

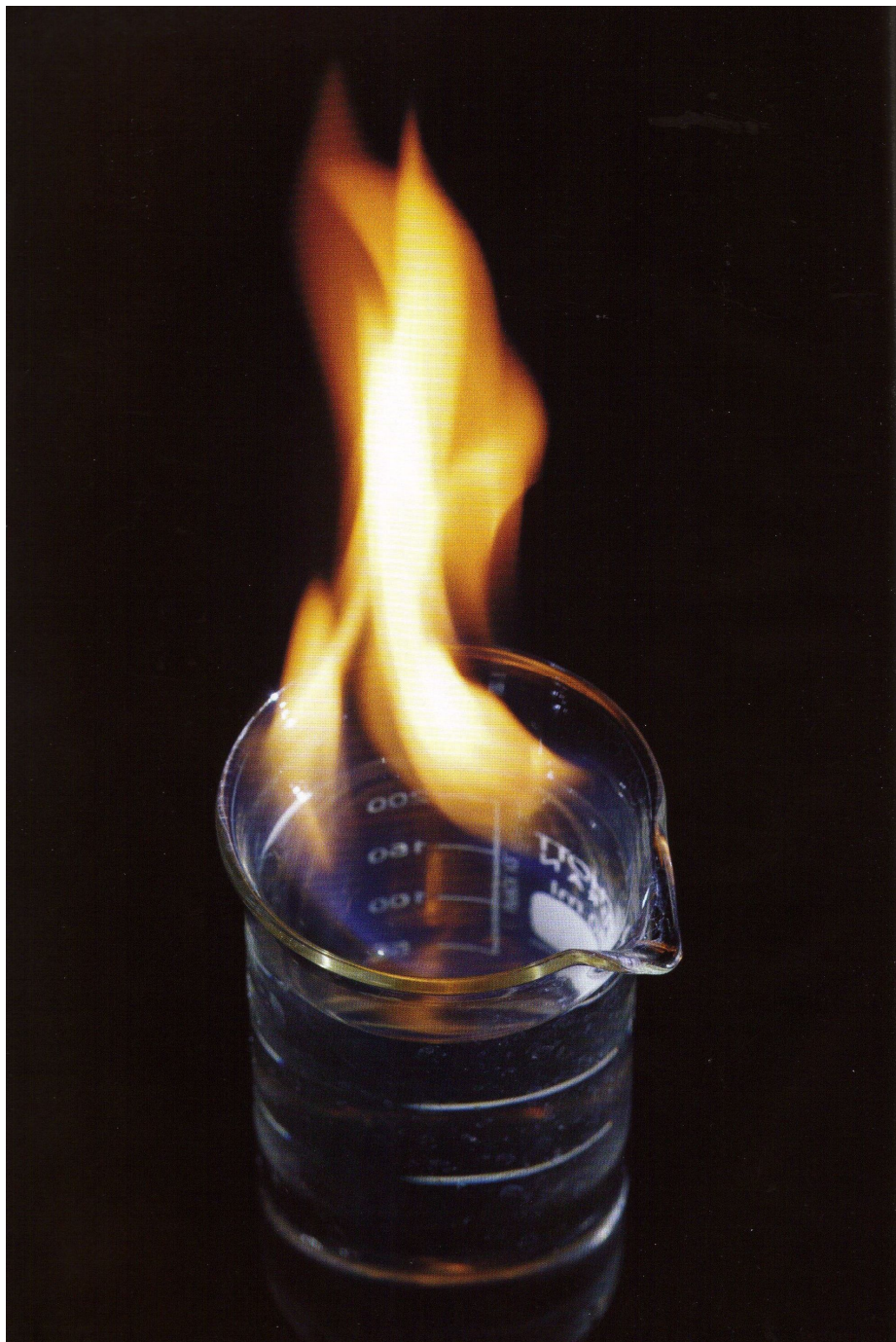
microalgas

um futuro sustentável e mais verde

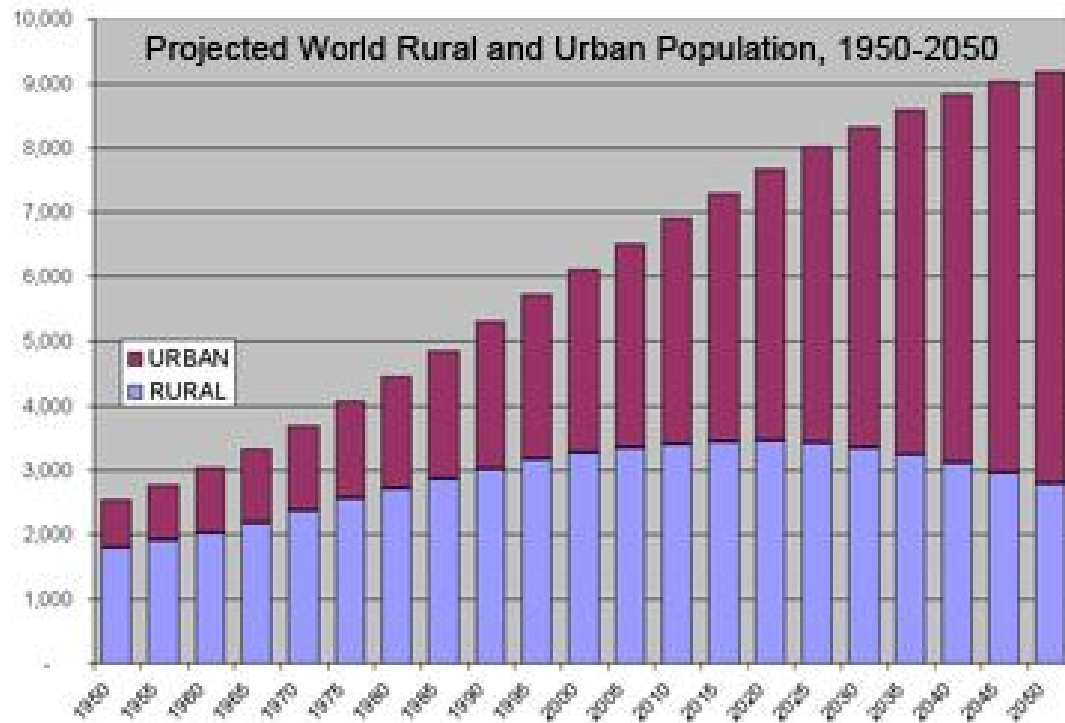
*Fernanda Rosa
Luisa Gouveia
Alberto Reis*

À Procura do Inesgotável

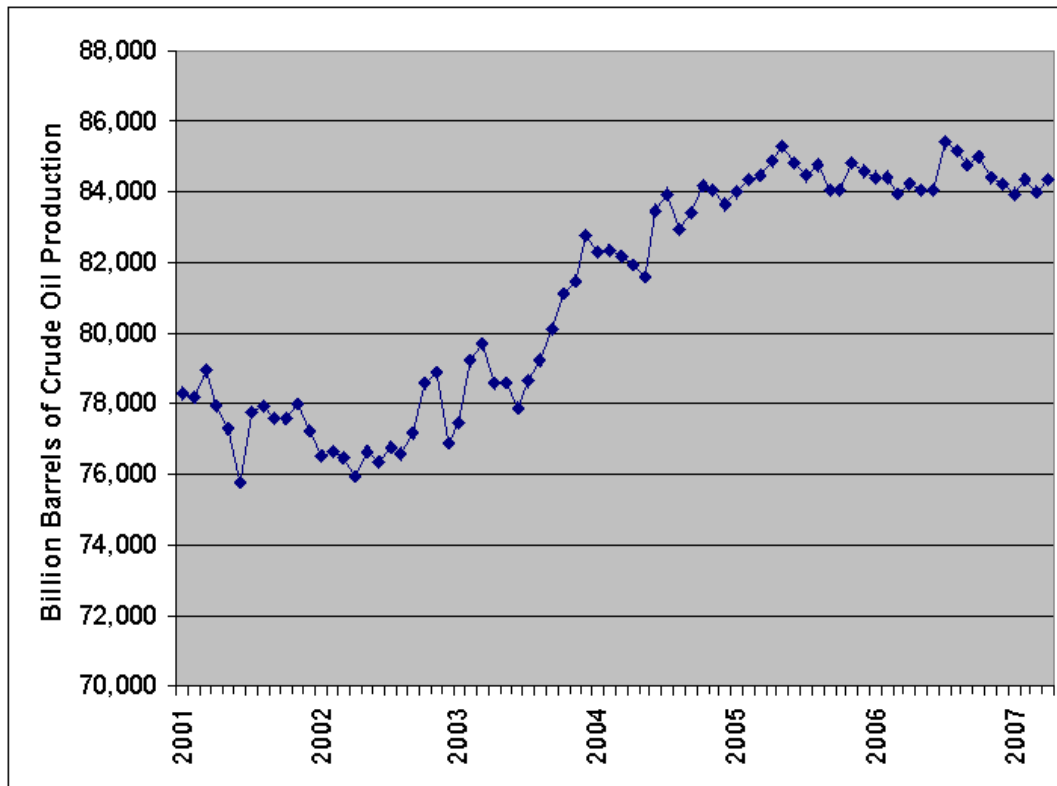
o problema



a sociedade
em que vivemos
é **energívora**

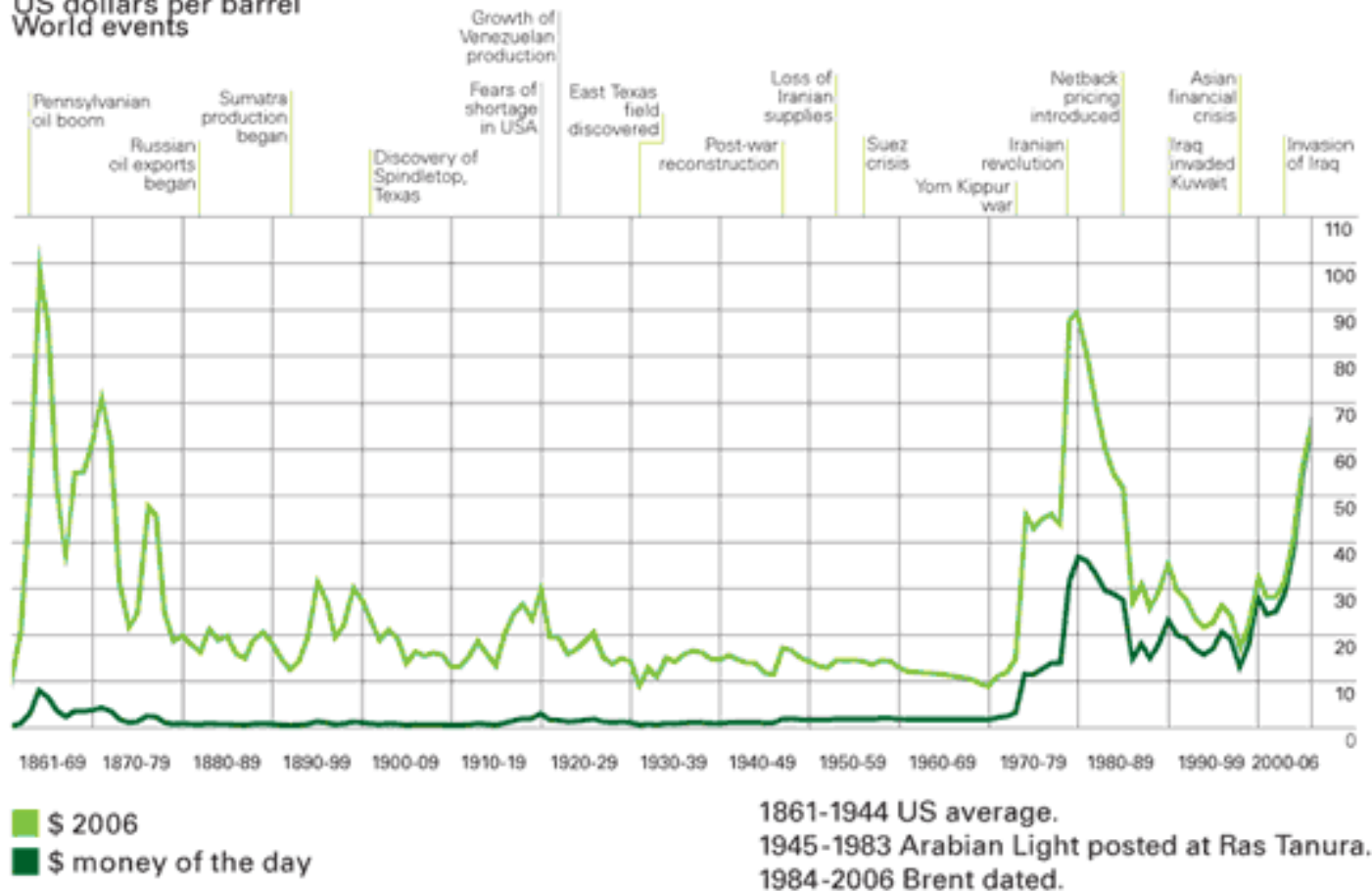


a **explosão demográfica**
e o **aumento da classe média**
tem **disparado a procura de energia**

