



Sensoriamento Remoto Aplicado Ambientes Aquáticos



Cláudio Barbosa

Coordenação-Geral de Observação
da Terra - OBT



Objetivo

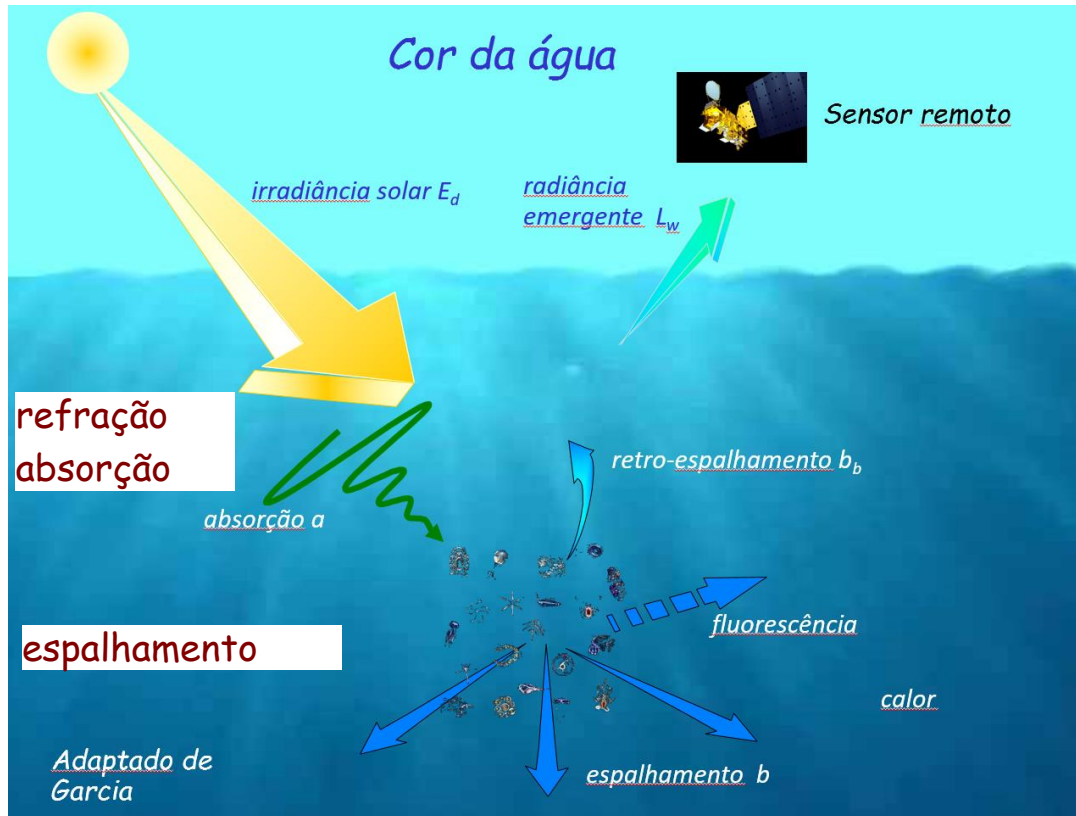
Idéia de como o Sensoriamento Remoto é aplicado no estudo e monitoramento de Sistemas Aquáticos continentais

Sistemas Aquáticos continentais

→ (lagos, reservatórios, rios, áreas costeiras)

Princípio do S.R. aplicado a ambientes aquáticos

Interação da radiação eletromagnética com a água e seus constituintes.

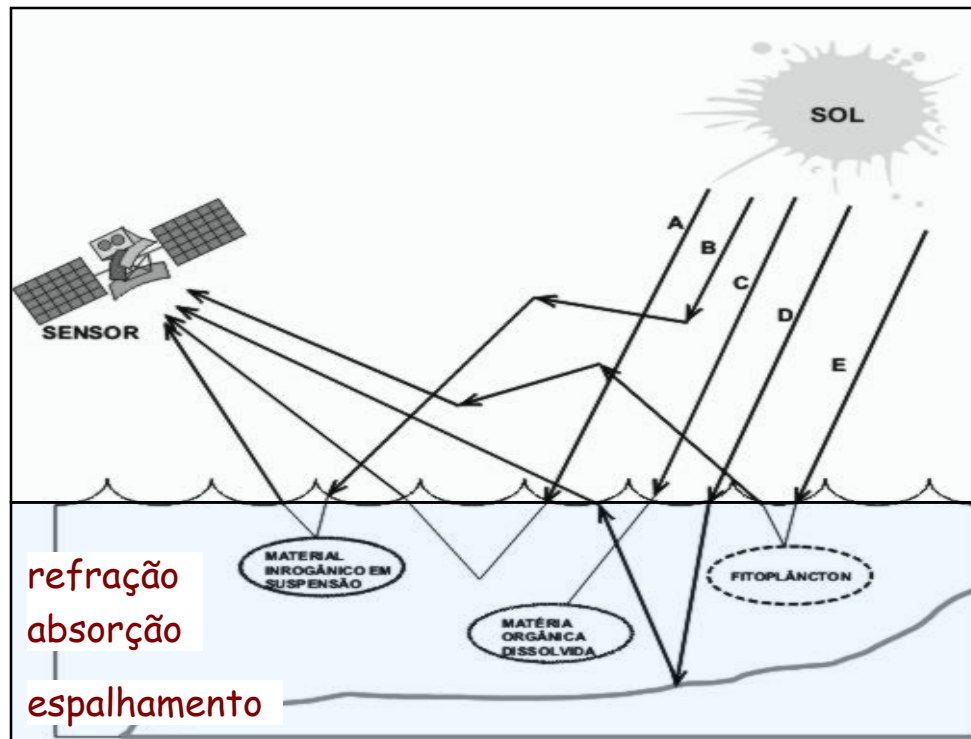


Ao penetrar na coluna d'água, a radiação é submetida a alterações, tanto na sua intensidade quanto na sua **composição espectral**.

Estas alterações dependem de fatores como quantidade de material dissolvido e em suspensão.

Processos básicos → REM / ecossistema aquático

Somente duas coisas acontecem quando fótons penetram num corpo d'água. → São absorvidos ou espalhados.

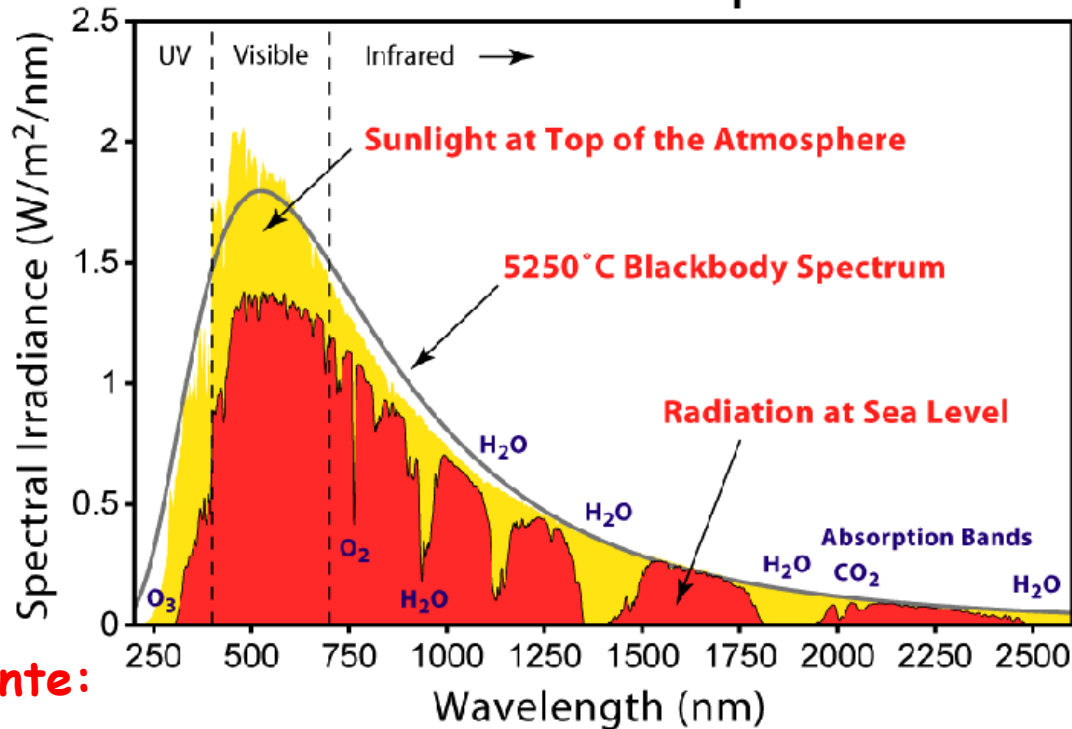


A magnitude destes processos está intimamente relacionada com a composição da coluna d'água.

Quantificar estes processos permite inferir sobre a composição, da água.

Fonte: Radiação solar

Solar Radiation Spectrum



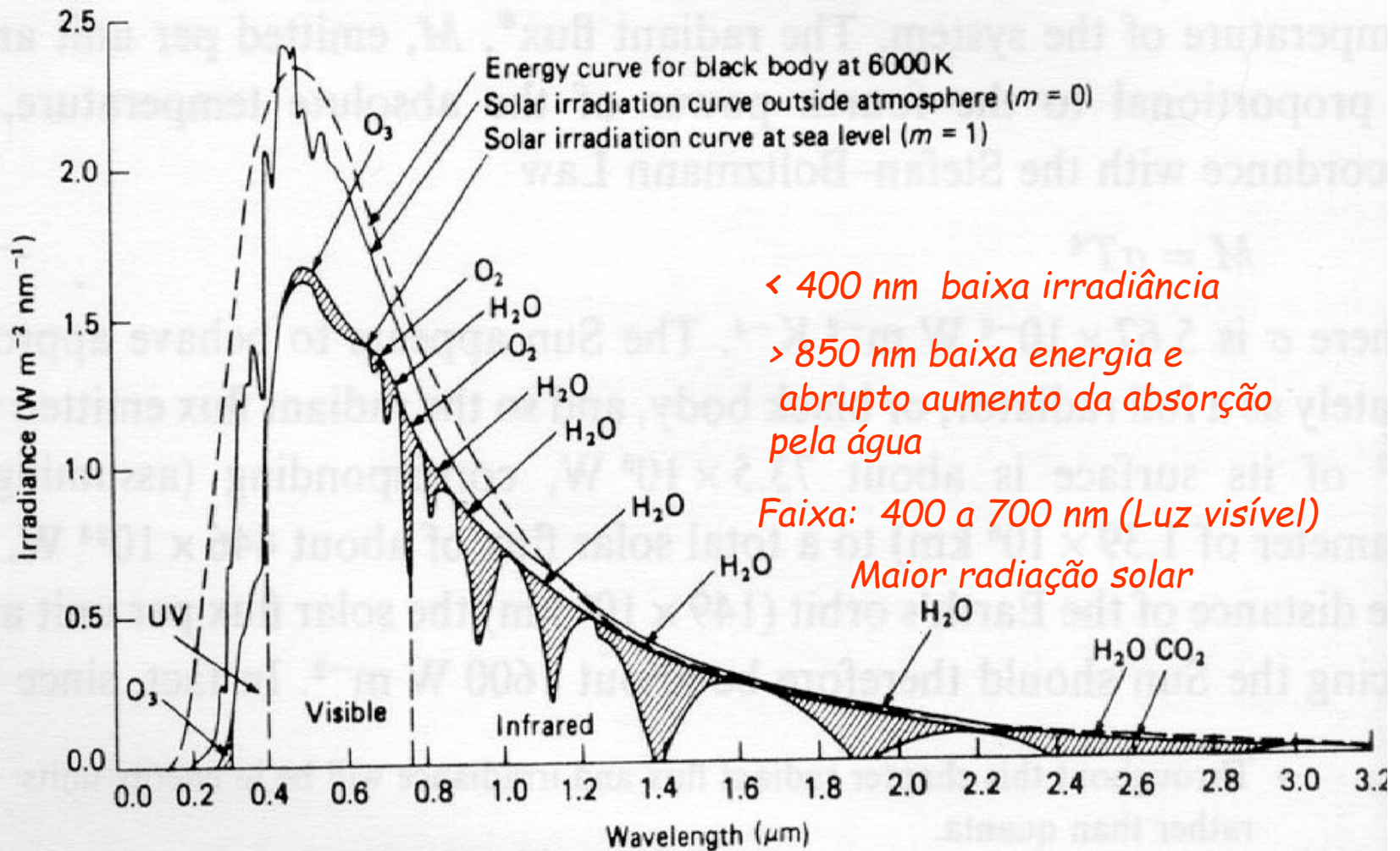
Fonte:

Utiliza-se majoritariamente sensores passivos

Sensores ativo óleo na água

Algumas aplicações do S.R. utilizam-se uma ampla faixa do espectro

Distribuição radiação solar



< 400 nm baixa irradiância

> 850 nm baixa energia e
abrupto aumento da absorção
pela água

Faixa: 400 a 700 nm (Luz visível)

Maior radiação solar

Ambientes aquáticos somente região da luz visível e infravermelho próximo

Regiões do espectro visível

O olho humano é sensível a radiação eletromagnética entre 400 e 700 nm (luz visível).

Tabela 2.5 Regiões espectrais utilizadas

Nome da região	Nome do comprimento de onda	Comprimento de onda
Visível	Violeta	0,38 – 0,45 μm
	Azul	0,45 – 0,49 μm
	Verde	0,49 – 0,56 μm
	Amarelo	0,56 – 0,59 μm
	Laranja	0,59 – 0,63 μm
	Vermelho	0,63 – 0,76 μm
Infravermelha	Infravermelho próximo	0,80 – 1,50 μm
	Infravermelho de ondas curtas	1,50 – 3,00 μm
	Infravermelho médio	3,00 – 5,00 μm
	Infravermelho longo (Termal)	5,00 – 15 μm
	Infravermelho distante	15,0 – 300 μm
Microondas	Submilimétrica	0,01 – 0,10 cm
	Milímetro	0,10 – 1,00 cm
	Microondas	1,0 – 100 cm

(Fonte: Chen, 1985)

