



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



## **SENSORIAMENTO REMOTO HIPERESPECTRAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BAÍA DE PARANAGUÁ, PARANÁ, BRASIL.**

LIGIA FERREIRA GRANJA DA LUZ

Relatório Final de Iniciação Científica,  
orientado pelo Dr. Milton Kampel e Dr.  
Mauricio Noernberg.

INPE

São José dos Campos  
2016



## RESUMO

Os constituintes bio-ópticos dos oceanos são indicadores de propriedades biogeoquímicas e sua compreensão nos permite o monitoramento através de sensores de cor da água, terrestres e espaciais. As águas de regiões costeiras são mais complexas que de regiões oceânicas, pois variam em função de diversos componentes opticamente ativos (COAs), como a matéria orgânica dissolvida colorida (CDOM), os detritos e o fitoplâncton, além de possuírem características únicas e variáveis no espaço e no tempo. Nas regiões costeiras diversas atividades econômicas coexistem com uma área de grande biodiversidade, como acontece no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP). Estudar e monitorar os impactos antrópicos nessa região é de fundamental interesse, tanto econômico como ecológico. Para entender como esses constituintes atuam e assim poder monitorar de forma mais eficaz a região, testamos nesse estudo o ajuste regional de algoritmos globais de cor do oceano. Para isso realizamos campanhas de coletas de dados *In Situ* concomitantemente com a passagem do sensor VIIRS. Em cada estação amostral foram adquiridos perfis de temperatura, salinidade, turbidez e clorofila-a. Amostras de água foram coletadas para determinação de material particulado em suspensão (MPS), coeficiente de absorção do CDOM e coeficiente de absorção da clorofila pelo método de espectrometria de massa em HPLC. Dados radiométricos acima-da-água foram coletados com FieldSpec. A correlação entre MPS e salinidade foi significativa com  $r^2$  de 0.88. Os pontos com as maiores concentrações de clorofila foram os mais internos, nos quais encontramos também as maiores concentrações de fitoplâncton, com aproximadamente 68 células/ml. Nos pontos mais externos, na desembocadura sul da baía de Paranaguá, esse valor caiu para 11 células/ml. O coeficiente de radiância da água apresentou uma correlação significativa com o índice de turbidez, com um  $r^2$  de 0.94. Esses resultados nos permitiram entender melhor a dinâmica espacial e temporal dos parâmetros ópticos da baía de Paranaguá, dando subsídio para novos estudos.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
1.1. Área de estudo .....	8
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. Dados In Situ .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. Laboratório.....</b>	<b>11</b>
2.3. Imagens de sensoriamento remoto .....	13
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>13</b>
4. CONCLUSÃO .....	20
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20

## 1. INTRODUÇÃO

A água costeira é uma mistura complexa de diversos materiais dissolvidos e particulados, de origem orgânica ou inorgânica. Estes materiais interagem com a luz de diferentes maneiras dependendo de sua concentração e natureza, fazendo com que cada um deles possua características ópticas únicas. A presença desses componentes na coluna d'água é responsável por modificações em sua cor, pois eles absorvem ou espalham seletivamente a luz incidente. Este fato torna a cor da água uma fonte útil de informações sobre algumas propriedades químicas, físicas e biológicas de lagos, rios e oceanos (SOUZA (Org.), 2008, p. 199).

Para avaliar a qualidade da água dos oceanos em escalas regional e global, são necessárias medições frequentes, bem distribuídas e com grande cobertura espacial. Esta amostragem é praticamente impossível de ser conduzida somente por métodos tradicionais *in situ*, principalmente ao largo de grandes regiões como o caso da baía de Paranaguá. A utilização do sensoriamento remoto a nível orbital permite que esta abordagem espacial global seja realizada mais rapidamente.

A análise da cor da água pode ser realizada com o uso de sistemas de sensores passivos, capazes de monitorar o fluxo de radiação que chega aos seus detectores em diferentes comprimentos de onda, nas faixas do visível e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. Esses sensores podem ser instalados em satélites, aeronaves, ou qualquer outra plataforma remota. Eles operam durante o dia e sua fonte de energia é o próprio sol, cujos fótons podem seguir caminhos diferentes antes de alcançarem o detector remoto (SOUZA (Org.), 2008, p. 199). O sinal detectado pelo sensor é formado pela luz solar na faixa do visível, que interage com partículas na atmosfera e na água em sua trajetória descendente em direção à superfície do planeta, e depois também em sua trajetória ascendente em direção aos sensores remotos. Conforme esta luz penetra na coluna d'água, ela sofre atenuação em função da absorção, espalhamento e retroespalhamento das moléculas de água e do

material dissolvido e particulado, até alcançar o fundo marinho ou ser completamente dissipada (SATHYENDRANATH, 2000).

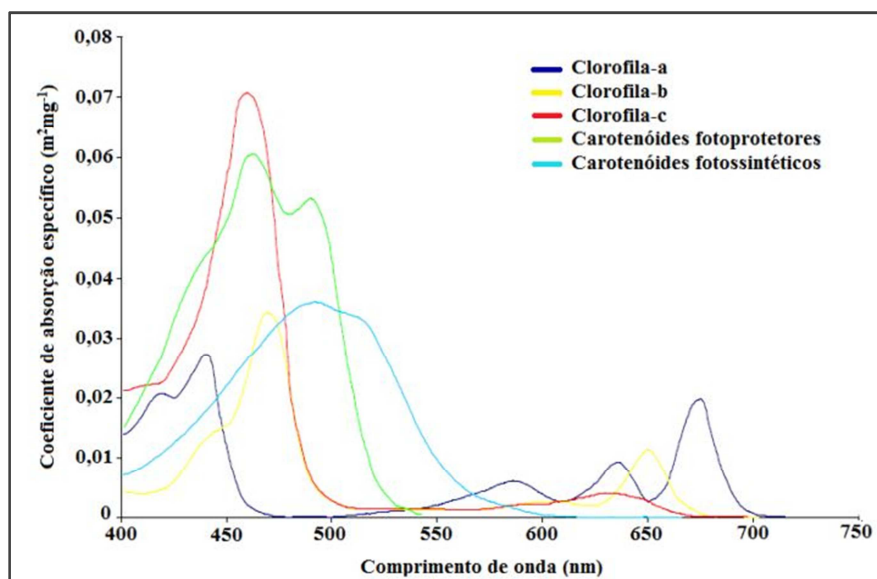
Os Componentes Opticamente Ativos (COAs) são os diversos elementos presentes na água que ao interagirem com a radiação eletromagnética produzem alterações no campo de luz incidente. Além da água pura, eles englobam a matéria orgânica dissolvida, o fitoplâncton e o material em suspensão (KIRK, 2011).

A matéria orgânica dissolvida colorida (CDOM), também chamada de gelbstoff, é composta por substâncias húmicas e fúlvicas, de natureza refratária, e produzidos pela decomposição de matéria orgânica. O CDOM é de extrema importância para a estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos, uma vez que este absorve de maneira eficiente os comprimentos de onda curtos da radiação solar, gerando tanto reações fotoquímicas quanto protegendo a biota aquática de danos induzidos por radiação UV-B. Em contrapartida, essa absorção eficiente, principalmente na região do azul, pode diminuir consideravelmente a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) disponível para o fitoplâncton, o que pode ocasionar a redução da produção primária, além de introduzir erros no estudo de águas naturais por sensoriamento remoto por modificar a cor da água (XIE *et al.*, 2012). A absorvância do CDOM no comprimento de onda de 440 nm é usada como indicadora de concentração e de interferência sobre a REM (KIRK, 2011).

