Concentração de C e P na área do manguezal do rio Tavares .....	23
5.5. Efeito da subida do nível do mar no manguezal do rio Tavares .....	25
6. CONCLUSÃO.....	27
7. REFERENCIAS: .....	28

## **1. INTRODUÇÃO**

O ecossistema manguezal pode funcionar como dissipador de Carbono, essa condição vai depender de um equilíbrio de produção e decomposição de matéria orgânica dentro do sistema e da entrada e saída das mesmas nos limites das áreas úmidas, essas áreas armazenam carbono na forma de turfa (TWILLEY et al., 1992). A zona úmida de mangue se diferencia dos outros sistemas da zona costeira devido ao seu potencial para a acumulação de carbono, onde a vegetação pode ser um importante sumidouro e fonte de exportação de carbono orgânico, podendo contribuir para a sedimentação ou armazenamento de carbono em sedimentos costeiros (TWILLEY et al., 1992).

### **1.1. Ecossistema manguezal**

Os manguezais ocupam 70% das áreas úmidas costeiras tropicais e subtropicais, apresentando melhor desenvolvimento de sua estrutura e ampla biodiversidade em regiões tropicais quentes (LACERDA, 2009). A área global desse ecossistema é de 16 milhões de hectares (ha), sendo fundamental à manutenção da qualidade biótica e morfológica dos ambientes costeiros (LACERDA, 2009). As florestas de mangue distribuem-se ao longo de 6.800 km da costa brasileira abrangendo regiões tropicais e subtropicais, estendendo-se de Cabo Orange no Amapá até Laguna em Santa Catarina (KJERFVE & LACERDA, 1993).

A arquitetura da vegetação do mangue é muito importante na manutenção do ecossistema, pois fornece proteção física ao litoral que os abriga, facilita a manutenção de canais navegáveis e retêm sedimentos em suspensão, ajudando a preservação de corais e bancos de plantas submersas, importantes santuários de biodiversidade (LACERDA, 2009). Considerando uma elevação do nível do mar devido às mudanças climáticas, os manguezais têm sua função estabelecida na proteção física da linha de costa do ambiente no qual está situado (LACERDA, 2009).

A abundância das florestas de manguezais nas regiões entre marés e úmidas, auxilia no desenvolvimento de adaptações anatômica e fisiológica das plantas de mangue (LACERDA, 2009). A complexidade da arquitetura estrutural desta vegetação aumenta a capacidade da planta em resistir às intempéries oceânicas, ventos, e ajuda na estabilidade da árvore no solo inundado e lamoso dos manguezais (CINTRÓN e SCHAEFFER-NOVELLI, 1981). O emaranhado das raízes auxilia na retenção dos sedimentos no solo, resultando na progressão das franjas de mangue na planície entre marés (LACERDA, 2009).

O ecossistema manguezal apresenta alta produtividade e eficiência em relação à sua capacidade de converter energia solar em matéria orgânica (CINTCOELHO et al., 2004). Esta matéria orgânica é exposta em forma de detritos e de substâncias solúveis nos sistemas marinhos em seu contorno (CINTRÓN e SCHAEFFER-NOVELLI, 1981). O manguezal é um sistema que utiliza os nutrientes trazidos por fontes fluviais ou reciclados no solo e os transformam em matéria orgânica (COELHO et al., 2004). As eficiências da formação de matéria orgânica nos manguezais fazem deste ecossistema um berçário para espécies estuarinas e marinhas, muitas das quais possuem grande importância comercial (CINTRÓN e SCHAEFFER-NOVELLI, 1981).

## **1.2. Características do Solo e sua importância nos ciclos biogeoquímicos**

Os sedimentos são formados pela erosão de partículas superficiais da terra, as quais têm seu destino final no mar (CINTRÓN e SCHAEFFER-NOVELLI, 1981). O leito dos estuários é constituído, na maioria das vezes, por areia grossa, já nos locais de baixa hidrodinâmica se depositamos sedimentos finos, como silte e argila, reduzindo o teor de areia (COELHO et al., 2004). De acordo com a velocidade da corrente, ambientes de elevada hidrodinâmica podem apresentar areias médias e areias grosseiras, em geral cascalho (COELHO et al., 2004). O estuário transporta preferencialmente sedimentos finos, os sedimentos mais grossos, que em sua maioria são os sedimentos mais antigos,



são retrabalhados pelas correntes de maré (COELHO et al., 2004). Nas margens, onde é encontrado o manguezal, a porcentagem de areia diminui com a deposição do material fino que chega, embora a quantidade de areia sendo transportada seja importante, é o material argiloso que fica acumulado nas margens (CINTRÓN e SCHAEFFER-NOVELLI, 1981).

A elevada decomposição de matéria orgânica presente nos solos úmidos e encharcados dos manguezais consome o oxigênio dissolvido presente nas águas intersticiais, fazendo com que as regiões abaixo da superfície do solo se tornem anóxicas já nos primeiros milímetros da coluna sedimentar (LACERDA, 2009). O oxigênio liberado pelas raízes provoca a precipitação de hidróxido de ferro, formando uma capa protetora para impedir a entrada de toxinas presentes nos solos anóxicos, como sulfetos e metais pesados, fazendo dos manguezais barreiras contra a dispersão de poluentes (LACERDA, 2009).

### **1.3. Importâncias do ecossistema manguezal em estocar carbono orgânico**

Os manguezais são importantes ecossistemas produtores de carbono na interface terra-mar, sendo que uma significativa porção desta matéria orgânica produzida é acumulada no solo devido às suas altas taxas de sedimentação e suas condições anóxicas (LACERDA, 2009). Segundo TWILLEY et al. (1992), as áreas úmidas de manguezal armazenam o carbono com grande eficiência quando comparado com outros ecossistemas costeiros. O carbono pode fazer ligação química com quase todos os elementos, sendo o elemento estruturador no corpo dos organismos (WALKER e KING, 2009). A perda de carbono orgânico estocado no sedimento favorece a sua oxidação à gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), incrementando a concentração deste na atmosfera. Este ecossistema tem sido considerado como estratégico para o balanço do carbono no planeta em decorrência das elevadas emissões de  $\text{CO}_2$  antropogênicas (LACERDA, 2009).

### **1.4. Importâncias do ecossistema manguezal em estocar o Fósforo**

O fósforo é um elemento essencial para a dinâmica de conservação de energia nos sistemas biológicos devido às moléculas de trifosfato de adenosina

(ATP) e também por ser um dos essenciais nutrientes para a formação de matéria orgânica via produção primária (LEHNINGER, 1984). A entrada de fósforo para ambientes marinhos, resultado de intemperismos de rochas e ciclagem da matéria orgânica e despejo de efluentes (sem tratamento terciário). A concentração de ortofosfato, a forma inorgânica dissolvida de fósforo (P), disponível aos produtores primários pode ser controlada por processos abióticos, como a precipitação química junto com o alumínio, ferro e cálcio ou a adsorção aos argilos e minerais (BERBEL, 2008). As características do meio quanto ao pH, potencial redox (Eh), dinâmica da maré, mineralogia e aos processos biológicos, influenciam na variação do fósforo nos ecossistemas (FILHO, 2009). O fósforo inorgânico no sedimento do manguezal apresenta em três fases ligadas ao sedimento, podendo classificar a primeira fase como a fração de fósforo fortemente ligada a oxí-hidróxidos de ferro, cálcio e magnésio, a segunda fase do fósforo é como a fração do fósforo ligado aos sedimentos de carbonatos e a terceira a fase é a do fósforo residual, onde é o fósforo da matriz mineralógica e que só se encontra em camadas mais profundas na coluna sedimentar (FILHO, 2009). O fósforo total engloba todos os estágios do inorgânico mais o fósforo orgânico (MARINS et al., 2006). Nos sedimentos de manguezal com vegetação preservada, a tendência é que o fósforo orgânico predomine em relação ao fósforo inorgânico, enquanto que nos sedimentos de manguezal com vegetação degradada, a tendência é que o fósforo inorgânico esteja armazenado e a fração orgânica de P apresente baixo conteúdo, acompanhando a tendência da matéria orgânica (BORGES, 2006).