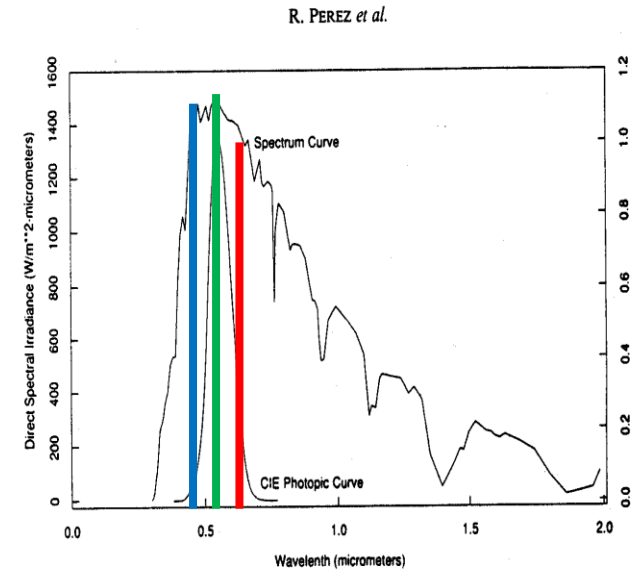
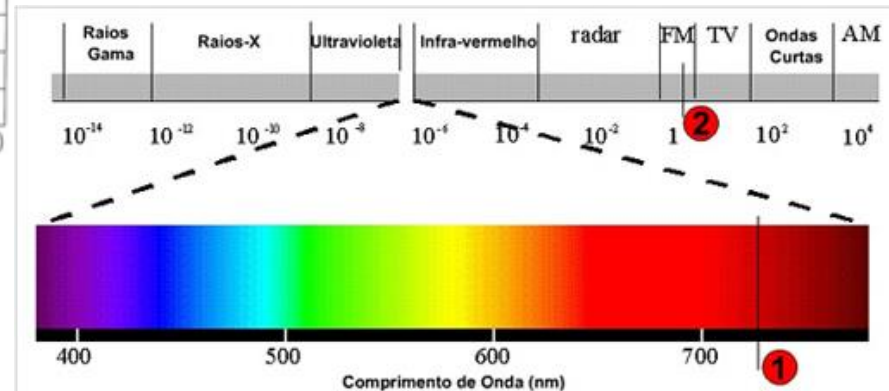
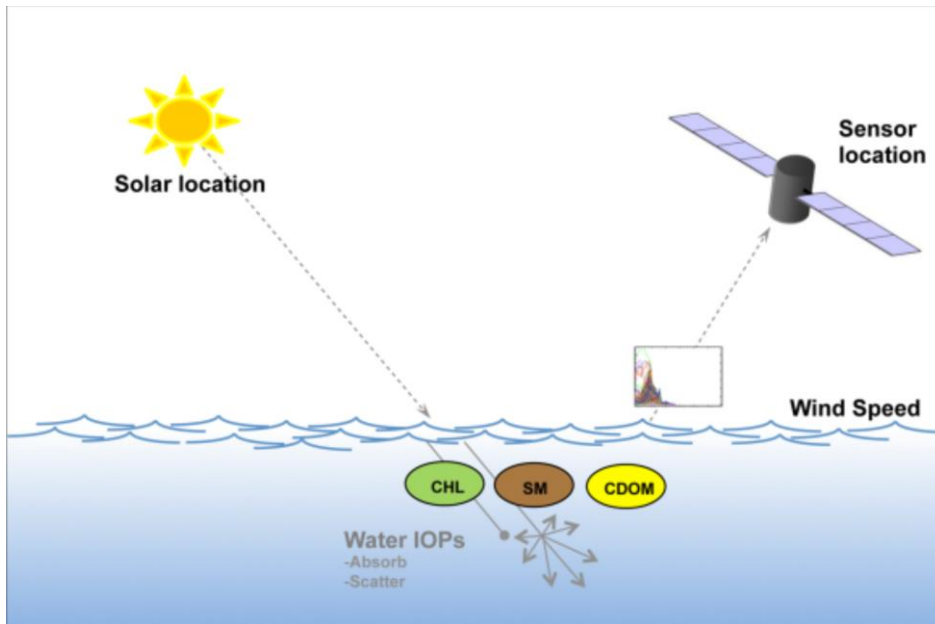


Fig. 1. The CIE Human Eye Photopic curve plotted with respect to the solar spectrum.



Ambiente aquáticos: *Modelagem 3D*

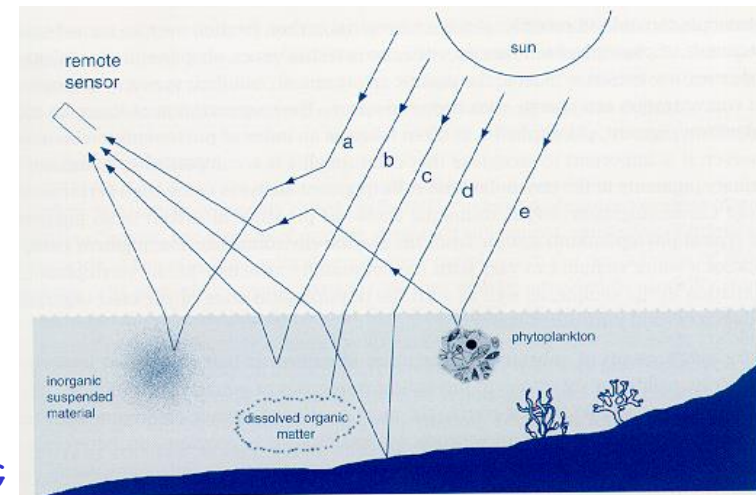


Alvos terrestres

Processo bidimensional de espalhamento simples

Ambientes aquáticos

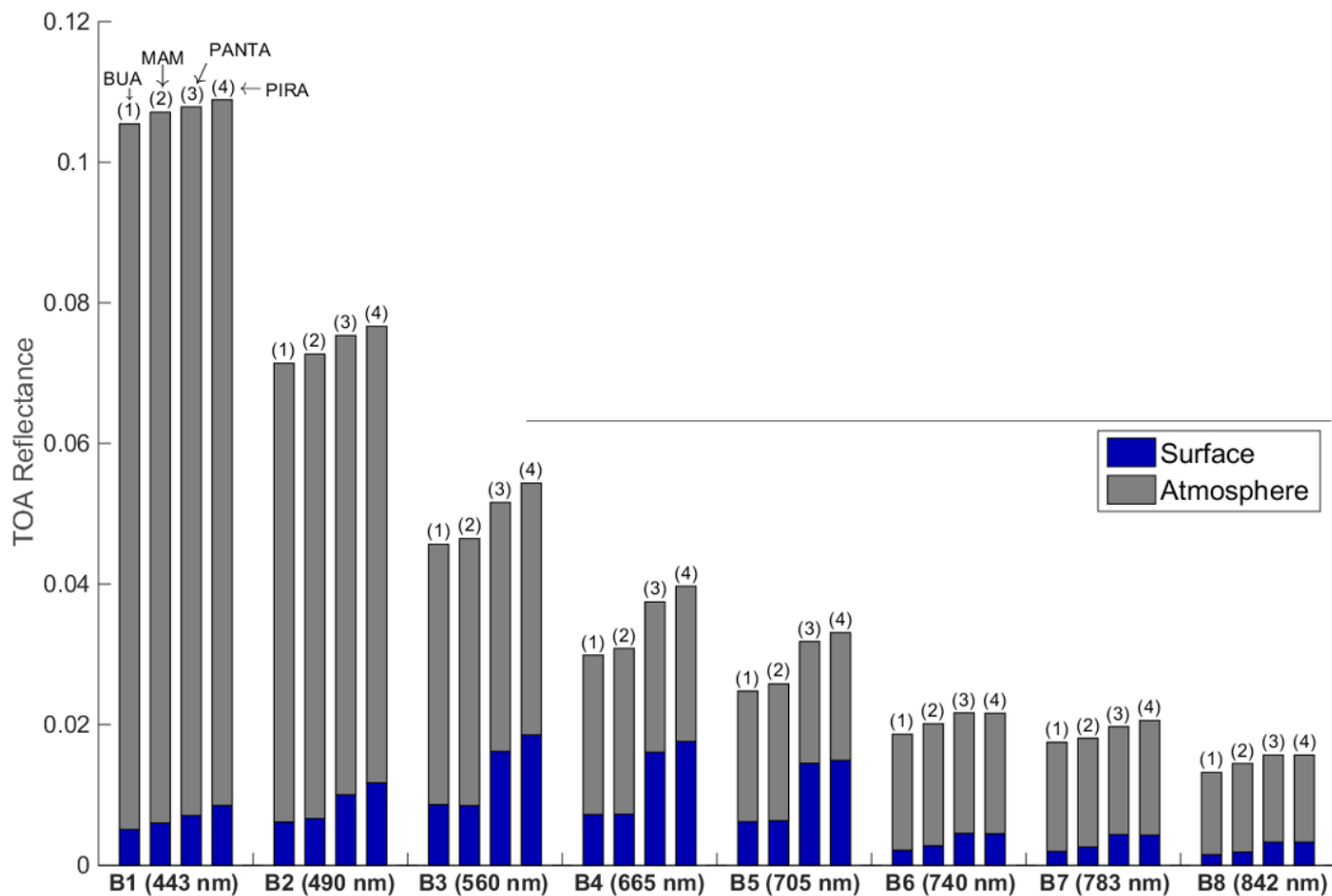
inerentemente tridimensional, espalhamento múltiplo dentro do perfil do corpo d'água



Fonte: IOCCG

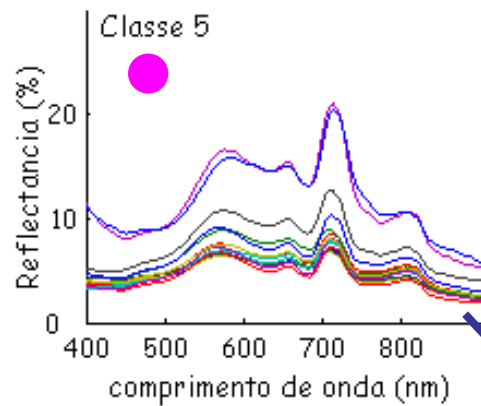
- a - espalhamento por sedimentos inorgânicos*
- b - espalhamento por moléculas de água*
- c - absorção por matéria orgânica dissolvida*
- d - reflexão de fundo*
- e - espalhamento por fitoplanctons*

Sinal na superfície da água e no sensor

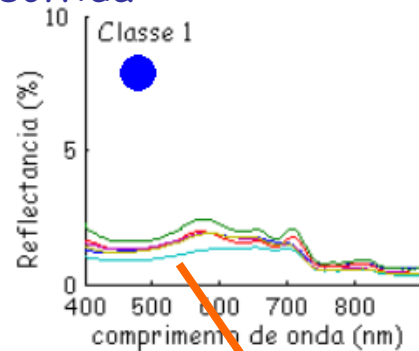


Curvas espectrais de diferentes corpos d'água

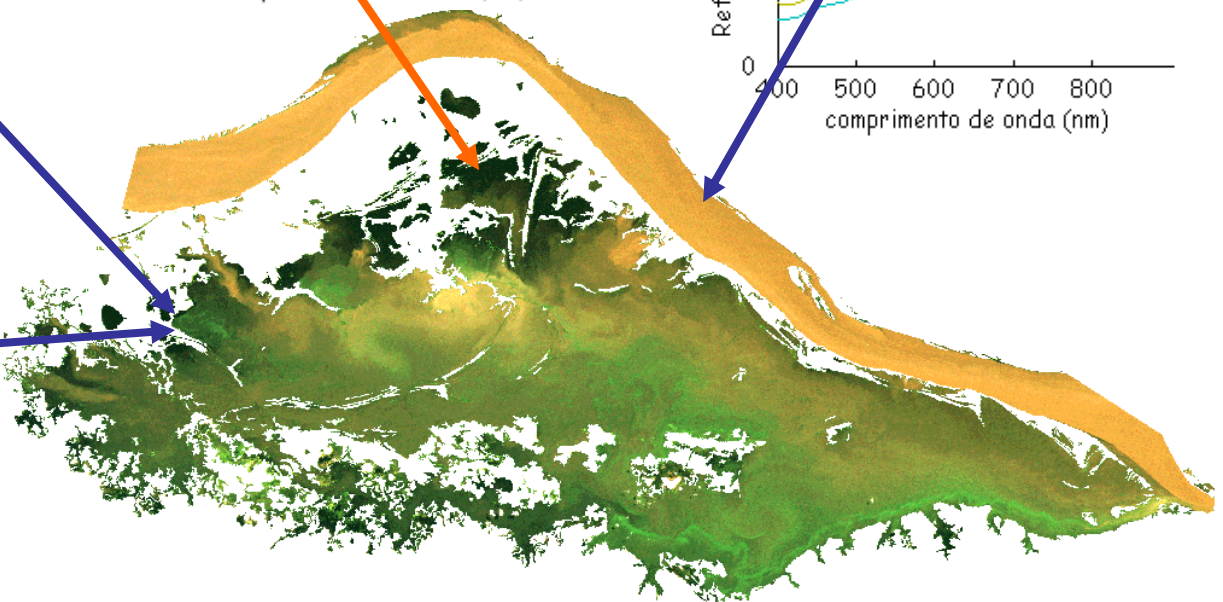
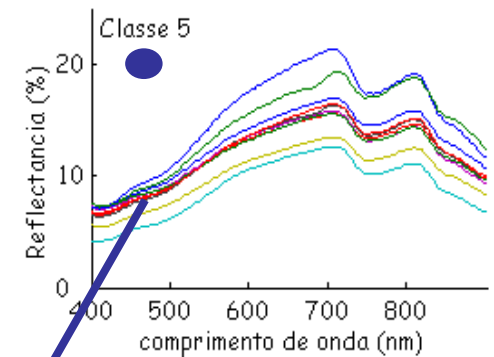
Espectros característicos de altas concentrações de organismos clorofilados



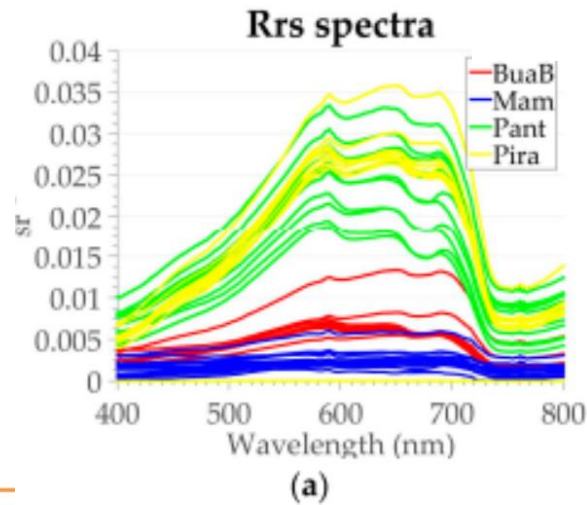
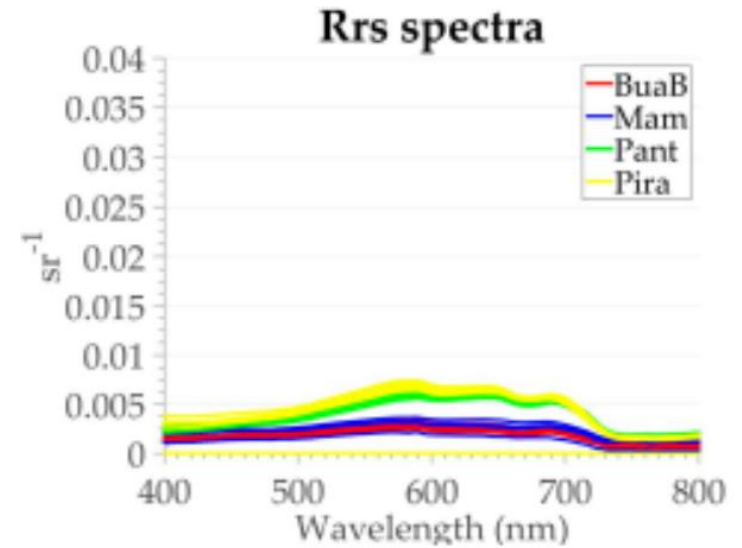
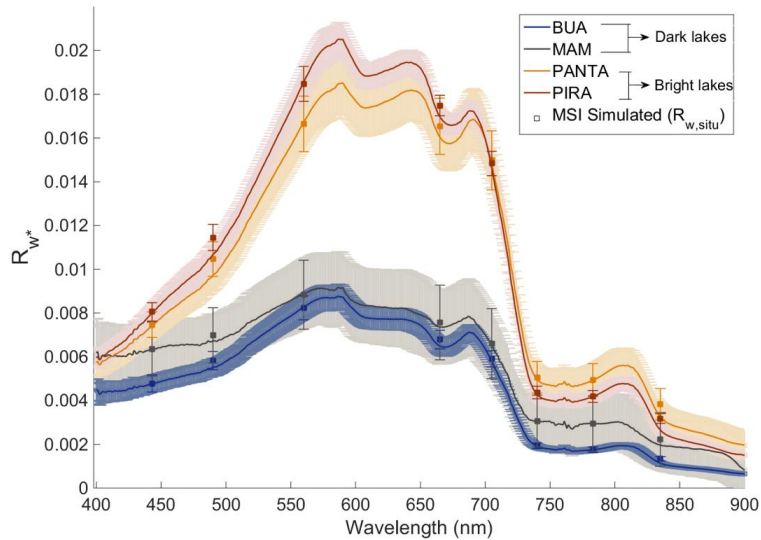
Espectros característicos de matéria orgânica dissolvida



