

Photosynthesis

Methods to measure Primary Productin in situ

Irradiance – Production Curves

PPM

Vanda Brotas

2nd November 2023

Ponto prévio: matéria da PPM nos media

- <https://www.theguardian.com/world/2023/sep/20/severe-plankton-bloom-off-thailand-creates-marine-dead-zone>



Ponto prévio: matéria da PPM nos media

- <https://www.bbc.com/news/uk-northern-ireland-66838618>



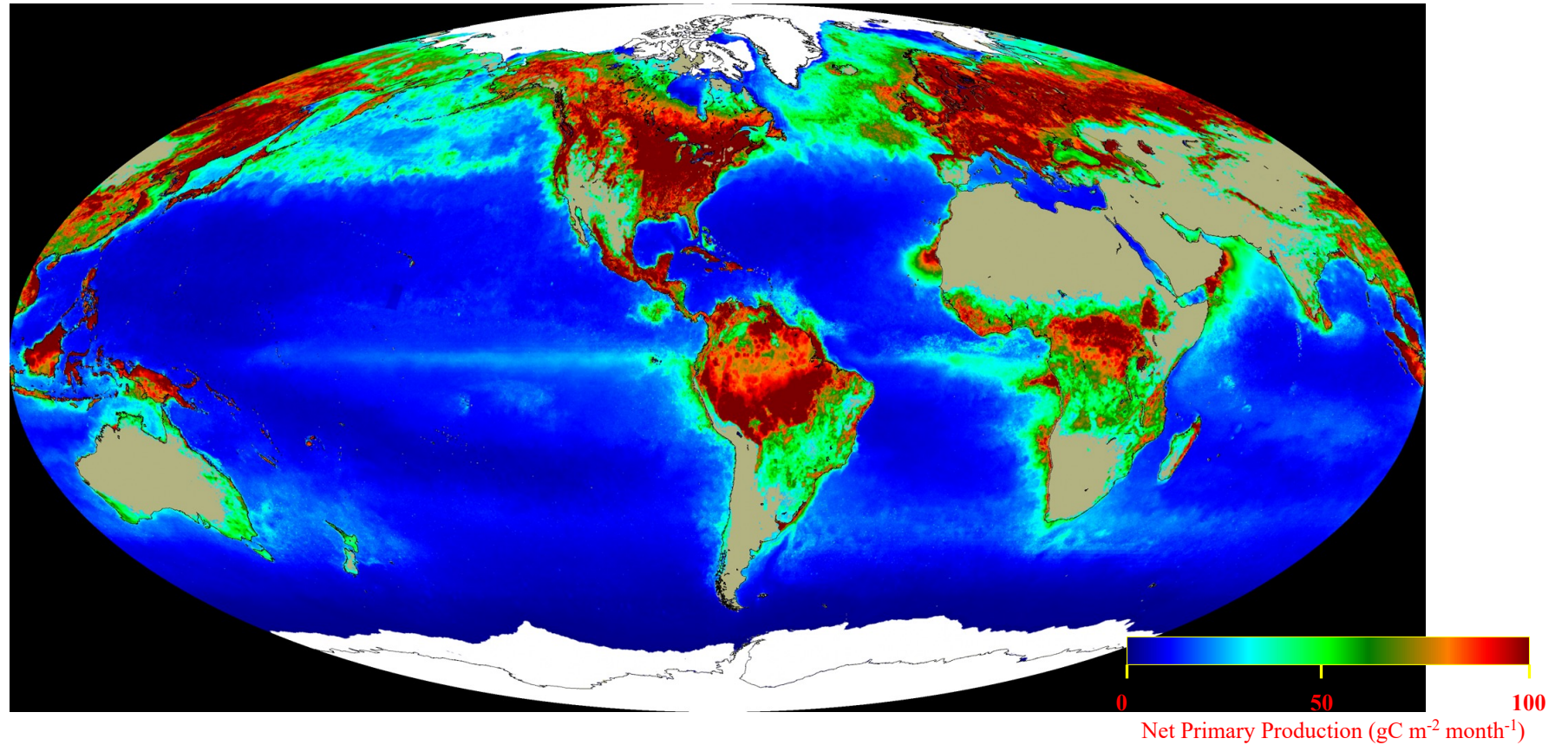
A public meeting has been held to discuss concern over blue-green algal blooms in Lough Neagh.



20 September 2023

Lecture outline

- Definition of Primary Production (PP). Gross and Net Production.
- Methods to measure PP
- Where does photosynthesis occur in the algae cell?
Photosystems I and II : composition
- P-E curves, Photosynthesis –Irradiance curves
- Values of PP in the open ocean and in Portuguese Coast



-

Biospheric Productivity = 110 - 120 Gt C y^{-1}

- (

- **Approx. 50% on land & 50% in the ocean surface**

- **Phytoplankton responsible for >95% of ocean productivity**

Michael Behrenfeld Goddard Space Flight Center, NASA



PRIMARY PRODUCTION DEFINITION:

Primary production is the rate of production

In other words it is the amount of inorganic carbon assimilated by phytoplankton via the process of photosynthesis in a given volume of water over a given time period.

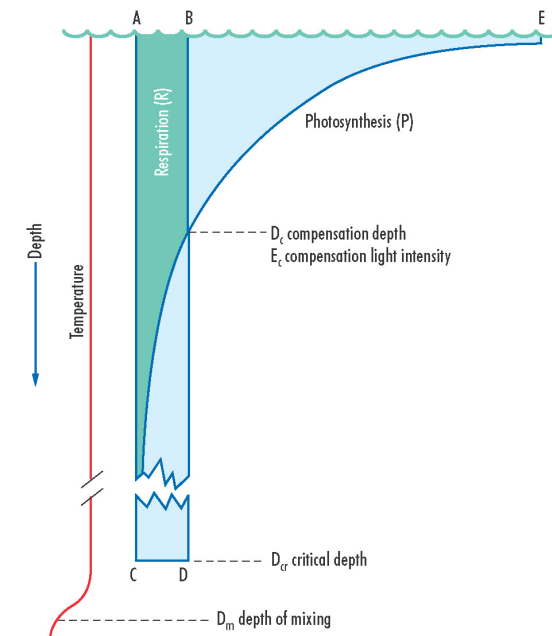
Typical oceanic range (per unit volume):

10-100 mg C m⁻³ day⁻¹

Typical oceanic mean value (per unit area):

75 - 1000 mg C m⁻² day⁻¹

In this case, the production of the whole euphotic water column, is integrated and expressed per area (m⁻²), see next slides



- Methods to measure PP

Measuring Primary Production

2 main approaches

- i) Measuring the change in biomass – used for example for macroalgae (although we should account for grazing)
- ii) Measuring the exchanges of chemical elements between organisms and the aquatic environment.
 - a) Oxygen method
 - b) C14 method
 - c) Use of isotopes C13 and O18



Medição da produtividade primária:

2 aproximações:

- i) medir o acréscimo de biomassa,
- ii) medir as trocas de elementos químicos entre os organismos e o ambiente

i) Acréscimo de biomassa – utilizado para macroalgas (há que ter em conta as percas de biomassa, ex., herbivoria).

ii) Métodos de medição da produção primária: por incubação das amostras à luz e no escuro. Apresentam-se dois métodos: a) método do oxigénio e b) do carbono 14



Oxygen method: oxygen content is measured in the bottles before and after incubation

Método do
garrafas claras
Garrafas escuras
Para medir a Produção Líquida,
Respiração e
Produção Bruta

Amostras são incubadas por um período de
Tempo (2-3 horas)
Samples are incubated for 2-3 hours

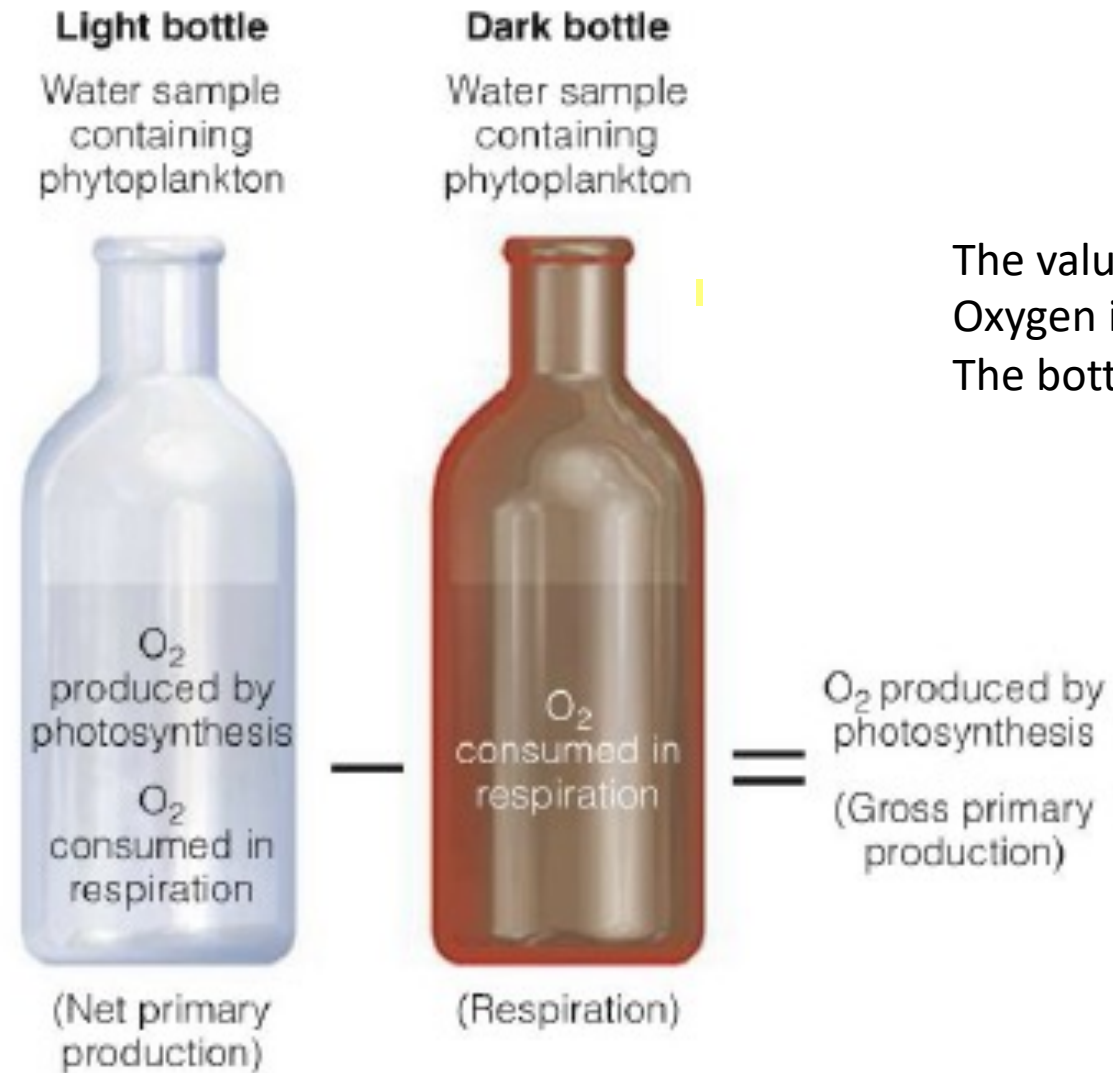
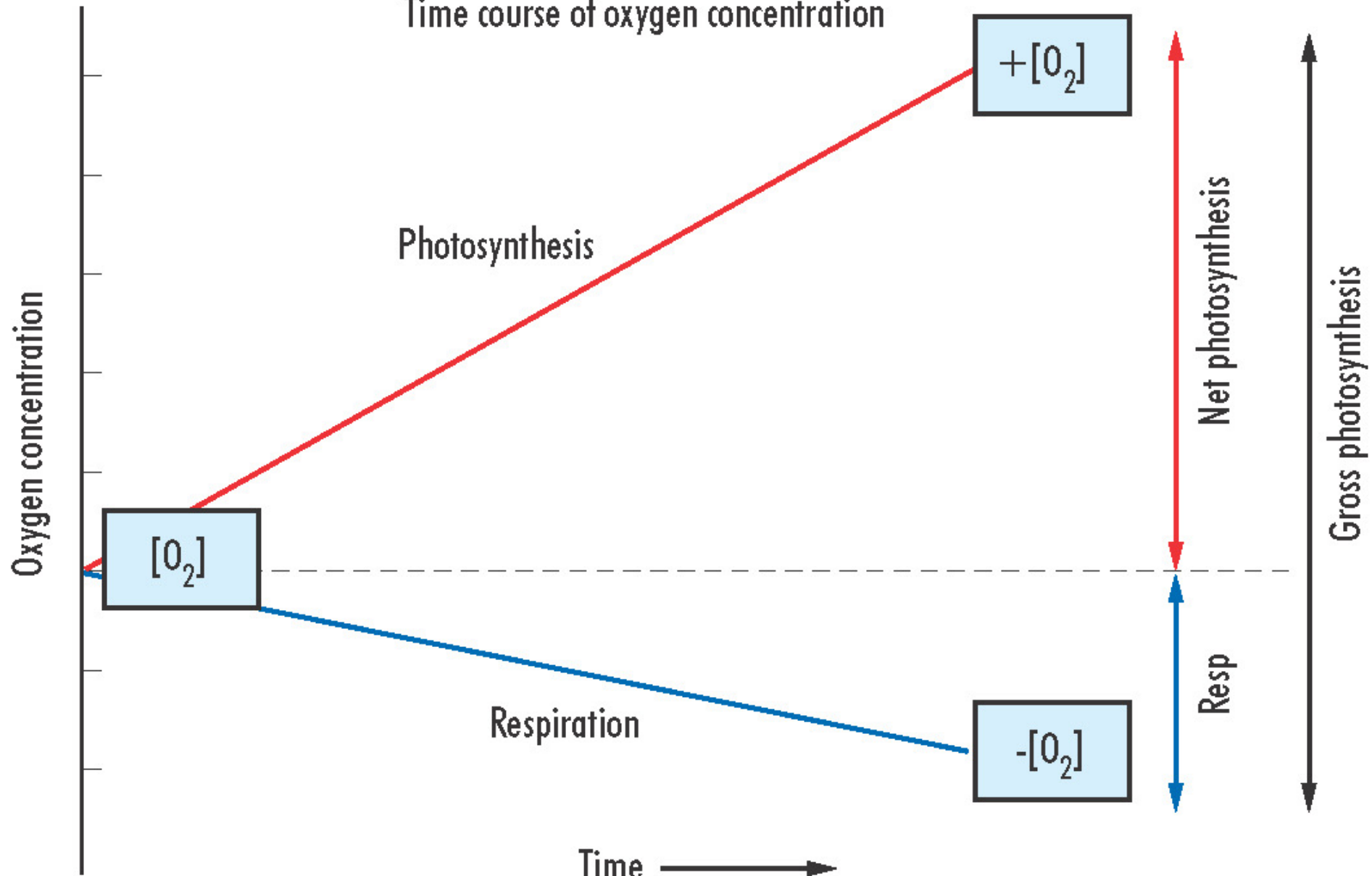