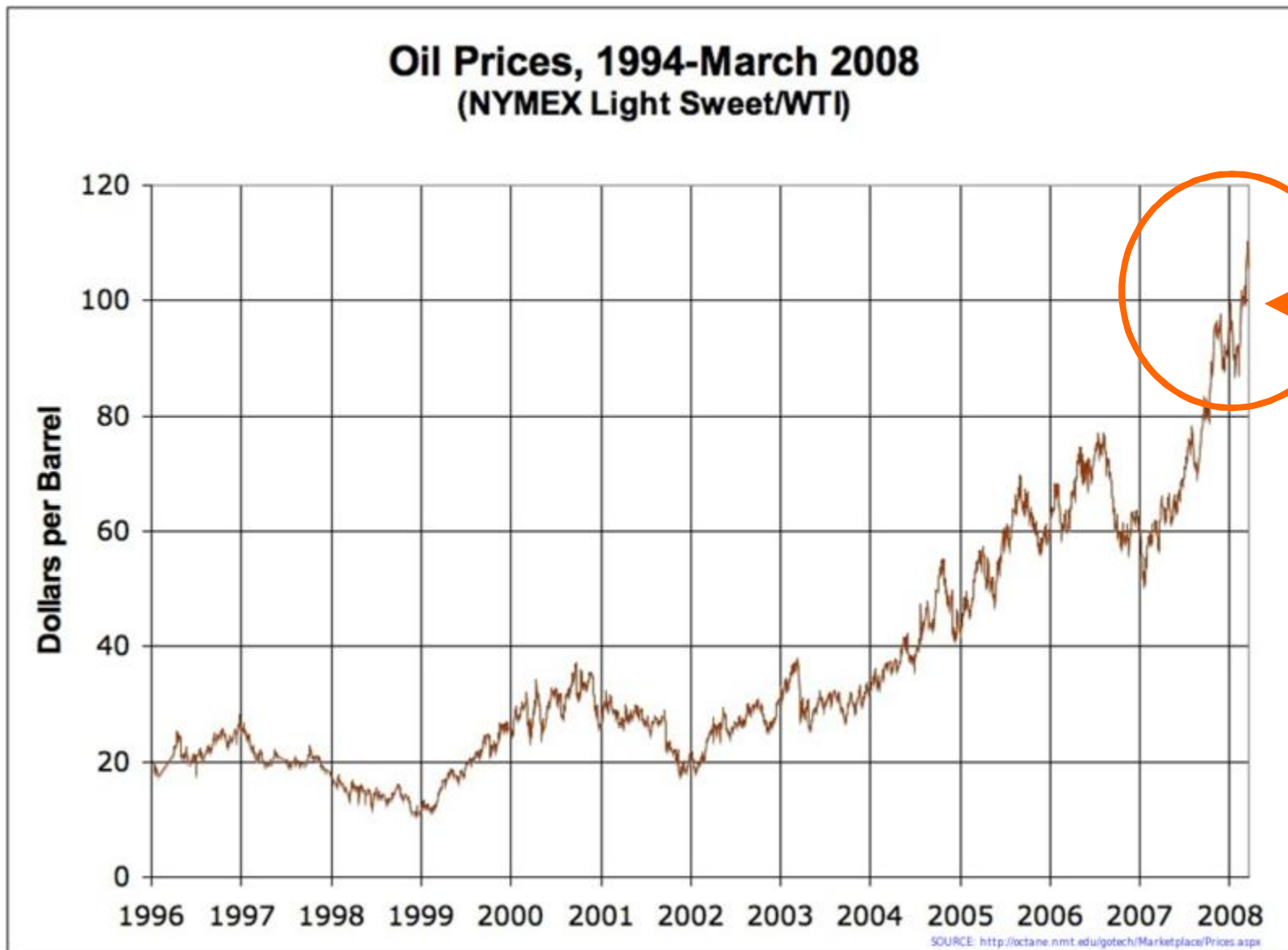


a **produção de crude** tem aumentado apesar de proveniente de locais com **elevada instabilidade social e geo-política**

Crude oil prices 1861-2006 US dollars per barrel World events



a **evolução** dos preços do **crude** tem reflectido essa **elevada instabilidade social e geo-política**



a cotação do **barril de crude** ultrapassou **100 USD** (2008)