Segundo Rovai (2016), encontrou em que o fósforo no sedimento de manguezal não variou com as latitudes e sim com os sítios geomorfológicos estuarinos, sendo as forças geofísicas e o clima da região, sendo os principais responsáveis por variar dessas concentrações. Esta também fez com que a C:P varie com os sítios geomorfológicos.

Em baixas latitudes, devido a maior capacidade de fotossíntese do mangue, a vegetação consegue reter melhor os nutrientes em suas folhas, já em altas latitudes, as plantas tendem a aumentar a biomassa subterrânea em

busca de nutrientes, influenciando no balanço de nutriente ao longo deste gradiente (LOVELOCK et al., 2007).

### **1.5. O ecossistema manguezal frente às mudanças globais**

Segundo Suhogusoff e Pilliackas (2007), os manguezais estão sob ações antrópicas, principalmente pelo crescimento desordenado das cidades litorâneas, em que muitas vezes não há controle e fiscalização de uso e ocupação dessas áreas, além de impactos como contribuição de poluentes provenientes do saneamento básico ineficiente. As principais alterações no ecossistema devido à atividade antrópica são desmatamento para o uso da lenha, formação de aterros e modificação do solo, despejo de efluentes domésticos e industriais (SUHOGUSOFF e PILLIACKAS, 2007). Grande parte deste impacto é causado por pessoas leigas que não conhecem a importância ecológica e geomorfológica deste ambiente (SUHOGUSOFF e PILLIACKAS, 2007).

Este ambiente é vulnerável à elevação do nível médio do mar, já que se localiza na interface terra-mar. Bezerra (2014), a partir de modelagem preditiva, apontou que a elevação média do nível do mar acima de 0,14 metros geraria perdas consideráveis das áreas de manguezais do Brasil. Este ecossistema torna-se ainda mais vulnerável, pois sua área de transição com a terra firme, para onde a vegetação poderia migrar com a elevação do nível do mar, está urbanizada e impermeabilizada. Esta situação impede a recolonização de áreas de amortecimento do manguezal, favorecendo a erosão costeira e o aumento de emissão de CO<sub>2</sub> (BEZERRA, 2014). Segundo Montanari et al. (2014), a elevação média do nível do mar em 0,98 metros aumentaria em 11,68% a área alagada do município de Florianópolis, sul do Brasil, afetando principalmente as áreas de manguezais, estuários e outras áreas próximas a linha de costa.

No Brasil, o manguezal é protegido por lei desde o Código Florestal de 1965. Hoje esta proteção está relacionada ao novo Código Florestal - Lei nº 12.651/12 – previsão explícita na legislação ambiental federal. A proteção

deste ecossistema abrange toda a sua extensão, sendo que as obras e o manejo deste ambiente podem ser feitas somente se for de interesse social e se localizado em áreas urbanas bem consolidadas e ocupadas por população de baixa renda, onde o ambiente perdeu a sua função ecológica. Pagliosa et al. (2012) afirmam que a aprovação do novo código florestal, permite um aumento da área de uso do manguezal destinada à carcinicultura, sendo que esta atividade contribui para emissão de CO<sub>2</sub>.

Por apresentar importante produção e estoque, os manguezais têm potencial para o sequestro de carbono, esses se encaixam de maneira indireta no programa de Redução de Emissões Desmatamento Degradação Florestal (REDD), incluído no período pós-Quito, pois até agora somente reflorestamento é considerado atividade de conservação de manejo florestal, sendo que regeneração natural das árvores do mangue não é considerado (ESTRADA et al., 2014).

O tópico de redução das emissões de desmatamento e degradação florestal (REDD) sugerida no protocolo de Quioto em 2008, propõe que os países em desenvolvimento econômico mantenham o carbono armazenado em florestas naturais para impedir que o crescimento econômico devaste os serviços ecossistêmicos promovidos pelas florestas, englobando os manguezais na REDD, dessa forma, mesmo tendo potencial de sequestro de C, esse estoque não pode ser convertido em crédito de carbono por ser uma área de preservação (ESTRADA et al., 2014).

A concentração do carbono orgânico e do fósforo no sedimento de manguezais é importante para compreender a dinâmica biogeoquímica destes elementos e o estoque do carbono. Esta concentração é dependente também de fatores físicos e geomorfológicos em áreas úmidas de manguezal. Segundo TWILLEY et al., (1992) as áreas úmidas de manguezal armazenam o carbono com grande eficiência quando comparado com outros ecossistemas costeiros. Assim este estudo pretende avaliar o teor de carbono orgânico e a concentração de fósforo total em sedimento de um manguezal. Pretendendo encontrar menores concentrações de carbono em áreas próximas a

Urbanizações onde o manguezal sofre maior influencia direta e um possível processo de regeneração.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar a capacidade do manguezal do rio Tavares em armazenar carbono orgânico e fósforo total na primeira camada sedimentar, compreendendo o balanço dos estoques sob pressão antrópica e como as mudanças do nível médio do mar afetaria este ambiente.

### **2.2. Objetivos específicos**

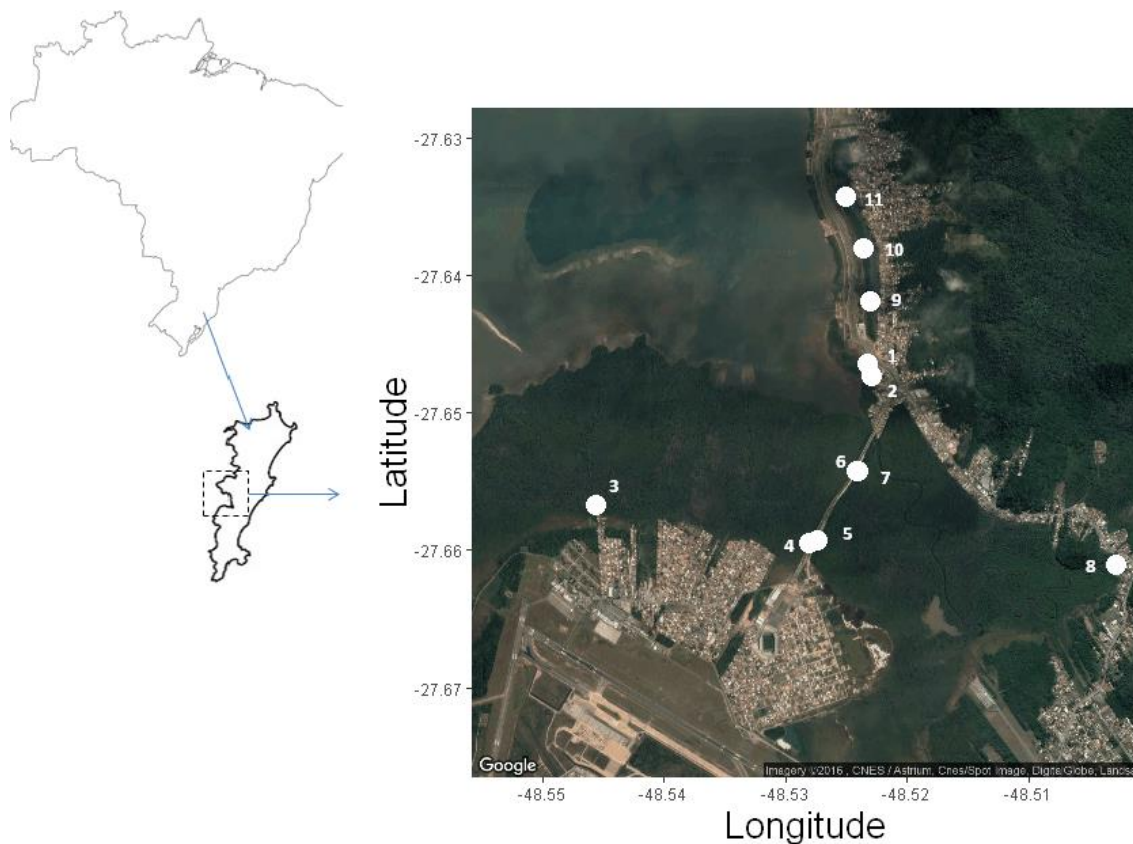
- Avaliar o teor e concentração de carbono orgânico e fósforo total no solo superficial em um manguezal urbano;
- Indicar possíveis perdas do estoque do C causadas por atividades antrópicas;
- Compreender o comportamento do manguezal em relação a uma possível subida do nível médio do mar.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1. Área de estudo**