Os detritos correspondem ao material particulado orgânico e inorgânico, maiores que 0,45 micrometros. As partículas em suspensão têm um peso relevante no fornecimento de nutrientes e interferem diretamente na disponibilidade de luz na coluna d'água, podendo determinar ou limitar processos de eutrofização. Além disso, a composição das partículas em suspensão determinam também alterações nos processos de absorção e espalhamento da radiação eletromagnética, provocando alterações no comportamento espectral da água. Em regiões costeiras e baías, as ondas, correntes e ações antrópicas (como a dragagem) podem ressuspender sedimentos de fundo, modificando significativamente a característica espectral

do local, aumentando assim a quantidade de detritos presentes na zona eufótica.

O fitoplâncton é um componente importante no ciclo global do carbono e forma a base da cadeia alimentar dos oceanos. Sua concentração é, muitas vezes, inferida através de seu principal componente, a clorofila-a. No entanto, é importante reconhecer que a clorofila-a vem acompanhada de um grande número de pigmentos auxiliares que variam em características e estrutura, fazendo com que cada amostra d'água seja diferente. Alguns desses pigmentos são utilizados na captação de energia para o processo de fotossíntese, como por exemplo, a clorofila-a, outros, para a proteção das células contra os excessos de irradiância, como o  $\beta$ -caroteno. Cada pigmento absorve luz em diferentes comprimentos de ondas, como pode ser observado na Figura 01 (CIOTTI, 2005; JEFFREY *et al*, 1997), fazendo com que cada fitoplâncton possua uma característica espectral bem definida.



**Figura 1:** Espectro de absorção de diferentes pigmentos fitoplânctônicos.

Fonte: Adaptado de Bidigare *et al.* (1990).

Em geral as águas dos estuários são biologicamente mais produtivas do que as dos rios e do oceano adjacente, graças a características como a baixa profundidade, que favorece a relação entre a coluna de água e os sedimentos; a alta disponibilidade de energia proveniente da variação das marés e dos

gradientes de densidade, que são gerados pela entrada de água do mar; além da grande quantidade de material antrópico que chega ao sistema, aumentando a carga de nutrientes, estimulando a produtividade desses corpos de água e na maioria das vezes acentuando um processo de eutrofização (MIRANDA *et al.*, 2002). Assim, a resposta espectral dessas águas, também conhecidas como do Caso 2, são mais complexas se comparadas com as do Caso 1, águas oceânicas. Nas águas do Caso 1 todos os constituintes opticamente ativos variam em função do fitoplâncton, enquanto em águas do Caso 2 todos os três componentes (CDOM, detritos e fitoplâncton) variam de forma não linear e independentemente dos outros, além da possível influência da refletância do fundo – caso das águas opticamente rasas (SATHYENDRANATH, 2000).

O estudo da cor do oceano através do sensoriamento remoto envolve a análise das variações em magnitude e qualidade espectral, da radiação que sai de um corpo d'água, para obter informações quantitativas sobre o tipo de substâncias e suas concentrações. Para isso, é necessário conhecer as propriedades e os processos ópticos da área a ser estudada, e distinguir seus efeitos no campo de luz (Sathyendranath 2000). Conhecendo os coeficientes de absorção de cada um desses componentes podemos inferir o coeficiente de absorção espectral da coluna d'água em um ponto referido através da fórmula:

$$a_{sw}(\lambda) = a_w(\lambda) + a_{CDOM}(\lambda) + a_{ph} + a_{NAP}(\lambda)$$

Onde,  $a_w(\lambda)$  representa a absorção da água pura do mar,  $a_{NAP}(\lambda)$  representa a absorção das partículas não-pigmentadas,  $a_{ph}(\lambda)$  representa a absorção do fitoplâncton e  $a_{CDOM}(\lambda)$  representa a absorção da matéria orgânica colorida dissolvida (MUELLER *et al.*, 2002).