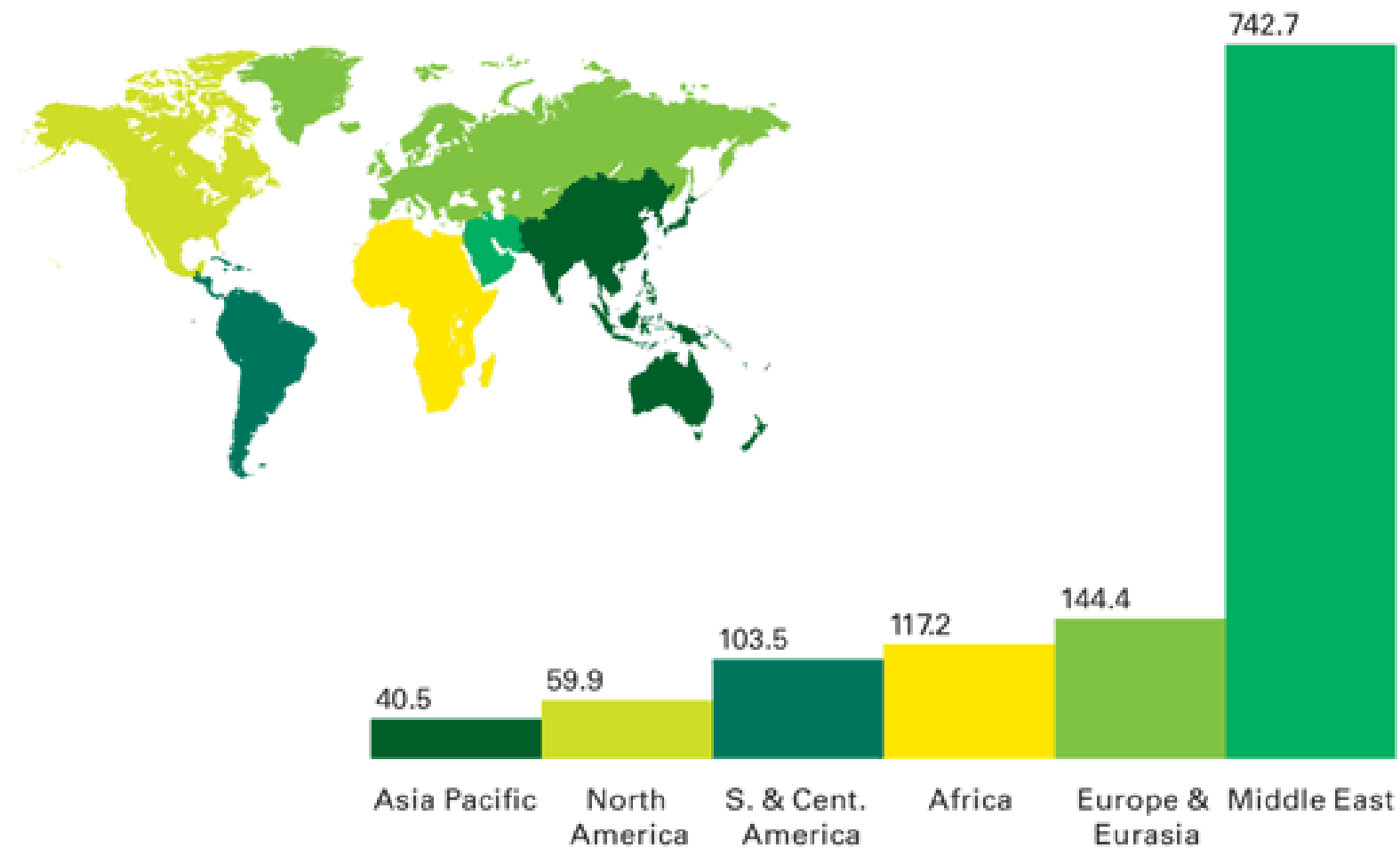
PANTUFA NEGRA

COISAS QUE ATÉ UMA GATA PRETA PERCEBE

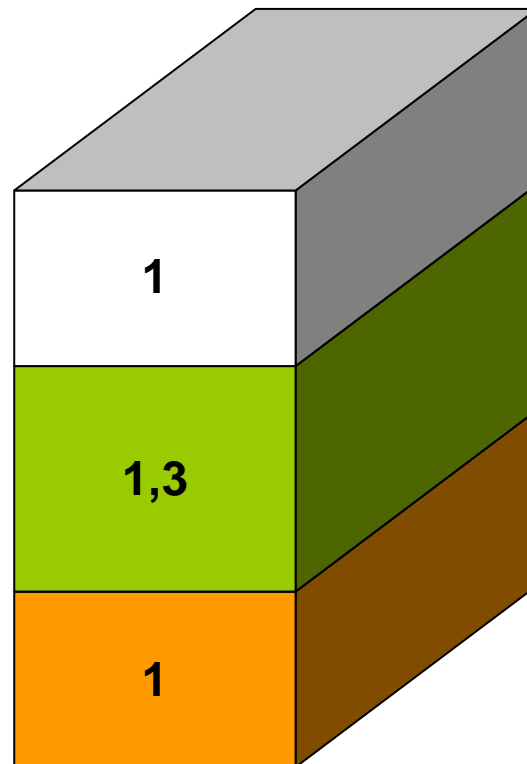
*In Público*

as reservas de
combustível fóssil
não são inesgotáveis

Proved reserves at end 2006
Thousand million barrels



as reservas de combustível fóssil não são inesgotáveis

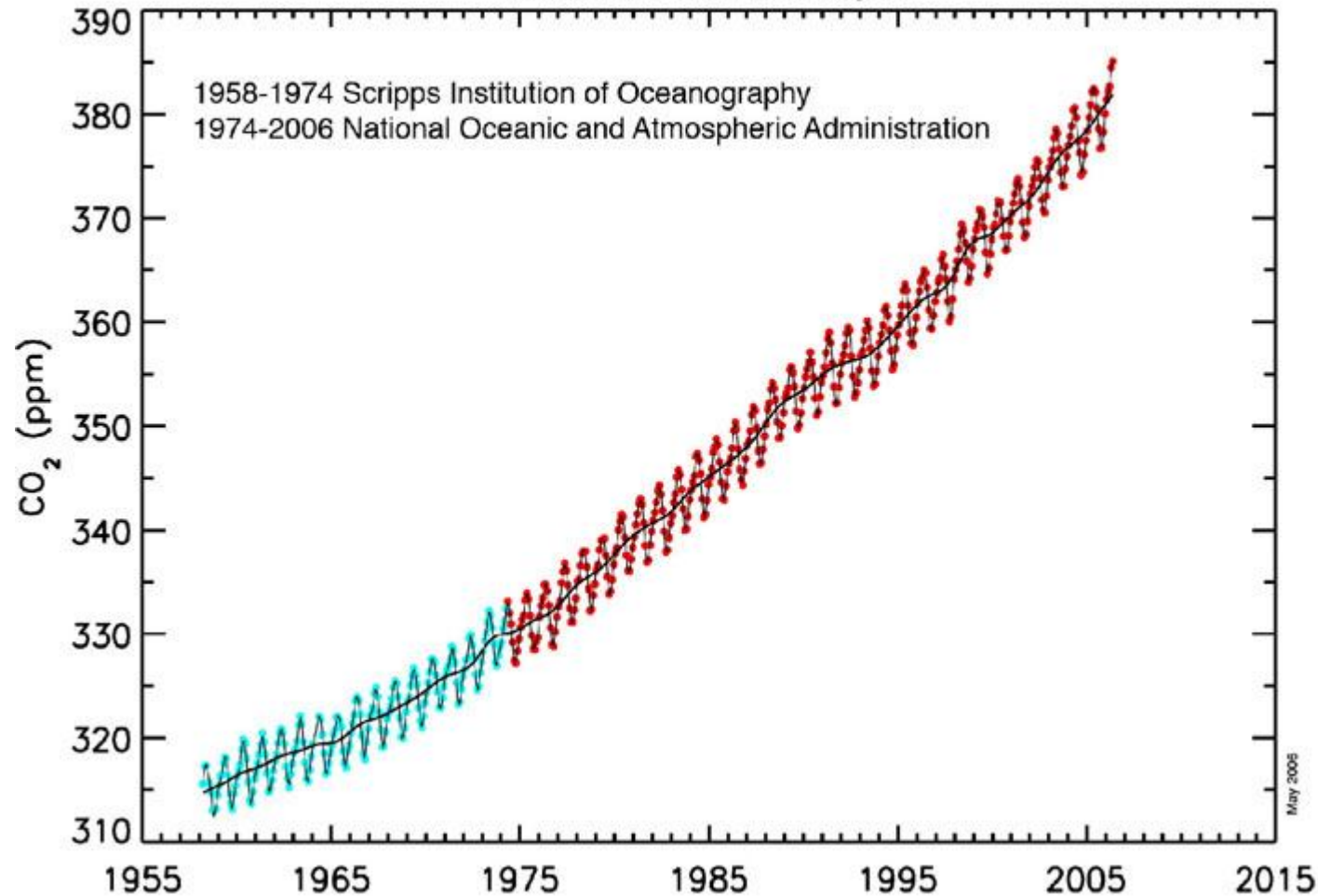


- Reservas por descobrir?
- Reservas descobertas
- Crude produzido

Triliões de barris de crude

Mauna Loa Monthly Mean Carbon Dioxide

NOAA ESRL GMD Carbon Cycle



(...-2008) **aumento** dos gases de efeito estufa (**GEE**)

(Kyoto, 1998) é necessário inverter esta situação

METAS

Kyoto, 1998

Emissões CO₂ (1990)



Emissões CO₂ (2012)

substituição combustíveis fósseis por alternativos (transportes)

Directiva 2003/30/EC, Maio de 2003

2 % 2005

5,75 % 2010

10 % 2020

Resolução do Conselho de Ministros nº 21/2008, PNAC

10 % 2010

20 % 2020



urge utilizar
fontes de
energia renováveis



biodiesel



biodegradável

seguro

não tem S, compostos aromáticos,

menor emissão resíduos

exige menores alterações tecnológicas

e de investimento em infra-estruturas actuais

ciclo completo de C

aumenta o rendimento e a duração dos motores



soja, Brasil



palma, Indonésia



óleo de palma

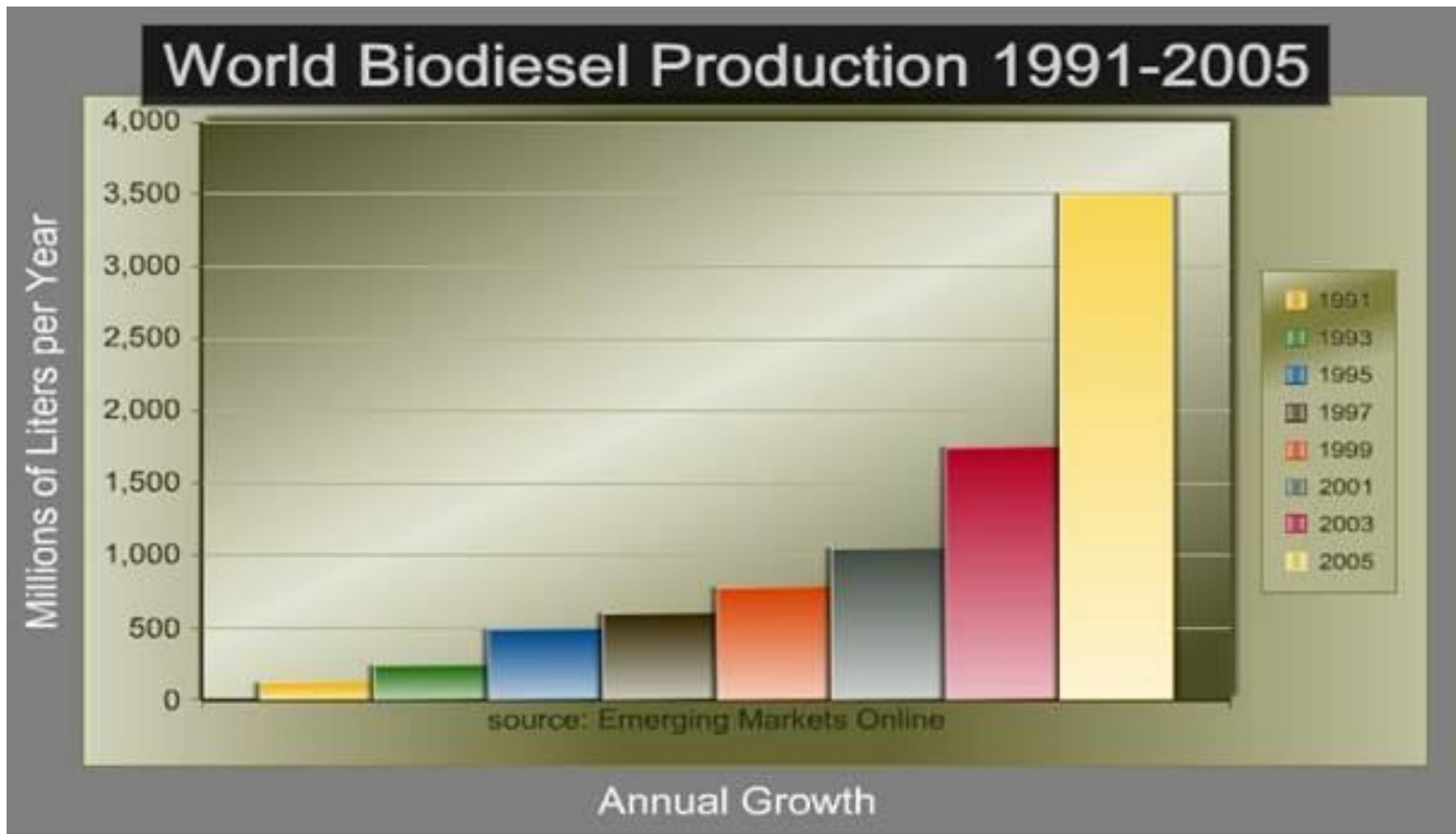


colza, Reino Unido



milho, girassol







o biodiesel está na moda

NoticiasAutomotivas.com.br

BIODIESEL MY FARM MY FUEL.™


Our soybean checkoff
Effective. Efficient. Farmer-Driven.


Another innovation fueled by the soybean checkoff.
For more information go to www.biodiesel.org



**PROGRAMA NACIONAL
DE PRODUÇÃO
E USO DE BIODIESEL
(PNPB)**

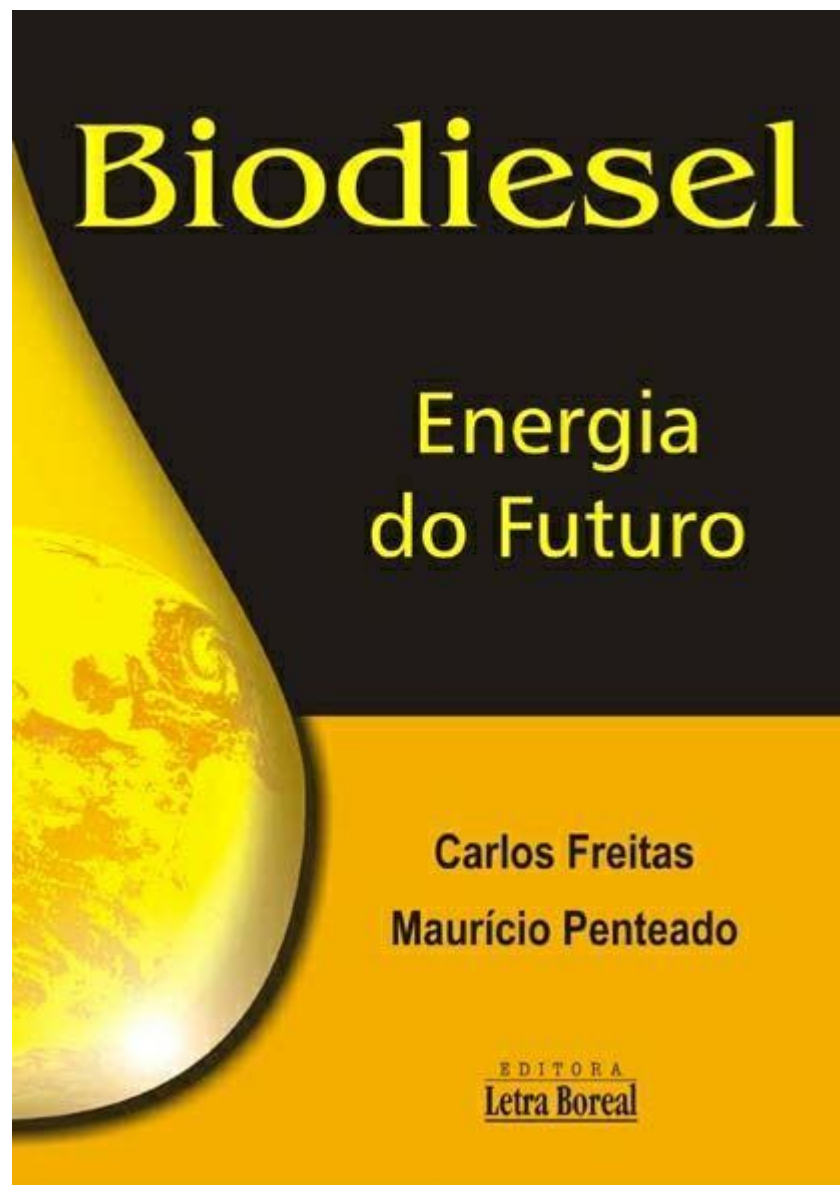




Ministério da
Ciência e Tecnologia



BRASIL
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOVERNO FEDERAL





WWW.NATIONALGEOGRAPHIC.PT

NOVEMBRO 2007

NATIONAL GEOGRAPHIC

PORTUGAL

BIO, COMBUSTÍVEIS

Prós e contras de uma nova energia

MICROFAUNA MARINHA O VALE DA MORTE
TONGA HUBBLE, VISÕES DO ESPAÇO

NÚMERO 80 MENSAL € 3,50
000080
5 1605290621071



PANTUFA NEGRA

COISAS QUE ATÉ UMA GATA PRETA PERCEBE

*In Público*

a produção agrícola de óleo
para **biodiesel** também traz
problemas

competição
pelos terrenos agrícolas para
culturas alimentares

aumento da procura
subida de preços

crise do óleo ?

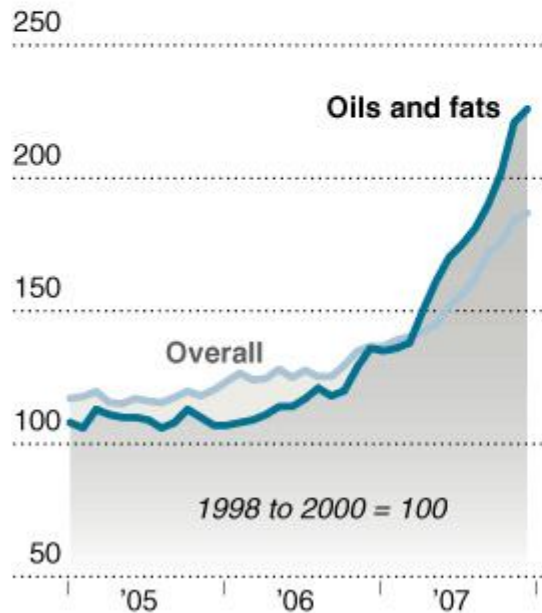
crise do óleo ?

Rising Costs Felt at the World's Dinner Tables

FOOD PRICES

Export prices for 60 internationally traded food commodities have soared. No category has risen faster than oils and fats.