O manguezal do Rio Tavares é um dos maiores da ilha de Santa Catarina (Figura 1), sua área é de aproximadamente 8 km<sup>2</sup> e localiza-se nas margens da região central da Baía Sul. Esse manguezal é cortado pela Via Expressa Sul (SC 401), o único acesso ao aeroporto Hercílio Luz (SOUZA et al., 1994). Encontra-se na bacia do Rio Tavares, a segunda maior da ilha de Santa Catarina, formada pelo rio Tavares e o ribeirão da Fazenda (SOUZA et al., 1994). No manguezal do Rio Tavares são encontradas três espécies de plantas vasculares de manguezal e uma de marismas, sendo essas *avicennia shaueriana*, *rhizophora mangle*, *laguncularia racemosae* e *spartina Alterniflora* (SOUZA et al., 1994).

**Figura 1:** Localização do manguezal do rio Tavares, com as indicações dos pontos amostrais (em branco).



Schettini et. al. (2000) encontraram alta concentração de fósforo ( $1,36 \mu\text{M}$ ) no Rio Tavares durante a maré baixa, devido à descarga fluvial contaminada por esgoto doméstico sem tratamento adequado. A diluição das águas fluviais com a água da baía durante a maré alta resulta na diminuição da concentração de P ( $0,29 \mu\text{M}$ ) nas águas do rio (SCHETTINI et al., 2000). Além da entrada de P via esgotos, a reciclagem da matéria orgânica (autóctone e alóctone) nas águas da Baía Sul fertilizam em P as águas da região, que confere o estado eutrófico para as águas da região (CABRAL et al., 2016).

Segundo Weller (2010), o teor de carbono orgânico no sedimento do rio Tavares está diretamente relacionado com o diâmetro de tronco do bosque de mangue. Este autor observou que os teores de matéria orgânica no canal do manguezal da via expressa sul, localizada na margem do rio Tavares, são menores do que ao longo do rio Tavares, onde os maiores teores de matéria orgânica foram associados à entrada de efluentes domésticos.

### 3.2 Procedimento em campo

As amostragens ocorreram entre o período de julho e agosto de 2016. Os pontos amostrais tiveram suas coordenadas marcadas com um GPS para (Figura 1), cada ponto foi selecionada sua área como próximo a áreas urbanas ou dentro de áreas mais preservadas. Em cada ponto amostral foram realizadas cinco coletas aleatórias, sendo cada coleta a uma profundidade de 5 centímetros superficiais do sedimento, realizadas com auxílio de um coletor 15,7 cm<sup>3</sup>. Após as coletas, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos e mantidas em caixa térmicas ao abrigo da luz até laboratório.

### 3.3 Procedimento em Laboratório

Em laboratório, todas as amostras tiveram seu peso úmido aferido por balança analítica de 0,0001g de precisão (KATASHI, modelo FA-2204). Após a pesagem da amostra úmida, estas foram secas em estufa (Oliddefcz, modelo 480 ES) a 60°C, sendo pesadas novamente após atingirem pesos constantes. O teor de umidade (% de água) foi estimado pela diferença do peso úmido e seco da amostra em relação ao peso úmido (total) da mesma (EMBRAPA, 1997). A densidade do sedimento (*bulk density*), em g.cm<sup>-3</sup>, foi calculada pela relação entre a massa da amostra seca (g) pelo seu volume (cm<sup>-3</sup>), seguindo as orientações de HOWARD et al.(2014).

A concentração do carbono orgânico foi inferida indiretamente a partir do teor de matéria orgânica no sedimento, o qual foi estimado por método gravimétrico (PAVAN, 1992). Os teores de matéria orgânica foram transformados em teor de carbono orgânico pela formula proposta por (HOWARD et al.,2014):

$$\% \text{ C orgânico} = 0.415 * \% \text{ Matéria Orgânica} + 2.89 \text{ (eq. 1)}$$

Onde, a concentração do carbono orgânico no sedimento (mg.cm<sup>-3</sup>) foi calculado como sendo o produto do teor de carbono orgânico (a partir da equação 1) e da densidade do sedimento (HOWARD et al., 2014).

As estimativas da concentração de P(mg.cm<sup>-3</sup>) foram através do método colorimétrico, com o auxílio do espectrofotômetro Hitachi UV 2900 (provido de sistema automático) e seguindo a metodologia de Aspila et al. (1976). A razão molar do carbono e do fósforo foi calculada a partir das concentrações destes elementos e da relação entre a sua massa e o peso molar, sendo de 12 para o C e de 31 para o P.

### **3.4 Análises estatísticas**

A análise de escalonamento multidimensional (MDS) é um método de ordenação, porém, tem como base uma matriz de similaridade entre as dadas amostras. O MDS é uma representação gráfica, da similaridade representada em distância entre as amostras. O stress é um índice resultante da análise de MDS e representa o ajuste necessário para representar a comunidade em poucas dimensões: um stress <0,1 corresponde a uma boa ordenação (CLARKE E WARWICK, 1994).A análise de correlação simples de Pearson foi gerada para averiguar a correlação entre as variáveis físico-químicas.

### **3.5 Identificação do uso da área e características da floresta de manguezal**

Para estimar a área de manguezal que foi alterada pela urbanização nos últimos 78anos, utilizou-se as imagens de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) de 1938 e de 1998 elaboradas por Oliveira (2001) para o manguezal do rio Tavares comparando-as com imagens de satélite atuais da área de estudo pelo software Google Earth®. As imagens de Oliveira (2001) somente delimitavam a área de manguezal, portanto, para estimar a variação de cobertura vegetal utilizou-se a ferramenta de sobreposição de imagens e então obteve-se medidas dos polígonos oferecidas pelo software para calcular as áreas, em hectares.

Para estimar a área alagada e possível perda de manguezal pelo aumento do nível médio do mar, utilizou-se a mesma ferramenta do Google Earth® descrita anteriormente, a partir dos mapas produzidos por (MONTANARI et. al., 2014) foi utilizada os valores obtido por estes autores através do modelo criado

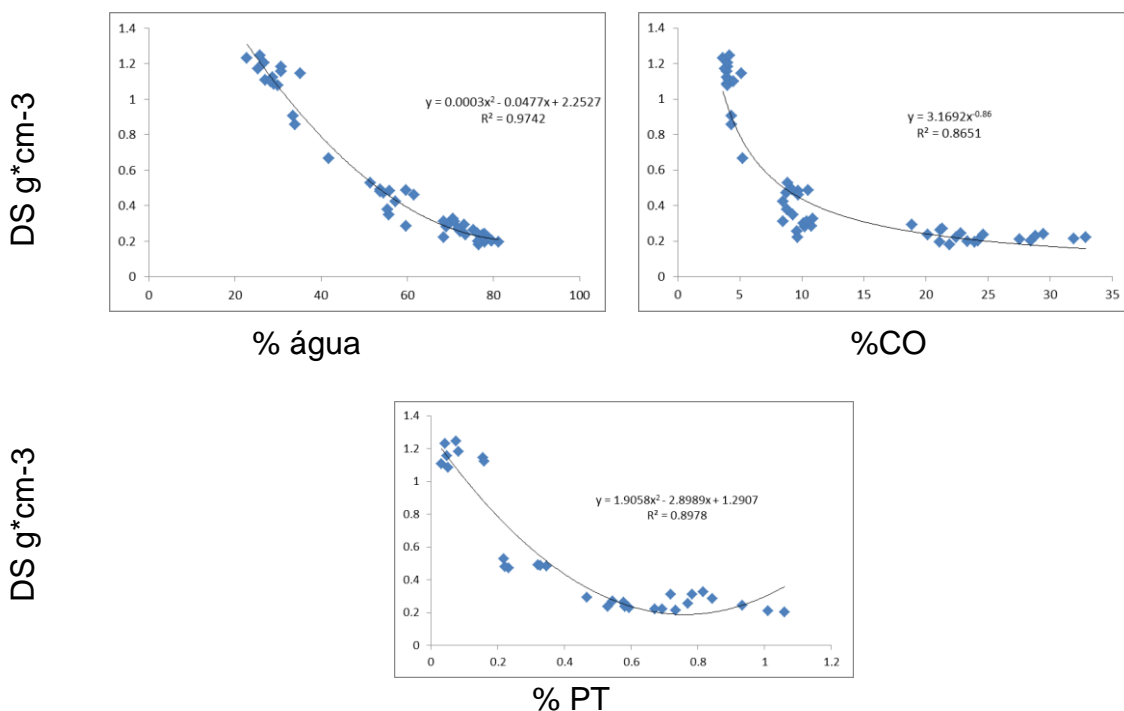


onde eles estimam a área da ilha de Santa Catarina alagada caso ocorra uma possível elevação do nível do mar em 0.98 metros.