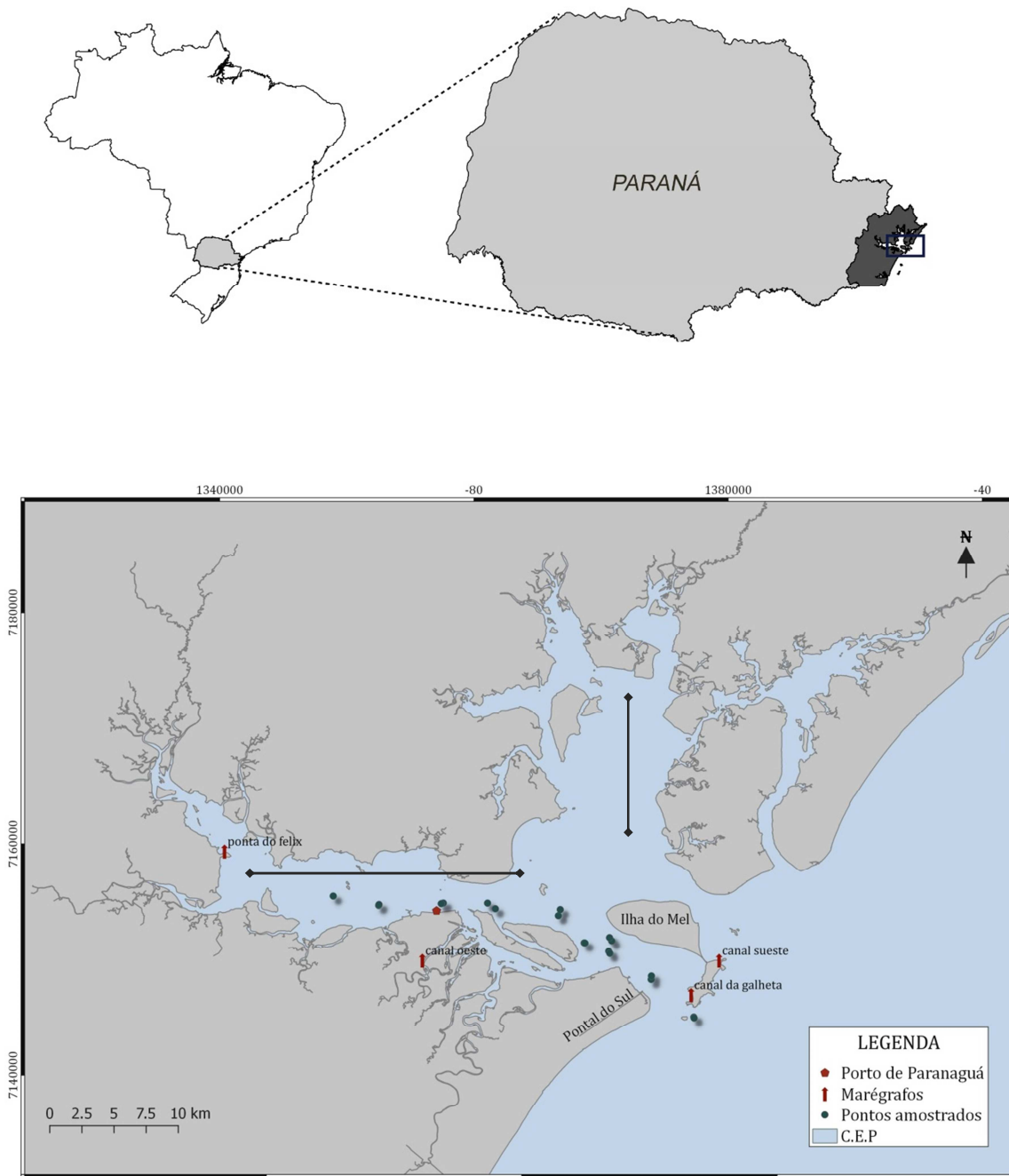


## 1.1. Área de estudo

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) se localiza na porção centro-norte do litoral do Paraná, na região sul do Brasil. Ele é formado por 2 eixos principais, definidos de acordo com os limites das subregiões de drenagem continental, totalizando uma área de cerca de 550 km<sup>2</sup> (NOERNBERG et al., 2006). Na direção Leste-Oeste localizam-se as baías de Antonina e Paranaguá, enquanto o eixo Norte-Sul é composto pela baía das Laranjeiras e por 5 enseadas menores (Itaqui, Medeiros, Benito, Guaraqueçaba e Pinheiros).

Seu clima é caracterizado como úmido subtropical com temperatura média anual acima de 22 °C, e precipitação média anual acima de 3000 mm divididos entre dois períodos sazonais principais, a estação chuvosa (Outubro à Março) e a estação seca (Abril à Setembro) (MIZERKOWSKI et al., 2012).

A bacia de drenagem da região é complexa, com uma densidade que pode chegar a cerca de 2 rios/km<sup>2</sup> (NOERNBERG ET AL., 2006). Grande parte da descarga de água doce, que pode chegar a média anual de 200 m<sup>3</sup>/s, provém de 6 rios principais apresentados por ordem decrescente de vazão: Cachoeira, Nhundiaquara, Guaraguaçu, Faisqueira, Sagrado e Cacatu (MIZERKOWSKI et al., 2012).



**Figura 2:** Mapa da baía de Paranaguá. Os pontos no mapa indicam as áreas de coleta, ao longo do eixo Leste-Oeste do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP).

A variabilidade sazonal do C.E.P afeta diretamente os processos biogeoquímicos e hidrodinâmicos. No período chuvoso, o maior aporte de água doce favorece um maior aporte de nutrientes a partir da descarga fluvial, que são incorporados pelo fitoplâncton. O período seco é marcado pela menor produtividade primária, já que frentes frias e ventos vindos de Sul durante o

inverno misturam a coluna d'água, tornando-a menos favorável para o crescimento fitoplanctônico. Verticalmente, a estrutura da coluna d'água é essencialmente homogênea, com exceção de alguns momentos, como durante chuvas intensas somadas à fortes marés vazantes, que fazem com que a coluna d'água apresente um padrão de estratificação salina (MARONE et al., 2007).

O CEP possui extensas áreas de manguezais que fornecem considerável aporte de detritos e CDOM, de origem terrígenos (REBELLO & BRANDINI, 1990). No verão há um excedente hídrico com alto potencial de gerar erosão pela chuva, carregando ainda mais material particulado e dissolvido para o estuário.

A população, de aproximadamente 155.000 habitantes (IBGE, 2010), vive em três principais cidades e inúmeras comunidades de pescadores ao redor das margens no estuário. A baía de Paranaguá abriga ainda um dos mais importantes portos da América Latina, o porto de Paranaguá. A Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina foram responsáveis pela movimentação de mais de 17 milhões de toneladas de mercadorias e cerca de 300 mil contêineres entre janeiro e maio de 2012 (APPA, 2012).

As diferentes atividades econômicas como turismo, agricultura, portos e pesca, coexistem com uma região de grande importância ecológica, em um dos maiores remanescentes de Mata Atlântica do Brasil. Estudar e monitorar os impactos antrópicos nessa região é de fundamental interesse, tanto econômico como ecológico.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Dados In Situ**

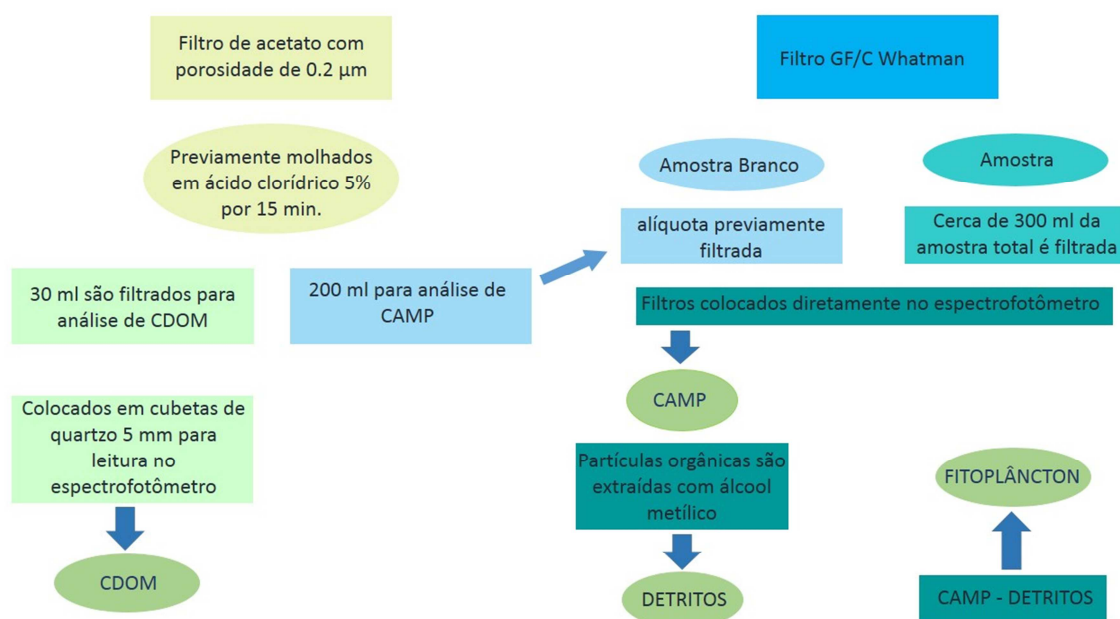
Foram realizadas 03 campanhas para obtenção de dados de qualidade de água nos dias 14/01/2016, 21/01/2016 e 25/02/2016, com um total de 25 pontos amostrados. Em cada ponto foi coletada água de superfície, obtida a profundidade de Secchi e, realizados perfis de temperatura, salinidade, turbidez e fluorescência da clorofila utilizando um CTD (do inglês *Conductivity, Temperature, and Depth*) do modelo Alec CTD. Amostras fitoplâncton foram coletadas com auxílio de uma rede com malha de 20 micras.

Dados radiométricos de superfície foram coletados em cada ponto amostrado nos dias 21/01 e 25/02 com uso de um espectroradiômetro portátil, da marca Analytical Spectral Devices (ASD), modelo HandHeld FieldSpec. Este equipamento mede a radiância ( $L(\lambda)$ ) emergente da água do mar e de uma superfície lambertiana (placa) de referência fazendo uso do software RS3™. O FieldSpec possui resolução espectral de 1nm, na faixa entre 325–1075 nm com intervalo de amostragem de 1,6 nm.

Dados de campo de pressão atmosférica, velocidade e direção do vento, pluviosidade e temperatura do ar, foram obtidos através da estação meteorológica de Paranaguá/INMET.