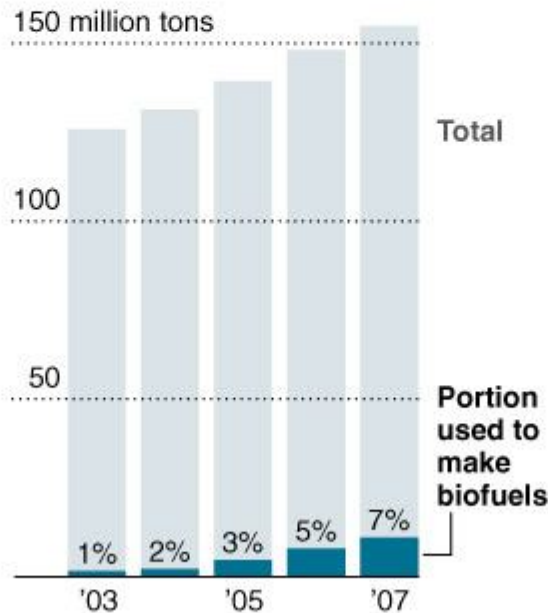
United Nations Food and Agriculture Organization food price index



OIL CONSUMPTION

Most vegetable oil is used for food purposes. But turning it into biofuels represents the fastest-growing demand for oils.

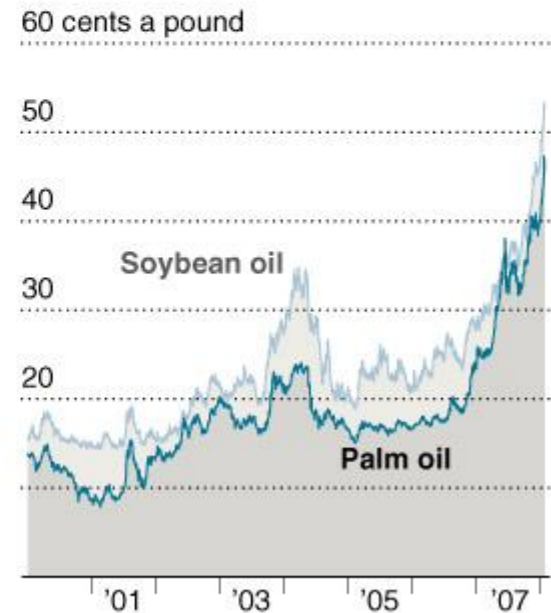
World consumption of oils and fats



OIL PRICES

Farmers in the United States and China have been planting less soy, causing a shortage that has helped raise prices for palm oil, the main alternative to soybean oil.

Near-month futures contracts



Sources: Bursa Malaysia, Chicago Board of Trade, via CEIC Data; United Nations Food and Agriculture Organization; Oil World

RACIONAMENTOS



ÍNDIA, 2008

REVOLTAS



MÉXICO, 2008



In National Geographic

a agricultura intensiva → desflorestação

aumenta a erosão

esgota os nutrientes

diminui a biodiversidade

altera o clima

o futuro do biodiesel
está nas microalgas !?

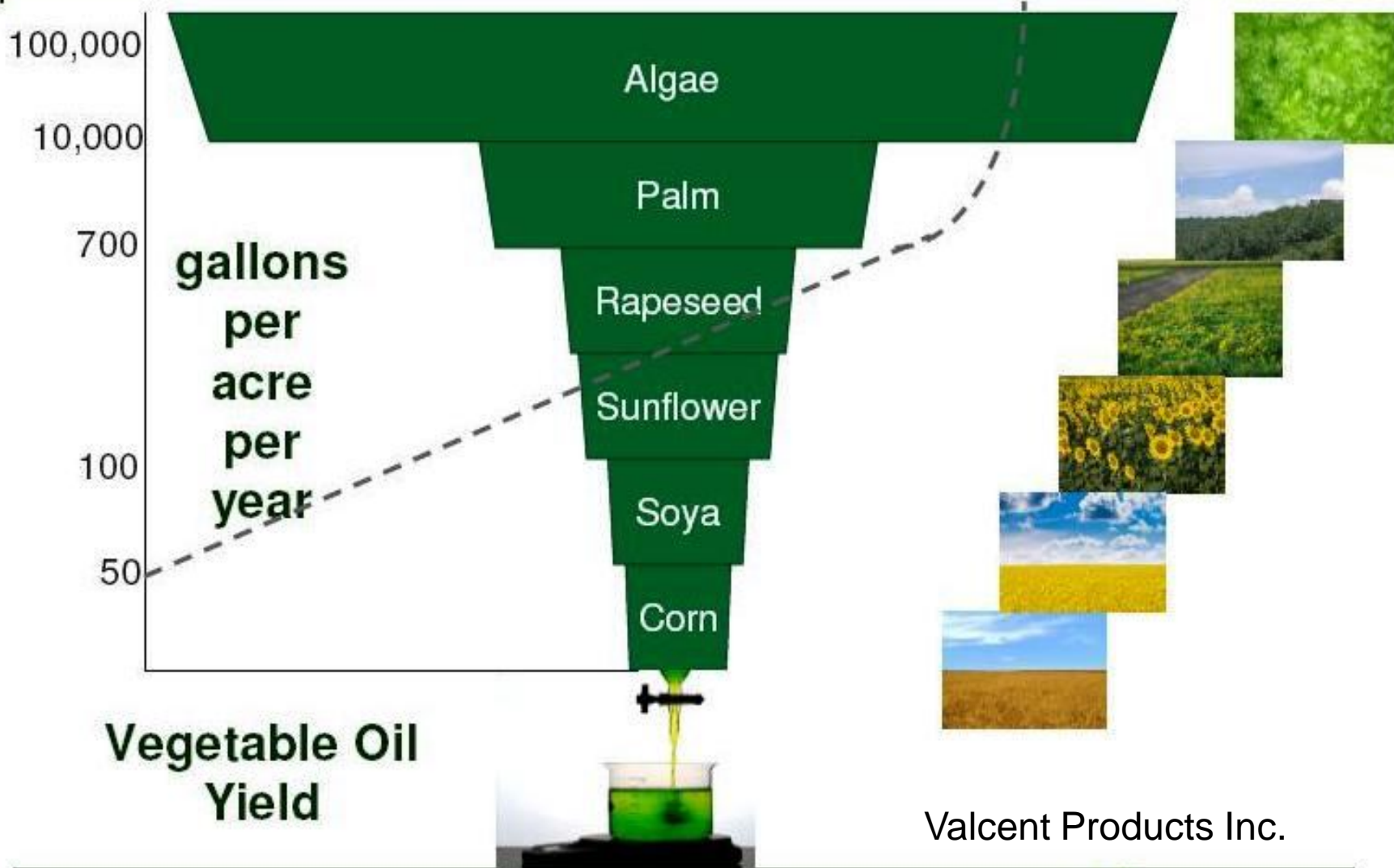
A composite image showing a microscopic view of plant cells (top) and a dense culture of green microalgae (bottom). The plant cells are large and polygonal, while the microalgae are smaller and more rounded. The text is overlaid on the microalgae portion.

o futuro do biodiesel
está nas microalgas !?

António Luis Campos[©]

elevadas produtividades

Is algae part of the feedstock answer?



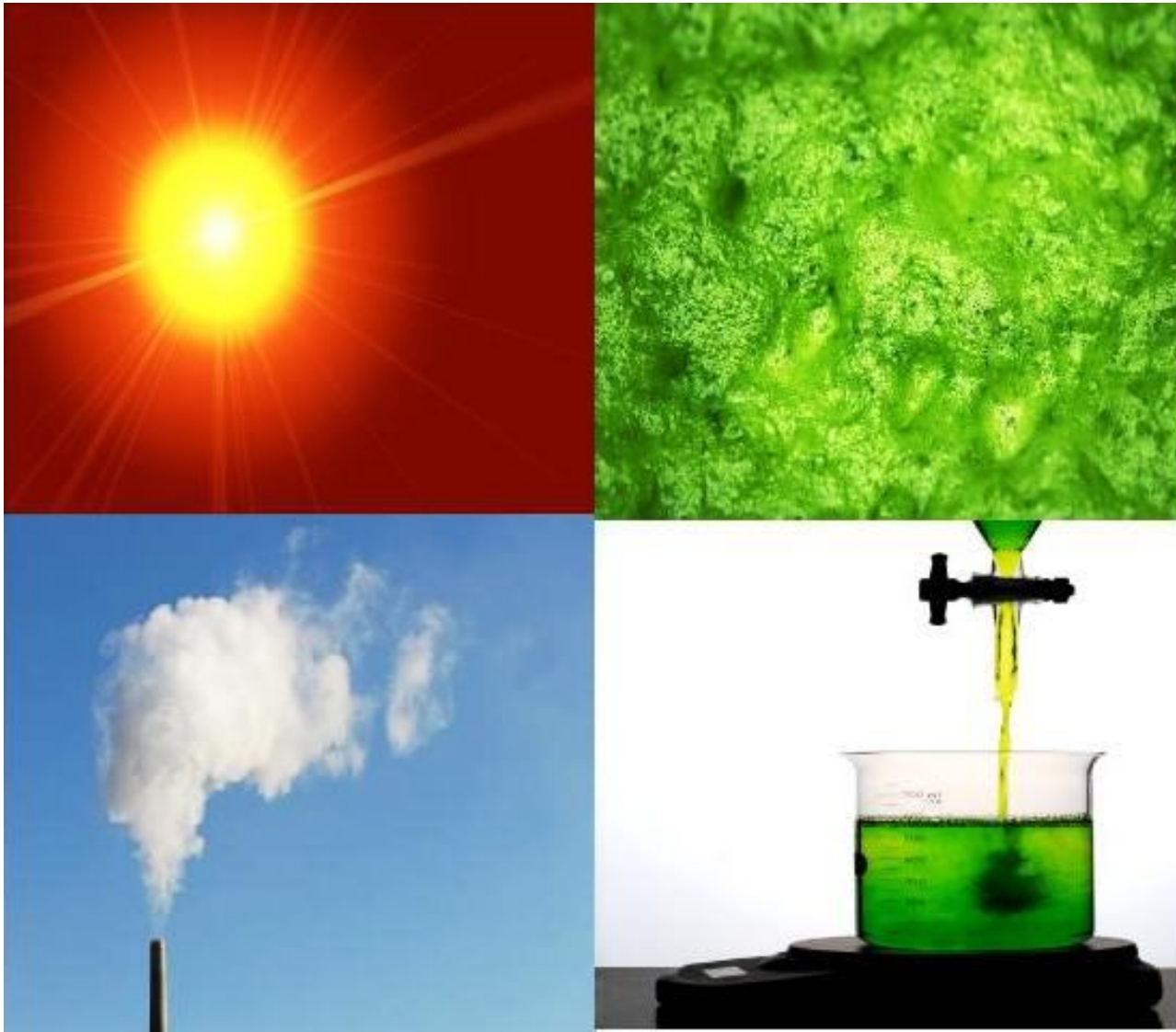
Crop	Oil yield (L/ha)	Land area needed (M ha) ^a	Percent of existing US cropping area ^a
Corn	172	1540	846
Soybean	446	594	326
Canola	1190	223	122
Jatropha	1892	140	77
Coconut	2689	99	54
Oil palm	5950	45	24
Microalgae ^b	136,900	2	1.1
Microalgae ^c	58,700	4.5	2.5

^a For meeting 50% of all transport fuel needs of the United States.