#### 4. RESULTADOS.

Como o único parâmetro sedimento lógico medido foi a densidade do sedimento, esse parâmetro apresentou boa correlação com o teor de água (%) ( $R^2=0.9742$ ), com o de carbono orgânico (CO) (%) ( $R^2= 0.8651$ ) e teor de fósforo total (PT) (%) ( $R^2= 0,8978$ ) (Figura2). O índice de significância utilizando o teste do qui quadrado foi 0, indicando um erro muito baixo nos valores..

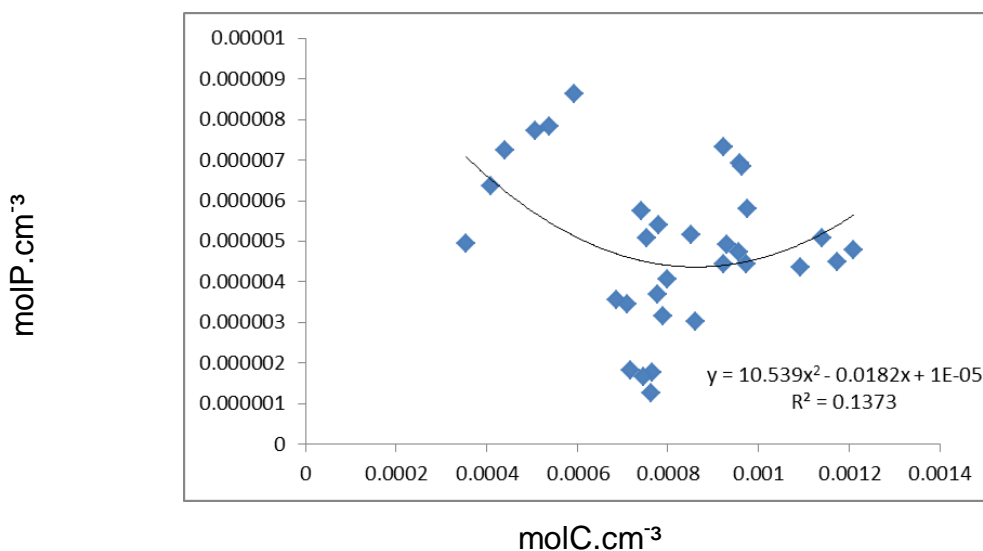
**Figura 2:** Regressão que representa a melhor relação entre a densidade do sedimento - DS ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) em relação aos teores de água no sedimento (%), fósforo total - PT (%) e de teor de carbono orgânico CO (%).



A concentração fósforo total (PT) apresentou correlação muito fraca com a concentração de carbono orgânico (CO), apresentando o  $R^2$  de 0,13. A

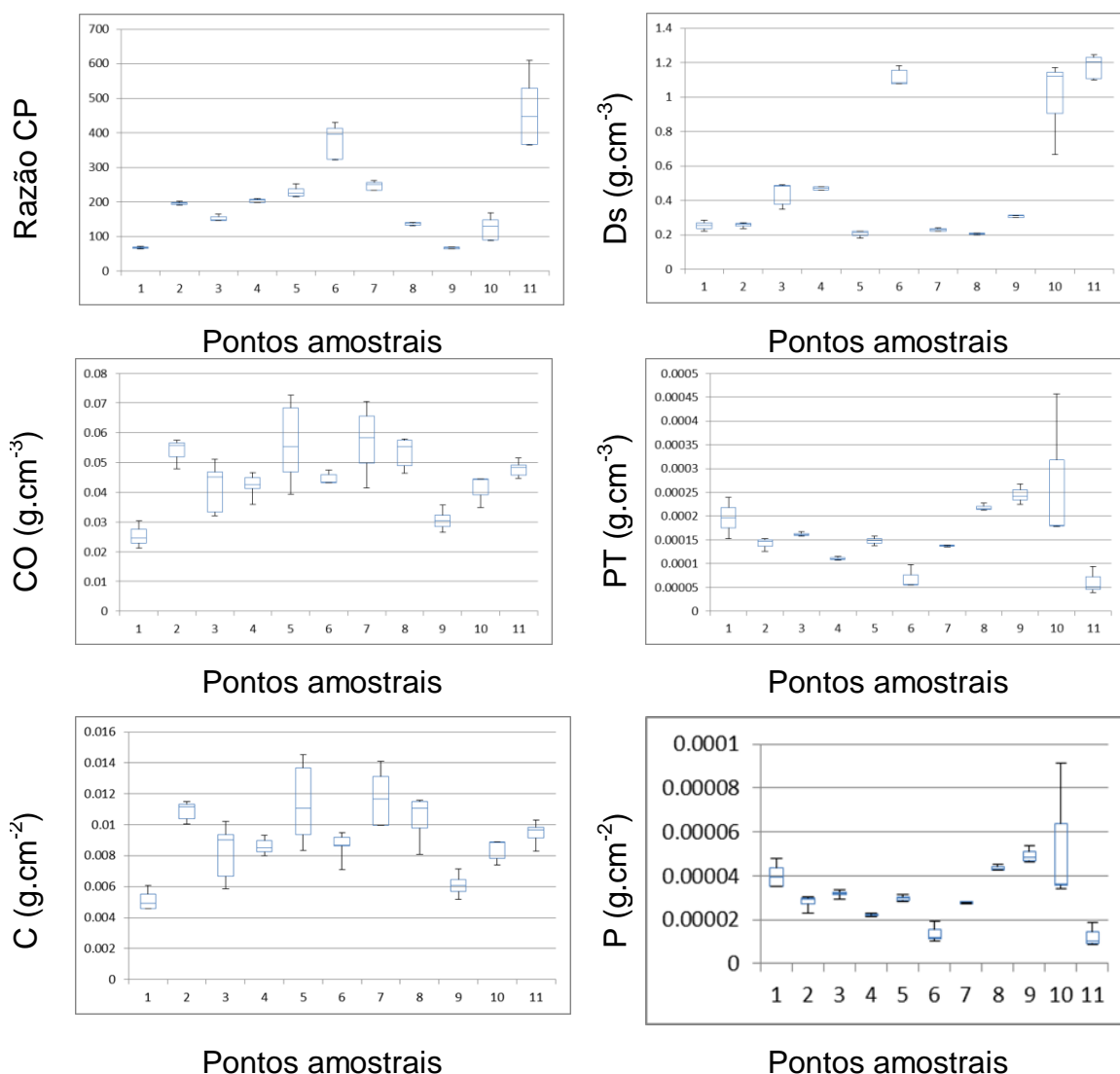
concentração de PT variou de  $1,25 \times 10^{-6}$  (no ponto amostral 11) a  $8,63 \times 10^{-6}$  mol.cm<sup>-3</sup>(ponto 9) e a concentração de carbono variou de  $3,55 \times 10^{-4}$  a  $12,10 \times 10^{-4}$  mol.cm<sup>-3</sup>, o mínimo foi observado no ponto 1 e o máximo no ponto 05 (Figura 3).