### **2.2. Laboratório**

Para determinação do material particulado em suspensão (MPS) e da concentração de Clorofila-*a* nas amostras de água, foi utilizado o método proposto por Strickland and Parsons (1972).



**Figura 4:** Infográfico com explicação da análise realizada em laboratório dos coeficientes de absorção do Fitoplâncton, do CDOM e dos detritos.

O coeficiente de absorção do material particulado (aCAMP) foi obtido através do método de Mitchell et al., 2002, a água coletada foi filtrada com o filtro GF/F Whatman, o qual foi colocado diretamente no espectrofotômetro para leitura de absorbância das partículas nele contidas. O coeficiente de absorção do material particulado não-pigmentado (aNAP) foi obtido através da queima com álcool metílico de todas as partículas orgânicas contidas no filtro de CAMP, utilizando o mesmo procedimento de colocação direta do filtro no espectrofotômetro. O coeficiente de absorção do fitoplâncton (aPh) foi determinado pela diferença entre o material particulado total e as partículas não-pigmentadas, seguindo a relação:

$$a_{CAMP}(\lambda) = a_{NAP}(\lambda) + a_{Ph}(\lambda)$$

O cálculo do coeficiente de absorção da matéria orgânica dissolvida colorida (a<sub>CDOM</sub>) foi estimado pela normalização da absorbância no espectro de 660 nm, utilizando a equação:

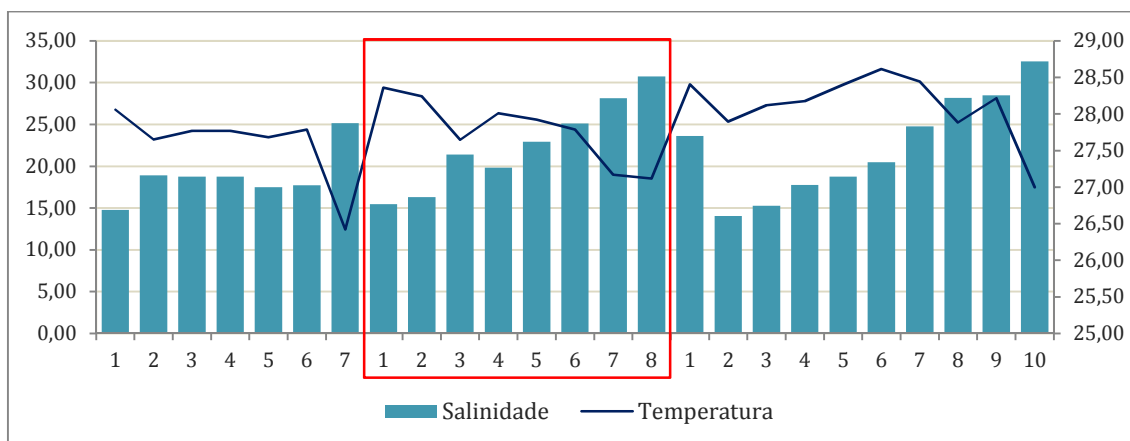
$$a_{CDOM\ Norm.}(\lambda) = (a_{CDOM}(\lambda) - a_{CDOM}(660)) \times 2.303$$

### 2.3. Imagens de sensoriamento remoto

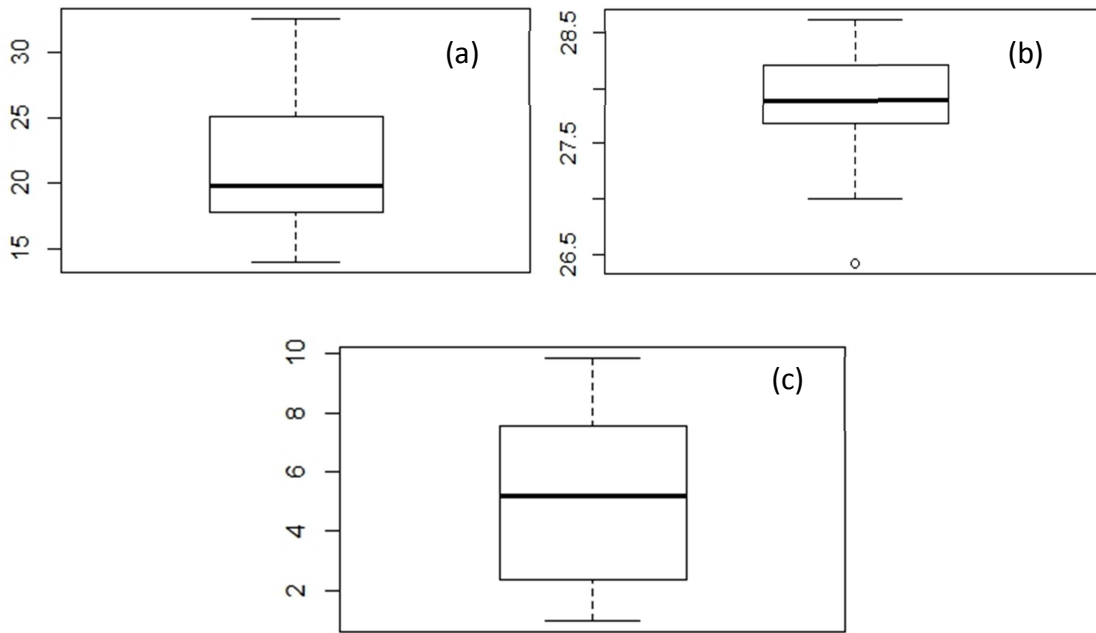
As imagens de sensoriamento remoto foram obtidas através do site *oceancolor.gsfc.nasa.gov* e analisadas com software *SeaWiFS Data Analysis System* (SeaDAS) versão 7. O sensor utilizado para este trabalho foi o VIIRS (*Visible-Infrared Imager Radiometer Suite*), instalado na plataforma *Sunomi-NPP* (*National Polar-Orbiting Partnership*).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

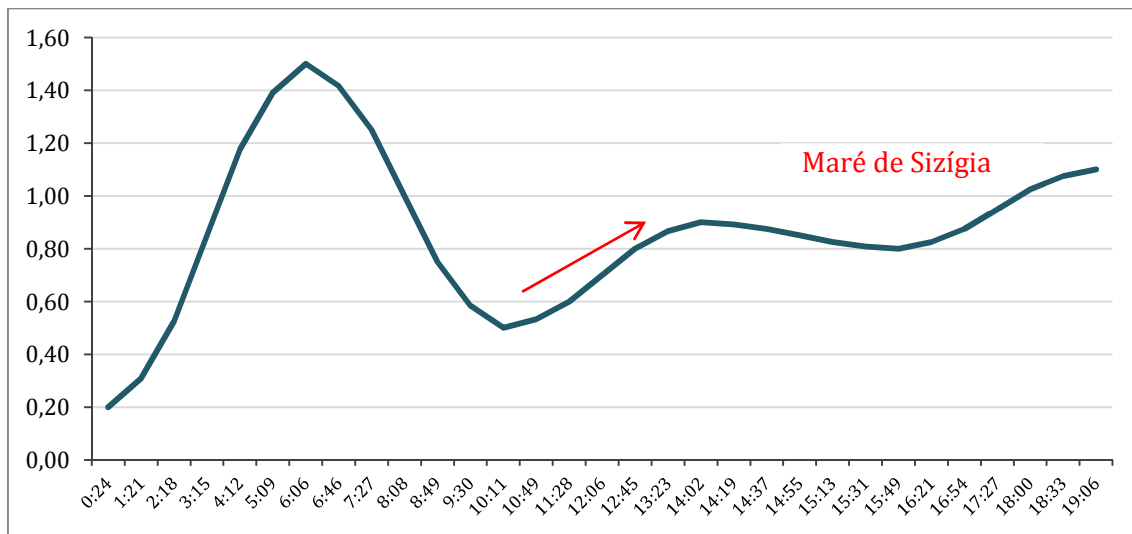
Os dados de salinidade e temperatura variaram principalmente em função da localização dos pontos amostrados, onde os maiores valores de salinidade foram observados na desembocadura da baía de Paranaguá e os menores valores nas áreas mais internas, como podem ser observados na figura 04. A média para salinidade foi de 21,41 e da temperatura de 27,86 °C (figura 06). As coletas foram realizadas em maré enchente (figuras 07, 08 e 09) colaborando para um aumento nos valores de salinidade.