Fig 21.1 Elements of Ecology, cap 21

Produção bruta = Produção líquida – (- Respiração)

Gross Production = Net Production – (-Respiration)

Time course of oxygen concentration



O método do **carbono radioactivo (14C)**, Steemann Nielsen (1952),

Princípio:

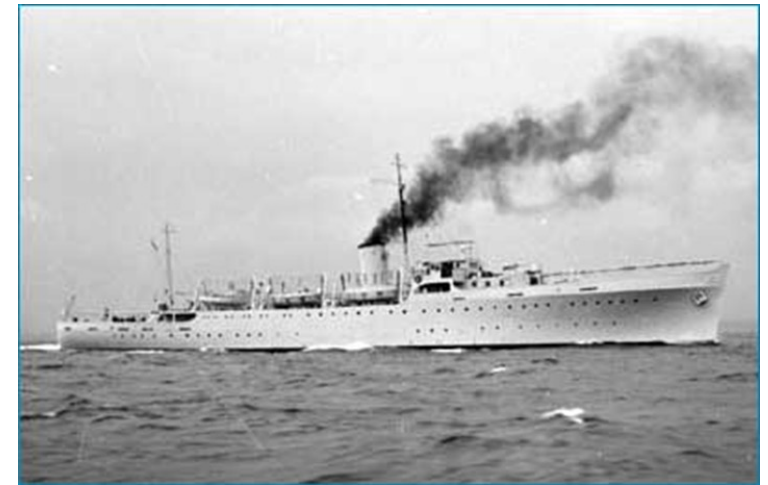
Uma quantidade conhecida de carbonato radioactivo $^{14}\text{CO}_3^{2-}$, na forma de hidrogeno carbonato de sódio $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$, é adicionada às amostras a analisar.

As amostras são submetidas a incubação por um determinado período de tempo
Amostras são filtradas sob vácuo

A radioactividade dos filtros é medida, pelo que a quantidade de ^{14}C encontrada nos filtros é utilizada para estimar a taxa de produtividade primária.



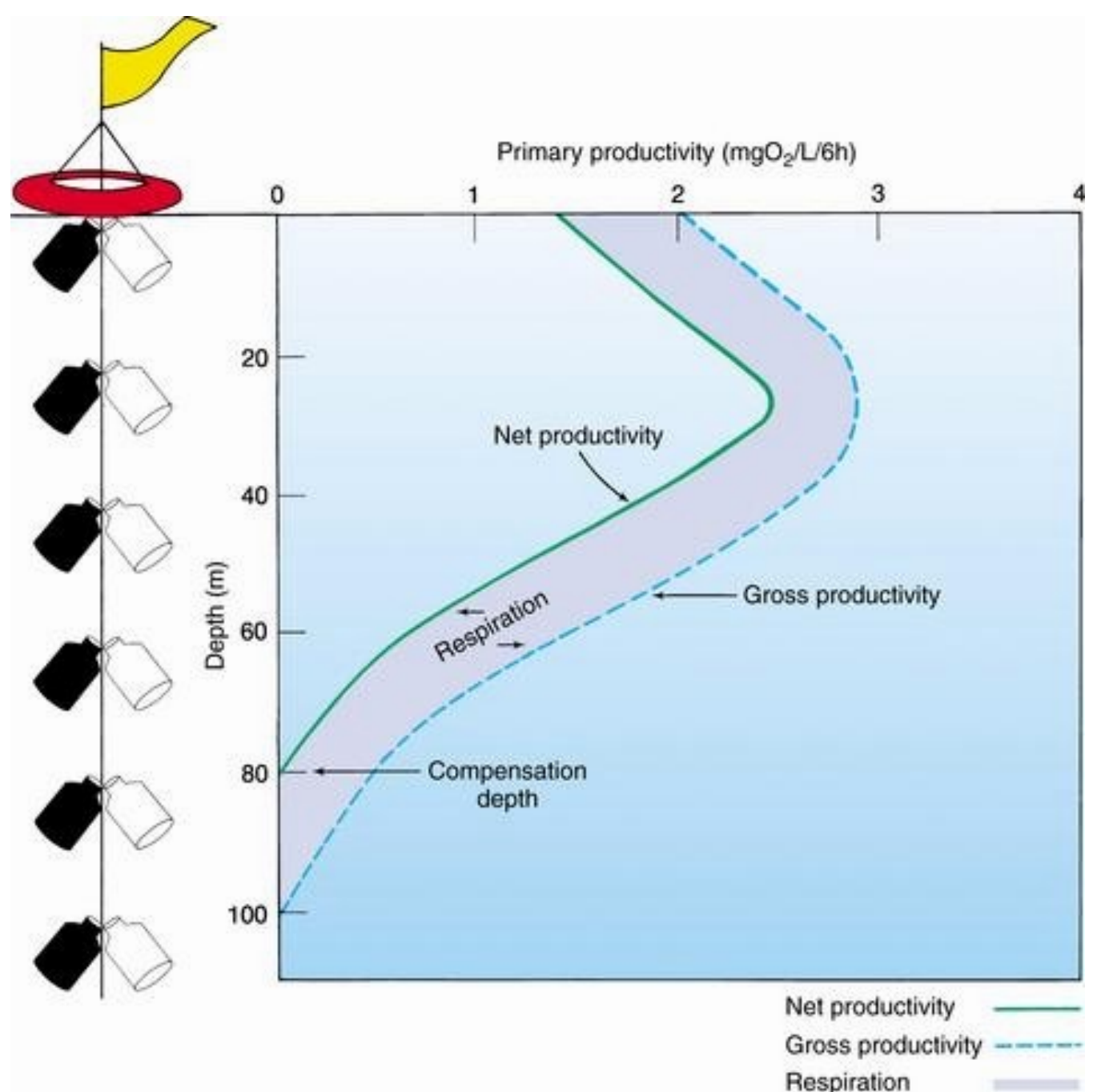
The theory behind using ^{14}C to measure productivity involves using a labeled tracer to quantify assimilated carbon. The ^{14}C method estimates the uptake and assimilation of dissolved inorganic carbon (DIC) by planktonic algae in the water column.



How to measure PP in the water column?

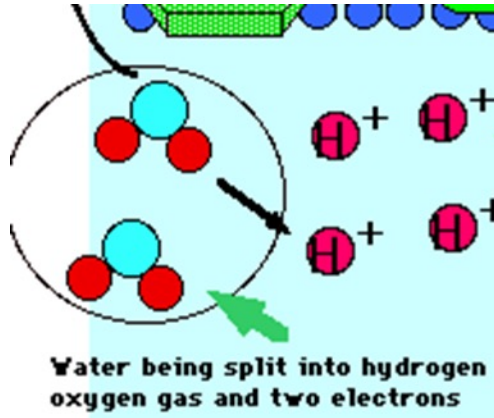
In-situ incubation: hang light and dark bottles on floating rig for time of incubation. Problem: ship has to stay near the rig or has to come back after incubation time; often on big ships this is not feasible due to too many different interests among the numerous scientists and working groups.

Another solution: use of an incubator on the deck

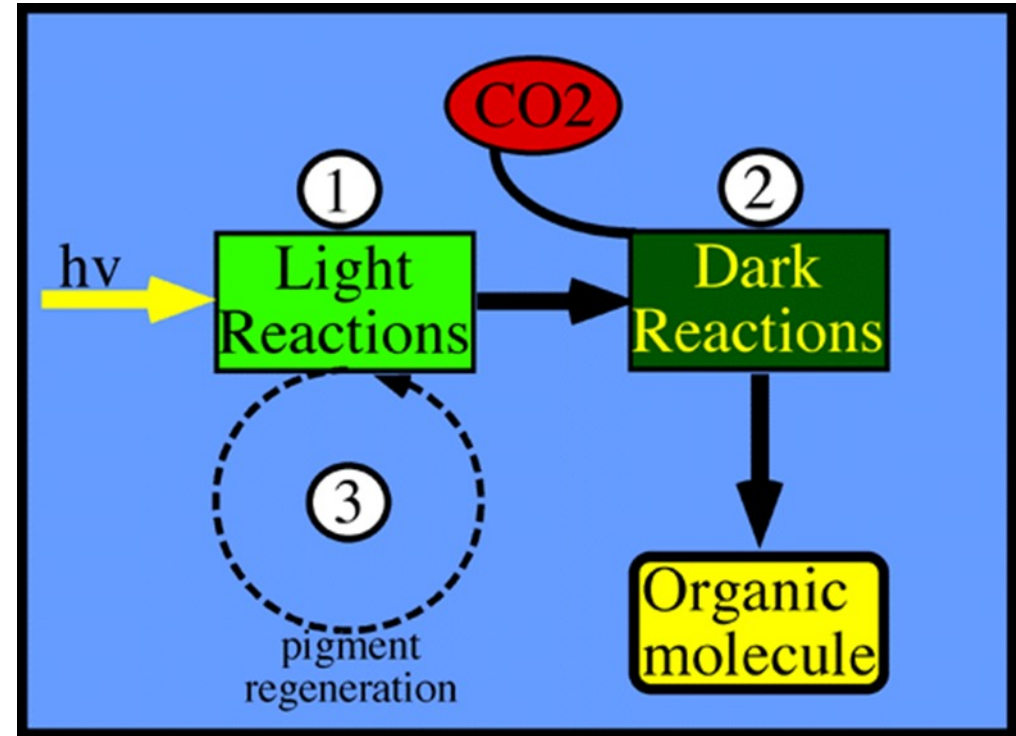


- Where does photosynthesis occur in the algae cell?
Photosystems I and II : composition

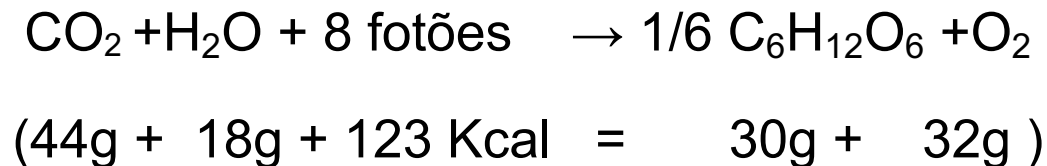
Fotossíntese:



Fotólise da água

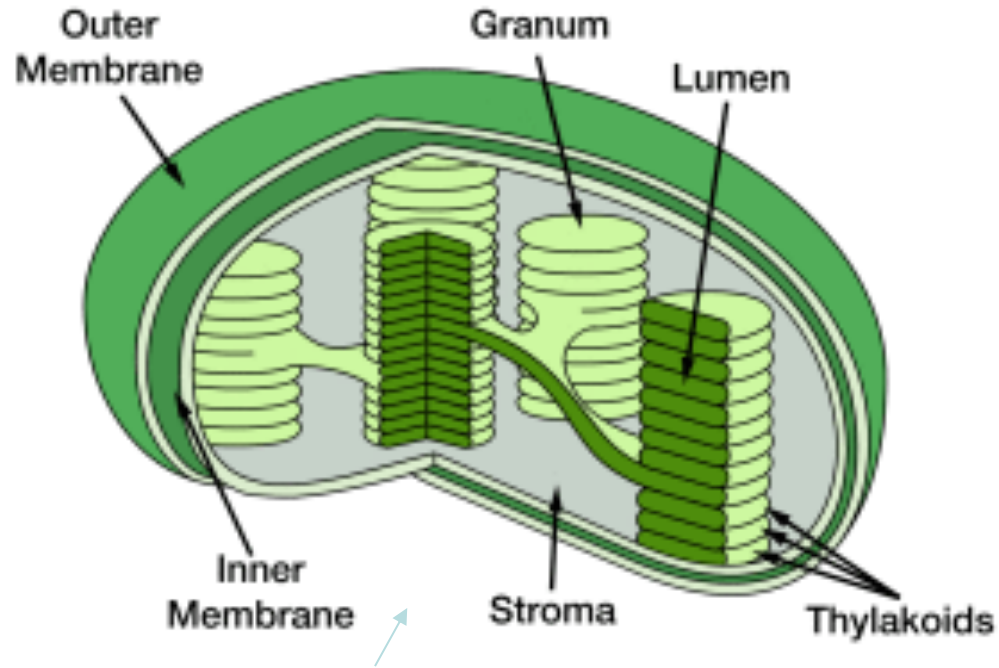


Fotossíntese com oxigénio, **água é o dador de electrões**, a energia destes 2 electrões é transmitida numa série de reações de oxi-redução, envolvendo vários “transportadores” de electrões, para produzir ATP e um redutor forte, NADPH₂:



Onde ocorre a fotossíntese?
Where does photosynthesis occur?

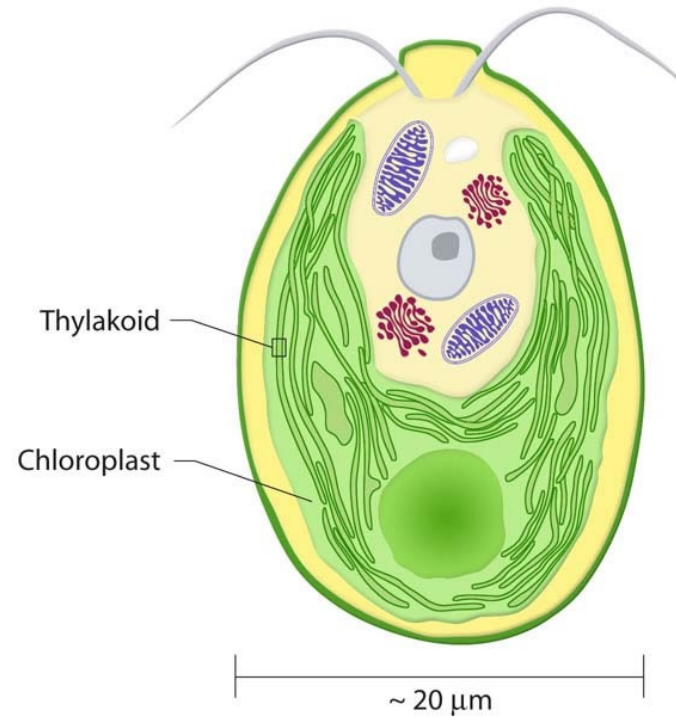
Chloroplast



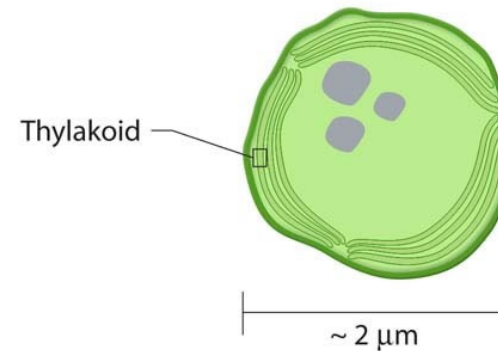
Há reações que ocorrem nos tilacóides e
Reações que ocorrem no estroma,
Light phase reactions occur in thylacoids (membranes)
And dark reaction in the stroma

<http://www.slideshare.net/RajeshG5/bt631-25-membraneproteins>

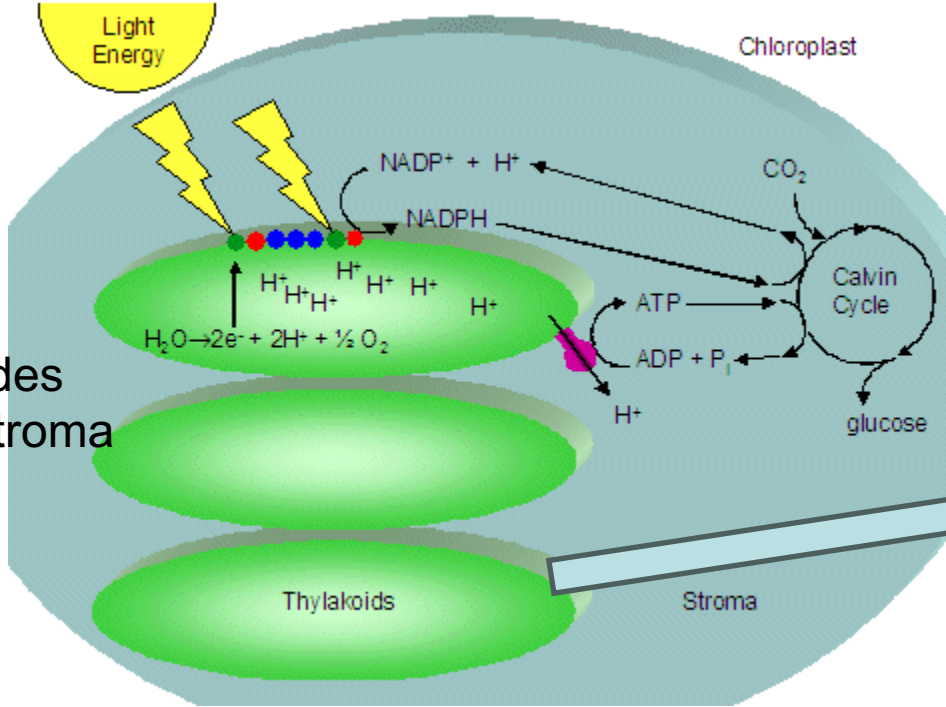
Green alga



Cyanobacterium

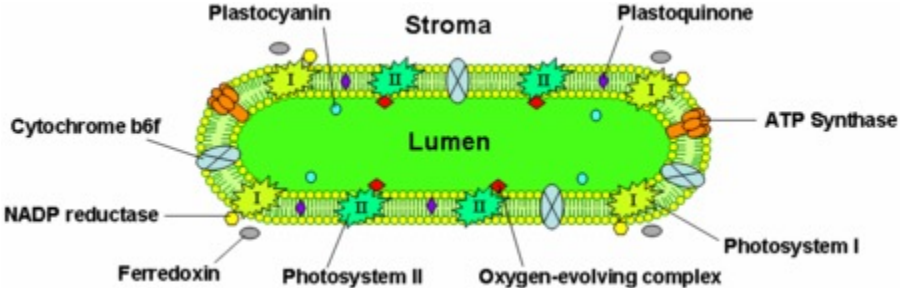


Light phase reactions occur in
 thylacoids (membranes)
 And dark reaction in the stroma



Esquema do Cloroplasto
 Com os tilacoides
 A verde e o estroma
 A cinzento

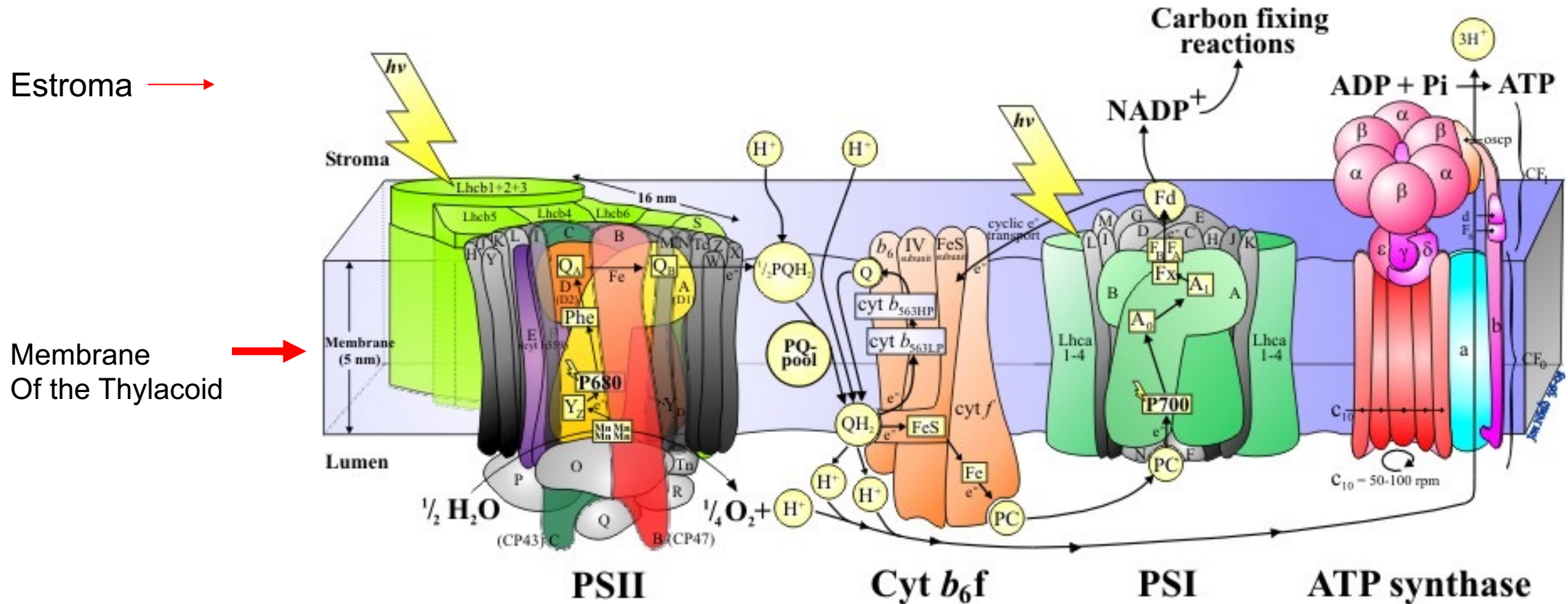
Thylacoid:
 Constituted by a membrane
 Which surrounds the interior:
 lument



Fotossistemas e cadeia de transporte de electrões

Todos os organismos fotossintéticos utilizam membranas para organizar o transporte dos electrões, separando-o do processo de fixação de carbono

The photosynthetic apparatus is located in the membrane of the thylacoid:

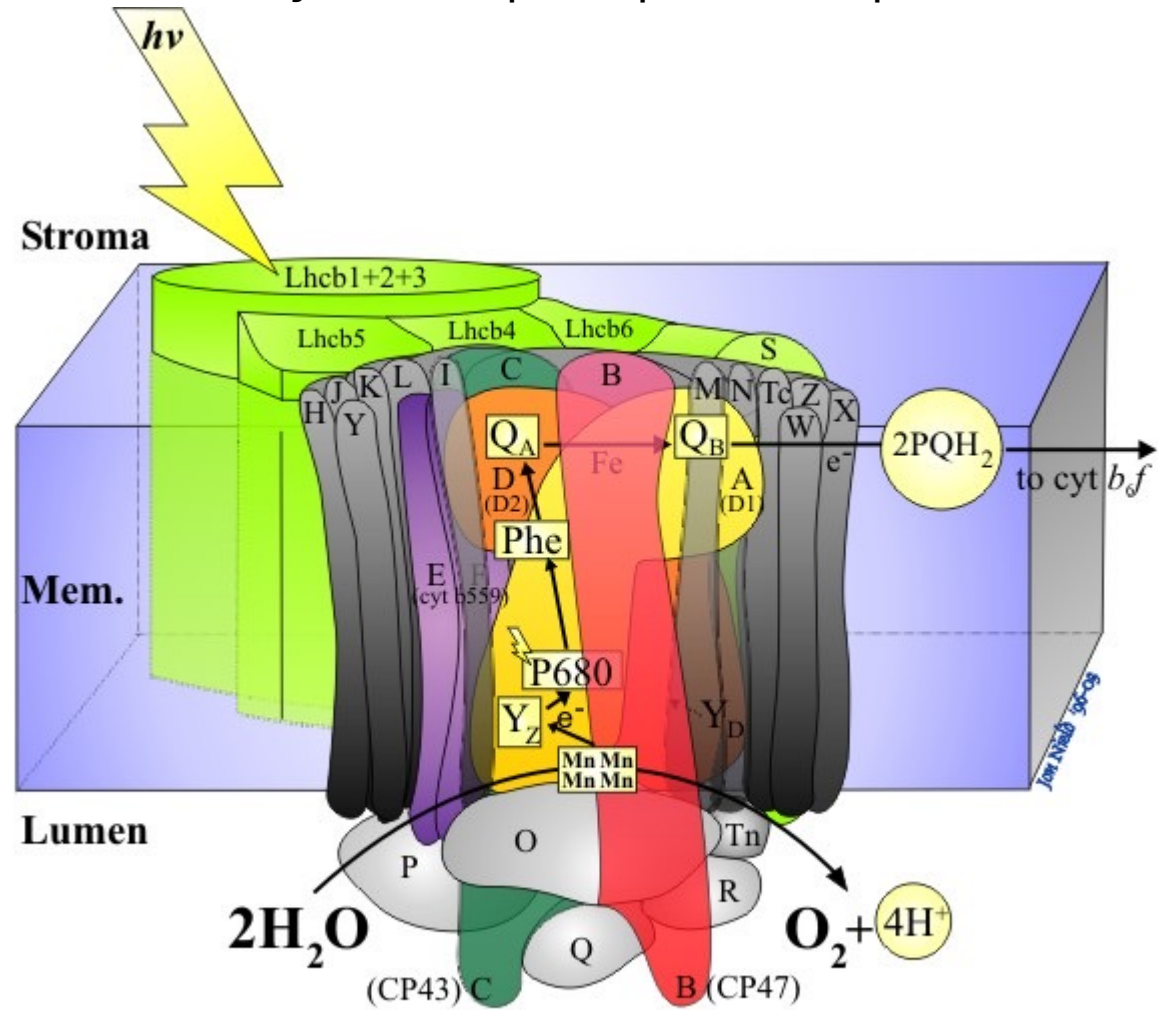


Composição de cada Fotossistema:

(compreende de 250 a 400 moléculas de pigmentos)

Complexo antena – composto por pigmentos

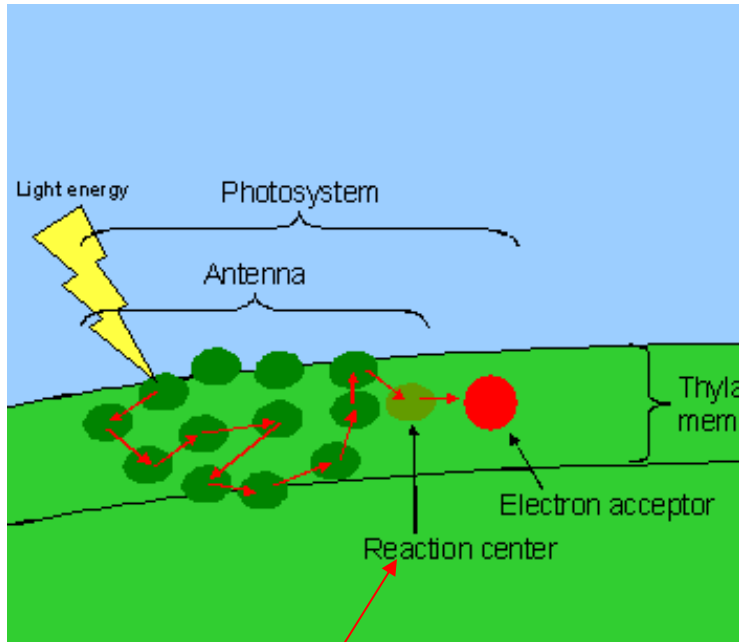
Centro de reacção – composto por Chla e proteínas



PSII

Fotossistema II

Os **fotossistemas PSI e PSII** consistem em centros de reacção fotoquímicos que estão acoplados a complexos de antena, que servem para captar energia e transferi-la para os centros de reacção.



Um centro de reacção é onde a energia De excitação é convertida em energia Fotoquímica (Falkowski & Raven, 1997)

Complexo antena – composto por pigmentos

Centro de reacção – composto por Chla e proteínas

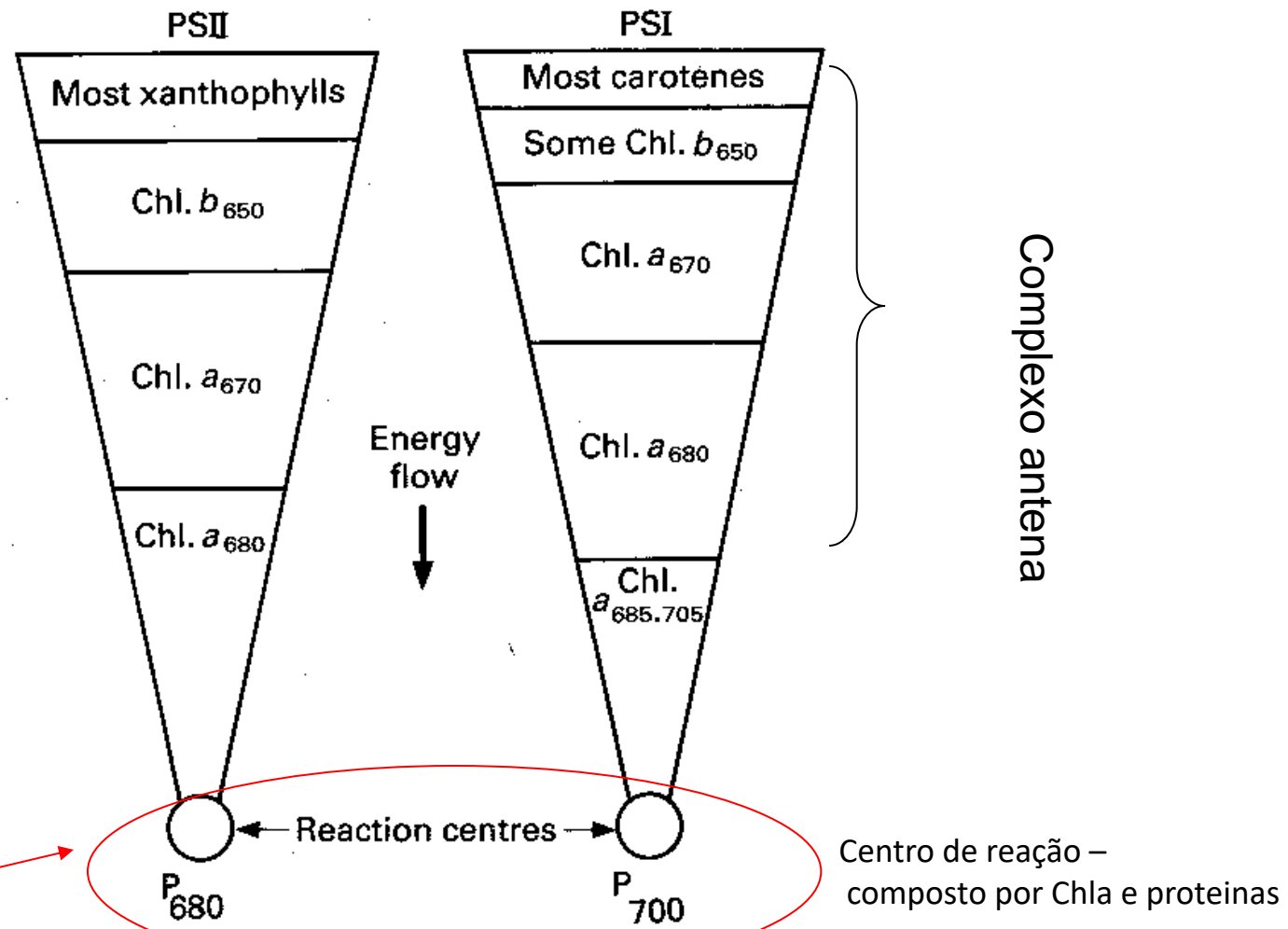
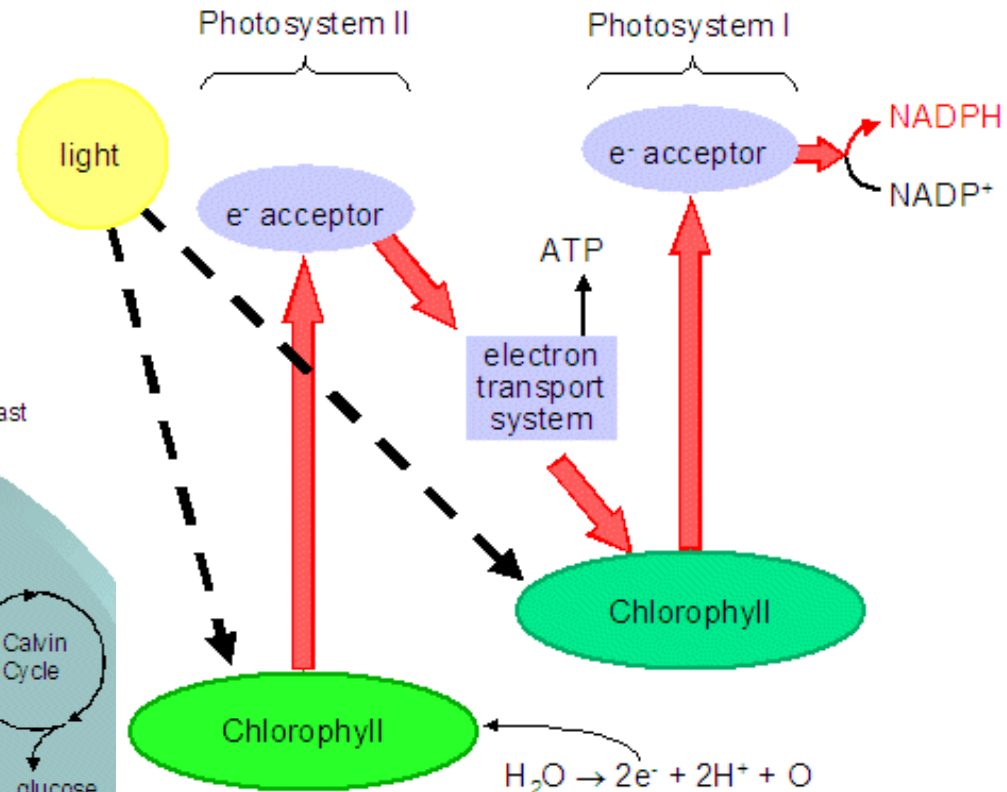
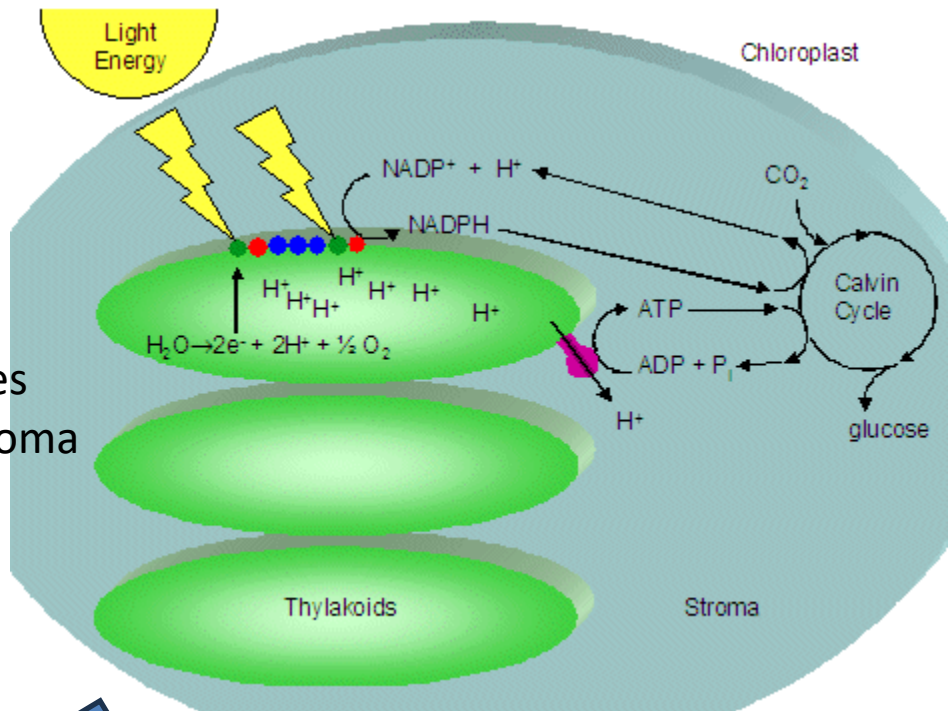


Fig. 6.3 Hypothetical arrangement of pigments in the light-harvesting antennae for PSII and PSI. (After Govindjee & Braun, 1974.)