Espectros característicos de altas concentrações de sedimentos inorgânicos em suspensão

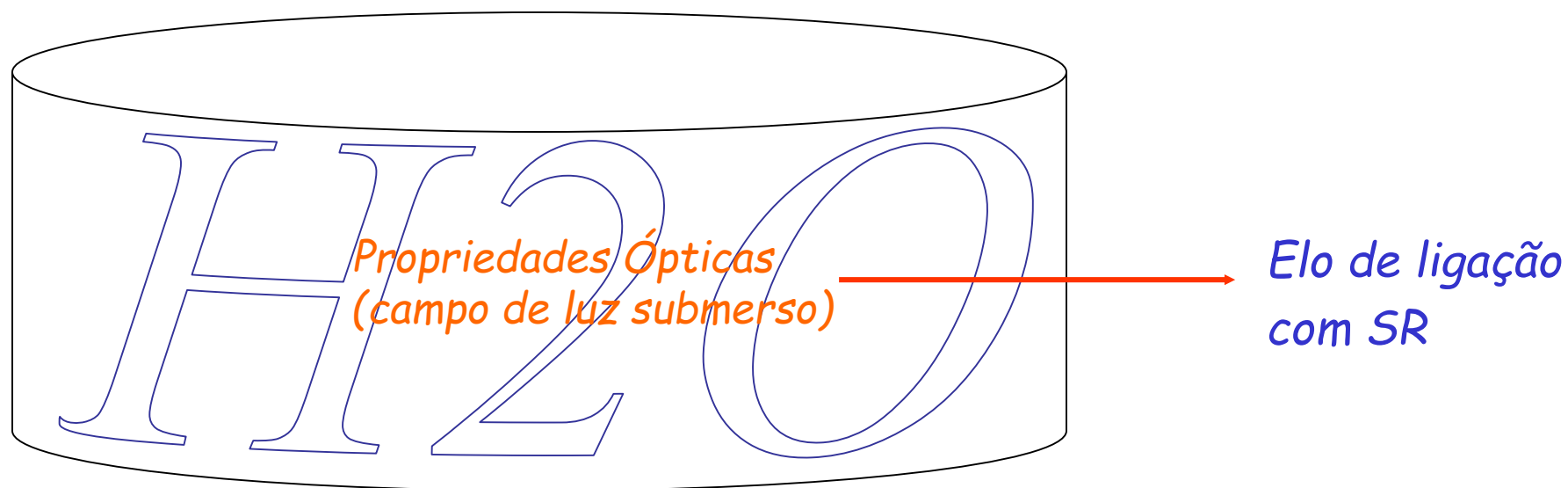


Resposta espectral de corpos de água



Cor da água

Tanto a água pura quando seus constituintes atuam sobre a luz que penetra num dado corpo de água e provoca alterações em sua cor e transparência.

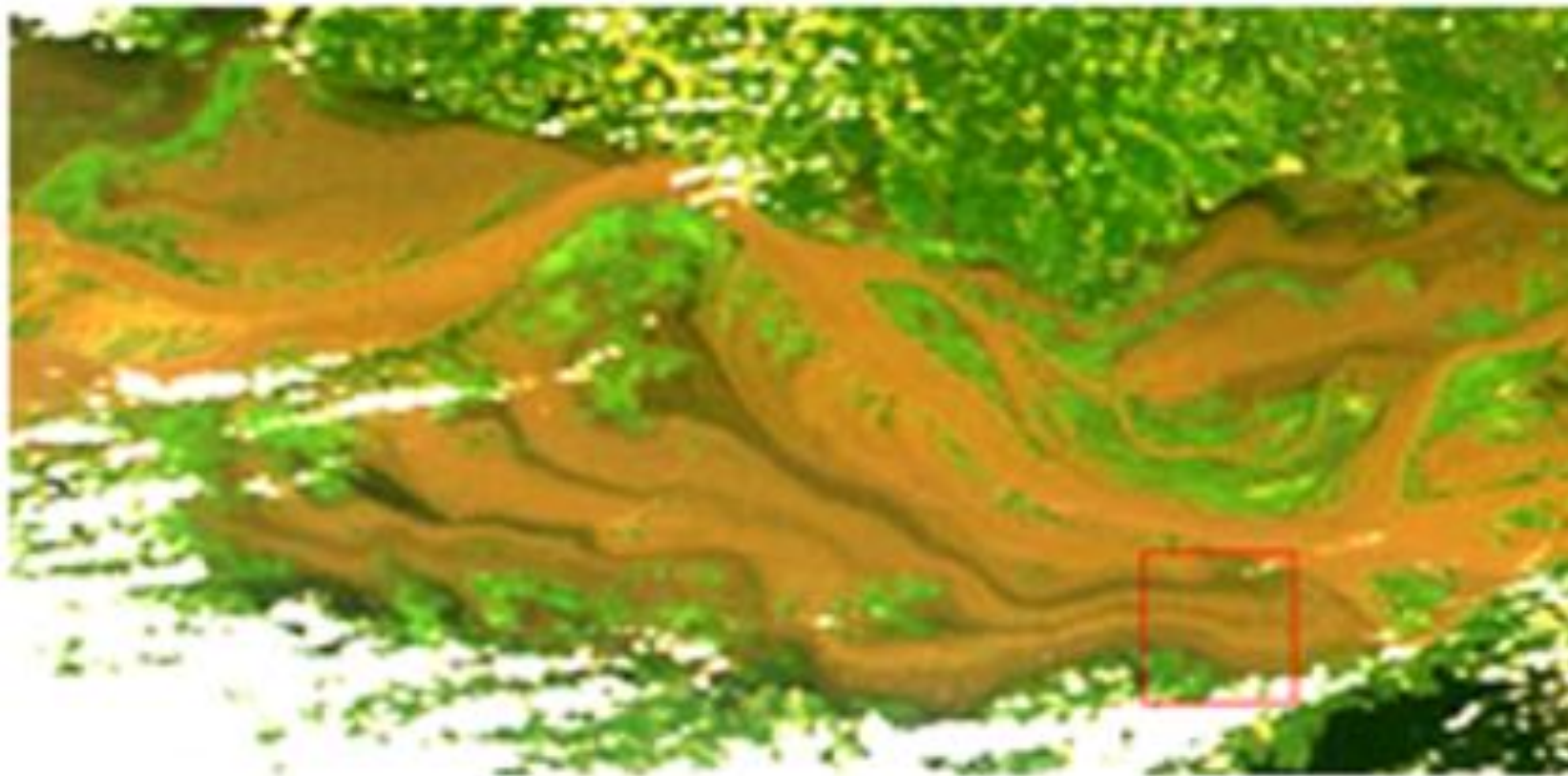


As propriedades ópticas dos corpos de água são o elo de ligação entre as propriedades do sistema aquático e a informação que pode ser obtida por sensoriamento remoto.


O que explica esta multiplicidade de cores na água e como são registradas por sensores remotos?



exemplo



Tipo de águas

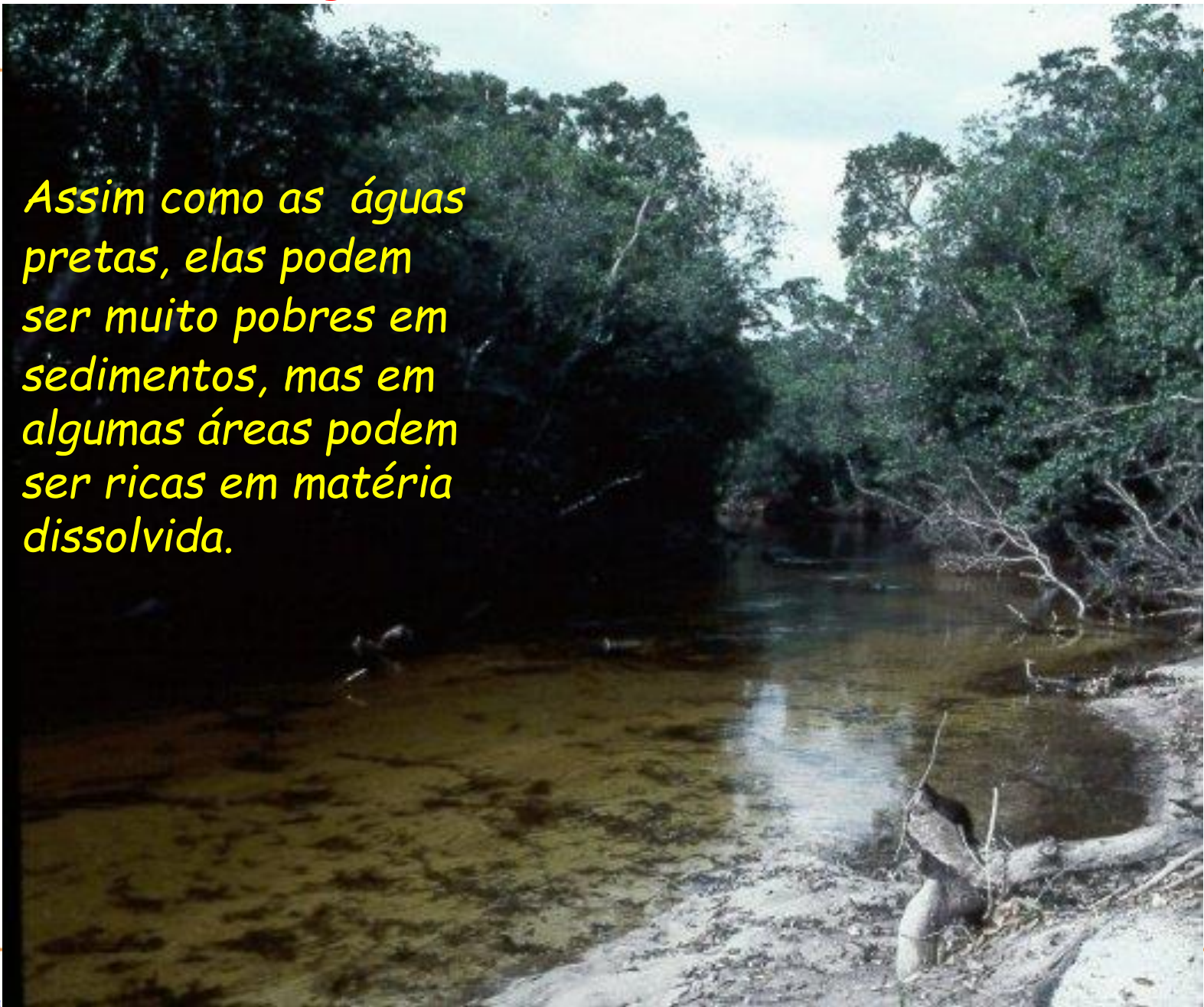


*água branca:
Carregam
muito sedimento.*

água preta
*Alto conteúdo de húmus dissolvido,
baixo nível de sedimentos, níveis
extremamente baixos de nutrientes.*

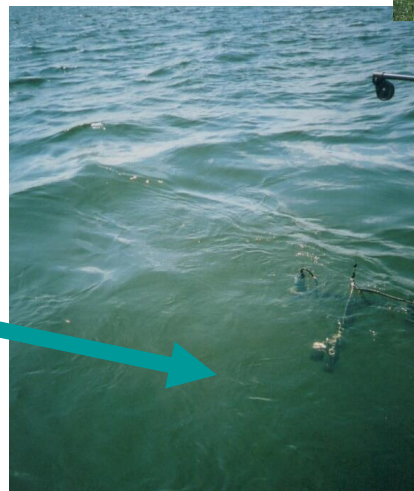
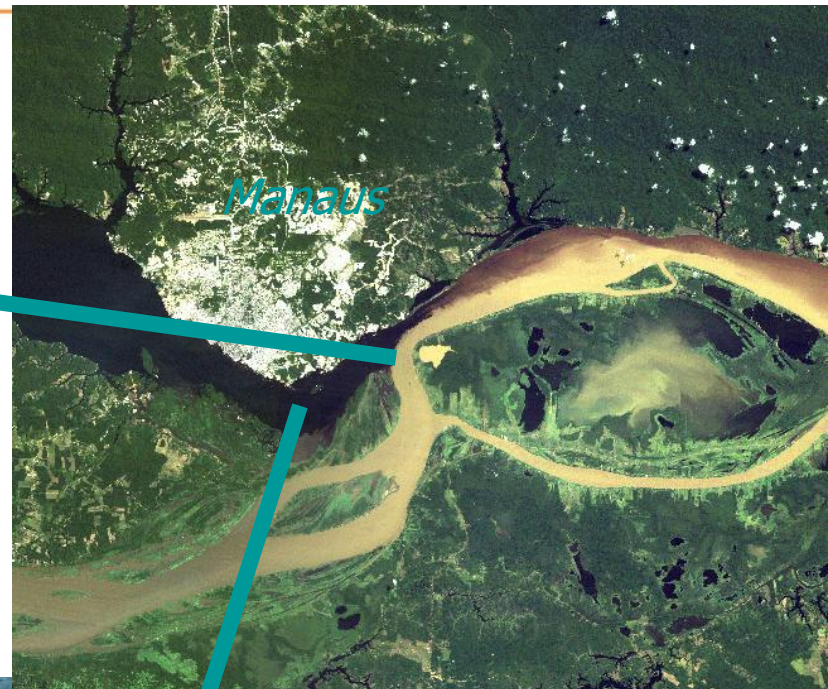
Águas claras

Assim como as águas pretas, elas podem ser muito pobres em sedimentos, mas em algumas áreas podem ser ricas em matéria dissolvida.