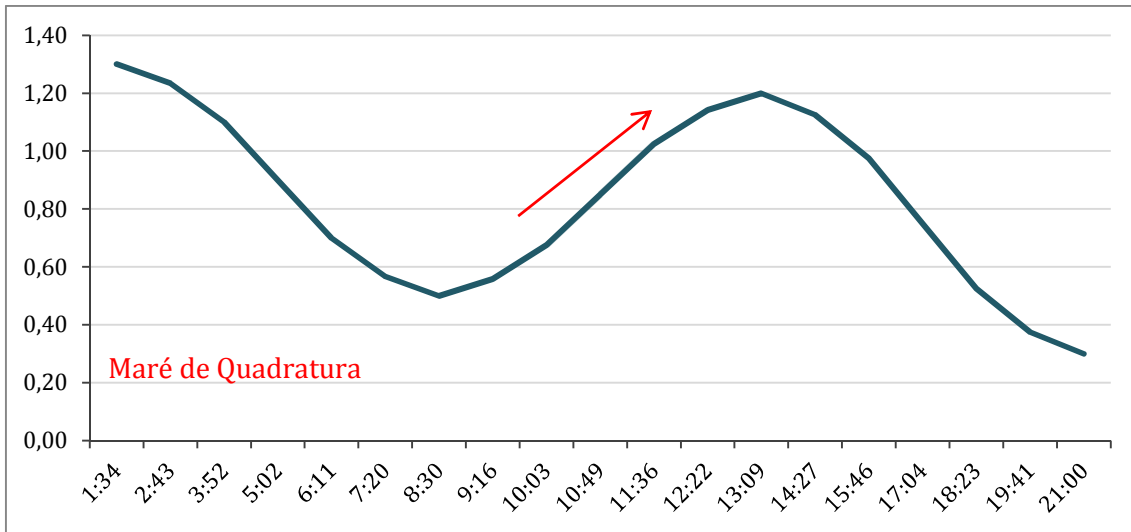
**Figura 5:** Salinidade e temperatura (°C) nos pontos amostrados.



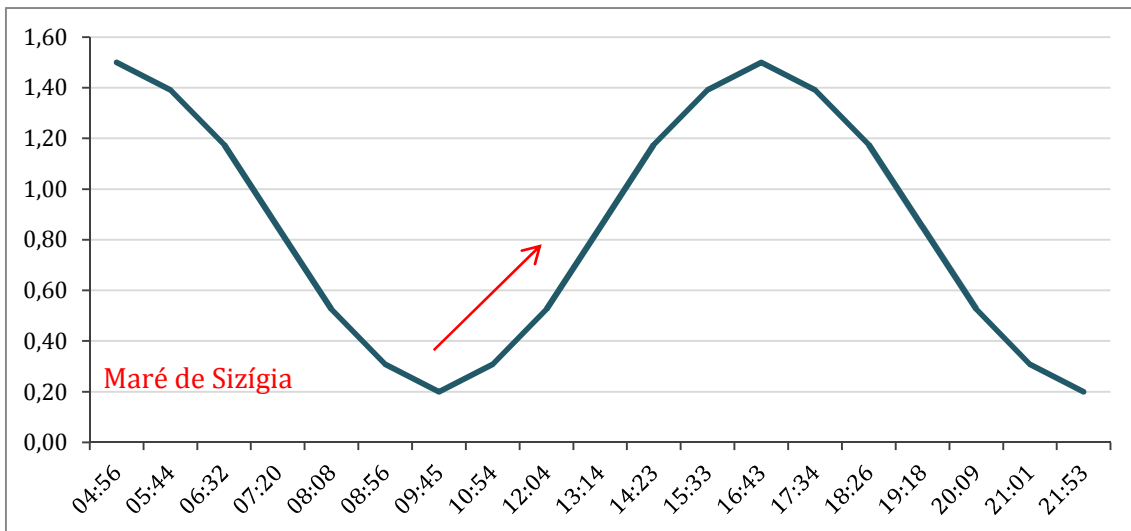
**Figura 6:** Box-plot dos dados de salinidade (a), temperatura (b) e clorofila-a (c), com valores médios, máximo e mínimo e desvio padrão.



**Figura 7:** Amplitude de maré para o dia 14/01, com período da coleta destacado.



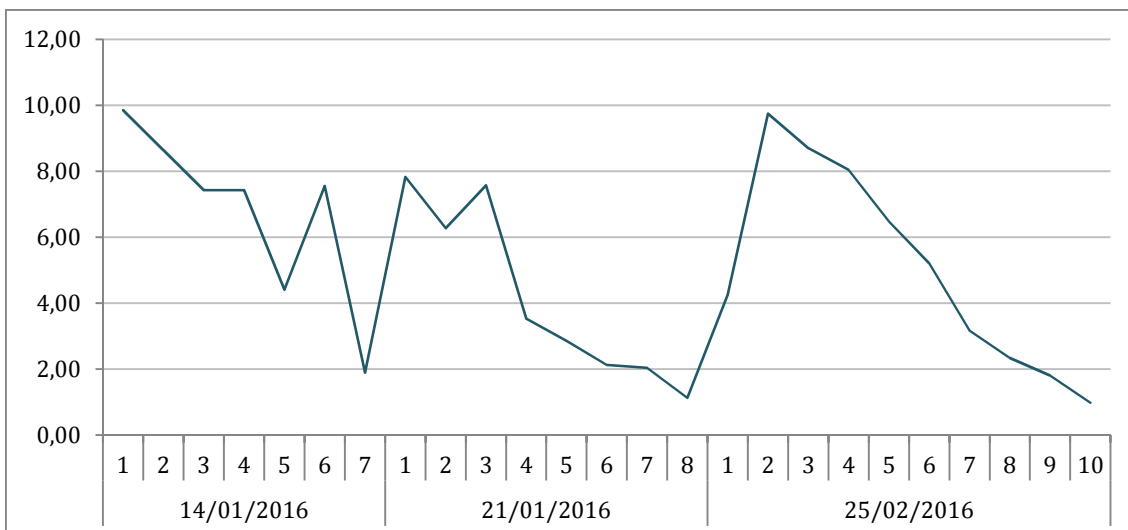
**Figura 8:** Amplitude de maré para o dia 21/01, com período da coleta destacado.