**Figura 3:** Relação entre a concentração molar (mol.cm<sup>-3</sup>) do carbono orgânico e do fósforo total no sedimento do manguezal do rio Tavares. Amostragem julho e agosto de 2016.



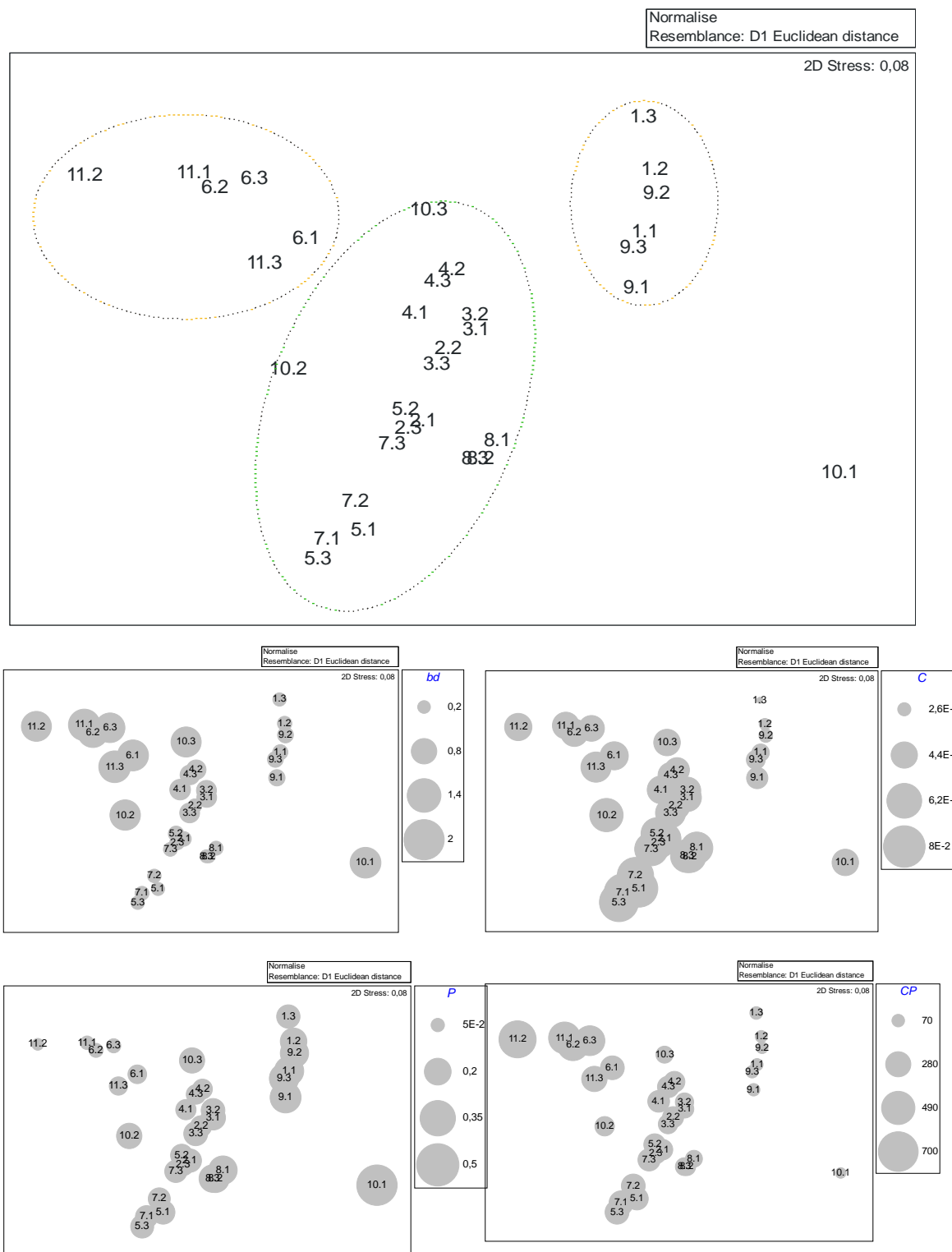
A razão molar CP variou (Figura 4) em relação aos pontos amostrais. Os valores acima de 300 foram observados nos pontos amostrais 6 e 11, o qual pode estar relacionado com a granulometria do sedimento, apesar de não ser medida a granulometria essa é evidentemente mais arenosa (Figura 4). A densidade do sedimento variou de 0,18 a 1,25 as maiores densidade foram encontradas nos pontos 6, 10 e 11 (Figura 4). A concentração de carbono em gC.cm<sup>-3</sup> variou de 0,021 a 0,073 as menores concentrações estiveram nos pontos 1 e 9 (Figura 4) . A concentração de fosforo no sedimento em gP.cm<sup>-3</sup> variou de  $31,48 \times 10^{-6}$  a  $456,58 \times 10^{-6}$  os pontos que tiveram menor concentração foram os pontos 6 e 11 (Figura 4). A concentração na camada superficial do solo de carbono no sedimento g\*cm<sup>-2</sup> variou de  $4,259 \times 10^{-3}$  a  $14,52 \times 10^{-3}$  os menores valores foram nos pontos 1 e 9 (Figura 4). O estoque de fósforo variou de  $7,75 \times 10^{-6}$  a  $91,32 \times 10^{-6}$  os menores valores foram nos pontos 6 e 11 (Figura 4).

**Figura 4** Mediana e quartis (25 e 75) da razão CP, Densidade do sedimento (Ds), da concentração de carbono (CO) e fósforo total (PT) e estoque de carbono (C) e estoque de fósforo (P) nos pontos amostrais do manguezal do rio Tavares. Amostragem foi de julho/agosto de 2016.



O Escalonamento Multidimensional (MDS) e Cluster (grouplinkage) indicam a formação de três grupos: i. Pontos 6 e 11, apresentando maior densidade do sedimento, valores intermediários de carbono orgânico e valores mínimos de PT; ii. Pontos 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 10, caracterizados pelas maiores concentrações de C, valores mínimos de densidade do sedimento e concentrações intermediárias de P; iii. Pontos 1 e 9 com valores mínimos de carbono orgânico e máximos de PT (Figura 5).

**Figura 5:** MDS das características do sedimento como densidade do sedimento DS o estoque de carbono C a concentração de fósforo e a razão CP. Quando maior o (Circulo preenchido com cinza) maior os valores. O resultado do cluster está identificado pela delimitação dos grupos na projeção do MDS.



A partir dos cálculos de polígonos realizados, atualmente o manguezal do rio Tavares possui 655 ha de área total, destas, 91% está mais distante da urbanização. A atividade antrópica retirou 32 ha pela urbanização e inseriu 9

ha pela formação do manguezal a partir do aterro da Via Expressa Sul. Com base no resultado do MDS, estimou-se o estoque de C (15,42) e P (0,06) para a região de borda utilizando-se o valor médio do estoque destes elementos medidos nas estações 6, 9, 10 e 11. Os pontos amostrais 2, 3, 4, 5,7 e 8 foram utilizados para estimar o estoque C (601,98) e P (1,82) no manguezal bem desenvolvidos ou mais distantes da borda com a urbanização. O estoque do manguezal perdido pela urbanização foi estimado utilizando a média dos dois grupos indicados acima (Tabela 1).

**Tabela 1:** Concentração de carbono e fósforo em  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  na area do manguezal do rio Tavares.