Tipos de águas amazônicas

Água Branca (Rio Amazonas)



Água Clara (Rio Tapajós)

Água Preta (Rio Negro)



Componentes Opticamente Ativos

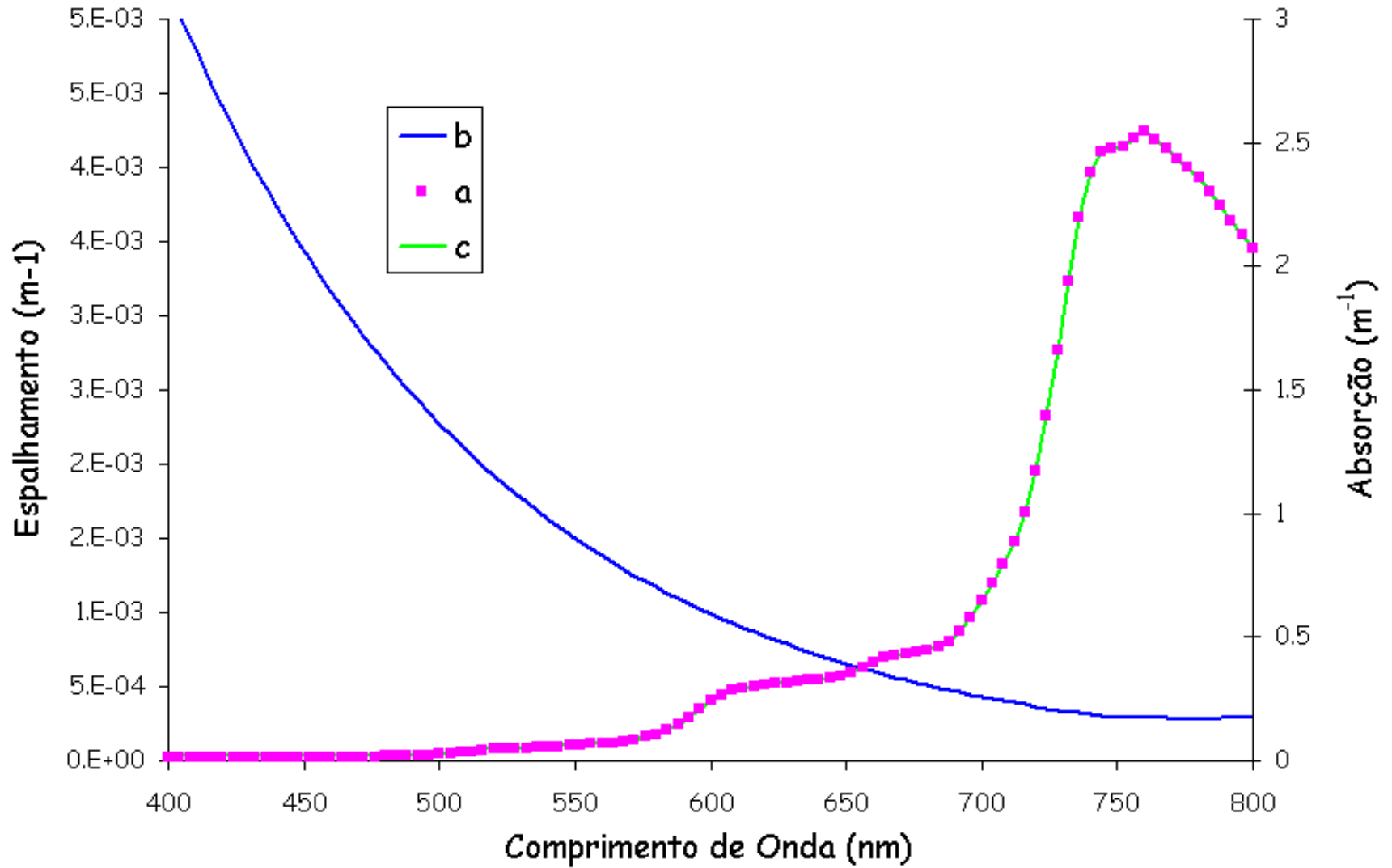
Água;

Substâncias húmicas dissolvidas;

*Material particulado em suspensão (TSS)
matéria orgânica viva (fitoplâncton) e
matéria inorgânica e detritos.*

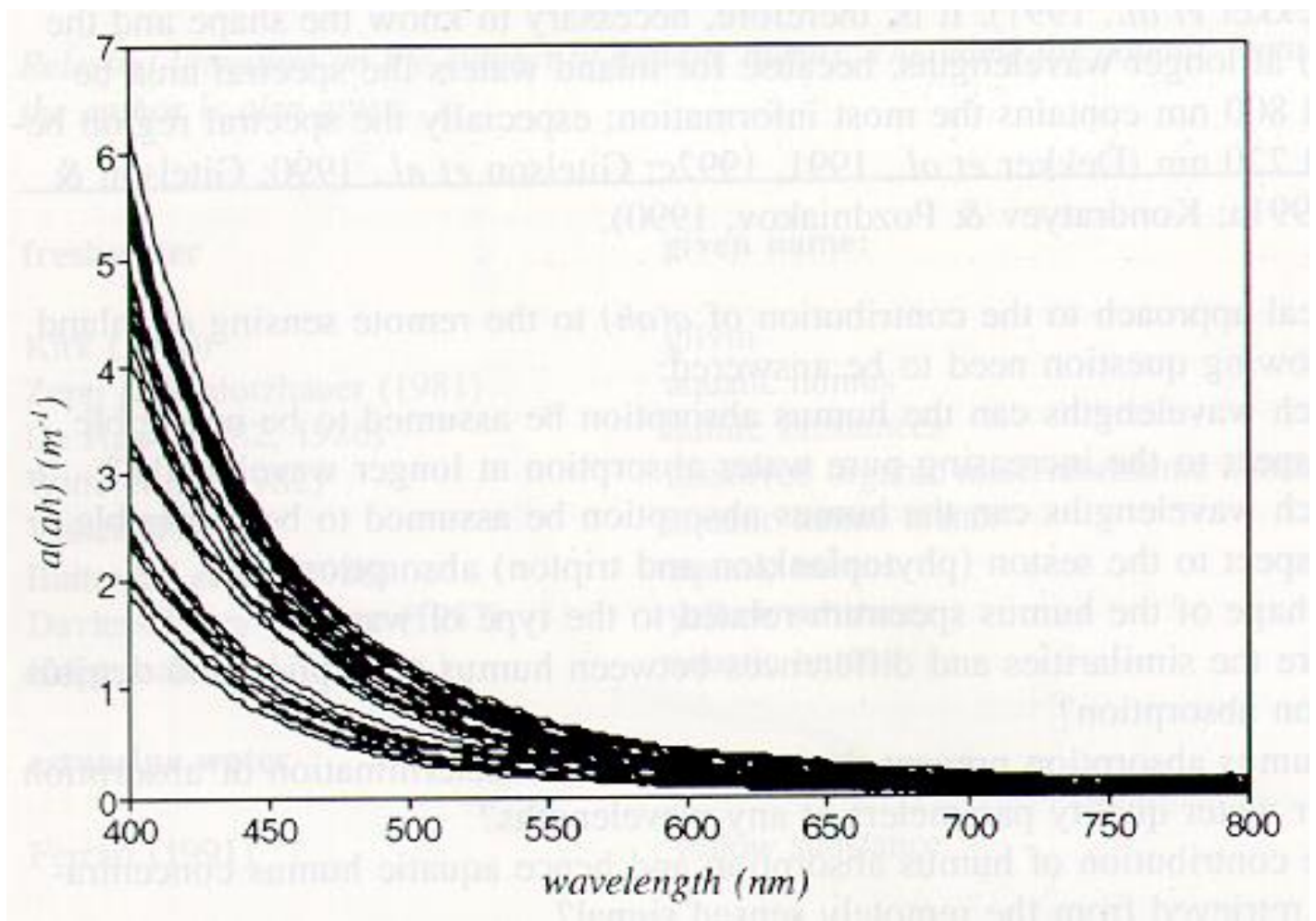
*Como as propriedades espectrais destes
componentes variam com o comprimento de onda
incidente?*

Água pura



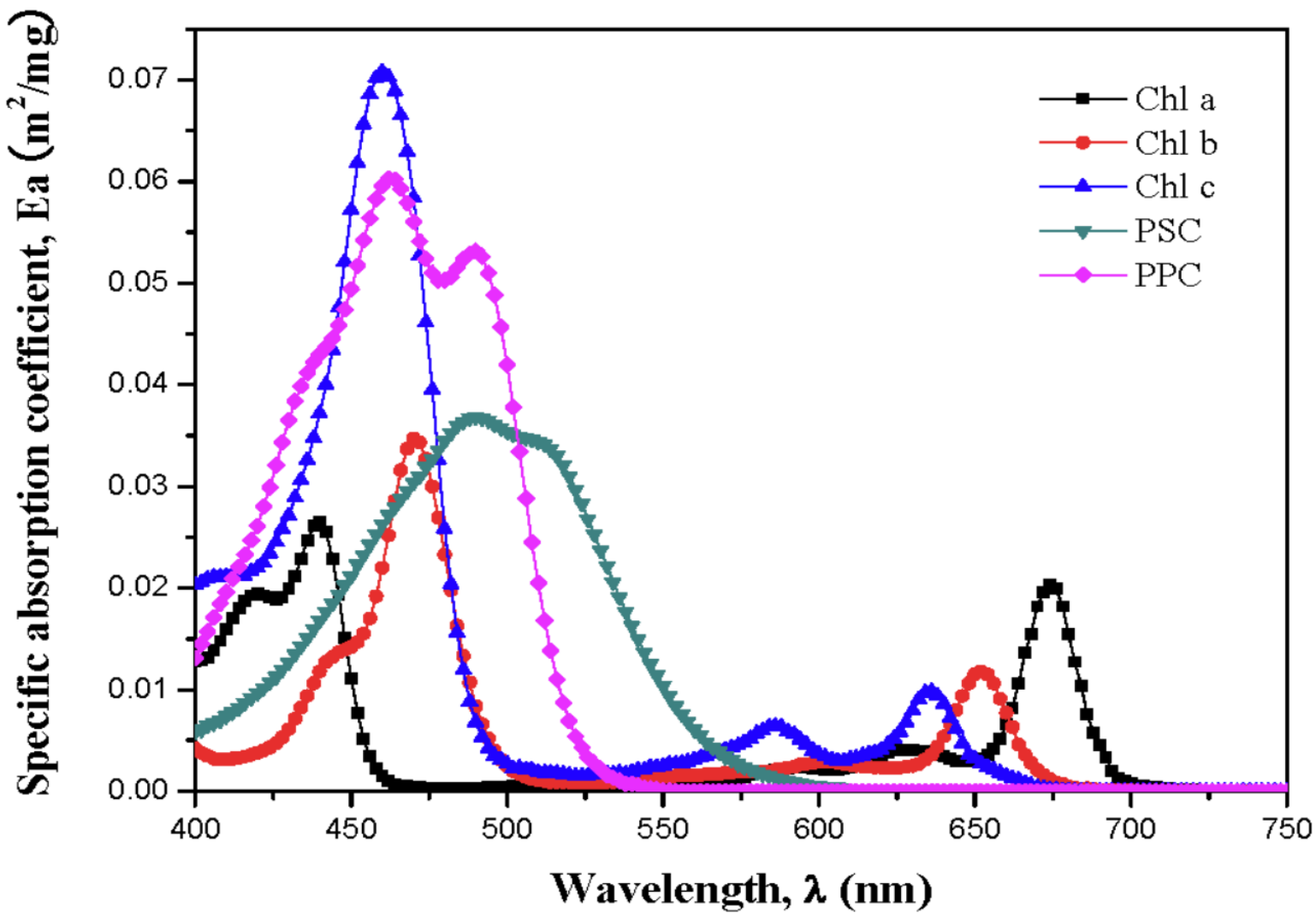
Spectro de reflexão da água (b/a),

Substâncias húmicas



Matéria inorgânica e detritos: similar as substâncias húmicas

matéria orgânica viva

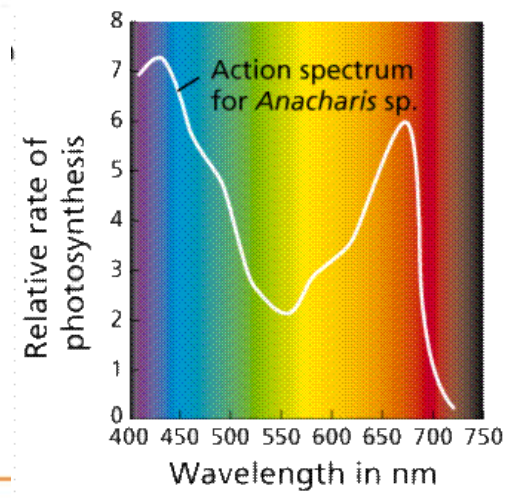
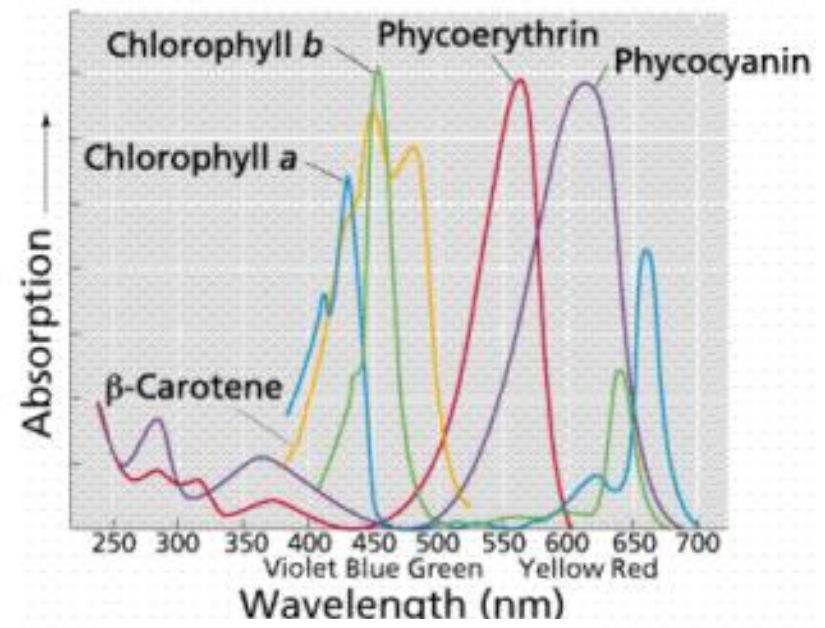
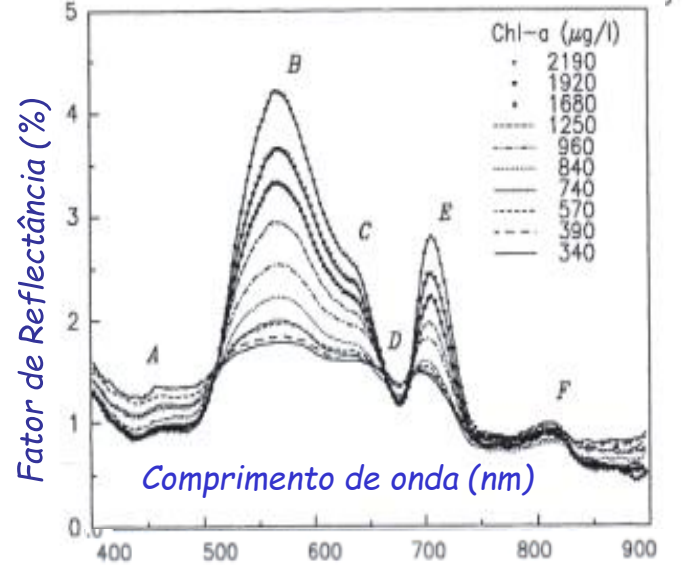
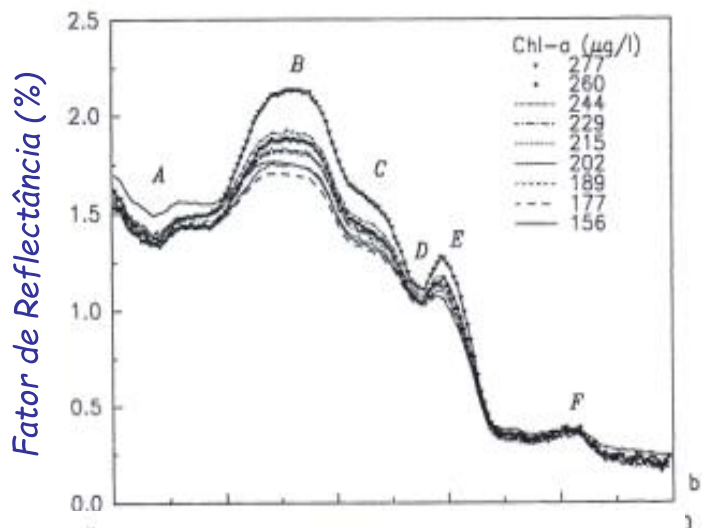