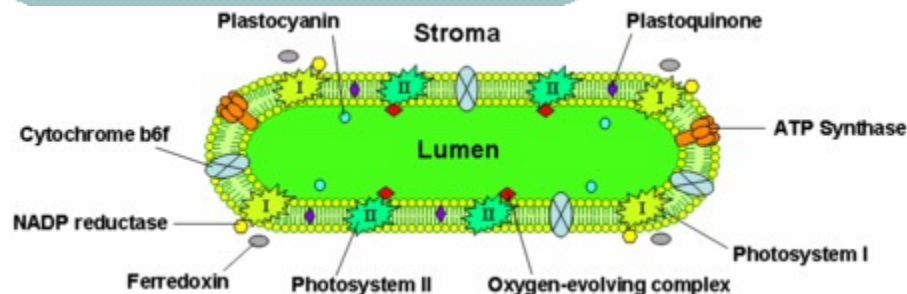
Light phase reactions occur in thylakoids (membranes)

And dark reaction in the stroma



Esquema do Cloroplasto
Com os tilacoides
A verde e o estroma
A cinzento

Thylacoid:
Constituted by a membrane
Which surrounds the interior:
lument

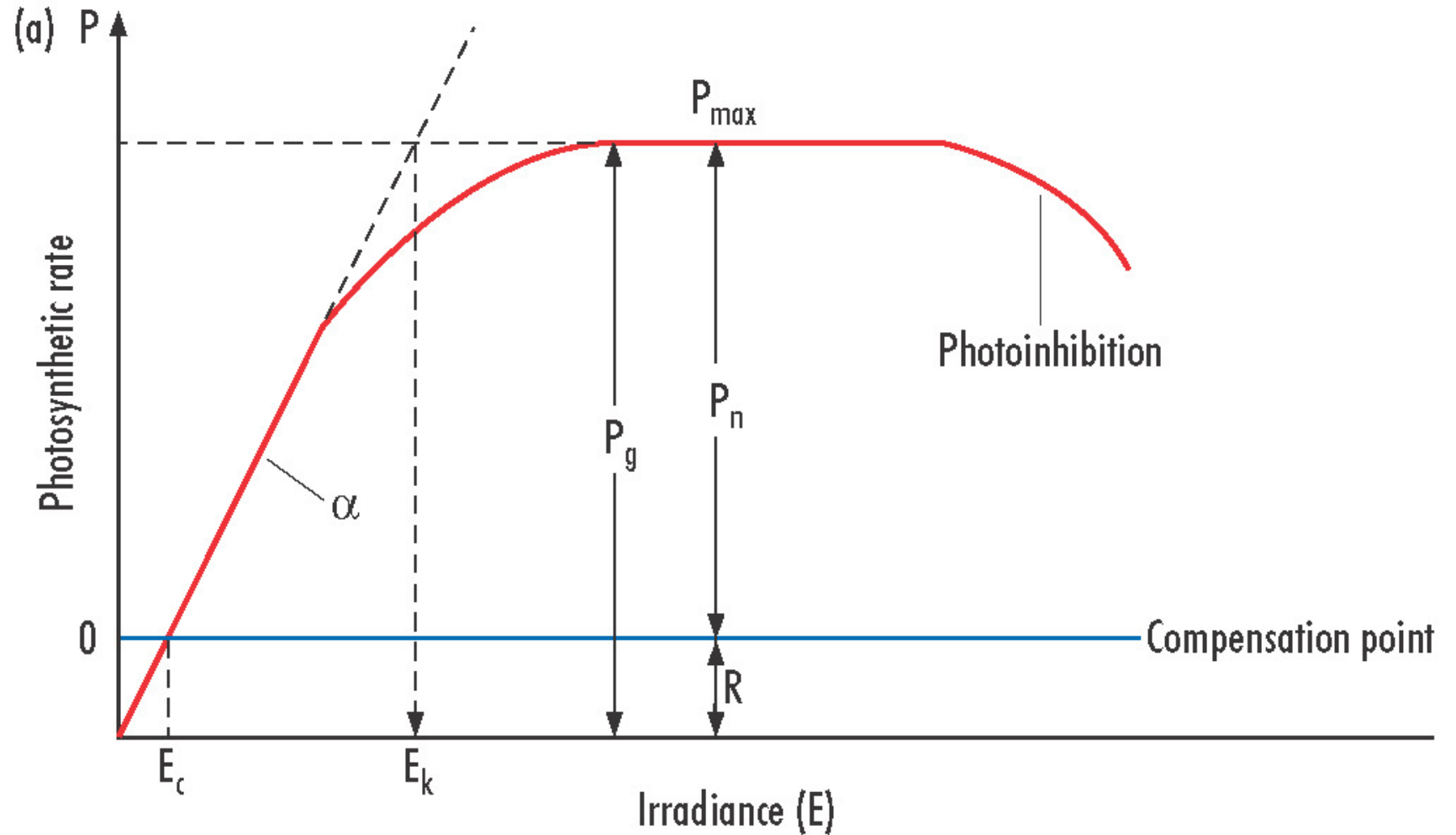
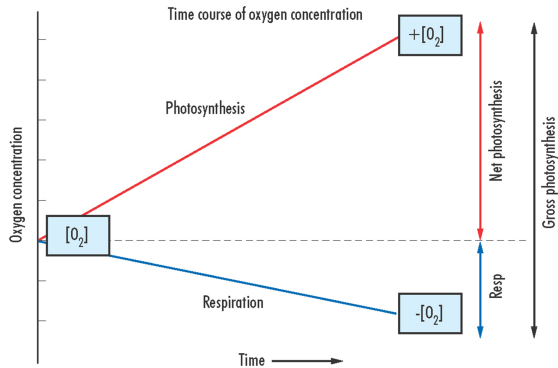


$$44g + 18g + 123 \text{ Kcal} = 30g + 32g$$

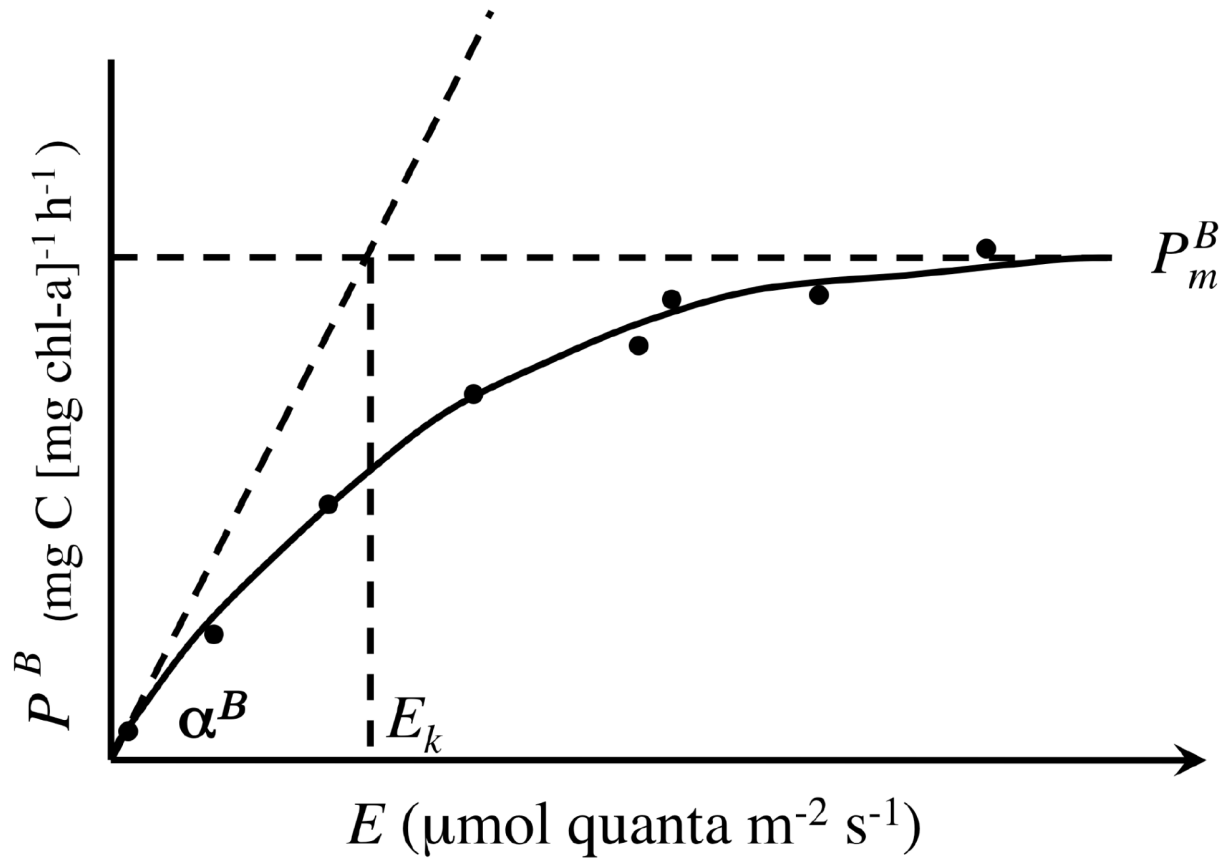
<https://study.com/learn/lesson/thylakoid-membrane-function-structure.html>

- P-E curves, Photosynthesis –Irradiance curves

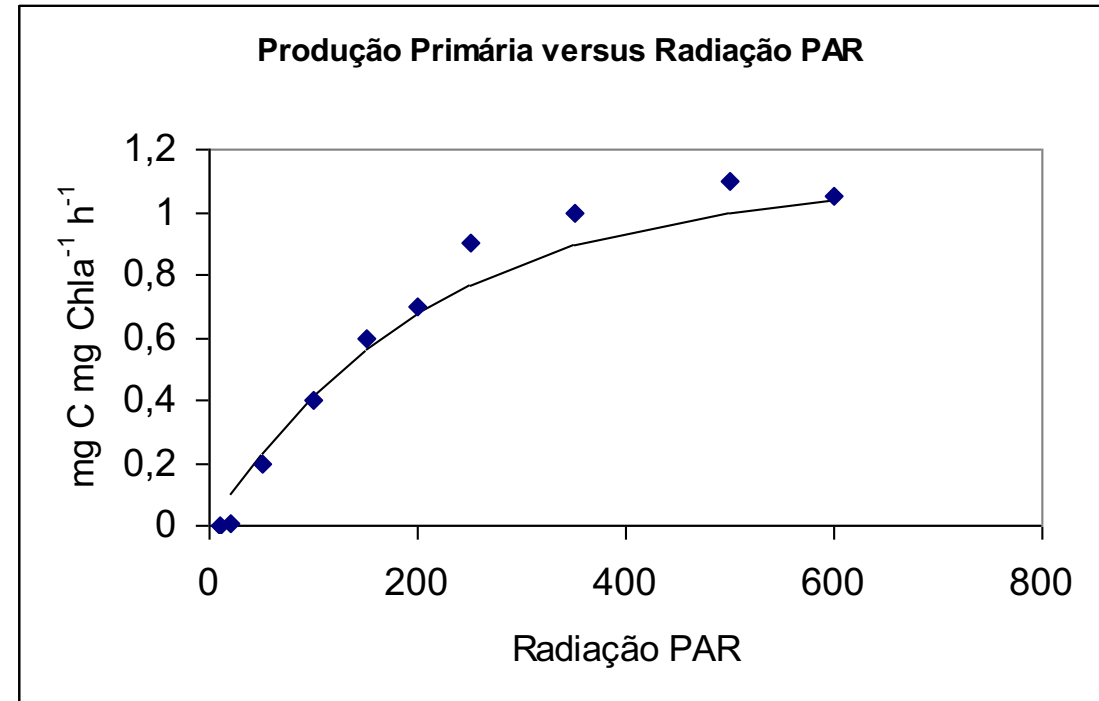
Curvas Fotossíntese – Intensidade da radiação luminosa



α : Declive inicial – tem a ver com a eficiência na utilização da luz.
 P_{max} tem a ver com a fase escura da fotossíntese, produção de O_2 (está dependente do nº de centros de reacção).