Local	Área (ha)	MgC. $\text{ha}^{-1}$	MgP. $\text{ha}^{-1}$	MgC*área	MgP*área
Borda com a urbanização que pode estar sobre estresse	18.57	0.83	0.0032	15.42	0.06
Área de mangue que foi urbanizada	32.13	0.83	0.0032	26.70	0.10
Área de mangue que foi urbanizada	32.13	1.01	0.0031	32.50	0.10
Mangue desenvolvido e intacto até hoje	595.28	1.01	0.0031	601.98	1.82
Costeira de Pirajubaé	9.12	0.82	0.0039	7.46	0.04
Costeira - perda pela urbanização				-19.23	-0.07
Costeira - perda pela urbanização				-25.03	-0.06
<b>Total</b>	<b>655.10</b>	<b>3.49</b>	<b>0.0134</b>	<b>651.56</b>	<b>2.02</b>

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Características do sedimento do manguezal do rio Tavares

A densidade do sedimento está relacionada ao arranjo e tamanho das partículas, o que interfere na quantidade de água presente nos espaços intersticiais (BRAIDA, 2004). Quanto maior a densidade do sedimento, menor é o teor de água e maior é a sua porosidade. Sedimentos ricos em finos, típicos de manguezais, apresentam pequena porosidade, são ricos em micro-organismos, apresentam capilaridade e capacidade de adsorção (ALVERINHO,

2004). Weller (2010) encontrou no manguezal da costeira do pirajubaé valores de teor de carbono orgânico em % de 1,42 a 4,00. Neste trabalho foram encontrados valores em % de 0,86 a 4,95 e no manguezal do rio Tavares, a autora encontrou valores de 2,46 a 4,62 e o autor Souza (1994) encontrou variação no teor de 0,91 a 4,98, neste trabalho a variação do teor do carbono orgânico (%) no manguezal do rio Tavares foi de 0,86 a 17,37.

## **5.2. Caracterização dos solos e dos teores de C e P**

A razão entre o carbono e o fósforo varia de acordo com a origem da matéria orgânica (RUTTENBERG e GOÑI, 1997). Como o manguezal é um ecossistema que se estabelece em uma área de transição entre a interface terra/mar e na maioria dos casos, sofre por ação antropogênica, o material aí depositado é diverso em suas origens. A razão CP variou de 282 a 2923 em manguezais situados em diferentes sítios geomorfológicos da região neotropical (ROVAI, 2016). Esta variação esteve mais associada às diferenças de carbono do que de fósforo entre as áreas amostradas. No Rio Tavares, a razão CP, foi de  $201 \pm 124$ , esteve próxima a que Rovai (2016.) encontrou, de  $354 \pm 62$ , para ecossistemas com características geomorfológicas semelhantes, incluindo o manguezal de Ratonés, também situado na Ilha de Santa Catarina. Destaca-se que o método empregado na amostragem por Rovai (2016) difere do presente estudo, pois este autor coletou em pontos mais profundos, desconsiderando os 5 cm superior do sedimento. Estudo sobre a razão CP em manguezal foi apontado também por Love Lock et al. (2007) onde observaram que as variáveis climáticas influenciaram na produção dos bosques de mangue pela disponibilidade dos nutrientes, carbono, fósforo e nitrogênio para o ecossistema. No rio Tavares, os solos localizados nos pontos amostrais 1 e 9 apresentaram a menor razão CP, aproximadamente 70, devido à baixa concentração de C e elevada concentração de P. Estes pontos se diferenciaram dos demais por estar em marisma (ponto 1) e por sua proximidade à manilha de drenagem da área urbana (ambos os pontos), o que sugere uma influência da urbanização nesta característica. Segundo Howard et al. (2014), o ecossistema marisma tem menor capacidade de estocar o carbono em relação ao manguezal. Esta tendência foi observada no presente estudo,

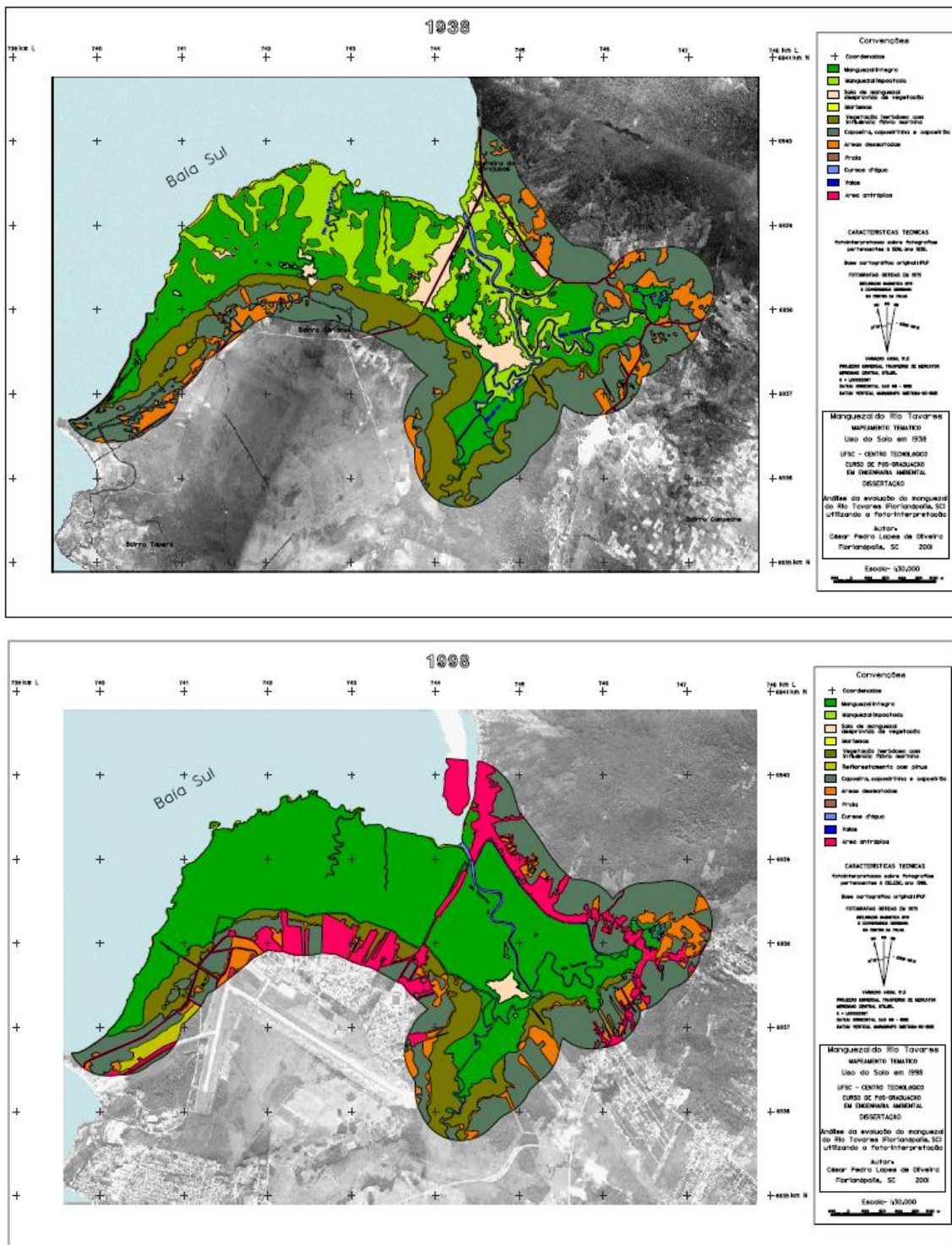
onde o ponto amostral localizado na marisma (ponto1) apresentou a menor concentração de C em relação aos demais pontos localizado em manguezal, sendo que este sistema apresentou pelo menos 50% mais C do que na marisma.

Oliveira (2001) separou as áreas onde ocorrem bosques de mangue desenvolvidos e áreas urbanizadas que bordeiam o manguezal do rio Tavares. A Análise MDS agrupou os pontos amostrais pela sua similaridade, permitindo identificar a caracterização proposta por Oliveira (2001), onde pontos em manguezal de maior desenvolvimento apresentaram semelhanças quanto à concentração de C (valores elevados) e P (valores intermediários) e a densidade do sedimento (valores menores). Enquanto que os pontos amostrais 6 e 11 estão localizados em solo mais arenoso, influenciado pela hidrodinâmica e urbanização, sendo que o ponto amostral 6 foi recentemente alterado para construção de uma rodovia.