Assinaturas espectrais da composição da coluna d'água

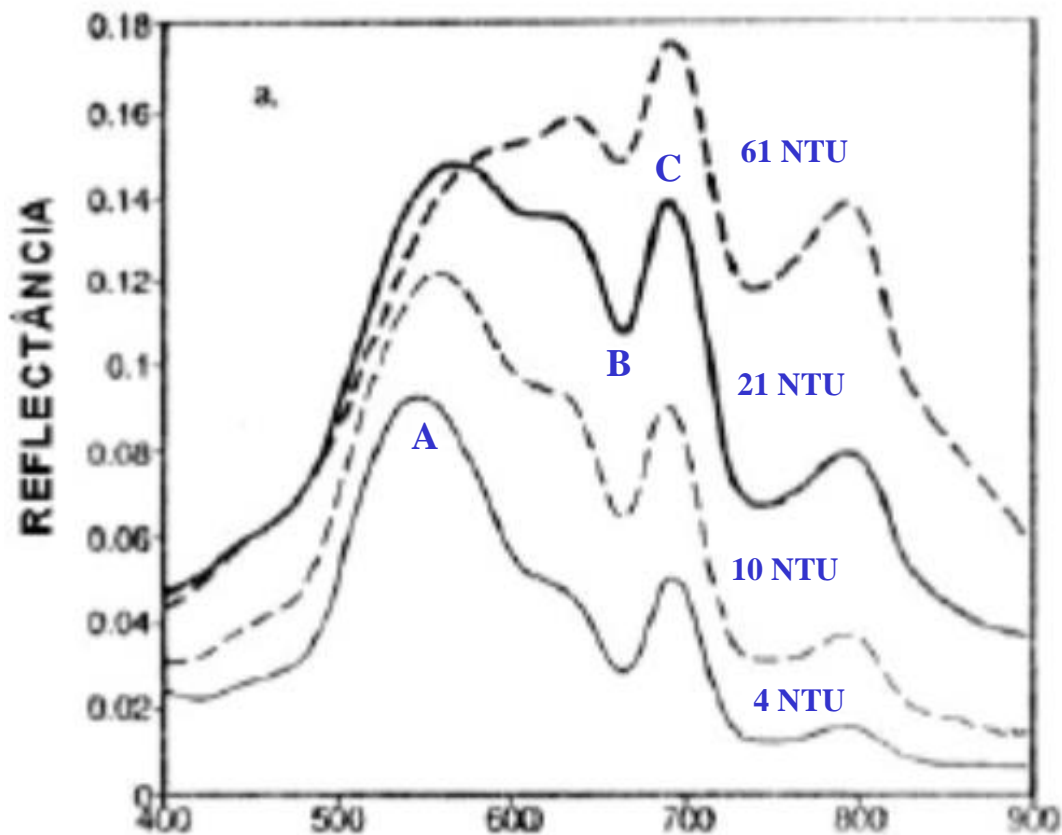
Curvas espectrais de absorção de alguns pigmentos



Diferentes concentrações de clorofila



Concentração fixa de clorofila e variando a concentração de sedimentos

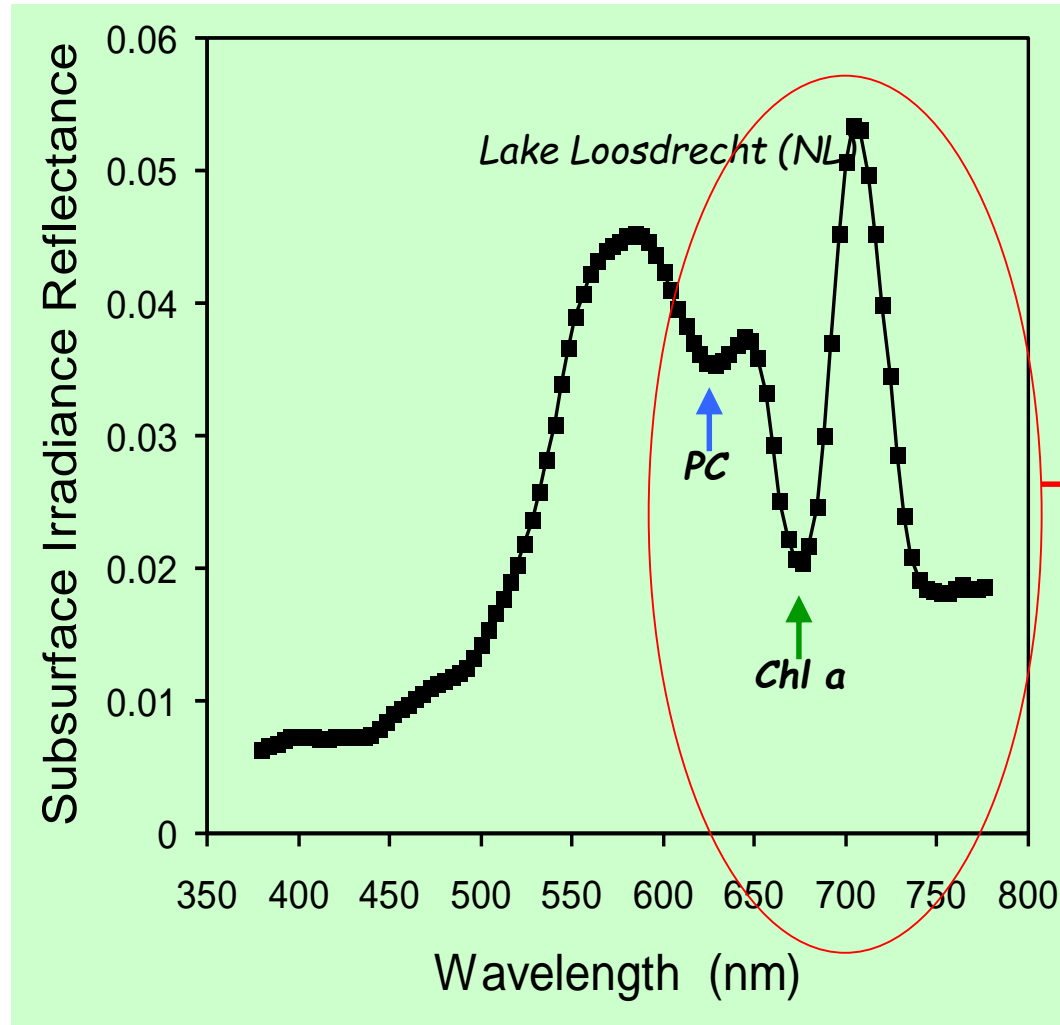


Ocorre interação entre a resposta de cada constituinte.

(um interfere no outro)

Águas complexas Tipo 2

Plancton total- Comportamento Espectral Ambientes Eutróficos



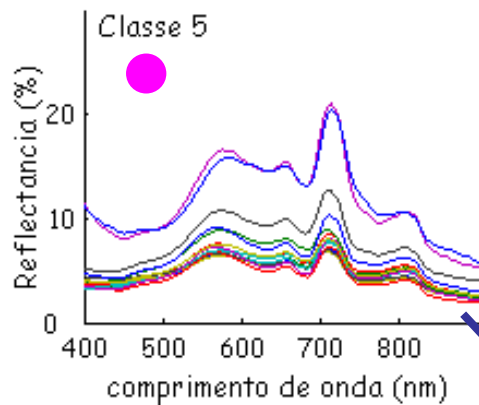
Informação no
domínio do
vermelho-
infravermelho

Florações de algas

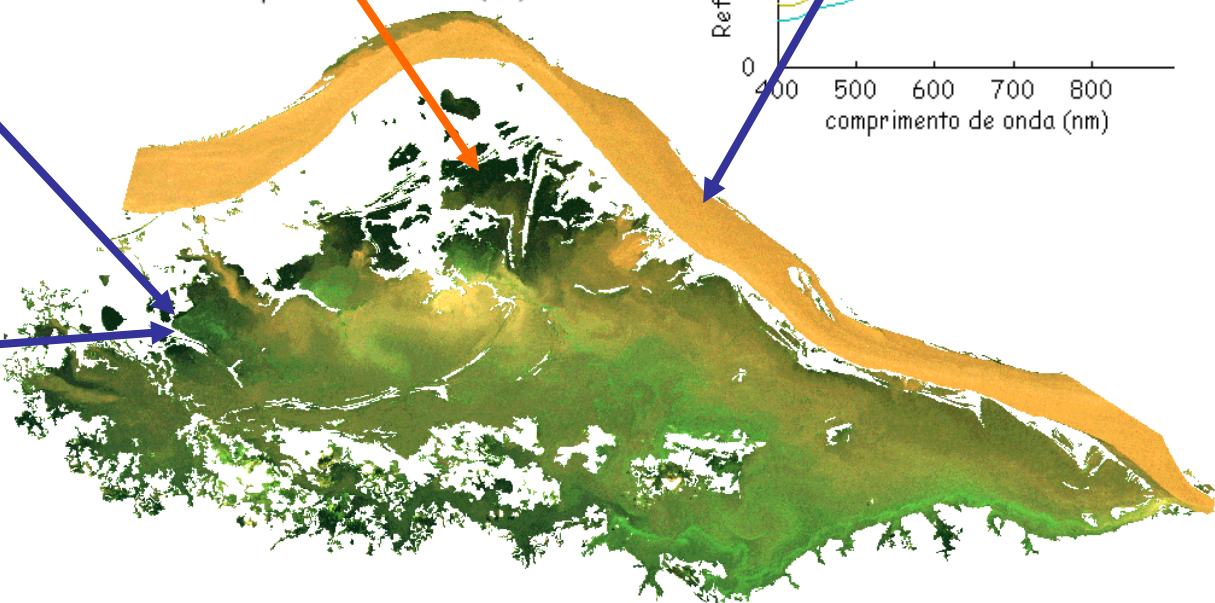
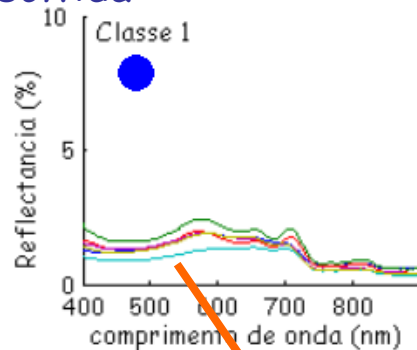


Curvas espectrais de diferentes corpos d'água

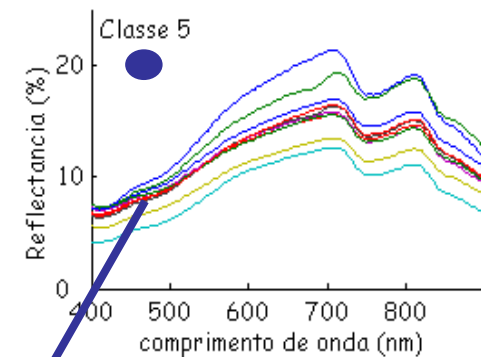
Espectros característicos de altas concentrações de organismos clorofilados



Espectros característicos de matéria orgânica dissolvida

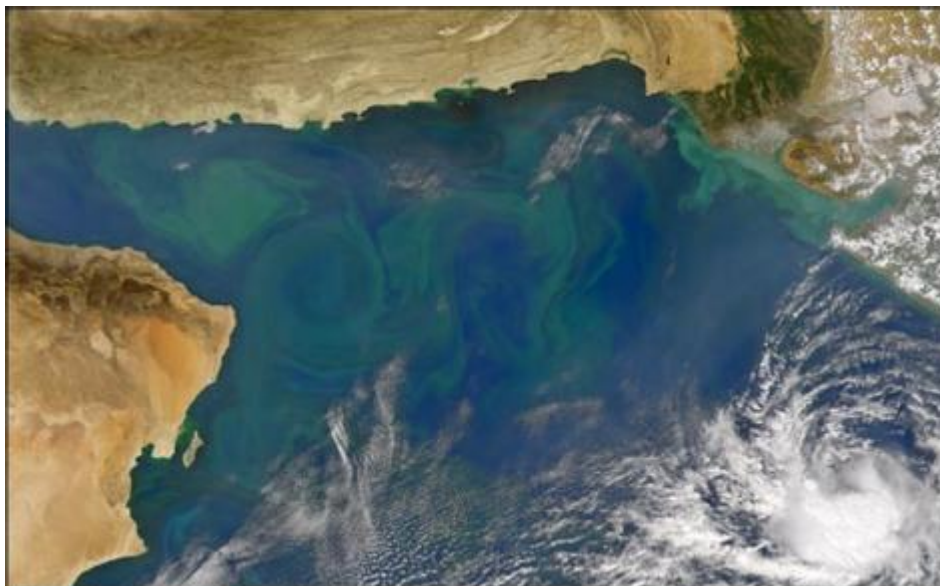


Espectros característicos de altas concentrações de sedimentos inorgânicos em suspensão

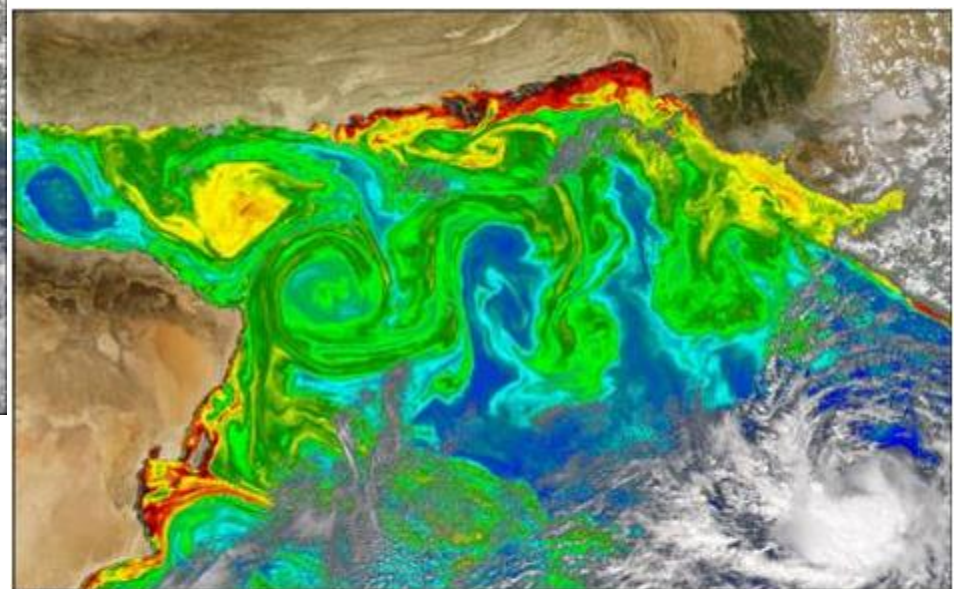


Exemplo de mapeamento de clorofila

Imagem multi-espectral



Mapeamento de concentrações de clorofila



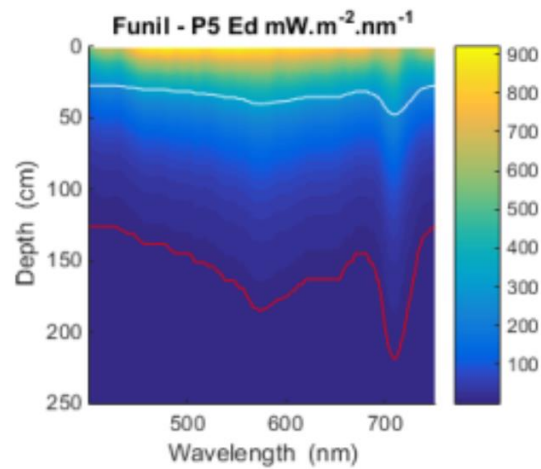
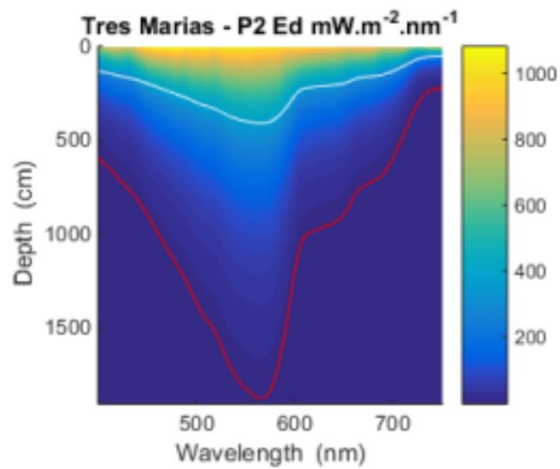
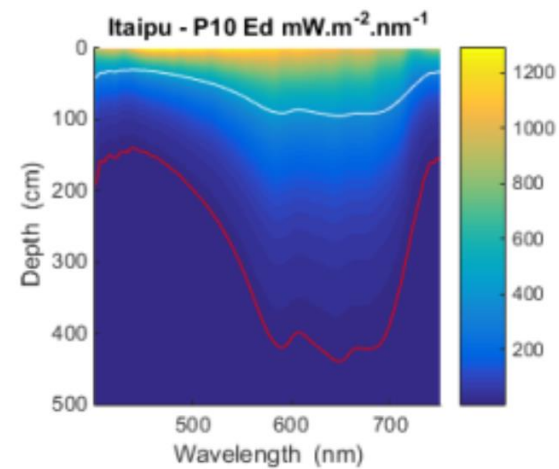
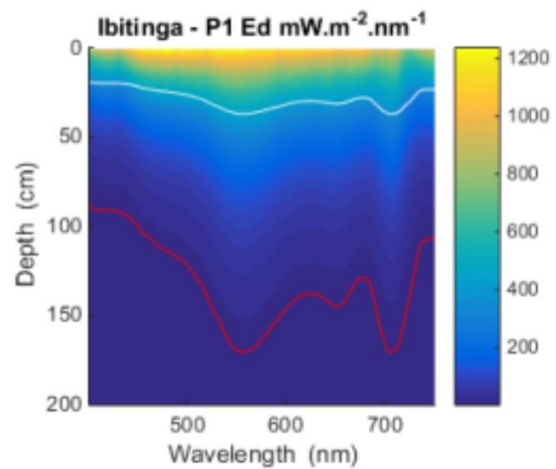
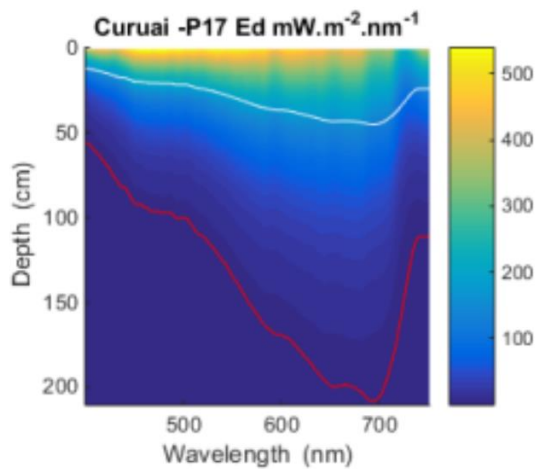
Chlorophyll Concentration