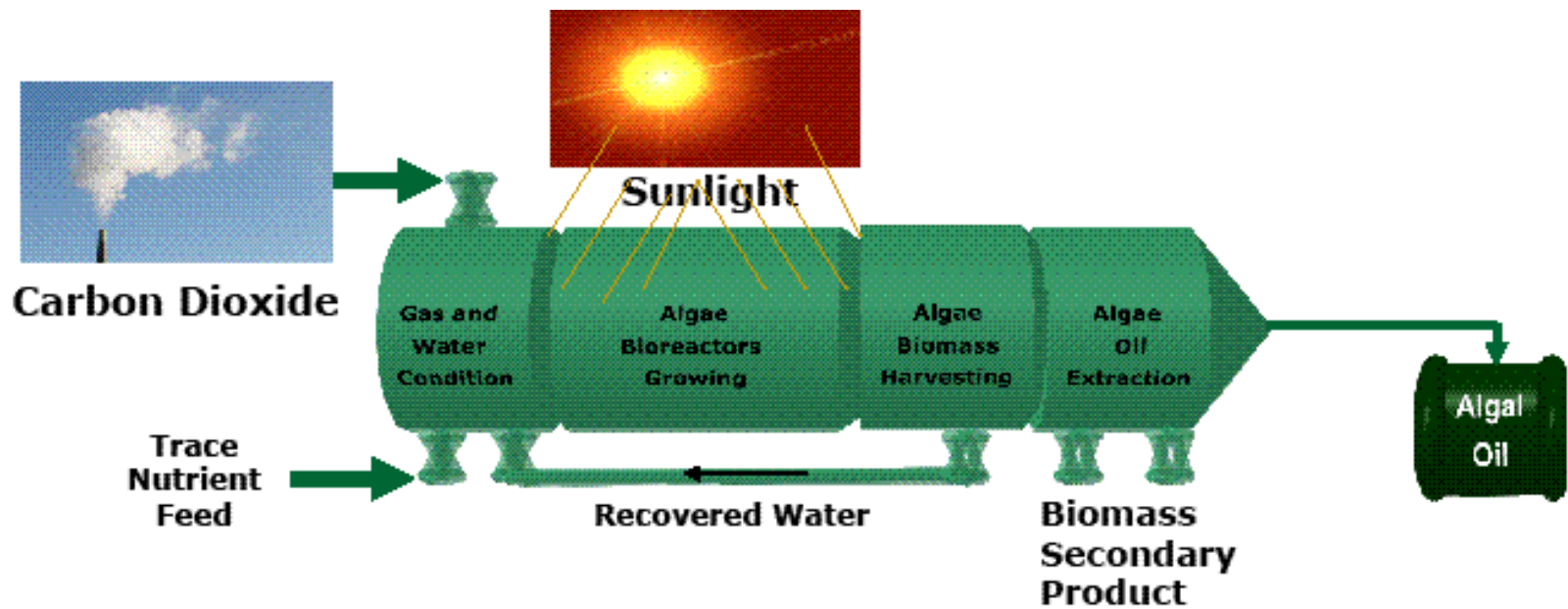
^b 70% oil (by wt) in biomass.

^c 30% oil (by wt) in biomass.

Chisti, 2007



sequestração CO₂



microalgas

- não sazonalidade
- utilização de terrenos marginais
- utilização de água imprópria para a agricultura (doce residual, efluentes vários, água salgada, água salobra)
- adaptação a níveis tecnológicos diferentes
- co-aproveitamento de outros metabolitos
- ampliação de escala fácil

microalgas

- baixas densidades celulares
- pequena dimensão celular
- colheita cara
- contamináveis em reactores abertos ao ar livre
- sobreaquecimento (verão)
- deposição de biomassa nas paredes e perda de transparência nos reactores

Lipid Contents of Selected Microalgae

Species	Maximal lipid content (% w/w)
<i>Monalanthus salina</i>	72
<i>Botryococcus braunii</i>	53–70
<i>Outirococcus</i> sp.	50
<i>Scenedesmus obliquus</i>	49
<i>Nannochloris</i> sp.	48
<i>Dunaliella bardawil</i> (= <i>D. salina</i>)	47
<i>Navicula pelliculosa</i>	45
<i>Radiosphaera negevensis</i>	43
<i>Biddulphia aurita</i>	40
<i>Chlorella vulgaris</i>	40
<i>Nitzschia palea</i>	40
<i>Ochromonas danna</i>	39–71
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	36 (72)

Data from Ratledge (1989)

Lipid Contents of Selected Microalgae (2)

Species	Maximal lipid content (% w/w)
<i>Peridinium cinctum</i>	36
<i>Neochloris oleabundans</i>	35–54
<i>Oocystis polymorpha</i>	35
<i>Chrysochromulina</i> spp.	33–48
<i>Scenedesmus acutus</i>	26
<i>Scenedesmus</i> spp.	26
<i>Chlorella minutissima</i>	23
<i>Prymnesium parvum</i>	22–38
<i>Navicula pelliculosa</i>	22–32
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	16–40
<i>Scotiella</i> sp.	16–35
<i>Chlorella</i> spp.	15–26
<i>Euglena gracilis</i>	14–20
<i>Porphyridium cruentum</i>	14 (22)

Data from Ratledge (1989)

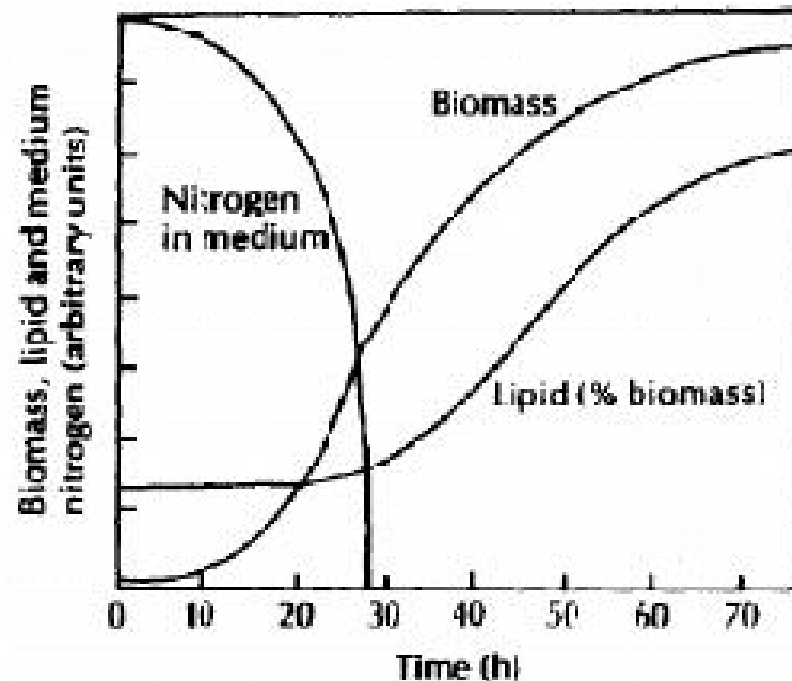
Comparison of properties of biodiesel from microalgal oil and diesel fuel and ASTM biodiesel standard

Properties	Biodiesel from microalgal oil	Diesel fuel ^a	ASTM biodiesel standard
Density (kg/l)	0.864	0.838	0.86–0.9
Viscosity (mm ² /s, cSt at 40 °C)	5.2	1.9–4.1	3.5–5.0
Flash point (°C)	115	75	Min 100
Solidifying point (°C)	–12	–50 to 10	–
Cold filter plugging point (°C)	–11	–3.0 (Max –6.7)	Summer max 0; winter max < –15
Acid value (mg KOH/g)	0.374	Max 0.5	Max 0.5
Heating value (MJ/kg)	41	40–45	–
H/C ratio	1.81	1.81	–

^a The data about diesel fuel were taken from published literature as indicated in the text.

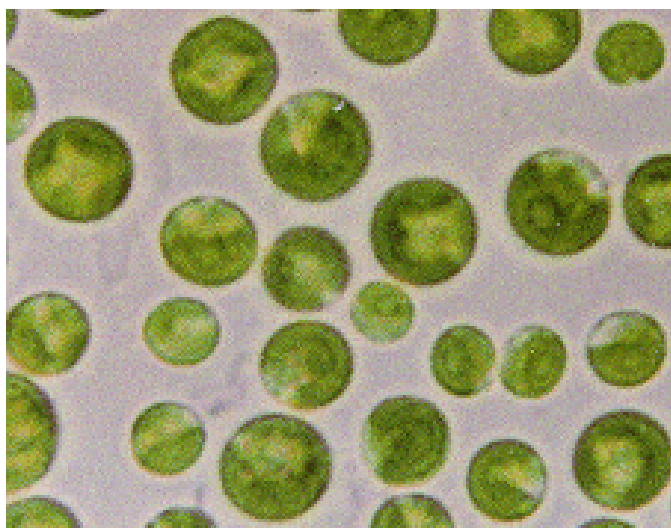
X. Miao, Q. Wu / Bioresource Technology 97 (2006) 841–846

Accumulation of Storage Lipids Under Nutrient Limitation.



Idealized pattern of lipid accumulation in an oleaginous microorganism grown in batch culture (Ratledge, 1989)

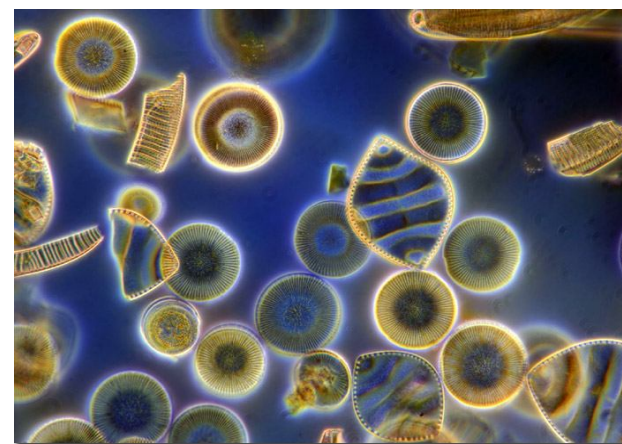
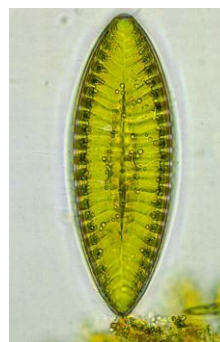
MICROALGAS: SELECÇÃO de PRODUTORAS DE ÓLEO



CLORÓFITAS OU ALGAS VERDES



DIATOMÁCIAS





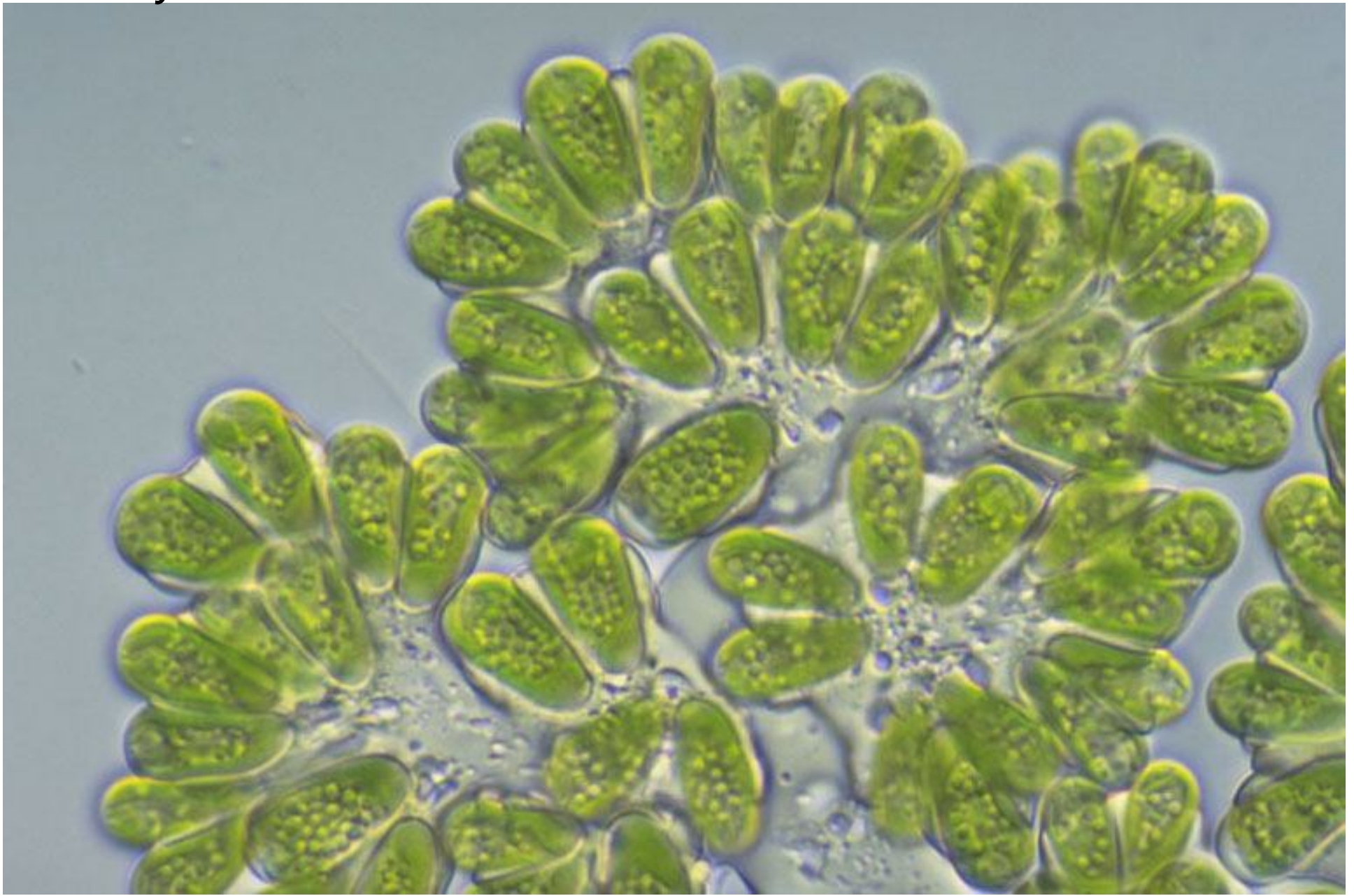
grupo pioneiro em
I & DT de **microalgas**
em Portugal