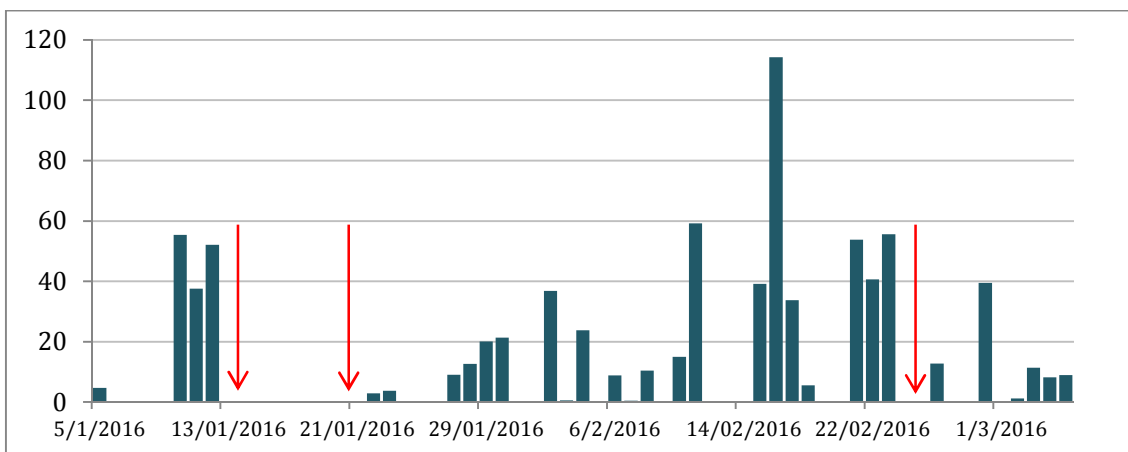
**Figura 9:** Amplitude de maré para o dia 25/02, com período da coleta destacado.

Os maiores valores de clorofila foram observados nos pontos mais internos da baía, indicando uma maior produtividade primária nessa região (figura 10). A maior média entre as datas analisadas foi a do dia 25/02, após um período de intensas chuvas na região, como podemos observar na figura 11.



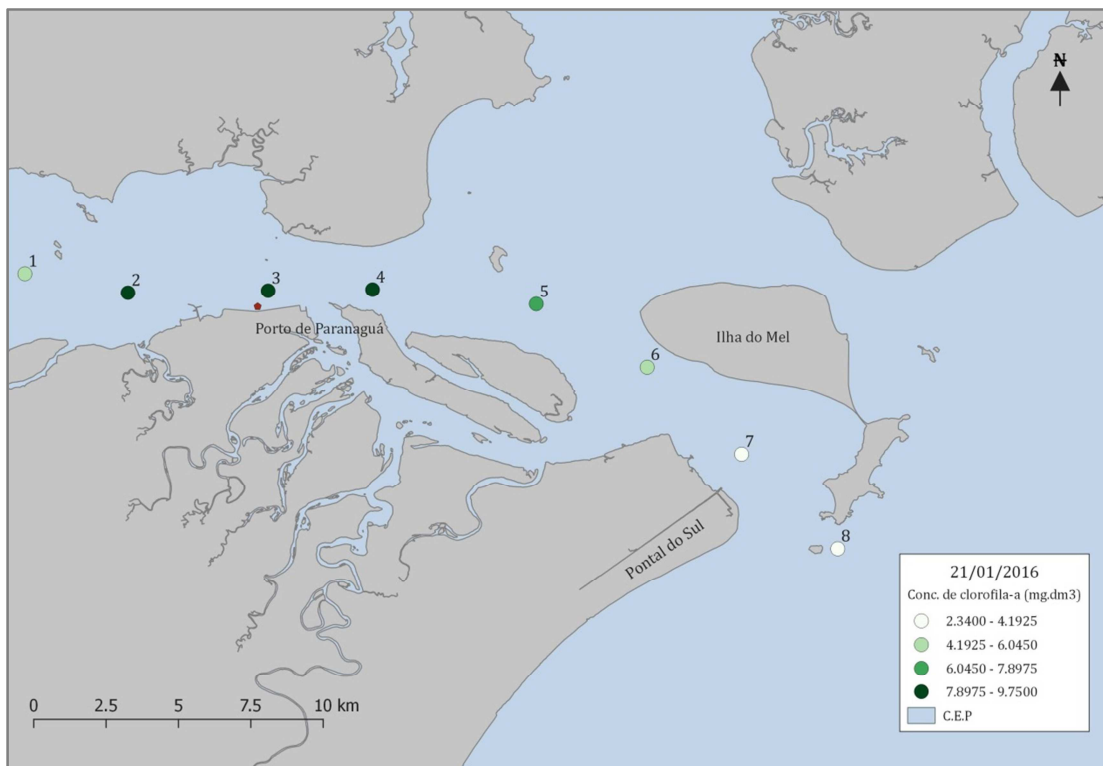
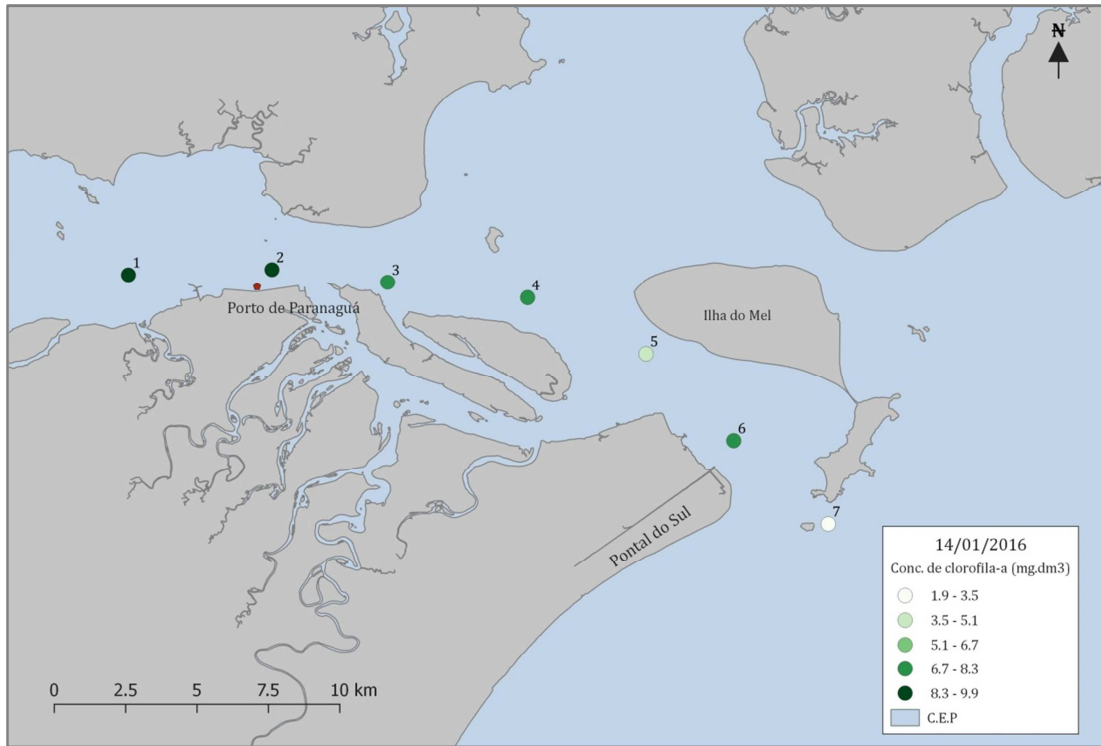