Ocean Chlorophyll Concentration (mg/m³)

0.05 1.0 10 50

http://apolo11.com/imagens_de_satelite.php

aplicações

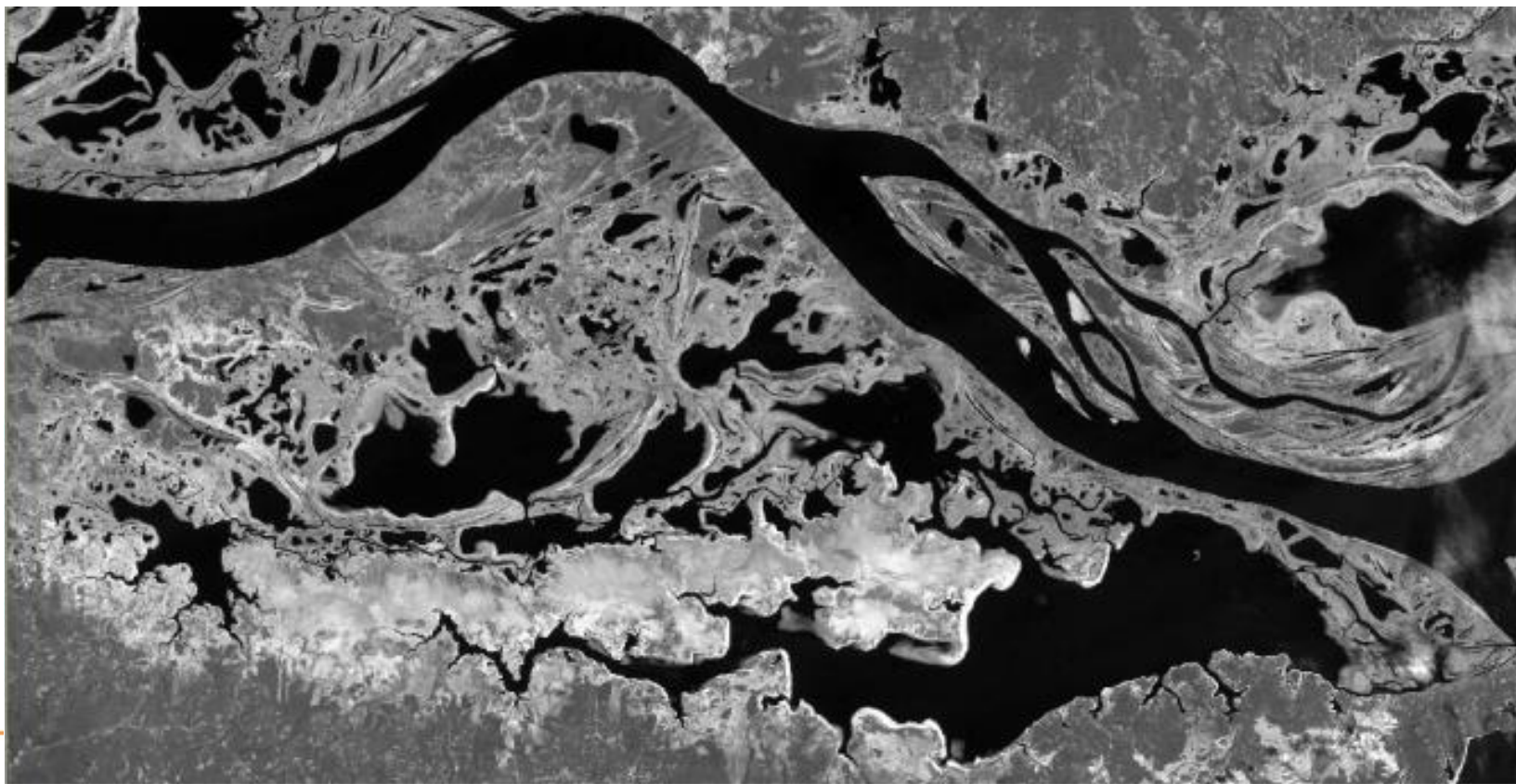
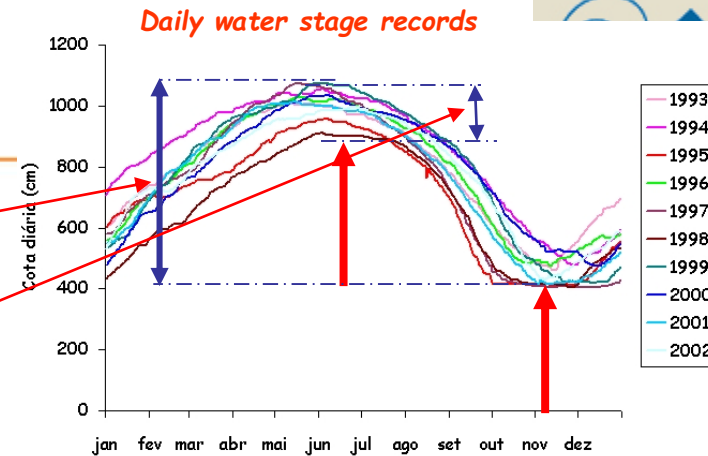


Exemplos de Aplicações

Dinâmica de inundação (flutuação do nível da água)

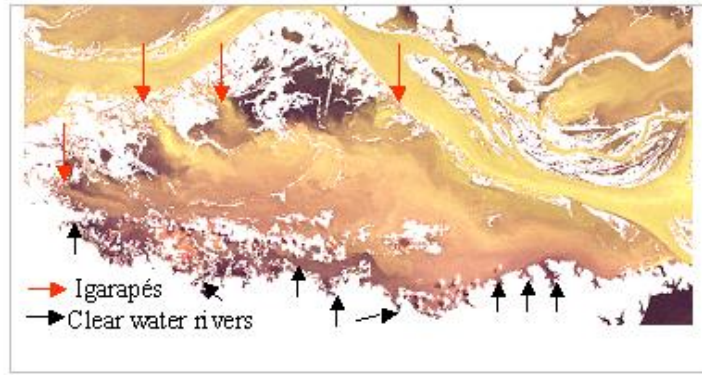
Amplitude annual de 7 metros

Flutuação interanual de 2 metros

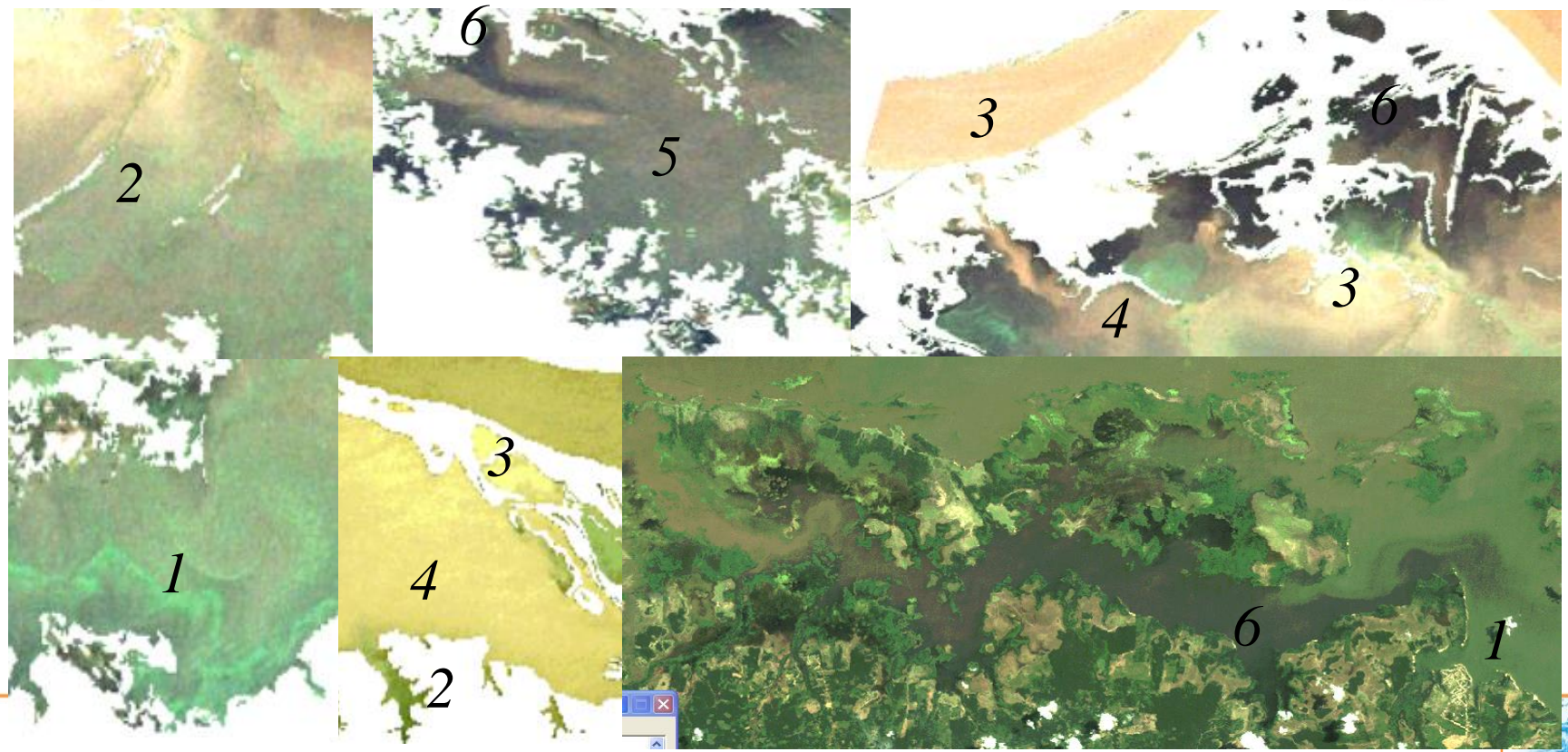
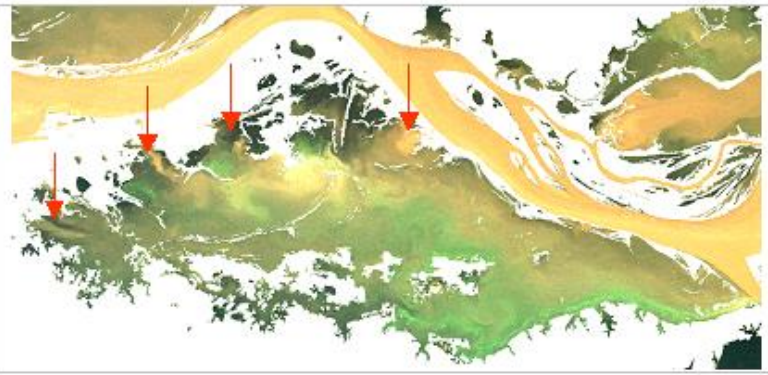


Composição da água em anos diferentes

1999



2002



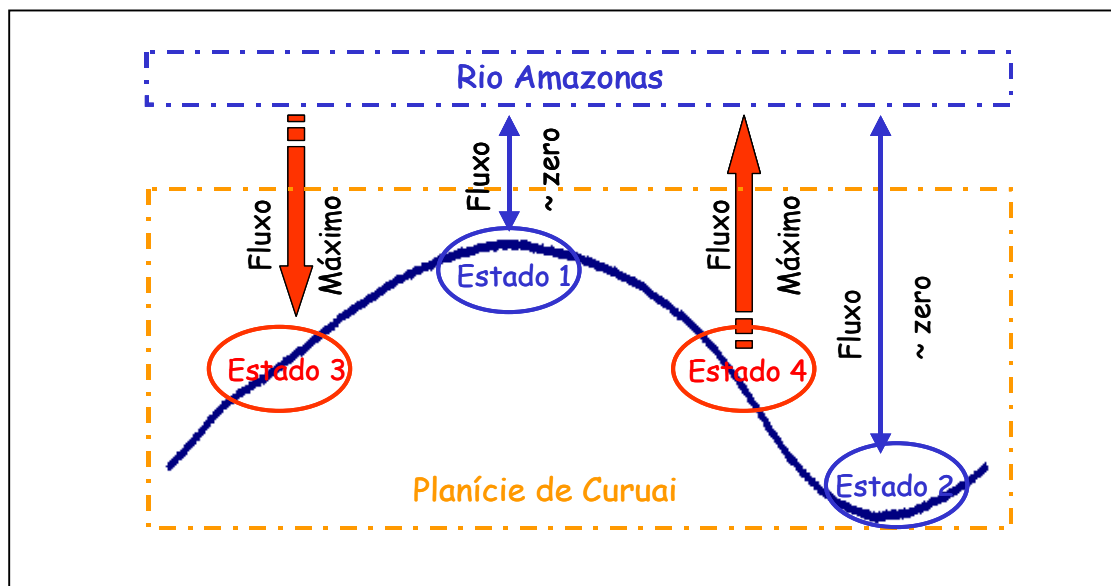
Exploratory analysis of water level records

Approach:

Treat the river/floodplain as a 4 states system based on water level dynamics:

States 1 e 2 *Stability*

States 3 e 4 *Instability*



Diferentes composições da água

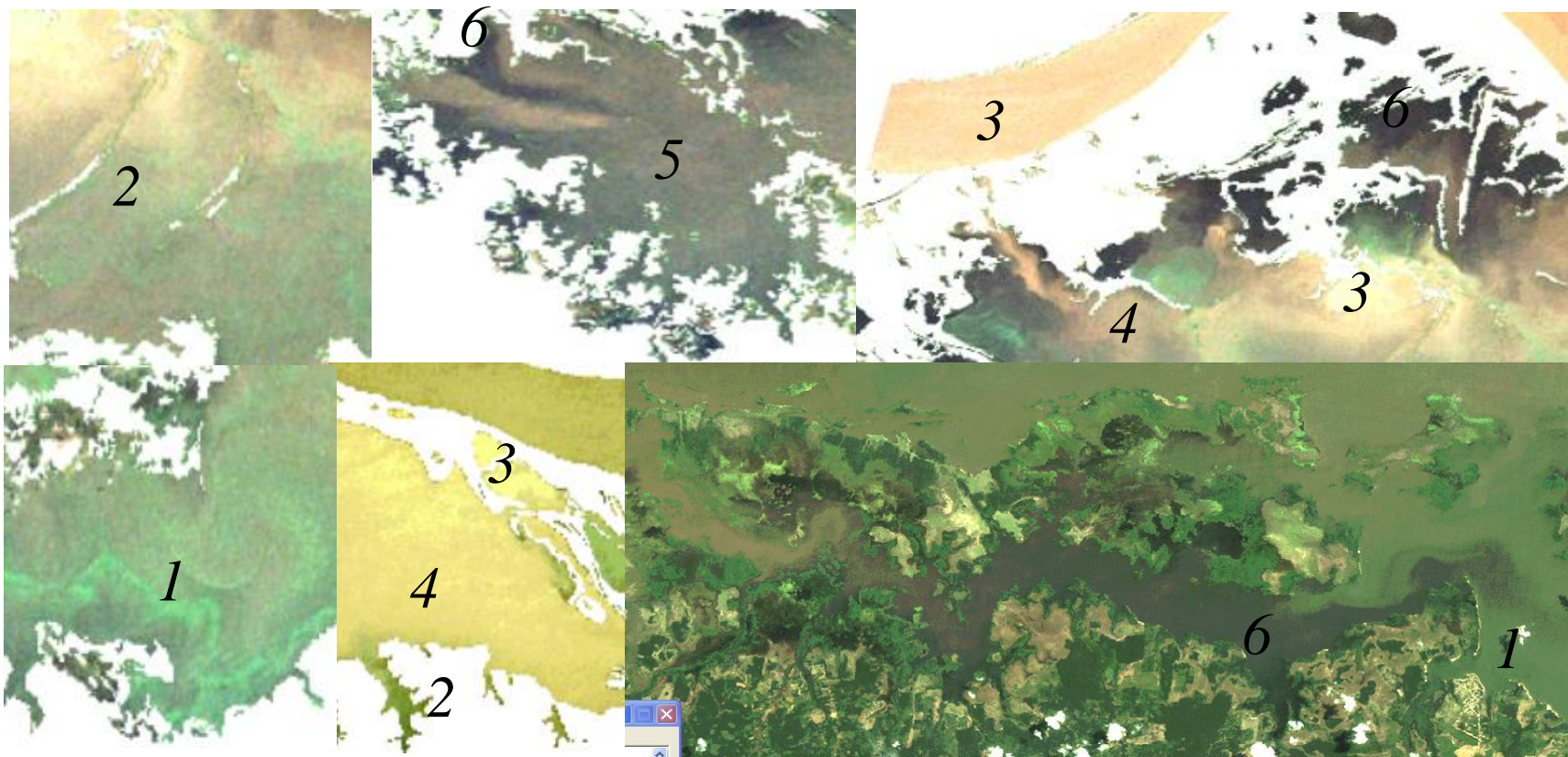
1 - alta concentração de clorofila

2 - média concentração de clorofila

3 - alta concentração de partículas inorgânicas 4 - média concentração de partículas inorgânicas

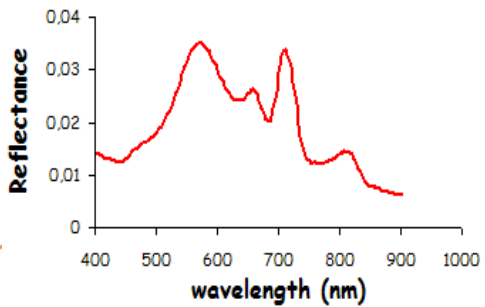
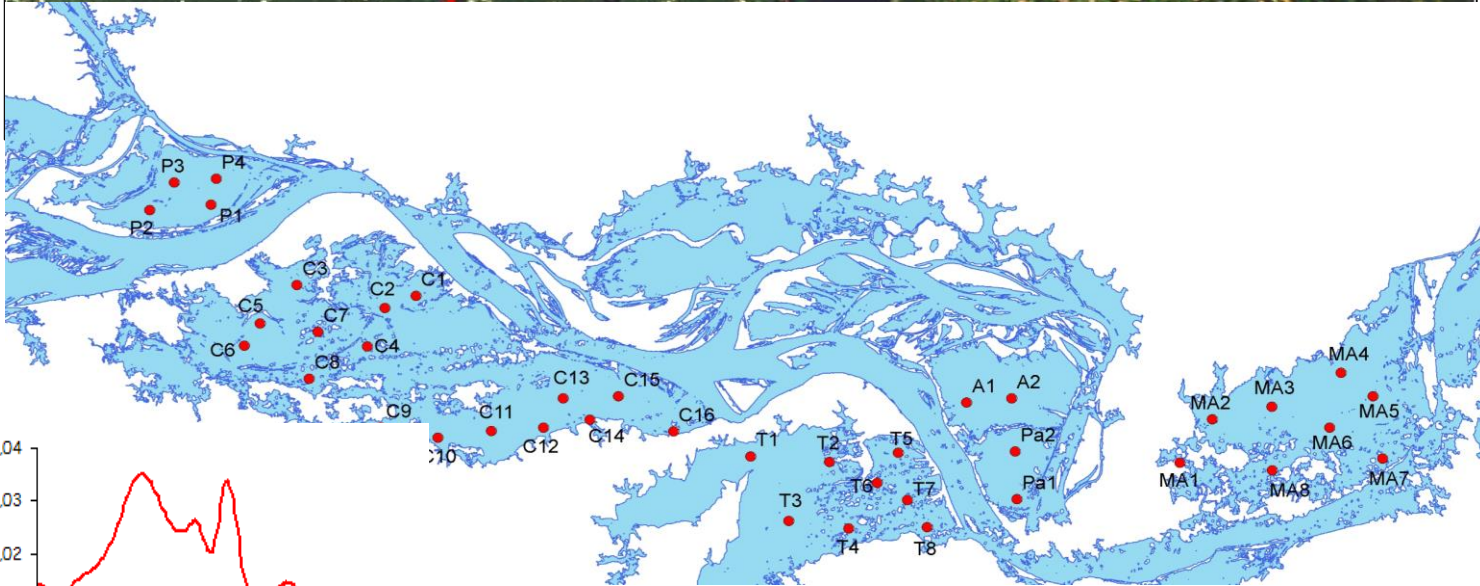
5 - média concentração de partículas orgânicas e baixa inorgânicas

6 - alta concentração de matéria orgânica dissolvida



(TM 1 -> Blue, TM 2 -> Green, TM 3 -> Red)

Sistemas aquáticos amostrados



Infraestrutura de campo



Infraestrutura de campo

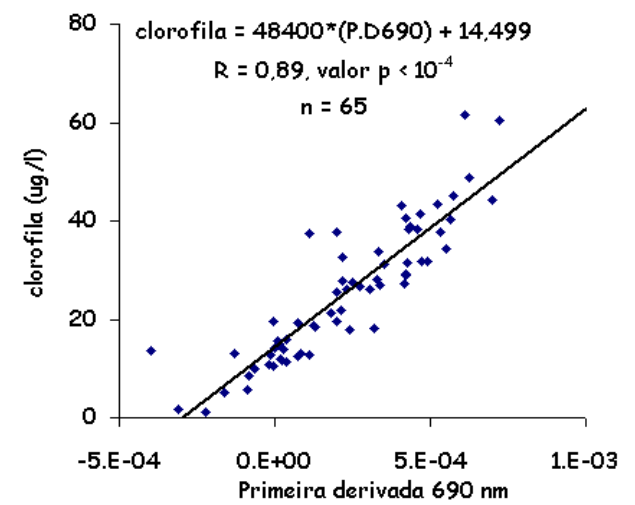
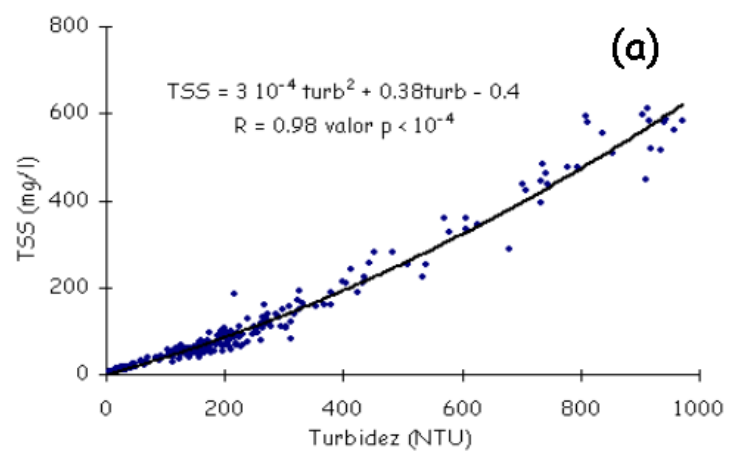
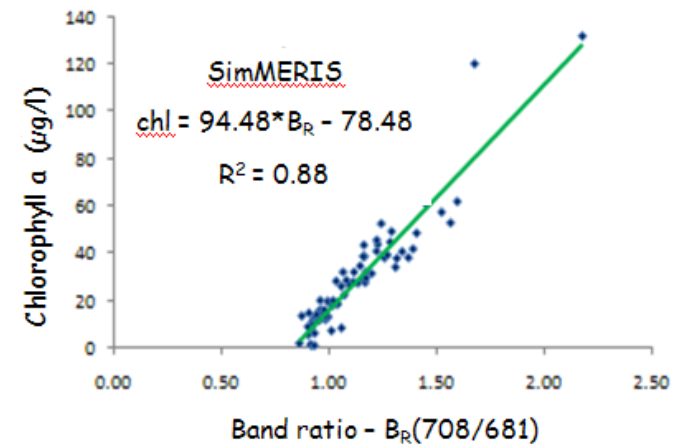
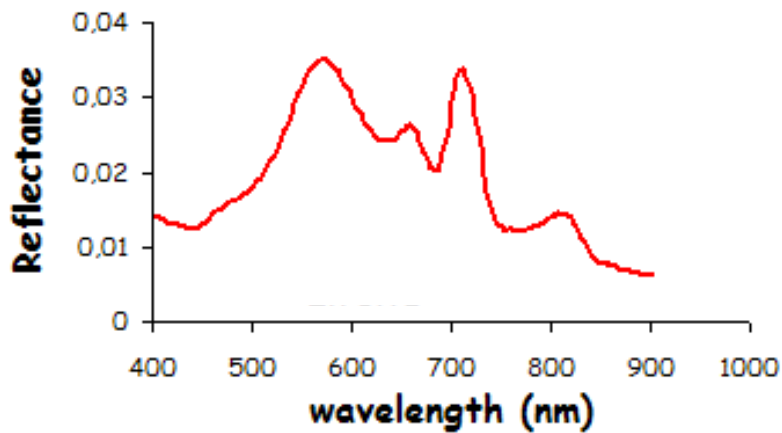


Infraestructura de campo

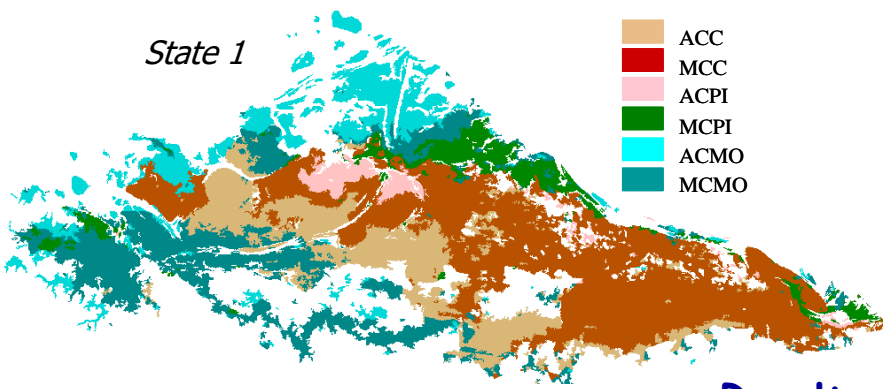
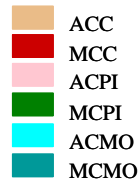


Infra estrutura utilizada

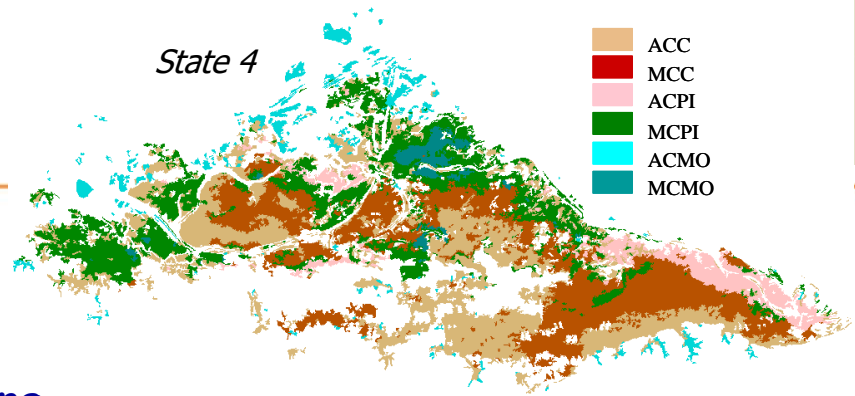
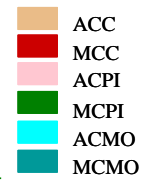




State 1

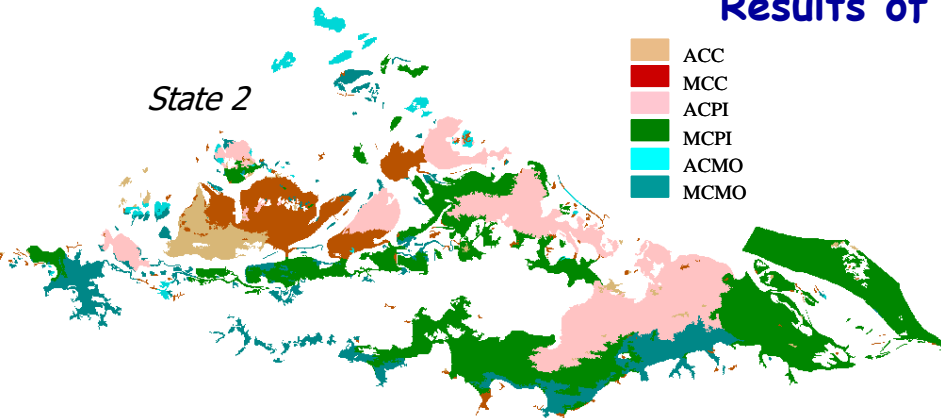
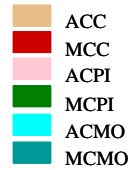


State 4

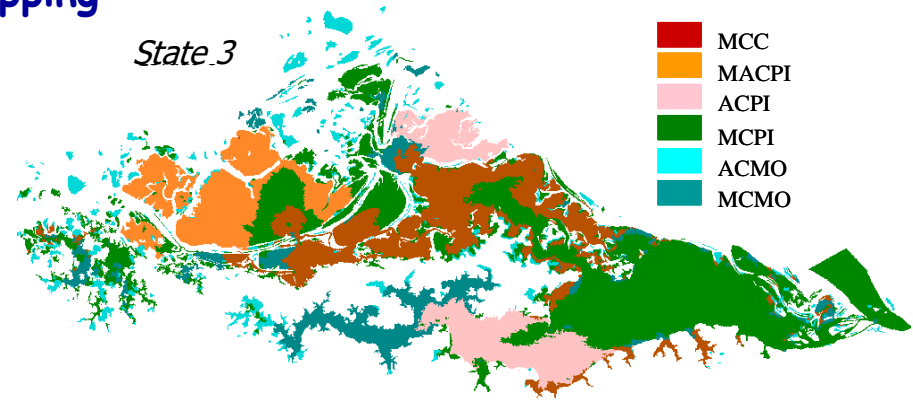
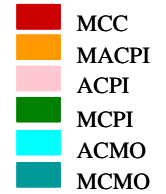