Bouman et al 2018



Exercício:

1 - Indique o valor de P^b_{max}

2 - Considerando o valor que considera para P^b_{max} e um valor de E_k de $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, calcule α , ou seja, o declive inicial, (não se esqueça de indicar as unidades).

Experimental set up to estimate P-E curves

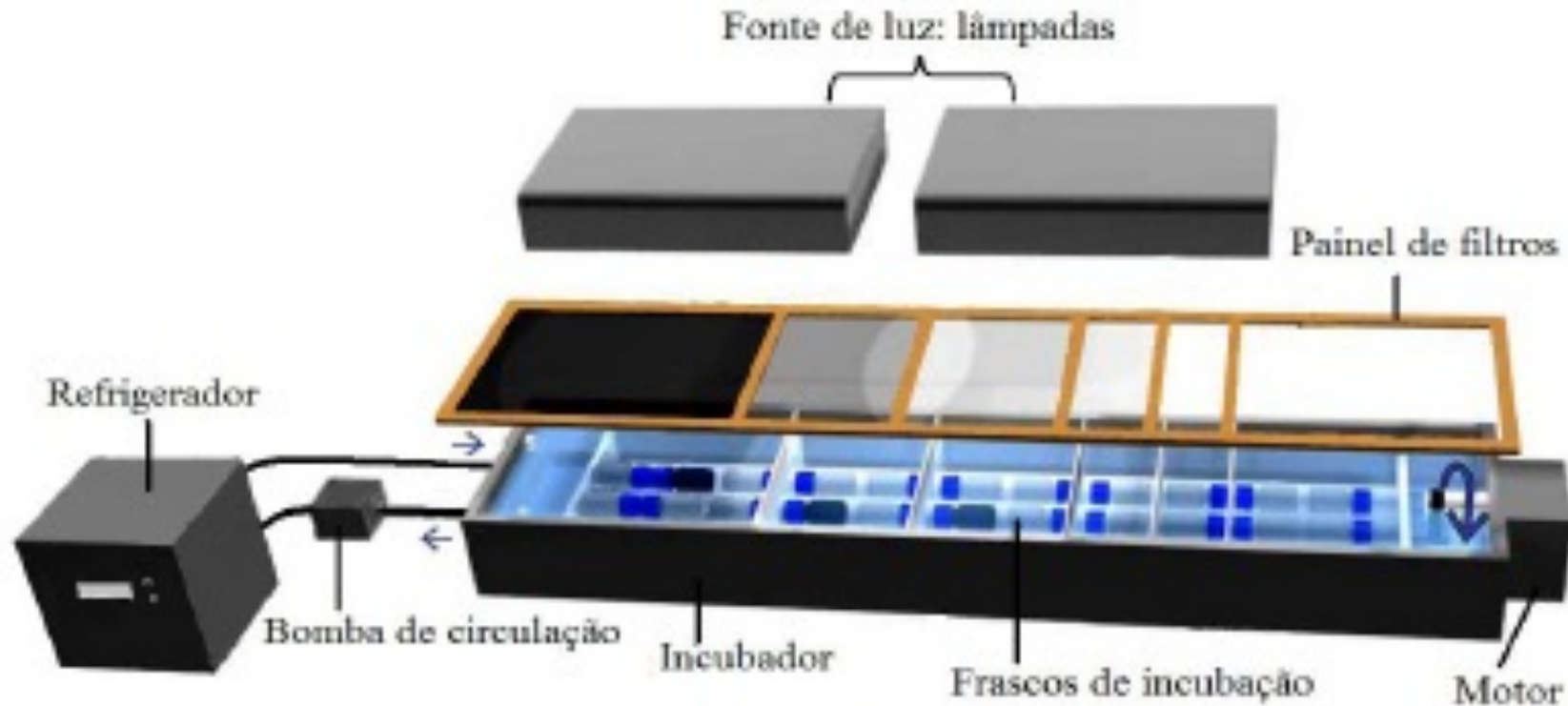


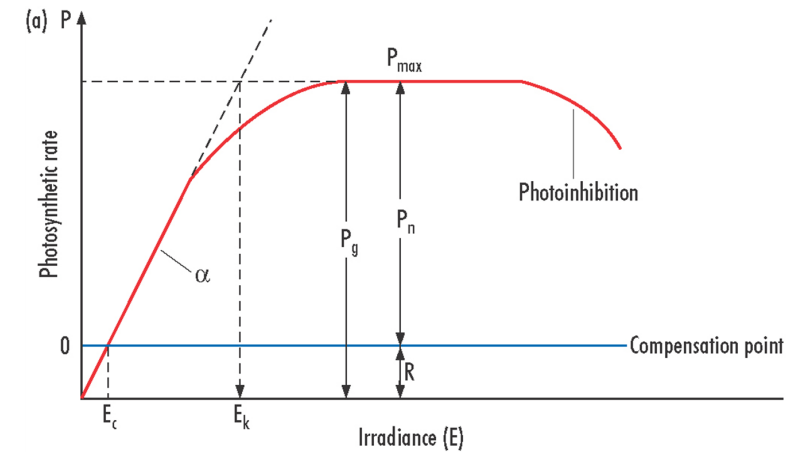
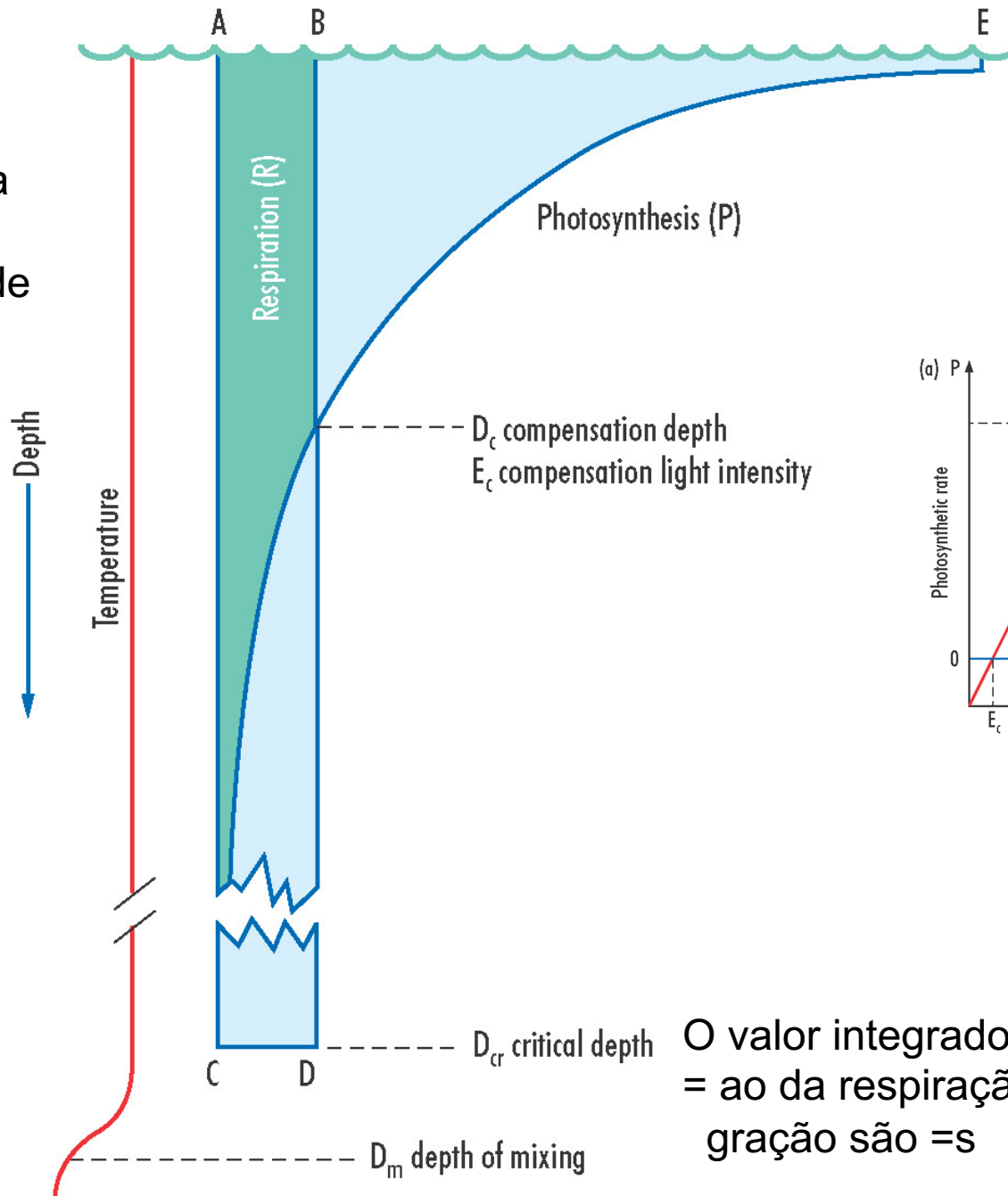
Figura 7- Representação esquemática do incubador utilizado no laboratório para a determinação da produtividade primária (Figura Adaptada de Gameiro, 2009)

Incubação amostras alunos PPM, 2010 – PPM in 2010, MARE building.

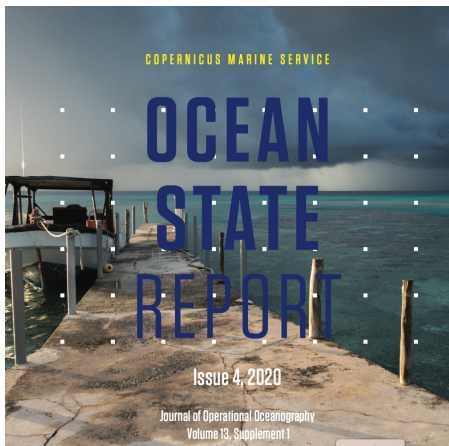
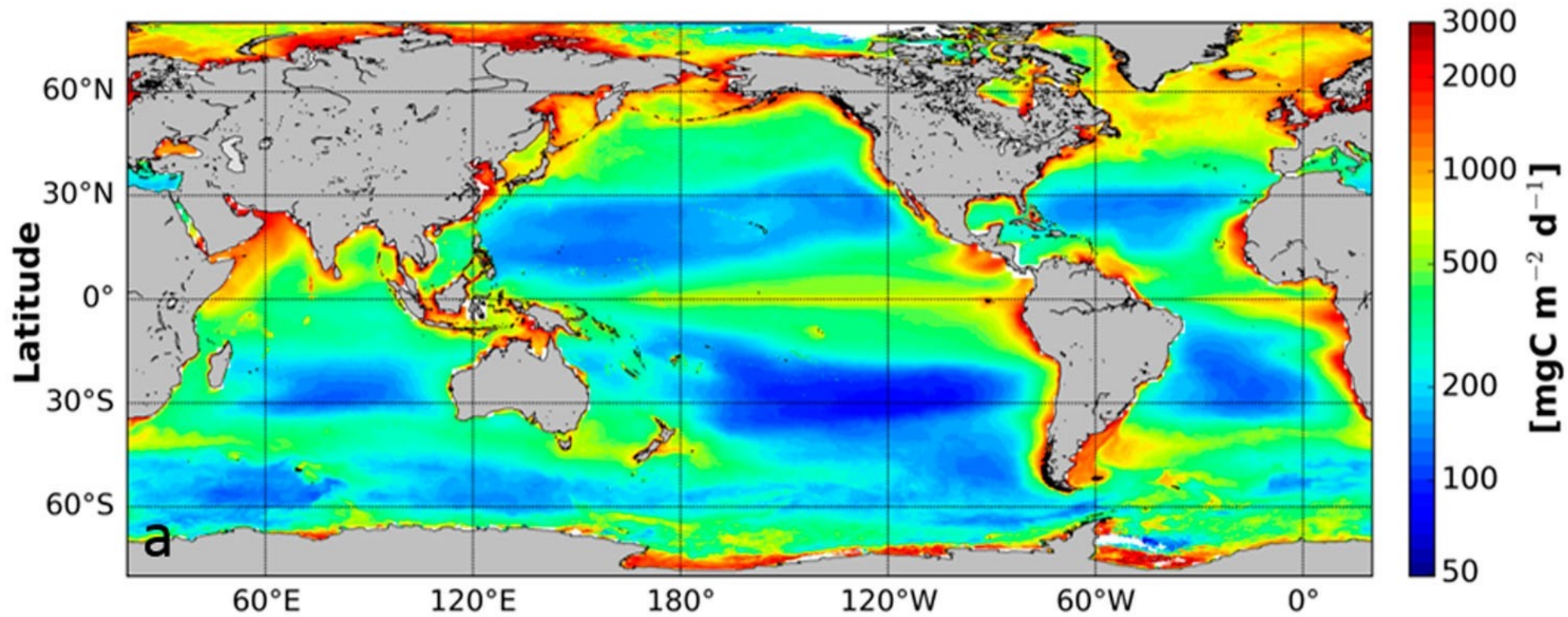