INETI

30 anos de
experiência em
microalgas

Botryococcus braunii





Turbo-algas

Portugueses descobrem **combustível** alternativo no óleo das microalgas

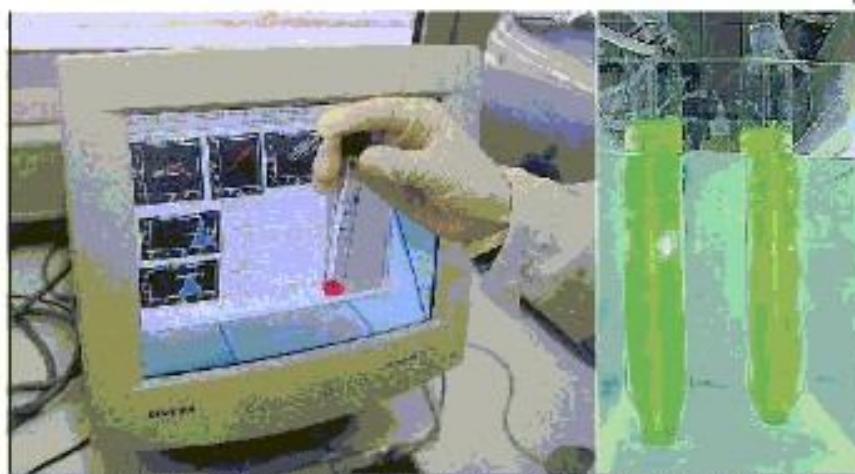
Ricardo Nabais

ricardo.nabais@sol.pt

UMA equipa de cientistas do Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI) investiga nas algas o que pode vir a ser conhecido como petróleo 'aquático'. Na verdade, trata-se de microalgas, das quais se extrai óleo vegetal que pode ser transformado em biocombustível.

Há uma diferença fundamental, contudo, em relação ao biodiesel comum, que se obtém a partir da soja e da colza (as chamadas oleaginosas): a tremenda capacidade de produção de óleo das algas. E tudo a partir de uma só célula como ponto de partida: «**Enquanto nas oleaginosas só as sementes são ricas em óleo, neste caso toda a célula é uma fábrica de óleo e de outras substâncias com interesse. Não há desperdícios**», explica Alberto Reis, que integra a equipa do INETI.

O estudo das algas faz-se naquele instituto lisboeta há 30 anos. Mas só recentemente se intensificou o seu



O citómetro permite avaliar se as células têm óleo; à direita, provetas com microalgas

campo de aplicações na área dos combustíveis alternativos. As microalgas são mantidas em laboratório e multiplicam-se exponencialmente se as condições forem adequadas. «**A eficiência fotossintética das microalgas é muito superior à das plantas superiores**», assegura Luísa Gouveia, que também faz parte da equipa.

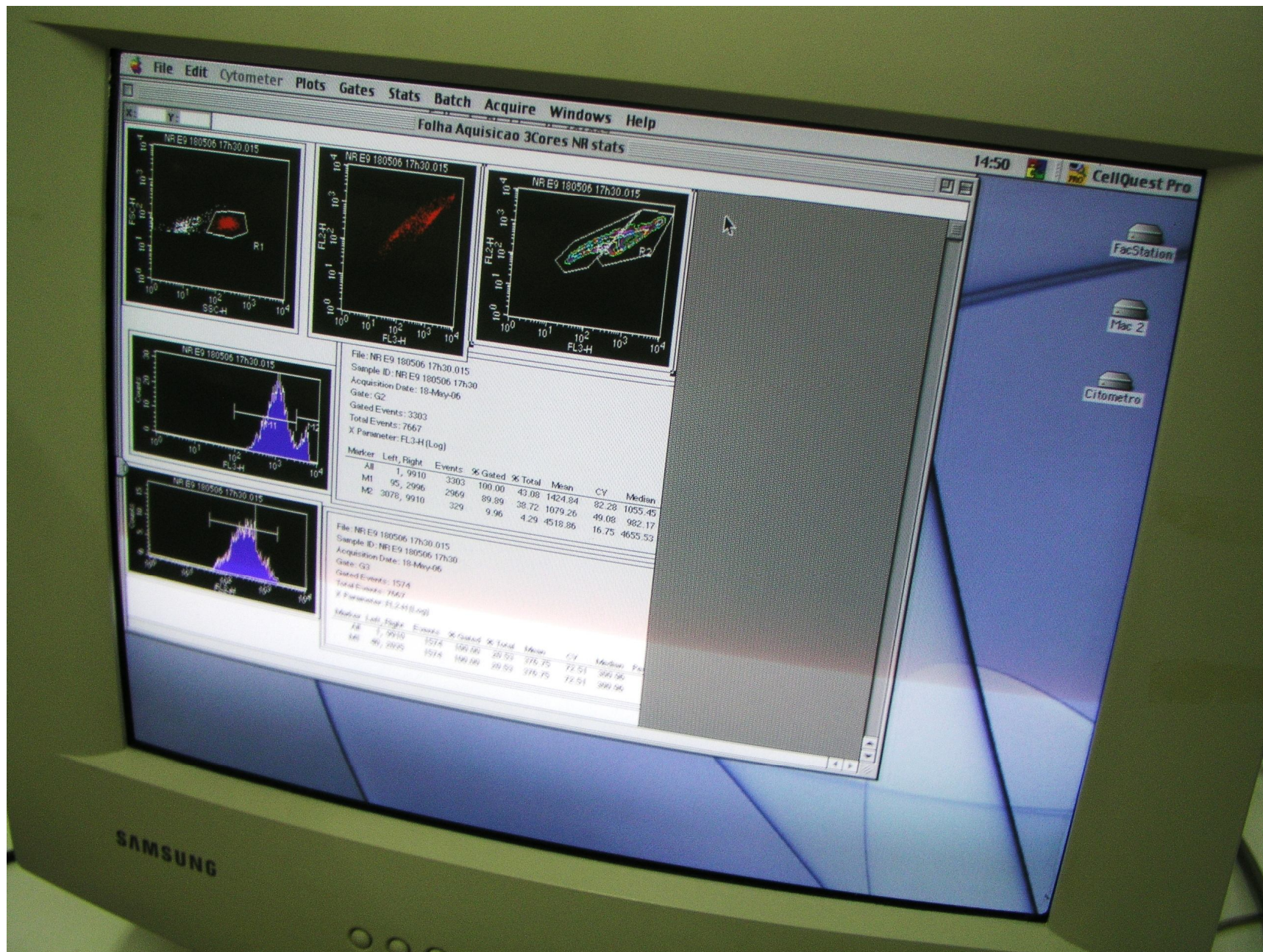
Mas as microalgas não são apenas amigas do ambiente por captarem dióxido de carbono, associado ao efeito dos gases de estufa. As fontes desta matéria-prima podem ser o mar, a água doce ou até salobra. «**Todos os dias podemos colher microalgas para extrair óleo. Não há sazonalidade**», diz Fernanda Rosa, directora

da Unidade de Biomassa do INETI. E para esta investigação em concreto a equipa fez uma pré-selecção de oito estirpes destas algas.

Depois de mantidas num meio de cultura com os nutrientes necessários, as microalgas vão multiplicar-se. Dai resulta uma biomassa que se separa da água. Chegados a este ponto é necessário extrair o óleo das células. O grupo utiliza uma técnica geralmente utilizada na área clínica como meio de diagnóstico: a citometria de fluxo. Num citómetro avalia-se em tempo real, logo a seguir à amostragem das células, «**qual é o seu teor de óleo, célula a célula**», explica Teresa Lopes da Silva, outra integrante do grupo. As microalgas crescem intensivamente em reactores e fazem a fotossíntese, como qualquer outra planta superior.

As microalgas podem também ser fonte de proteínas, pigmentos, antioxidantes, ácidos gordos poli-insaturados, uma panóplia de ingredientes para produtos alimentares, farmacêuticos e suplementos dietéticos.





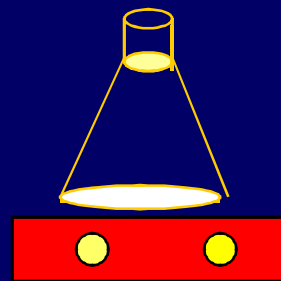
Extracção clássica do óleo das algas



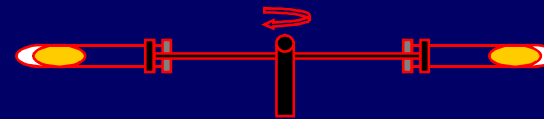
1) Recolha de biomassa algal



2) Liofilização
2 dias



3) Extracção
2 dias



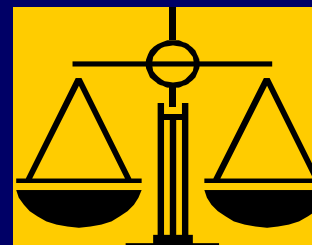
4) Centrifugação
5000 RPM; 10 minutos



5) Recolha das fases



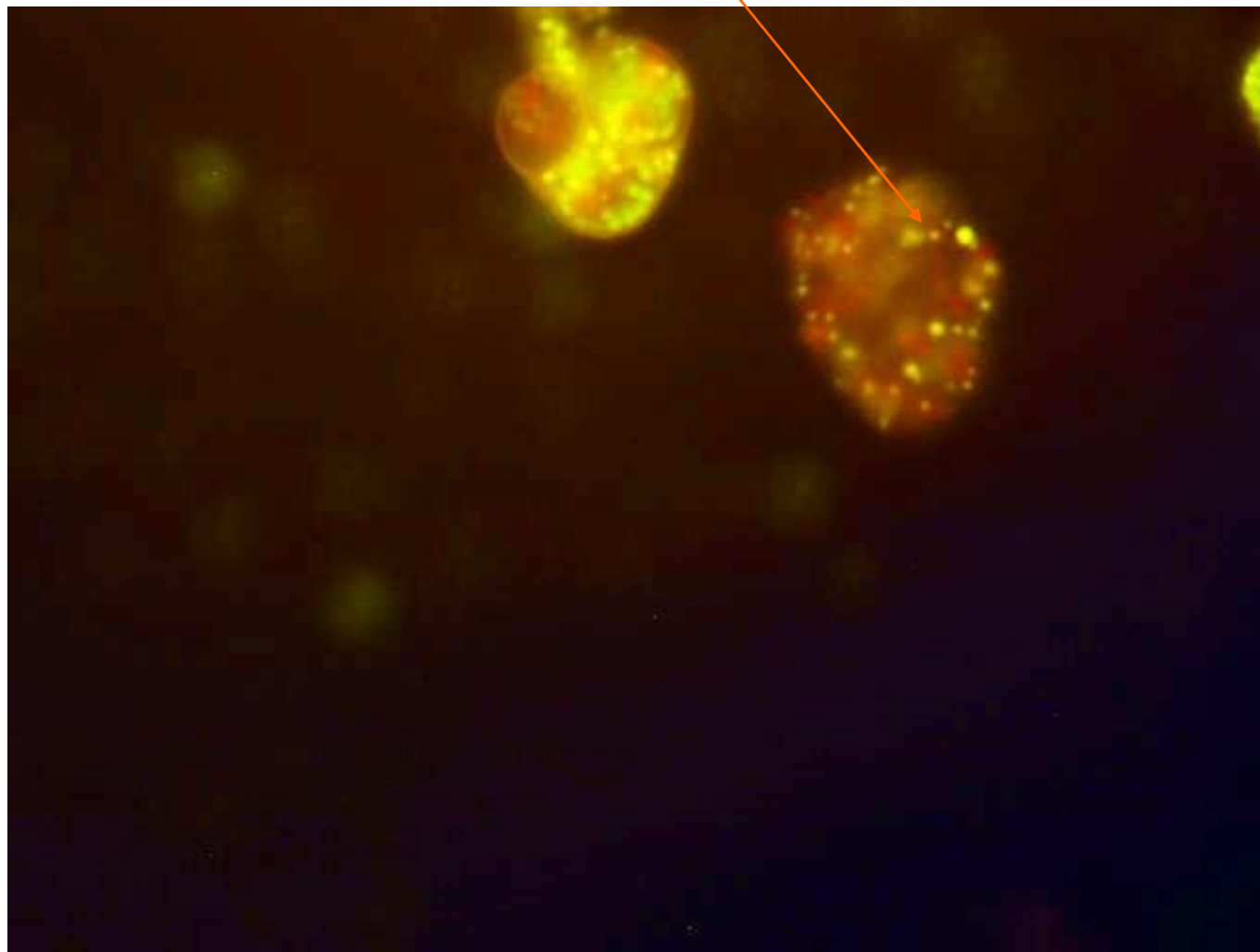
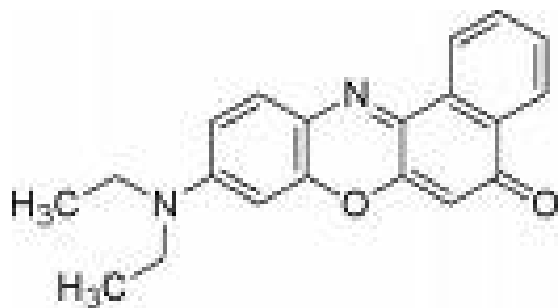
7) Evaporação do solvente



8) Pesagem do óleo

TOTAL: 5 dias !