### **5.3. Concentração de C e P na área do manguezal do rio Tavares**

Em 1938, o uso das áreas de manguezal era intenso, ocorria uma forte pressão antrópica (Figura 6), principalmente para a retirada de recurso, pesca e lenhas, e edificações de residências e de ranchos de pesca (OLIVEIRA, 2001). À medida que a pressão do uso do manguezal diminuiu, devido a sua proteção pela legislação vigente, os bosques de mangue se desenvolveram levando a um novo cenário, observado em 1998 (Figura 6). Apesar da estimativa das concentrações serem imprecisas, pois seria necessário um estudo mais aprofundado sobre o solo da área, ela é válida como uma indicação da importância deste ecossistema, já que até o momento nenhum estudo foi desenvolvido sob esta óptica.

**Figura 6:** Imagem feita por OLIVEIRA (2001) representa imagem do manguezal do rio Tavares em 1938 e1998. Representando as cores, verde escuro bosques de manguê bem desenvolvidos, de verde claro bosque de manguê antropizado e de rosa as áreas urbanizadas.



Os manguezais mais desenvolvidos têm maior capacidade em estocar carbono ( $1,01 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) do que o manguezal localizado no limite da área urbana ( $0,83 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Enquanto que para o estoque de fósforo, este

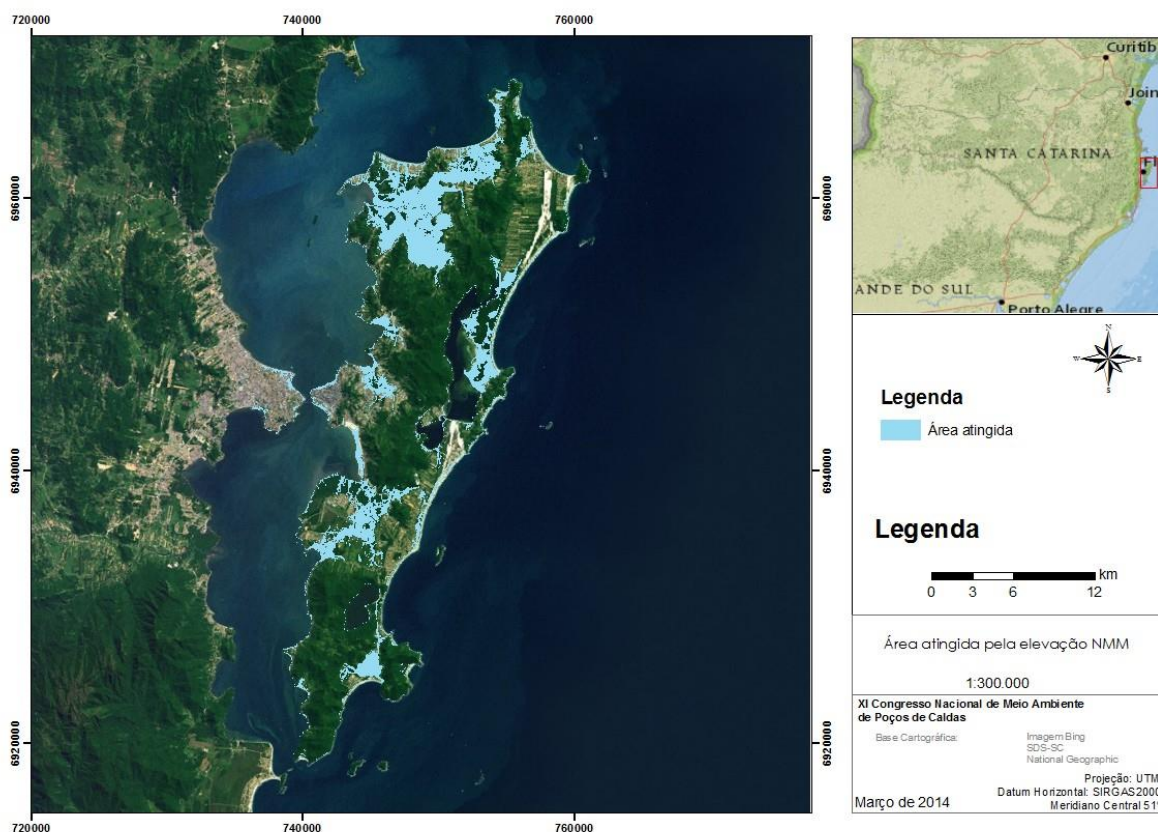


tendência foi oposta, ou seja, área com maior influência da urbanização (Costeira de Pirajubaé) apresentou maior estoque ( $3,85 \times 10^{-3} \text{MgP.ha}^{-1}$ ) do que a área de borda ( $3,24 \times 10^{-3} \text{MgP.ha}^{-1}$ ) e a área melhor preservada ( $3,06 \times 10^{-3} \text{MgP.ha}^{-1}$ ). Apesar desta tendência, sugere-se o monitoramento do manguezal da região para avaliar as variações sazonais e compreender a sua relação com a estrutura do bosque e característica granulométrica do solo. Braida (2004) relacionou capacidade de estoque do carbono com a densidade do sedimento superficial (até 5 cm), onde observou que em maior densidade tende a ocorrer menor teor de carbono. Alguns pontos amostrais sobre efeito da urbanização, pontos 6, 11 e 10, apresentaram esta tendência indicada pelo autor. Esta relação indica a sensibilidade deste ecossistema em frente a ações antrópicas, na qual ações como construções próximas, edificações e estradas podem mudar as características sedimentares do manguezal que o bordeiam. Essas características afetam na capacidade de estocagem de carbono neste manguezal.

### **5.5. Efeito da subida do nível do mar no manguezal do rio Tavares**

Além das alterações antrópicas, espera-se mudança na estrutura e no estoque de C em manguezais associados ao aumento do nível do mar (BEZERRA, 2014). Montanari et al., (2014) modelou o aumento de áreas alagadas na Ilha de Santa Catarina, com base em um aumento de 0,98m do nível do mar atual. Com base neste estudo, o manguezal do rio Tavares teria uma área alagada de 64,21 ha, o que corresponde a 11% da área atual (Figura 7). Segundo Estrada (2013) está ocorrendo um avanço da floresta de manguezal rumo à terra. Em contra proposta, as bordas onde há vegetações mais antigas vem sendo erodidas, no entanto, este autor observou que o avanço da área tem sido maior do que o desgaste nas bordas. No manguezal do rio Tavares, que é bordado por urbanização, esse avanço seria prejudicado pela ocupação urbana, sendo que o aumento do nível do mar pode ocasionar uma perda deste ecossistema.

**Figura 7:** Mapa feito por (MONTANARI et al, 2014) onde mostra as áreas alagadas do município de Florianópolis, as áreas de azul representa as áreas alagadas



O aumento do nível do mar tende a favorecer o processo erosivo das margens continentais, incluindo o ecossistema de manguezal. Bezerra (2014) estimou que o manguezal começa a ter uma perda de sua área quando o aumento do nível médio do mar está acima de 0,14m do nível atual, perdendo aproximadamente 4,49% da sua área. No Tavares, esta porcentagem corresponde a 26,73ha e 22,21 Mg de carbono, para o centímetro superior do sedimento.

Esta estimativa é extrapolação, sendo necessários estudos na região sobre a taxa de erosão do manguezal do rio Tavares e da baía sul em relação à variação do nível médio do mar. O estudo indica que há um provável aumento de 1 metro do nível do mar até 2100 (MONTANARI, 2014). Segundo Bezerra (2014), o manguezal tem o comportamento de recolonizar áreas mais altas à medida que o nível do mar sobe, porém estas áreas estão hoje urbanizadas e

seriam uma barreira para essa colonização. Ou seja, haveria a perda do estoque do C sem a possibilidade de sua realocação em novas áreas.

## 6. CONCLUSÃO

A variação encontrada nos teores de carbono orgânico e fósforo total indicam que ambas apresentaram relação com a densidade do sedimento, onde em áreas com maior densidade do sedimento, menores foram os teores do carbono orgânico e do fósforo total. A maior densidade de sedimento foi encontrada em manguezal próximo a áreas que sofreram modificação pela urbanização.

O manguezal do rio Tavares tem um potencial de armazenar carbono no seu sedimento, porém foi visto uma leve perda de capacidade em áreas com entorno urbanizado. Já áreas com a vegetação bem preservada e a uma distância considerável de áreas urbanizadas apresentaram maior concentração e menor densidade do sedimento estas regiões são também de bosques mais antigos. A maior concentração de fósforo foi devido à proximidade de áreas urbanas combinado com sedimentos finos.