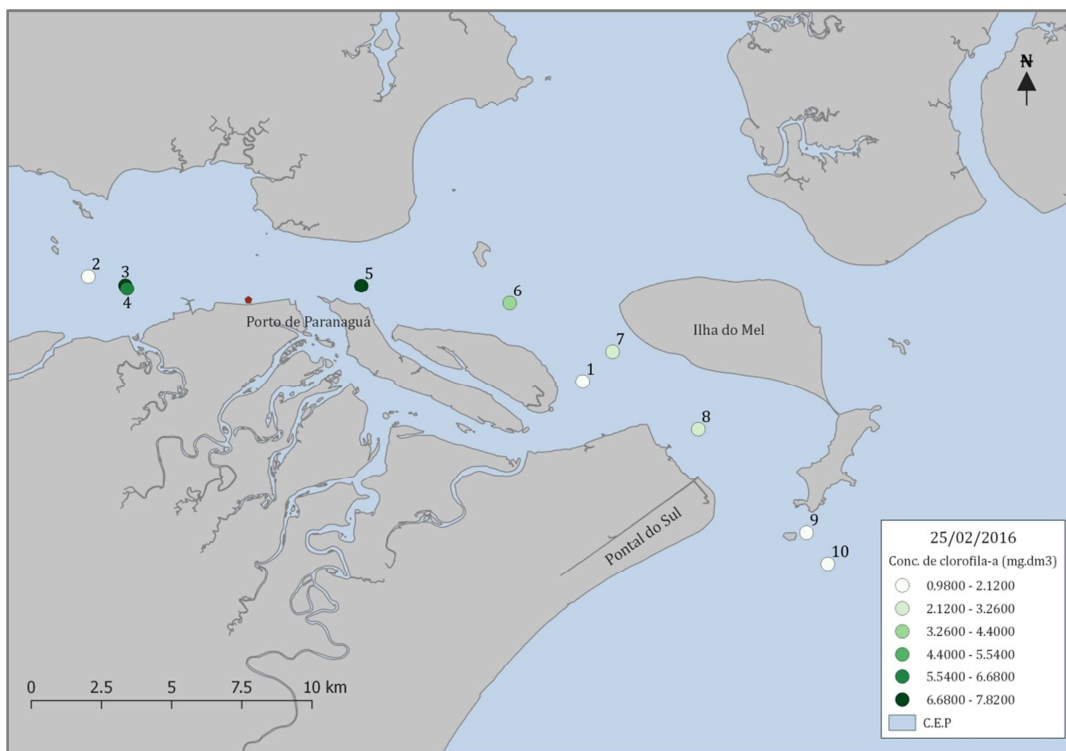
**Figura 10:** Concentração de clorofila em  $mg.m^3$ , durante todo o período amostrado.



**Figura 11:** Valores de precipitação em mm, com destaque para os dias de coleta.

As concentrações de clorofila e suas distribuições ao longo da baía podem ser mais bem observadas nas figuras 12, 13 e 14.





Figuras 12, 13 e 14: Concentração de clorofila-a ao longo da baía.

Como podemos observar na figura 15 existe uma correlação entre os valões de secchi, MPS e clorofila. Um aumento no valor de MPS faz com que a transparência da água diminua e conseqüentemente a concentração de clorofila.

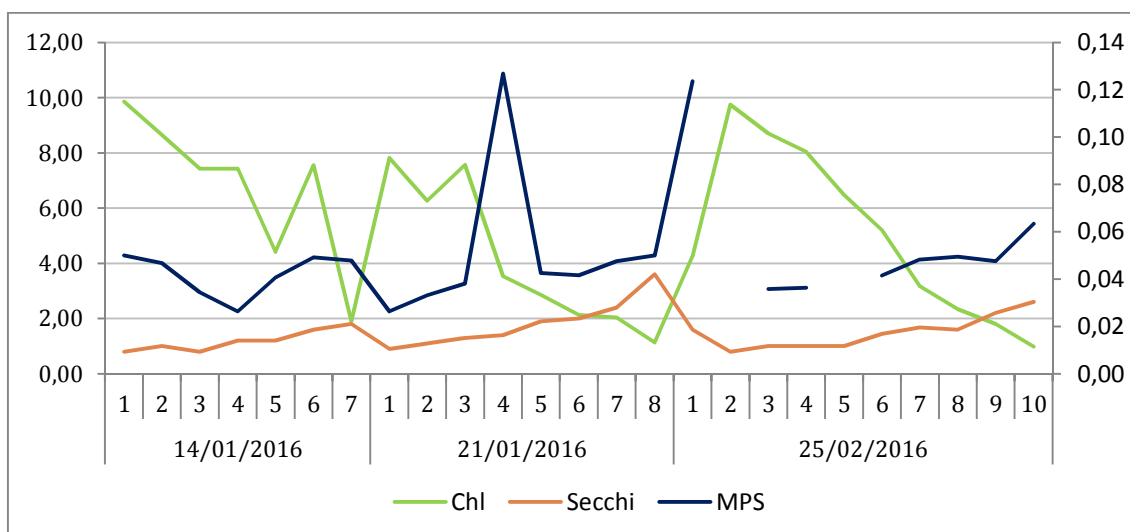
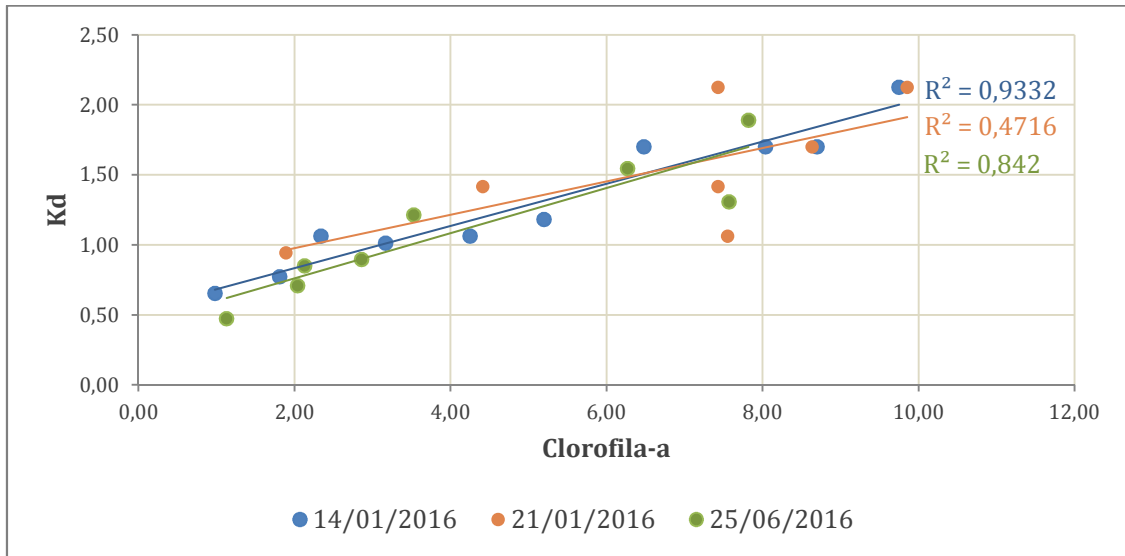