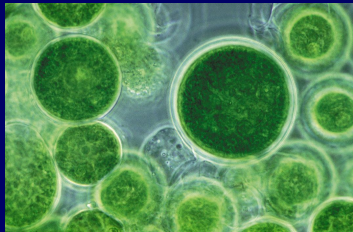
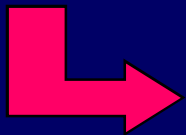
gotas de óleo coradas com Vermelho do Nilo



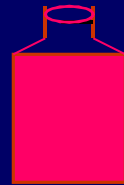
Citometria de Fluxo: Detecção de Óleos em microalgas



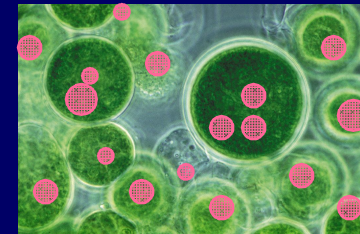
colheita



+



Nile
Red

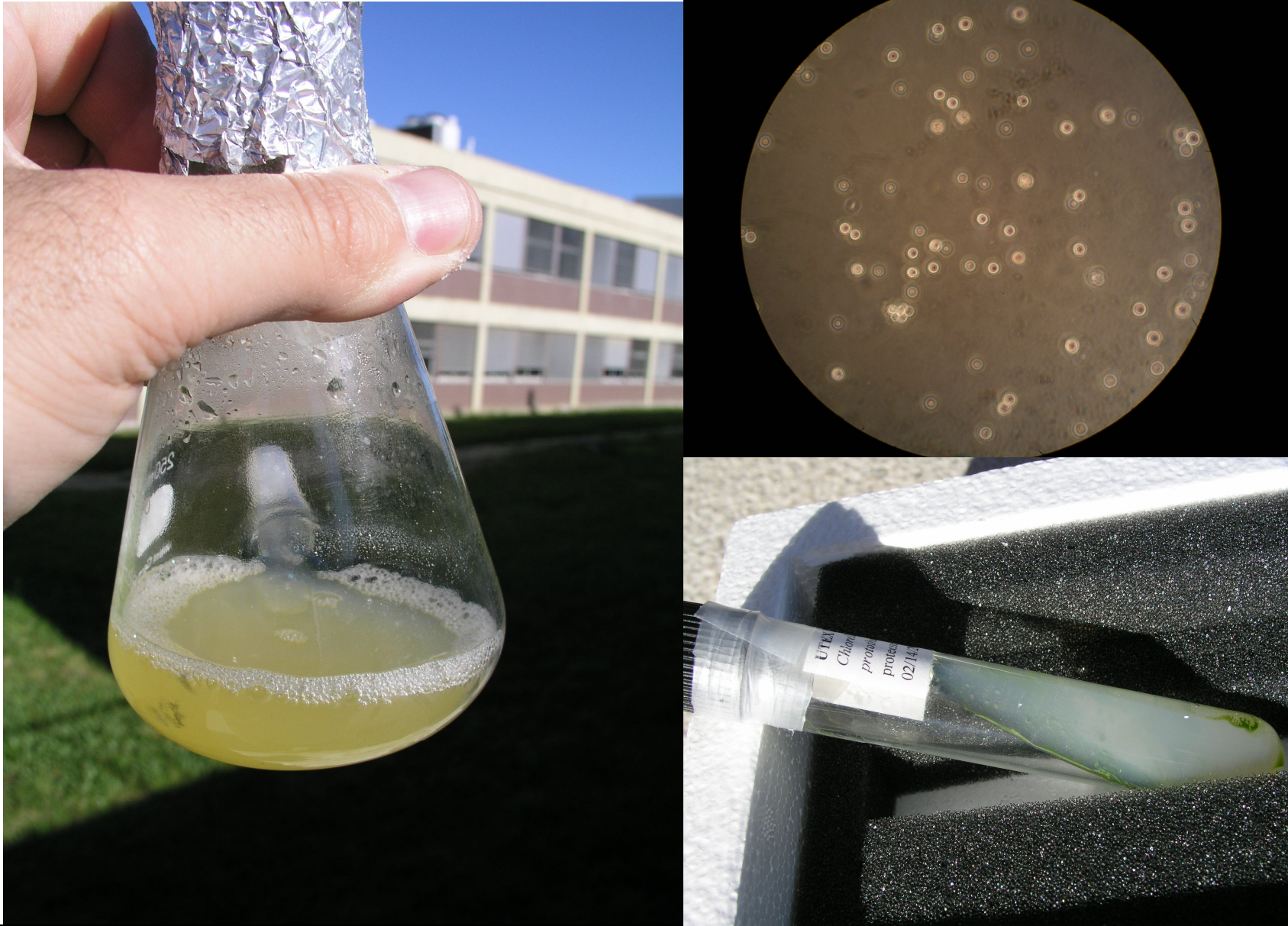


Fluorescência

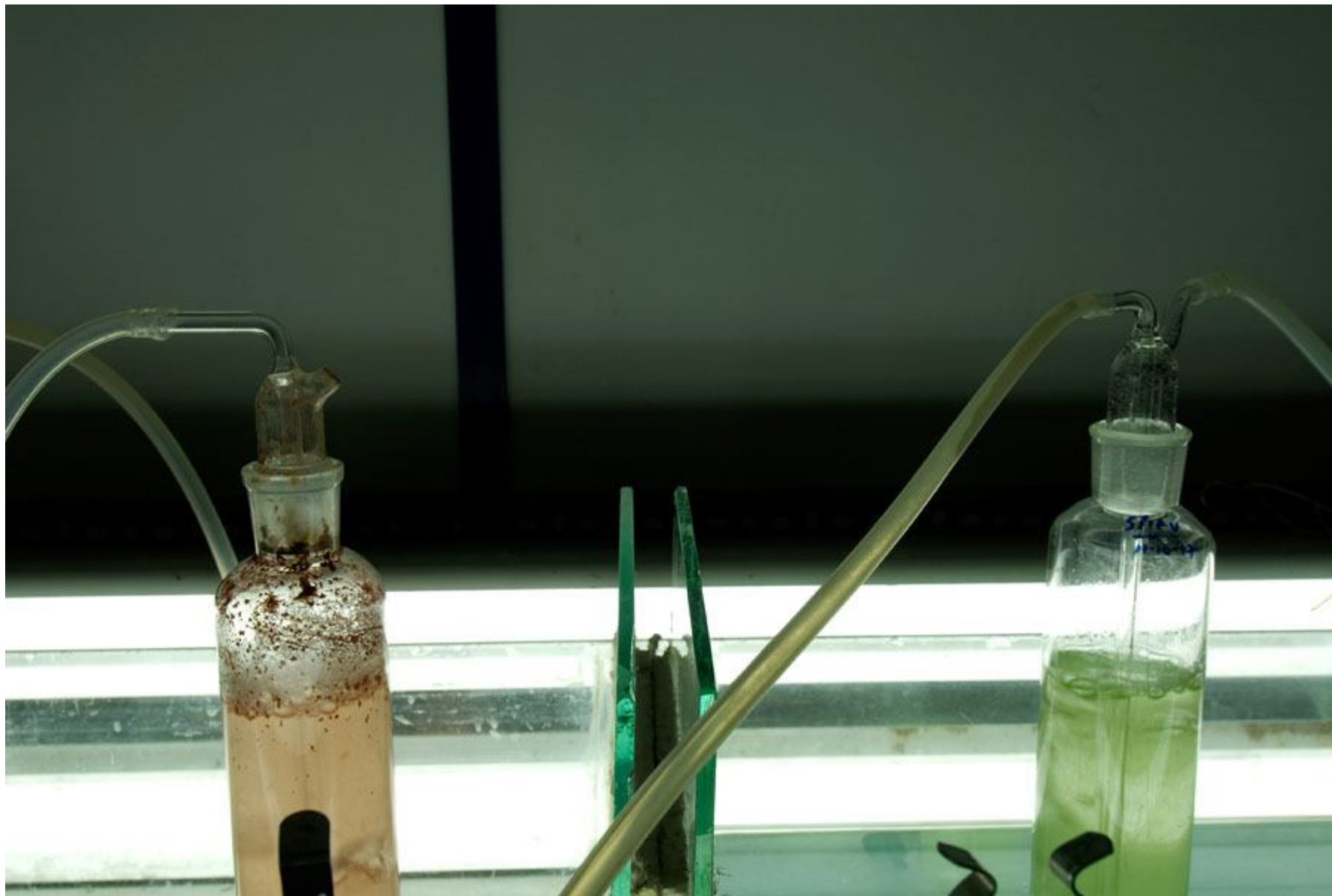
Teor de óleo da microalga

1 minuto!

Tubos de ensaio – 10 mL
Erlenmeyers – 50 mL



Colunas de bolhas – 1 L



António Luis Campos[®]

Mangas – 50 L



António Luis Campos[®]

Lagoas raceway – 400 L



António Luis Campos[®]

Lagoas raceway – 8000 L





António Luis Campos[©]

Fotobioreactores fechados – 50 L

Fotobioreactores fechados – 50 L



António Luis Campos[©]

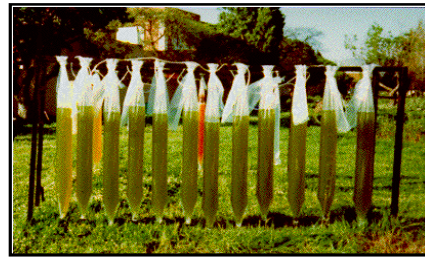


Fotobioreactores fechados – 50 L

scale-up sequencial

*soluções
tecnológicas
integradas*

António Luis Campos®



INETI



Microalgas

Principais Aplicações

- Nutrição Animal - **Aquacultura**
- **Nutrição Humana** – Indústria Alimentar, Suplementos
- Produção de compostos de química fina – Indústria Cosmética e Farmacêutica
- **Produção Biodiesel**
- **Tratamento de Efluentes**, Remoção de metais pesados; sequestração de CO₂
- Agricultura – biofertilização, condicionadores de solos
- **Produção de H₂**