O balanço da concentração de carbono na área evidenciou que houve mais perdas com a urbanização do que ganhos com a construção do canal da Costeira do Pirajubaé, as perdas pela urbanização são irreparáveis devidos aos soterramentos e aterros do solo para edificações e construções de vias.

Caso ocorra um aumento no nível médio do mar, o manguezal do rio Tavares sofrerá perda de sua área, este manguezal não terá a capacidade de colonizar novas áreas devido à urbanização ao seu redor, fazendo com que tenha uma perda considerável deste ecossistema.

## 7. REFERENCIAS:

ALVEIRINHO, J.D., A análise sedimentar e o conhecimentos dos sistemas marinhos. Algarve Faro: Uaf, 2004.

ASPILA, K.I.; AGEMIAN H.; CHAU S. Y.;, A Semi-automated method for determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments. *Analyst*, 1976. 101:187-197.

BERBEL, G. B., Estudo de fósforo sedimentar e de duas espécies químicas em dois sistema costeiro e plataforma continental sudeste (Brasil) e Baía do Amirantado (região Atântica) considerando suas regiões biogeoquímicas. 2008. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Oceanografia Química e Geologica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BEZERRA, D. da S., Modelagem da dinâmica do manguezal frente à elevação do nível do mar. 2014. 158 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências do Sistema Terrestre, Inpe, São José do Campos, 2014.

BRAIDA, J. A. Matéria orgânica e resíduos vegetais na superfície do solo e suas relações com o comportamento mecânico do solo sob plantio direto. 2004. 126 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência do Solo,, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,, 2004.

BORGES, A. C. Dinâmica do fósforo em sedimentos de manguezal em um gradiente de degradação da vegetação. Niterói, Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFF, 2006. Dissertação de Mestrado, 152p

CABRAL, A. B.; FONSECA, A L. Modelagem biogeoquímica e o processo de eutrofização da baía de florianópolis (santa catarina, brasil). In: congresso brasileiro de oceanografia, 7., 2016, Salvado. Resumo... . Salvador: 2016. p. 1.

CINTRÓN, G; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Proposta para Estudo dos Recursos de Marismas e Manguezais. Relatório Interno do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, Nº 10. São Paulo, 1981.p. 1-13.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environmental Research Council (UK), Plymouth, UK, 144pp.

COELHO, P. A., et al., O Manguezal. In: ESKINAZI-LEÇA, Enide; NEUMANN-LEITÃO, Sigrid; COSTA, Monica Ferreira da (Org.). *Oceanografia:um cenário tropical*. Recife, Pe: Bagaço, 2004. p. 641-688.

EMBRAPA., Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa-cnps, v. 1, n. 2, 1997.

ESTRADA, G. C. D., et al. The economic evaluation of carbon storage and sequestration as ecosystem services of mangroves: a case study from

southeastern Brazil. *International Journal Of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, [s.l.], v. 11, n. 1, p.29-35, 22 out. 2014. Informa UK Limited.

FILHO, N. E. M., caracterização química da matéria orgânica nos sedimentos do solo do manguezal e dinâmica de nutrientes nas águas superficiais e intersticiais no médio estuário do rio paciência em Iguaiá – paço do lumiar (MA). 2009. 186 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química Analítica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

HOWARD, J.; HOYT, S.; ISENSEE, K.; PIDGEON, E.; TELSZEWSKI, M. (eds.) *Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows*. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA. (2014).

LEHNINGER, A.L. *Princípios da bioquímica*. São Paulo: Sarvier, 1984. 725p.

KJERFVE, B.; LACERDA, L. D., *Mangroves of Brazil*. In: LACERDA, L. D. (Ed.). *conservation and sustainable utilization of mangrove forests in latin America and Africaregions*. International Society for Mangrove Ecosystems. Technical reports, .2,ITTO TS-13, 1993. p. 245-272.

LACERDA, L. D., manguezais, ecossistemas-chave sob ameaça. In: LOBO, Flávio; PEROZIM, Lívia (Ed.). *Mudanças Climáticas e desafios ambientais: oceanos origens, transformações, e o futuro*. São Paulo, Sp: Duetto, 2009. p. 76-82. (SCIENTIFIC AMERICAN Brasil).

LOVELOCK, C. E. et al. Testing the Growth Rate vs. Geochemical Hypothesis for latitudinal variation in plant nutrients. ***EcologyLetters***, [s.l.], v. 10, n. 12, p.1154-1163, dez. 2007. Wiley-Blackwell

MARINS, R. V.; FILHO, F. J.; ROCHA, C. A. S. Geoquímica de fósforo como indicadora da qualidade ambiental e dos processos estuarinos do Rio Jaguaribe - costa nordeste oriental brasileira. *Química Nova*, [s.l.], v. 30, n. 5, p.1208-1214, out. 2007. FapUNIFESP (SciELO)

MONTANARI, F., et al. Mapeamento do aumento do nível médio do mar para o município de Florianópolis/SC para o ano de 2100. In: *Congresso Nacional De Meio Ambiente De Poços De Caldas*, 6., 2014, Poços de Caldas. Apresentação. Curitiba: Ufpr, 2014. p. 1 - 8.

OLIVEIRA, C P L. *Análise da evolução temporal do Manguezal do Rio Tavares ( Ilha de Santa Catarina SC) Utilizando a Foto interpretação*. 2001. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Florianópolis, 2001.

PAVAN, M. A. et al. *Manual de análise química do solo e controle de qualidade*. Iapar: Londrina, 1992 p. 25-27.

PAGLIOSA, P. R.; ROVAI, A. S.; FONSECA, A. L., Carbon mismanagement in Brazil. *Nature Climate Change, Florianopolis*, v. 2, n. 1, p.764-764, nov. 2012.

ROVAI, A. S., Assinatura energética e estoque de carbono na biomassa aérea e em solos de manguezais na região neotropical. 2016. 142 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ecologia, Universidade Federal de Santa Maria, Florianopolis, 2016.

RUTTENBERG, K. C.; BEMER, R. A. Authigenic apatite formation and burial in sediments from nonupwelling, continental margin environments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57: 991-1007, 1993

SCHETTINI, C A F; PEREIRA, J F; SPILLERE, J L. Caracterização oceanográfica e biogeoquímica dos estuários dos rios Tavares e defuntos, reserva extrativista de Pirajubaé, Florianópolis, sc. **Notas TÉc.Facimar**, Itajaí, 2000. v. 4, p.11-28.

SOUZA, M., et al. Fitossociologia do manguezal do rio tavares (ilha de santa Catarina. Florianopolis, SC -Brasil.). *Insular, Florianópolis*, v. 23, 1994, p.99-119.

SUHOGUSOFF, V G; PILIACKAS, J M. Breve histórico da ação antrópica nos ecossistemas costeiros do Brasil, com ênfase nos manguezais de São Paulo. *Integração, São Paulo*, v. 51, n. 1, p.342-351, dez. 2007.

THE ECONOMIC JOURNAL. Londres, 29 mar. 2015. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/eoj.12188/full>>. Acesso em: 2 Não é um mês valido! 2015.

TWILLEY, R. R.; CHEN, R. H.; HARGIS, T.. Carbon sinks in mangroves and their implications to carbon budget of tropical coastal ECOSYSTEMS. *Water Air Soil Pollut, Louisiana, La*, v. 64, n. 1-2, p.265-288, ago. 1992. Springer Science + Business Media. DOI: 10.1007/bf0047710

WALKER, G.; KING, D., climatologia: o mundo em aquecimento. In: capozzoli, ulisses et al (ed.). terra: soluções para o progresso sustentável. São Paulo, Sp: Duetto, 2009; v.1, p. 36-45. (SCIENTIFIC AMERICAN Brasil).

WELLER, L. Estrutura e produtividade de manguezais de colonização recente em Florianópolis, SC . 2010. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Processos em Ambientes Marinhos, Universidade do Vale do Itajaí., Itajaí, 2010.