Results of mapping

State 2



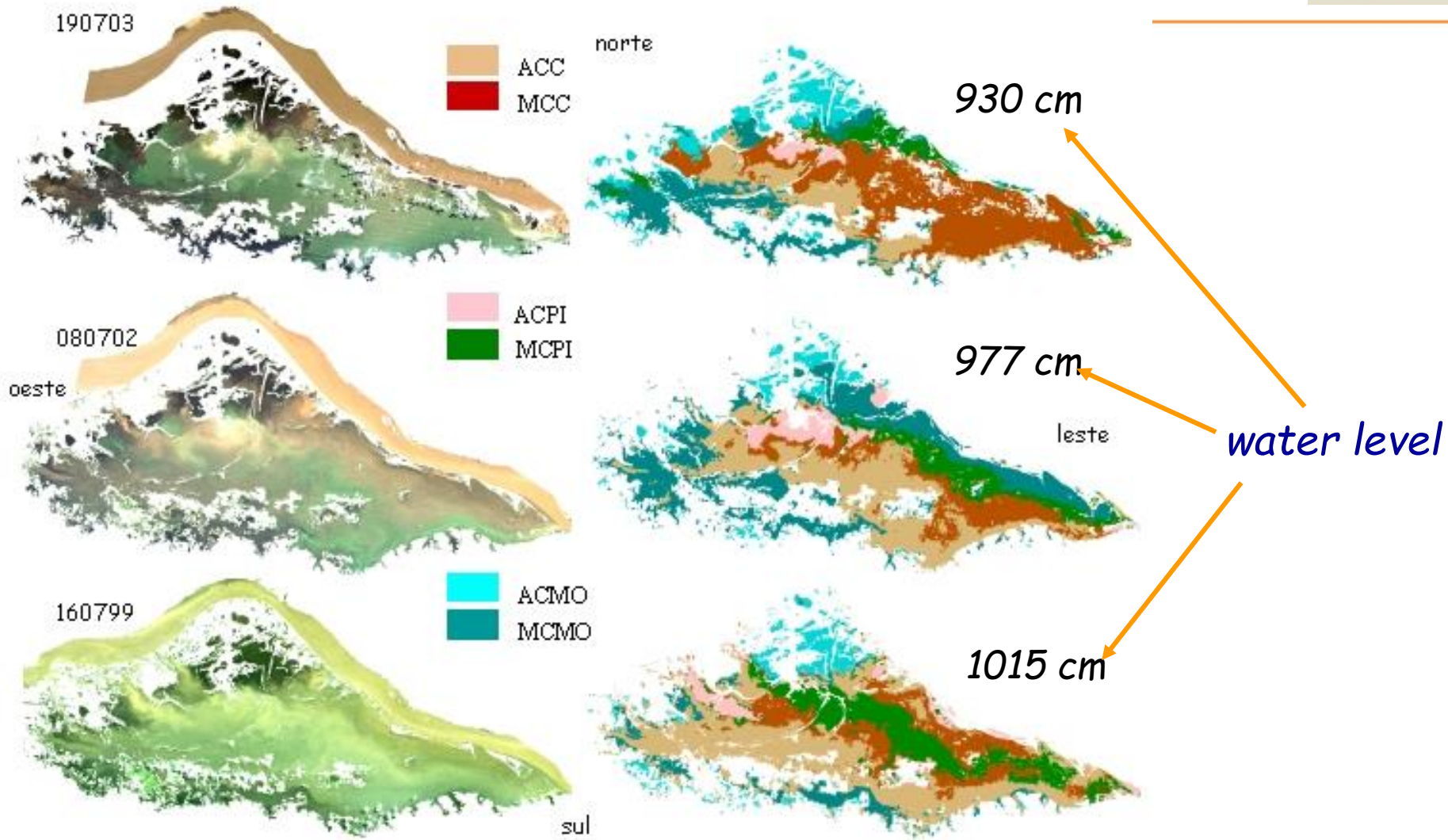
State 3



Legend

- ACC - High Chlorophyll Concentration;
- MCC - Medium Chlorophyll Concentration
- ACPI - High Inorganic Particle Concentration
- MCPI - Medium Inorganic Particle Concentration
- MACP - Very High Inorganic Particle Concentration
- ACMO - High Dissolved Organic Matter Concentration
- MCMO - Midium Dissolved Organic Matter Concentration

Multi-temporal Sequence - high water



Predominance of chlorophyll is recurrent in high water

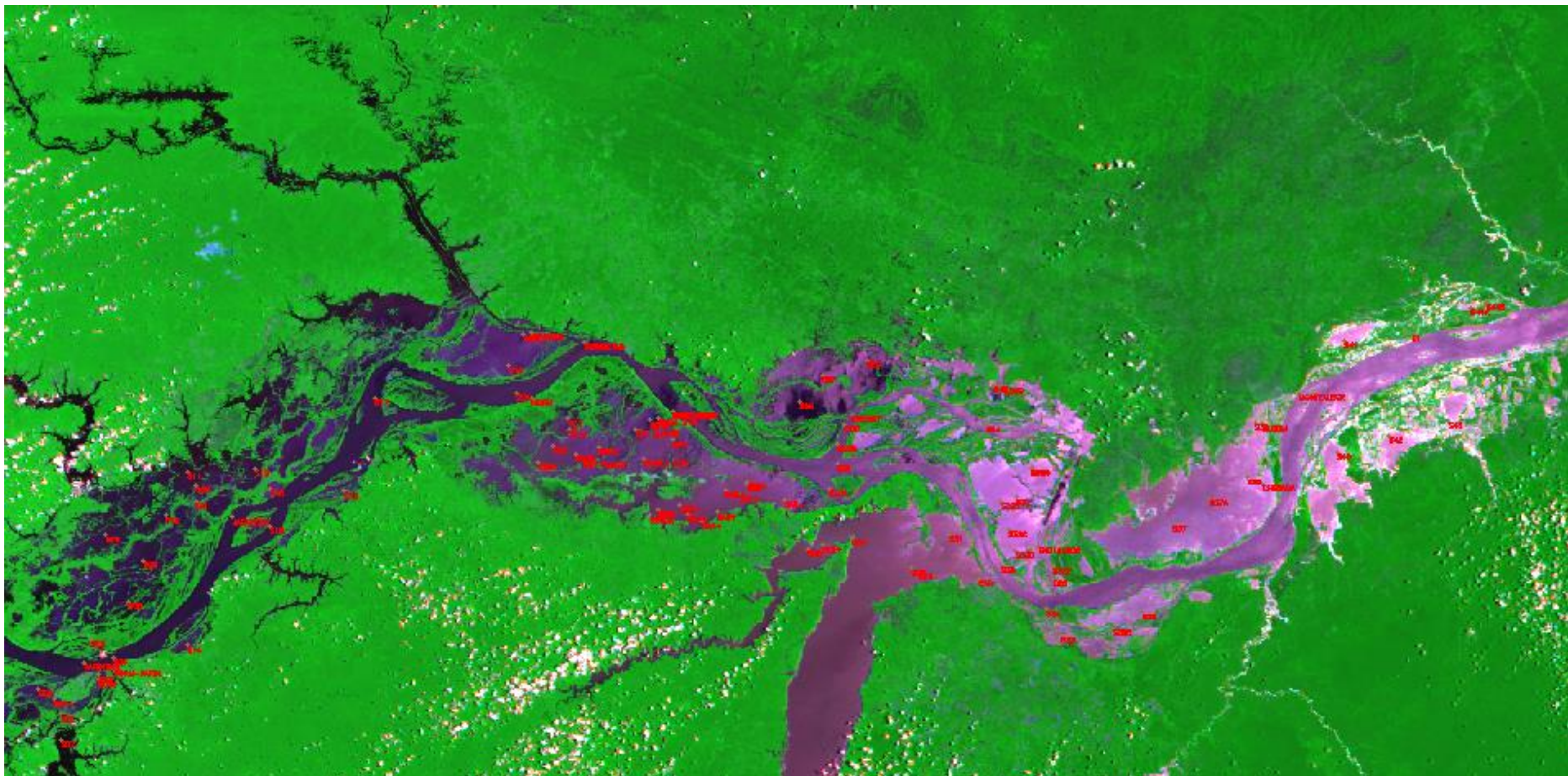
Exemplo: mapeamento de clorofila



Mapeamento de clorofila por imagens do sensor MODIS

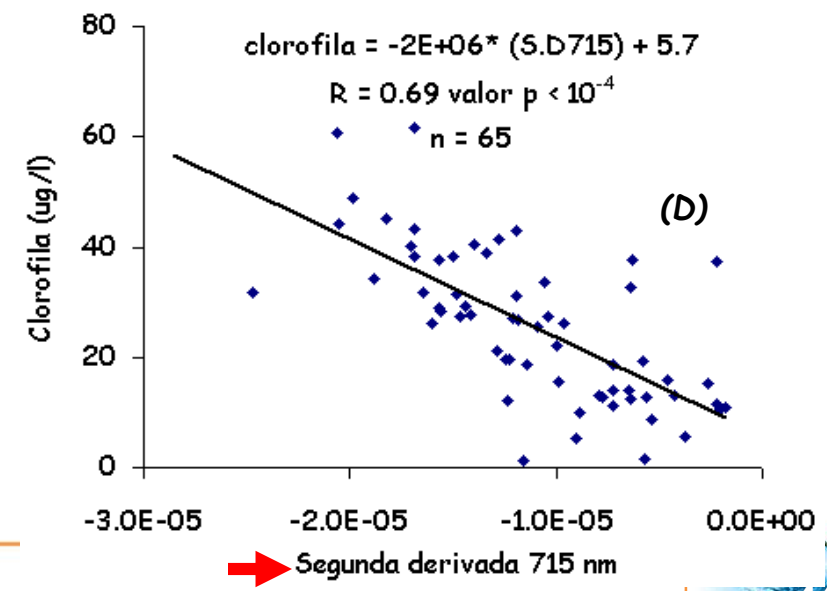
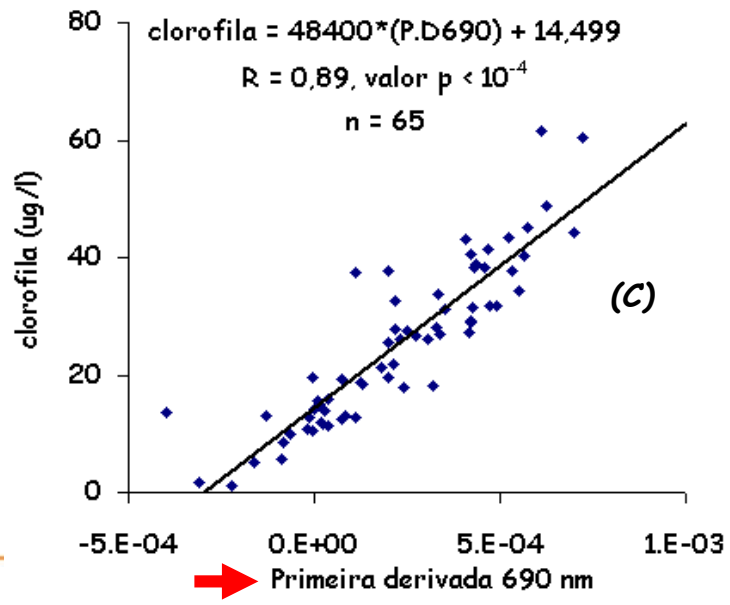
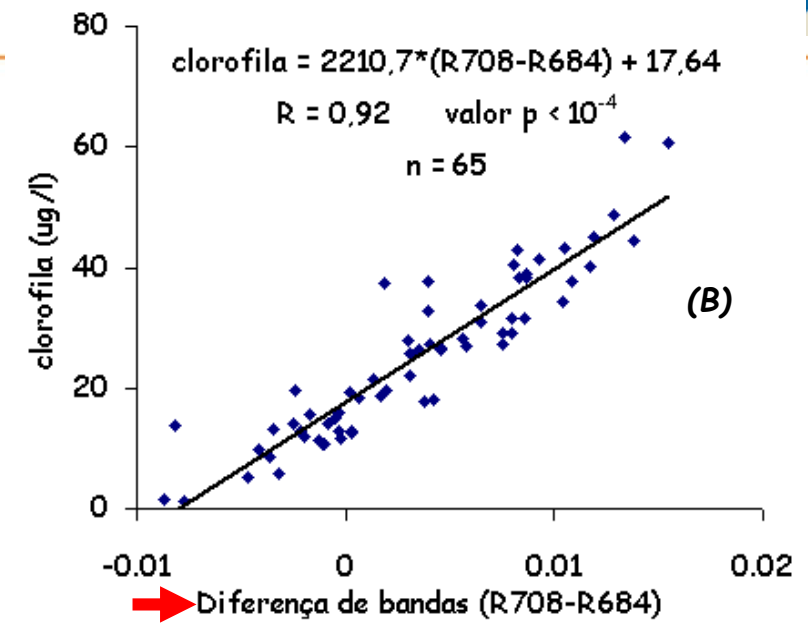
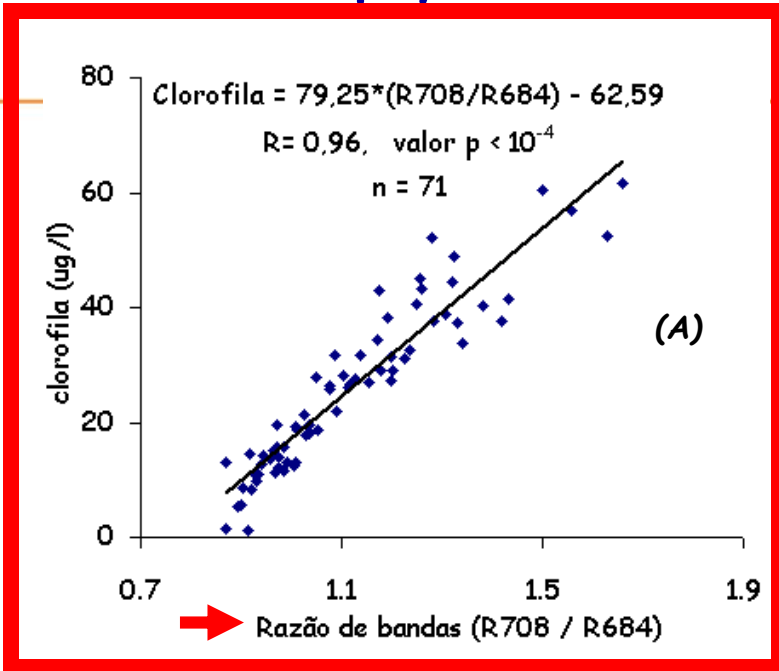
Novo et al. 2006

Calibração da imagem (modelo)



Aquisição de verdade terrestre

Chlorophyll concentration (empirical models)



Mudança sazonal na distribuição espacial de clorofila em lagos da planície de inundação derivadas de imagens MODIS



2003 Chl distribution



Seasonal changes :2002 and 2003



2006



2006

...ing Workshop
arch 1, 2007
Switzerland

Limnology (2006) 7:153-161



100 Km

Evaluate the relationship between pirarucu abundance in floodplain lakes and its habitat characteristics through the integration of optical and radar remote sensors and field data in GIS

Obrigado

aplicações