Fim da aula de 27 de Outubro
2022

Perfil de taxa fotossintética
A coluna de água
Diminui com a profundidade



O valor integrado da fotossíntese é = ao da respiração (as áreas de integração são =s)



2.2 Primary production
 Gianpiero Cossarini, Marine Bretagnon, Valeria Di Biagio, Odile Fanton d'Andon, Philippe Garnesson, Antoine Mangin

Copernicus Marine Ocean State Report

Relação entre Chla e PP

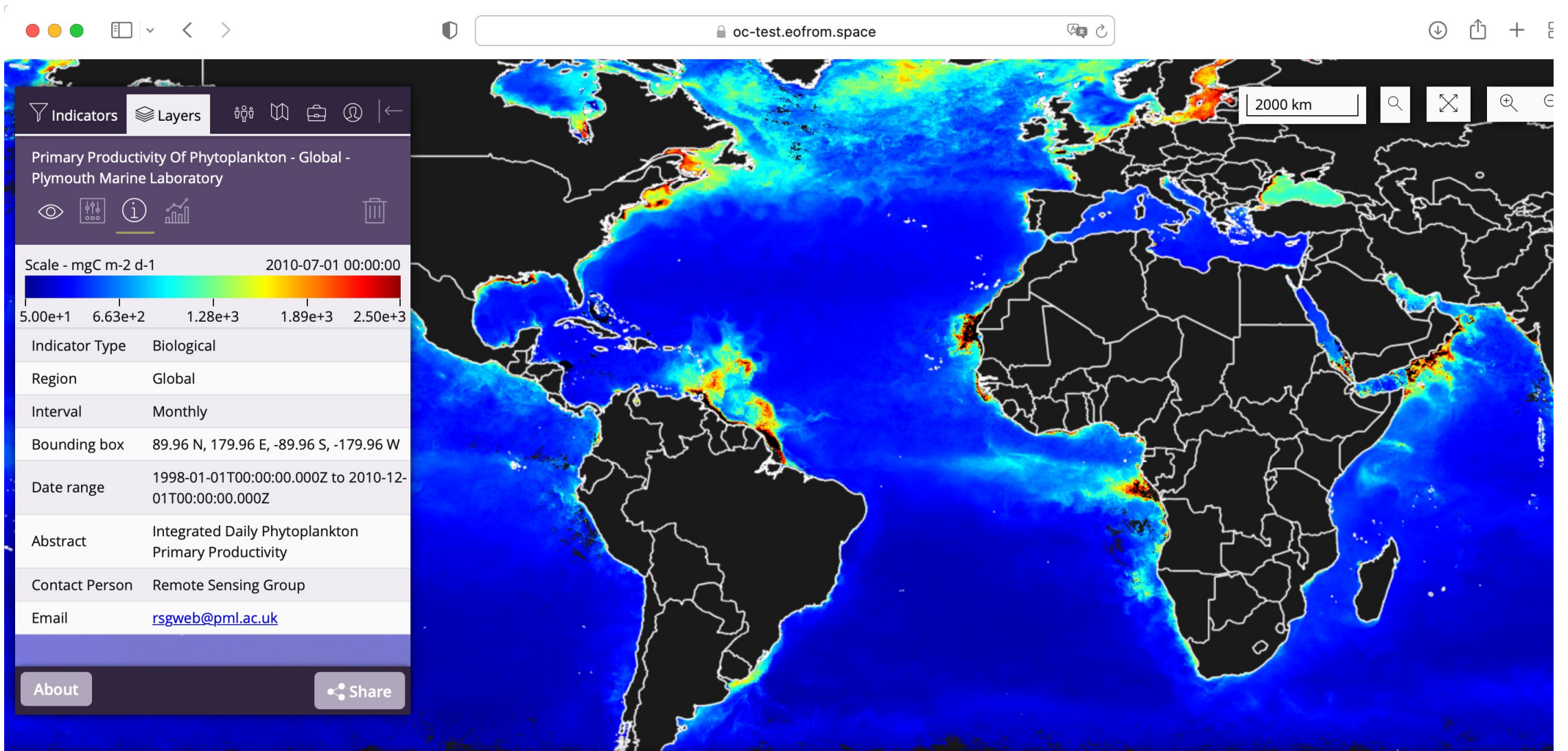
- Como modelá-la?
- Chla and PP, how to model?

Site: <https://oc-test.eofrom.space>

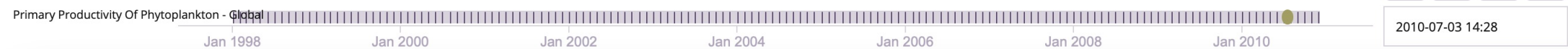
Indicator type: Primary productivity of Phytoplankton

Valores de PP no oceano, portal oc-cci

The screenshot displays the website interface for 'oc-test.eofrom.space'. The main area features a dark map of the world's oceans with white outlines of continents and countries. A scale bar in the top right of the map indicates '1000 km'. On the left side, there is a sidebar with a dark purple header labeled 'Indicators'. Below the header, there is a search bar and a section titled 'Geographic filters'. Underneath, a dropdown menu is open, showing 'Indicator Type' selected. Below this, there is a list of 'Available indicators' with expandable sections: 'ACRI GlobColour', 'Biological' (which is expanded to show 'Primary Productivity of Phytoplankton'), 'Chlorophyll Indicators', 'Count of Observations', and 'DINEOF Results'. At the bottom of the sidebar, there are 'About' and 'Share' buttons. The browser's address bar at the top shows the URL 'oc-test.eofrom.space'.

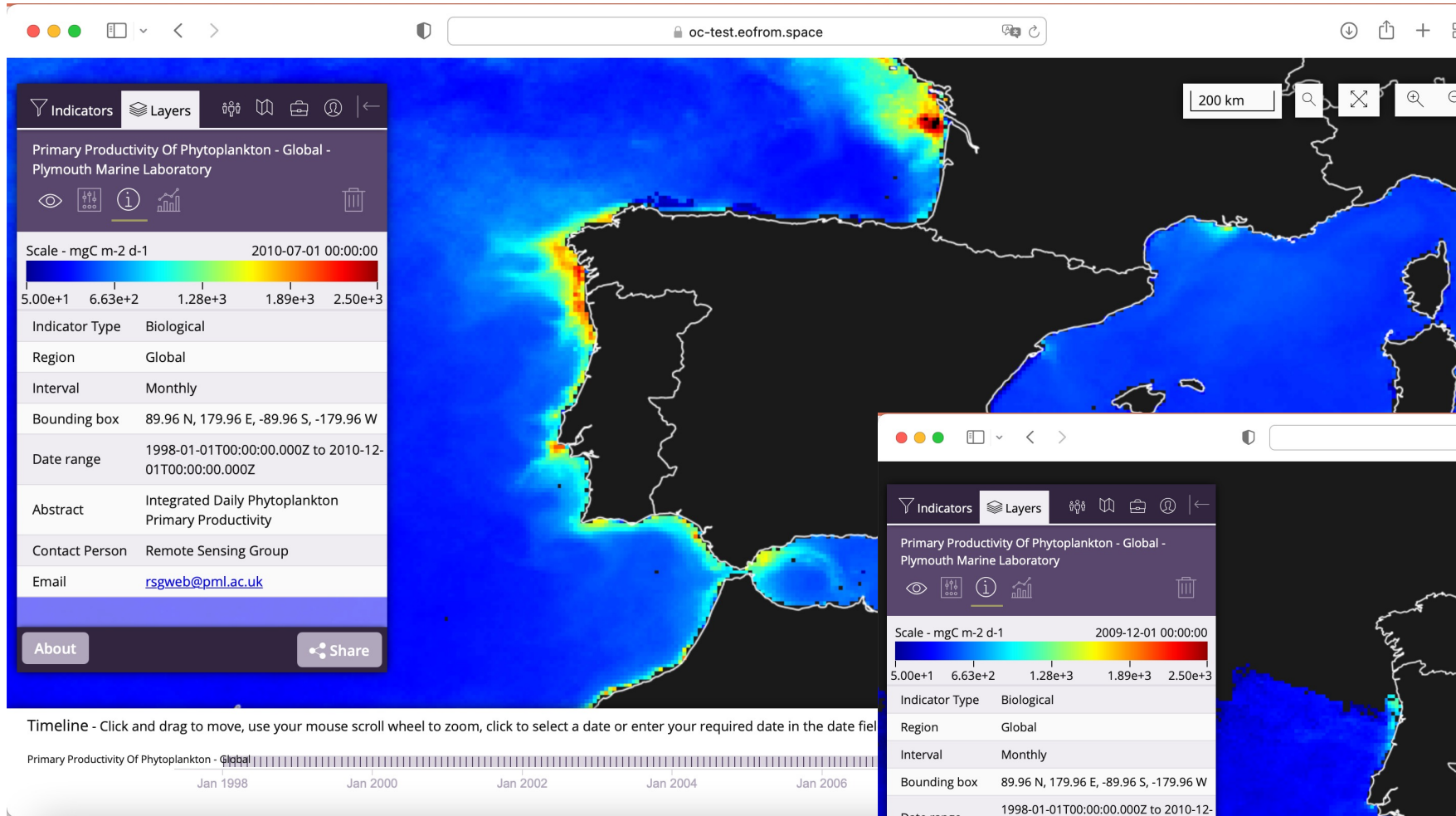


Timeline - Click and drag to move, use your mouse scroll wheel to zoom, click to select a date or enter your required date in the date field on the right