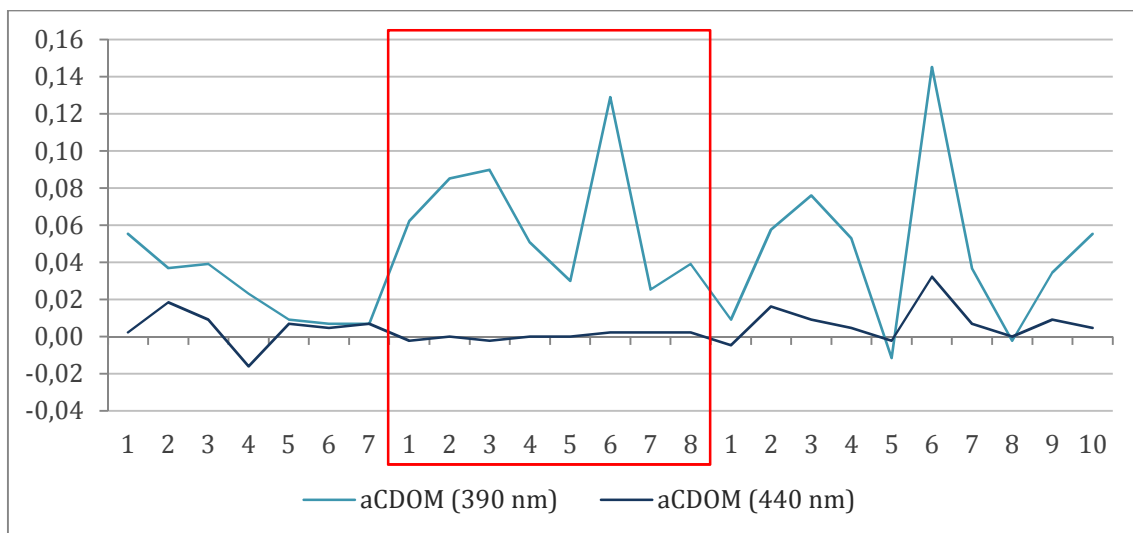
Figura 15: Concentração de clorofila (mg.m<sup>3</sup>), profundidade de secchi (m) e concentração de material particulado em suspensão (MPS) (mg.l<sup>-1</sup>).

O coeficiente de atenuação da luz ( $K_d$ ) se mostrou altamente correlacionado com a concentração de clorofila-a, com coeficiente de correlação de 0,93 para o dia 21/01.



**Figura 16:** Correlação entre  $K_d$  (m) e concentração de clorofila-a ( $mg.m^3$ ).

Os maiores valores de absorção do CDOM nas bandas 390 nm e 440 nm foram observados na região da Ilha da Cotinha, área de manguezal e desembocadura de diversos rios, colaborando para um aumento do sinal detectado.



**Figura 17:** Absorção do CDOM ( $mg.m^3$ ) nas bandas 390 nm e 440 nm.

A região do C.E.P possui altíssimo índice pluviométrico, assim obter imagens de sensoriamento remoto se torna difícil, pois ocorrem falhas na leitura de imagens devido à alta cobertura de nuvens e aerossóis. Durante o período amostrado não foi possível obter imagens de satélite devido a grande cobertura de nuvens no período.

#### **4. CONCLUSÃO**

Este trabalho abordou informações sobre os diferentes parâmetros das propriedades ópticas da baía de Paranaguá. Foram comparados diferentes métodos analíticos de observação *In Situ*. Avanços em relação à classificação óptica da baía de Paranaguá foram feitos, mas ainda há a necessidade de uma ampliação no banco de dados de coletas *In Situ* para uma melhor compreensão de que fatores podem influenciar nas alterações dessas propriedades.

#### **5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

APPA. **Movimentação de cargas nos portos de Antonina e Paranaguá entre janeiro e maio de 2012.** Disponível em: [www.portosdoparana.pr.gov.br/](http://www.portosdoparana.pr.gov.br/). Acesso em 15/09/2014.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010.** Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em 23/08/2014.

GORDON, H. R., AND M. WANG. **Retrieval of water-leaving radiance and aerosol optical thickness over the oceans with SeaWiFS: A preliminary algorithm.** Applied Optics 33: 443-452, 1994.

KIRK, J. T. O. **Light and photosynthesis in aquatic ecosystems.** 3.ed. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2011. 528 p

MARONE, E., NOERNBERG, M., LAUTERT, L. F., SANTOS, I. DOS, FILL, H. D., BUBA, H., & MARENDA, A. **Medições de correntes e curva vazão-maré**

na baía de Paranaguã, PR. Boletim Paranaense de Geociencias, (60), 55–64, 2007.

MARTINOLICH, P. AND T. SCARDINO. **Automated Processing System User's Guide Version 4.2, NRL.** Washington, D.C, 2011.

MIRANDA, L. B., CASTRO, B. M., KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de estuários. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.** 424p. 2002.

Mizerkowski, B.D., Noernberg, M.A. & Moreira, B.M., 2013. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.** , pp.7795–7802

MIZERKOWSKI, B. D., HESSE, K.-J., LADWIG, N., DA COSTA MACHADO, E., ROSA, R., ARAUJO, T., & KOCH, D. **Sources, loads and dispersion of dissolved inorganic nutrients in Paranaguá Bay.** Ocean Dynamics, 62(10-12), 1409–1424. 2012.

MOREIRA, B. M. **Balanco espaço-temporal da absorção de luz pelas águas da desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá, Brasil, por imagens MODIS-AQUA.** Dissertação (Mestrado em Dinâmica costeira) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná. 2011.

MUELLER, J. L.; FARGION, G; McCLAIN, C. R. **Ocean Optics Protocols for Satellite Ocean Color Sensor Validation, Revision 4, Volume IV.** NASA – Goddard Space Flight Center, Greenbelt, EUA. 2002.

NOERNBERG, M. A, LAUTERT, L. F. C., ARAUJO, A D., MARONE, E., ANGELOTTI, R., NETTO, J. P. B., & KRUG, L. **Remote sensing and GIS integration for modelling the Paranagua estuarine complex -Brazil.** Journal of Coastal Research, 3(39). 2006.

SATHYENDRANATH, S. **Remote Sensing of Ocean Colour in Coastal , and Other Optically-Complex Waters.** Reports and Monographs of the International Ocean Colour Coordinating Group, Revision 3, 1–145. 2000.

SOUZA, RONALD BUSS DE. (Organizador). **Oceanografia por Satélites.** 2. ed. - São Paulo: Oficina de Textos. 2008.

STRICKLAND JDH, PARSONS TR. **A practical handbook of seawater analysis.** Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada 167, 2nd ed: 71-80. 1972.

STUMPF, R.P., R.A ARNONE, R.W. GOULD, JR., P. MARTINOLICH, V. RANSIBRAHMANAKUL. **A Partially-Coupled Ocean-Atmosphere Model for Retrieval of Water-Leaving Radiance from SeaWiFS in Coastal Waters. Algorithm Updates for the Fourth SeaWiFS Data Reprocessing.** edited by Hooker and E.R. Firestone. NASA Tech. Vol. 22, S.B. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt: Maryland. 2003.

XIE H., C. AUBRY, S. BÉLANGER & G. SONG, 2012. **The dynamics of absorption coefficients of CDOM and particles in the St. Lawrence estuarine system: Biogeochemical and physical implications.** Marine Chemistry 128-129: 44-56.