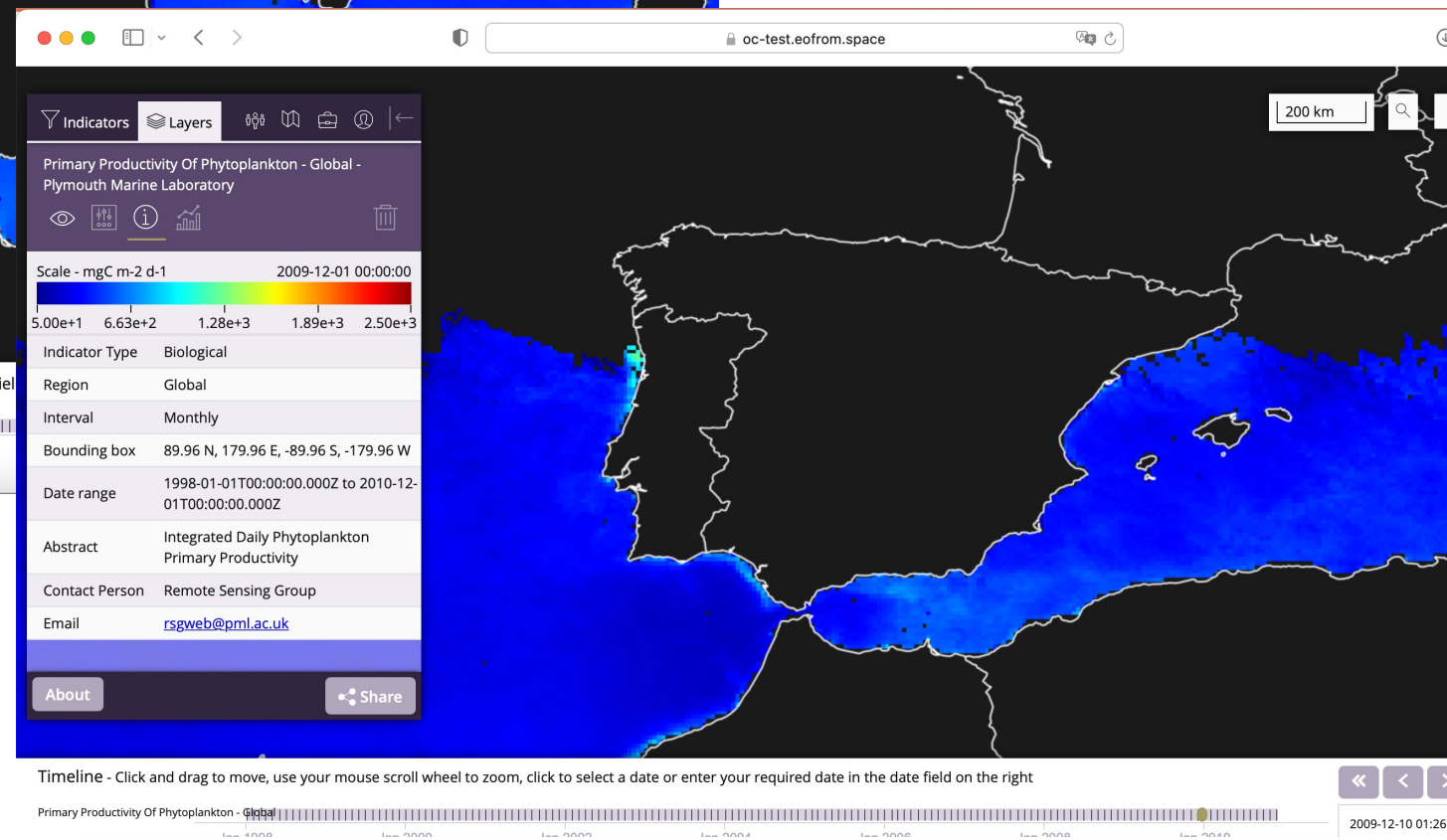


Note: only until 2010

Valores de PP para a Costa Portuguesa, Julho 2010



Dezembro 2009

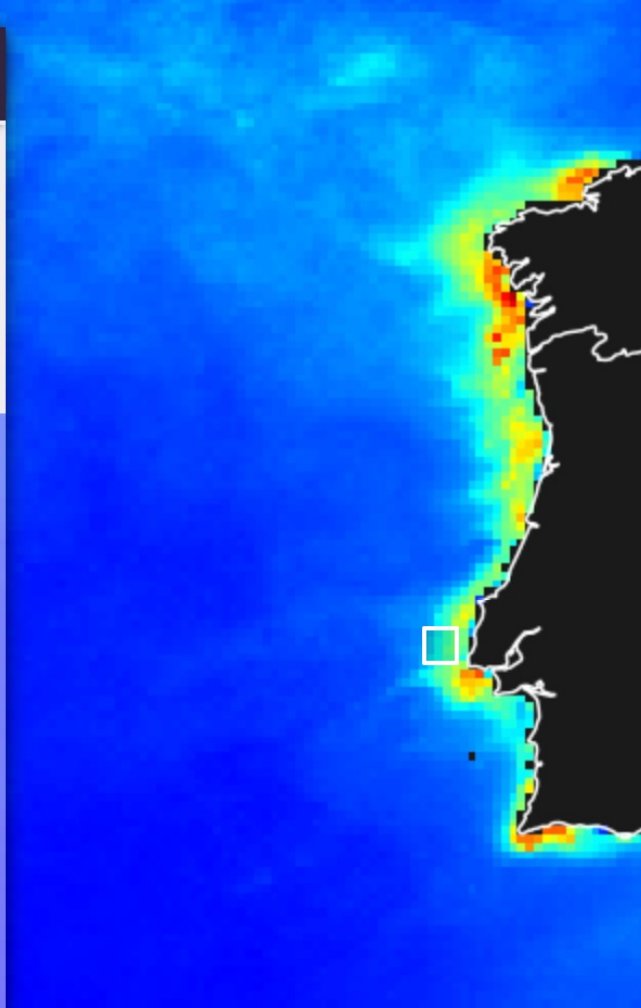
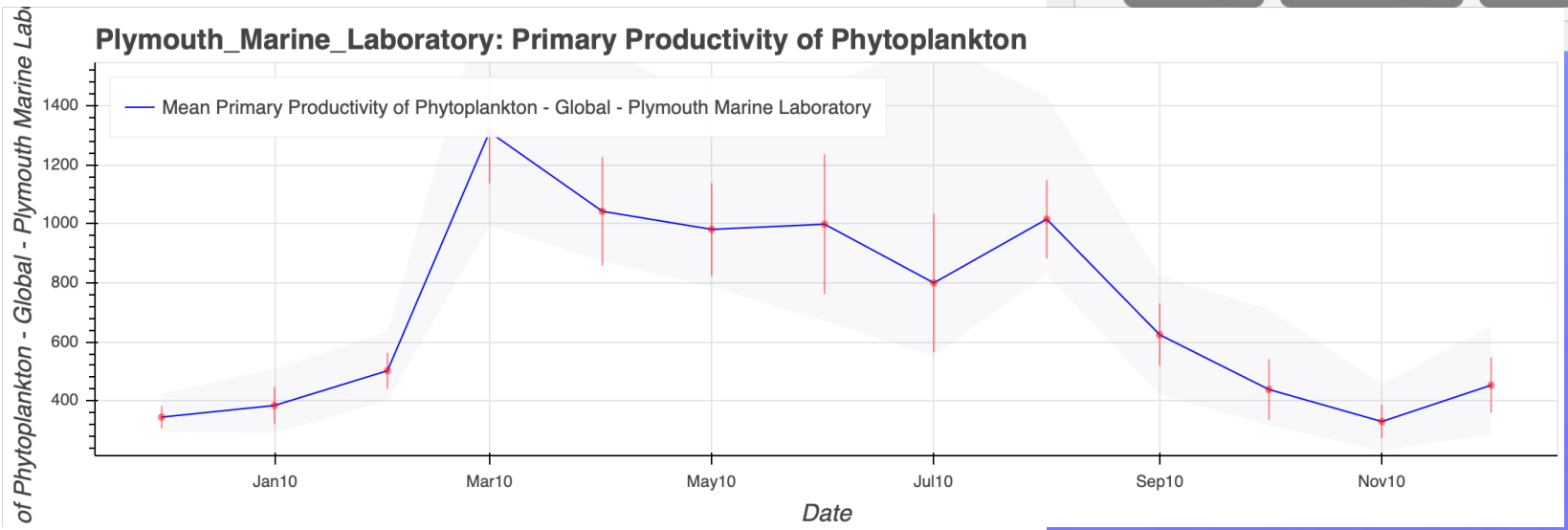


Shift the time scale to have a spring/summer day

Stored Plots

Plymouth_Marine_Laboratory: Primary Productivity of Phytoplankton

Delete Copy/Edit Open



1) Primary Productivity of Phytoplankton - Global - Plymouth Marine Laboratory

Region: Global
Confidence: undefined
Provider: Plymouth_Marine_Laboratory
Interval: Monthly
Bounding Box: -9.943,38.738,-9.613,39.089

Para estudar em casa: Complexos Pigmentos-Proteínas

Os pigmentos ocorrem no cloroplasto, organizados em complexos de proteínas e pigmentos, que funcionam como antenas receptoras de luz. Os complexos de captação de luz pigmentos-proteína são um grupo diverso de proteínas que liga os pigmentos. Há 2 classes principais, o complexo clorofilas-proteínas, hidrófobo, contendo carotenoides, e as ficobiliproteínas, hidrófilas. As ficobiliproteínas incluem as ficoeritrinas e as ficocianinas. Este último complexo de antena designa-se por ficobilissoma (este sistema é característico das cianobactérias e das Rodófitas, macroalgas vermelhas).

Clorofila a (Chla) e pigmentos acessórios: Chla absorve a um comprimento de onda (c.d.o.) maior, logo, requer menor energia de excitação. Todas as moléculas de Chla in vivo estão ligadas proteínas via interações hidrófobas.

Todos os organismos fotossintéticos utilizam membranas para organizar o transporte fotossintético dos electrões, separando-o do processo de fixação do carbono.

Essas membranas são os tilacóides, que se localizam no interior do cloroplasto (excepto para as cianobactérias). Os tilacóides são bi-camadas lipídicas, podem agregar-se por interacções hidrofóbicas.

Nas cianobactérias e rodófitas, os tilacóides ocorrem isolados, o que pode ser uma consequência dos seus complexos de antena, os ficobilissomas. São moléculas hidrofílicas, que estão localizadas no lado do estroma dos tilacóides, prevenindo associações hidrofóbicas entre membranas adjacentes.

Para estudar em casa: Definições

Uma unidade fotossintética (PSU) contém os fotossistemas I e II.

Os fotossistemas PSI e PSII consistem em centros de reação fotoquímicos que estão acoplados a complexos de antena, que servem para captar energia e transferi-la para os centros de reação

Um centro de reação é o local onde a energia de excitação é convertida em energia fotoquímica

Fotossistema I (PSI) e o Fotossistema II (PSII): cada fotossistema é formado por moléculas de clorofila a e de pigmentos acessórios (o número de moléculas de clorofila a e de pigmentos acessórios pode variar em função das condições luminosas). A composição das antenas difere assim em cada fotossistema, e entre os grupos taxonómicos.

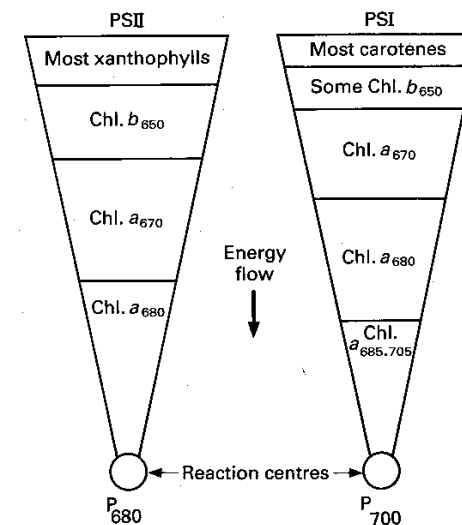


Fig. 6.3 Hypothetical arrangement of pigments in the light-harvesting antennae for PSII and PSI. (After Govindjee & Braun, 1974.)

Notas para estudar em casa

Chla e pigmentos acessórios. **Chla absorve a um comprimento de onda (cdo) maior, logo, requer menor energia de excitação que os pigmentos acessórios.** Dentro do cloroplasto, a Chla existe sob várias formas, cujo máximo de absorção varia de 662 a 700nm.

Todas as moléculas de chla in vivo estão ligadas proteínas via interações hidrófobas.

Todos os organismos fotossintéticos utilizam membranas para organizar o transporte fotossintético dos electrões, separando-o do processo de fixação do carbono (Falkowski & Raven, p. 7).

Os tilacóides são bi-camadas lipidicas, podem agregar-se por interações hidrofóbicas. (Falkowski & Raven, p. 24).

Nas cianobactérias e rodófitas, os tilacóides ocorrem isolados, o que pode ser uma consequência dos seus complexos de antena, os ficobilissomas. São moléculas hidrofílicas, que estão localizadas no lado do estroma dos tilacóides, prevenindo associações hidrofóbicas entre membranas adjacentes.

Notas para estudar em casa:

Curvas de Fotossíntese-Radiação

A resposta da taxa fotossintética em relação ao acréscimo da intensidade luminosa segue uma função bem parametrizada, que é conhecida pelo acrónimo inglês “P-I curves”, ou mais recentemente, “P-E Curves” (Curvas Fotossíntese-Radiação). A taxa fotossintética aumenta linearmente com a intensidade da luz, o declive deste acréscimo é designado por alfa, até atingir um valor constante, P_{max} , a uma intensidade de luz saturante, E_k . O valor P_{max} é controlado pela reacções enzimáticas da fase escura da fotossíntese. Intensidades de luz excessivamente elevadas podem causar um efeito de fotoinibição, que resulta no decréscimo da taxa fotossintética.

Apresentam-se as possíveis unidades de medida das curvas “P-E”:

P_{max} , pode ser expresso em $mgC / m^3 / h$ ou $mg O_2 / m^3 / h$.

P_{Bmax} , ou seja, P_{max} expresso em função da Clorofila a, $mgC / mgChla / h$.

O leque de variação deste parâmetro (P_{Bmax}) para o Fitoplâncton situa-se entre 0,5 e 20 $mg C / mg Chla / h$.

E_k – Intensidade saturante, $\mu mol \text{ fotões } m^{-2} s^{-1}$

O declive, alfa, α , que corresponde à eficiência fotossintética é expresso em $mgC mgChla^{-1} h^{-1} \mu mol \text{ fotões } m^{-2} s^{-1}$, variando entre 0,002-0,4.

A dedução de que a fotossíntese seria compartimentada em fase luminosa e fase escura, foi efectuada a partir da observação da função “P-E”. Alterações da temperatura e da concentração de CO_2 influenciam P_{max} , mas não o α , ou seja, trata-se de uma reacção enzimática, influenciada pela temperatura e pela concentração do substrato (o CO_2), a fase luminosa consiste no processo fotoquímico que depende da luz e do teor em clorofila a.

Bibliografia

- Falkowski, P. G. & Raven, J. A., 1997. Aquatic Photosynthesis, 375pp. Blackwell Science. Biblioteca da Biologia
- Kaiser et al., 2005. Marine Ecology. Oxford Univ. Press. Bib. Biologia. Chapter 2 no Fenix
- Sites for Primary Production:
<https://globalchange.umich.edu/globalchange1/current/lectures/kling/energyflow/energyflow.html>
- Sites net, <https://slideplayer.com/slide/5057059/>
- Site: <https://oc-test.eofrom.space>