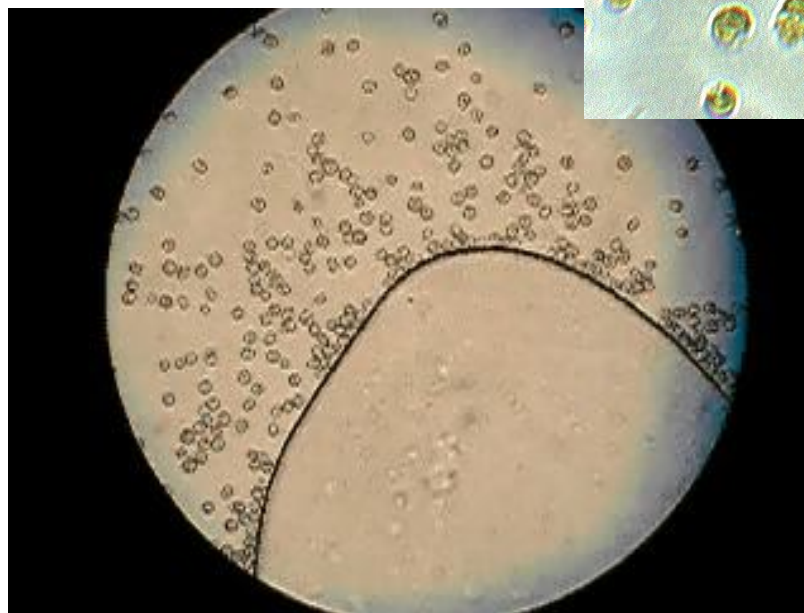
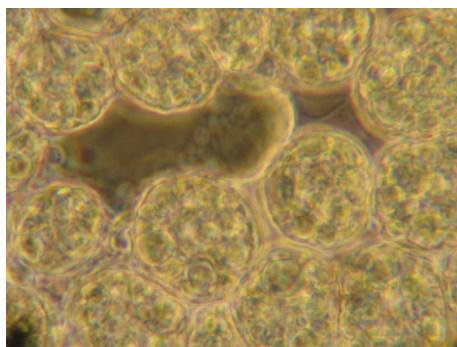
Biomoléculas

- **Carotenóides**
- **Ácidos gordos**
- **Proteínas**
- Aminoácidos
- **Polissacáridos**
- Vitamins
- Esteróis
- **Ficobilinas**

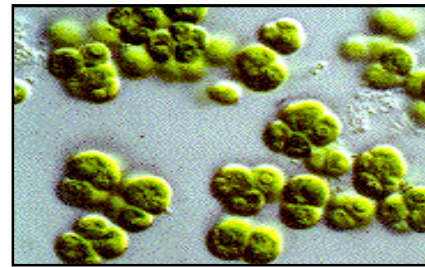
Microalgas -

Ácidos Gordos POLI-INSATURADOS

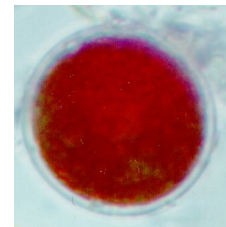
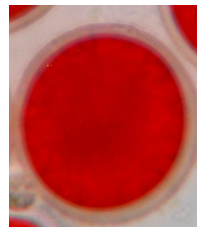
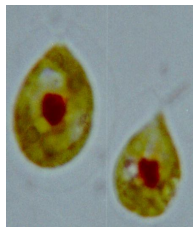
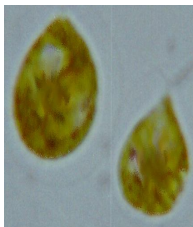
DHA, EPA, OMEGA 3
ALIMENTOS FUNCIONAIS
AQUACULTURA



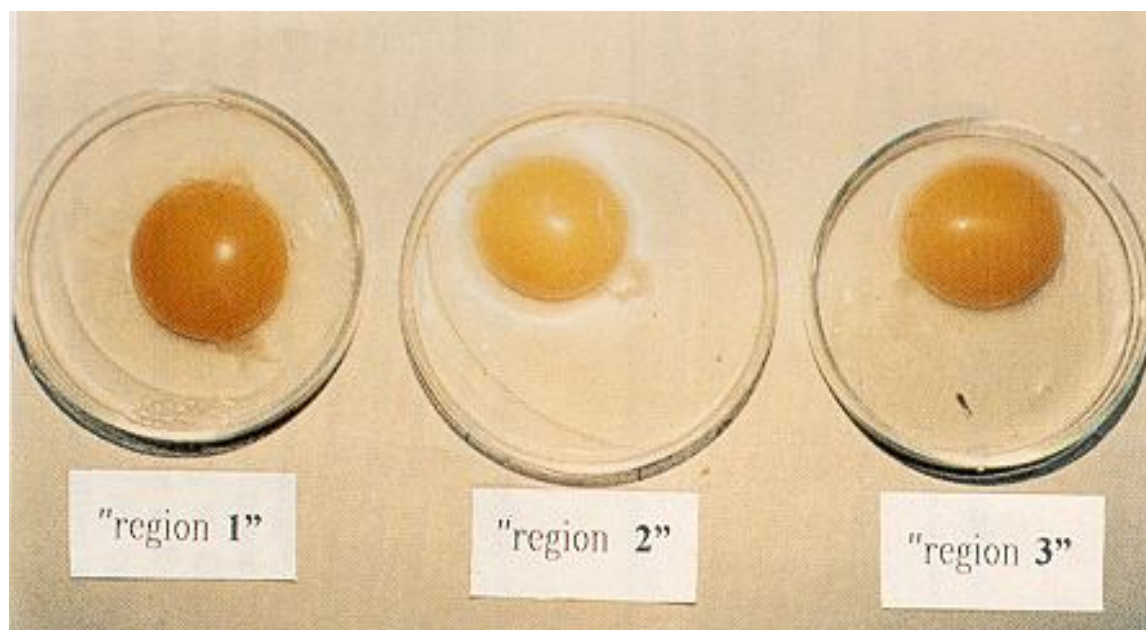
Chlorella vulgaris



Haematococcus pluvialis



OVOS DE GALINHAS POEDEIRAS



região 1 - Dieta com pigmento sintético

região 2 - Dieta sem pigmento

região 3 - Dieta com biomassa de *Chlorella vulgaris*

DOURADAS



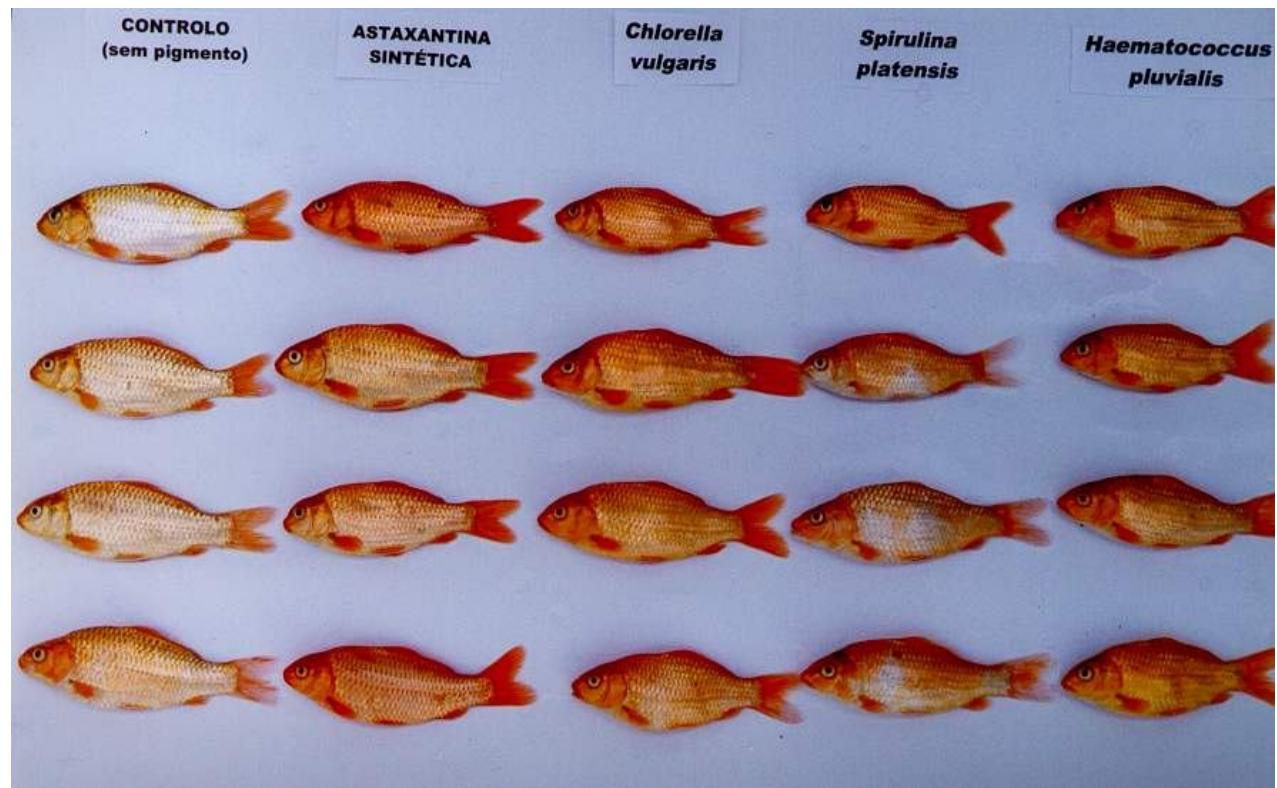
TRUTAS



A, D - CANTAXANTINA
E, G - ASTAXANTINA

B, H - ALGA
C, F - ALGA (Moída)

PEIXES ORNAMENTAIS- CARPAS KOI

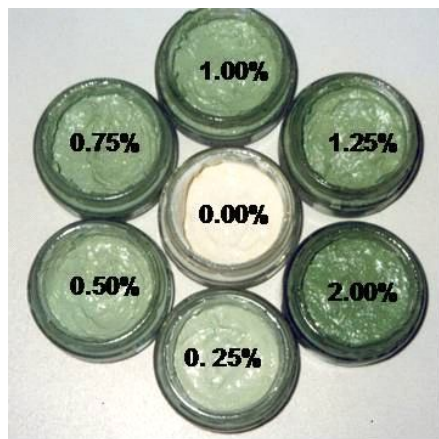


Emulsões com Microalgas

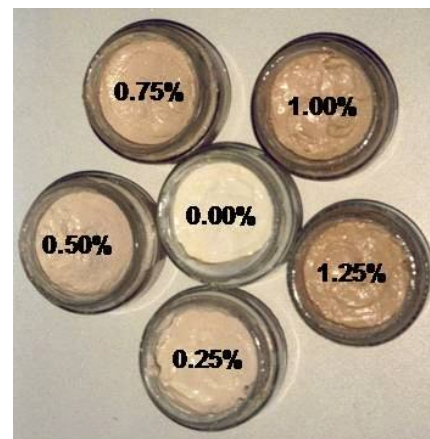
“Maionese” coloridas com luteína e ficocianina



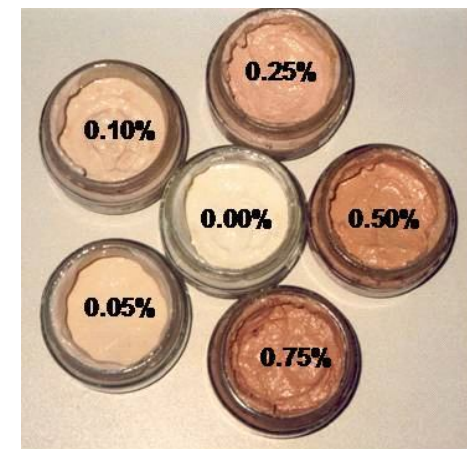
“Maionese” coloridas com biomassa de microalgas



Chlorella vulgaris



Chlorella vulgaris
carotenogénica



Haematococcus pluvialis

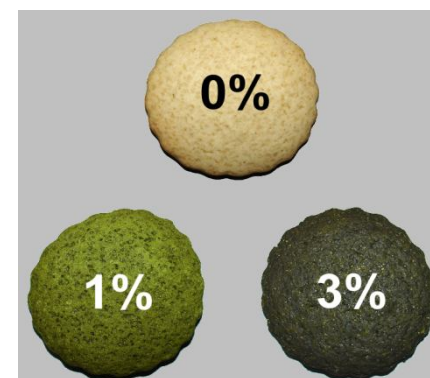
Bolachas com microalgas



Corantes sintéticos



Chlorella vulgaris



Isochrysis galbana

Massas alimentícias coloridas com microalgas



- Sêmola de trigo: 70 % (m/m)
- Biomassa microalgal: 0,5 – 2,0 % (m/m)



Géis com Microalgas

- Isolados proteicos de ervilha: 4% (w/w)
- κ -Carrageno: 0.15% (w/w)
- Amido milho: 2.5% (w/w)
- Sucrose: 15% (w/w)
- Biomassa de Microalgas: 0.75% (w/w)

Biomassa Microalgas



Batista et al, *Gums and Stabilisers for the Food Industry 14*, In press.

Pigmentos



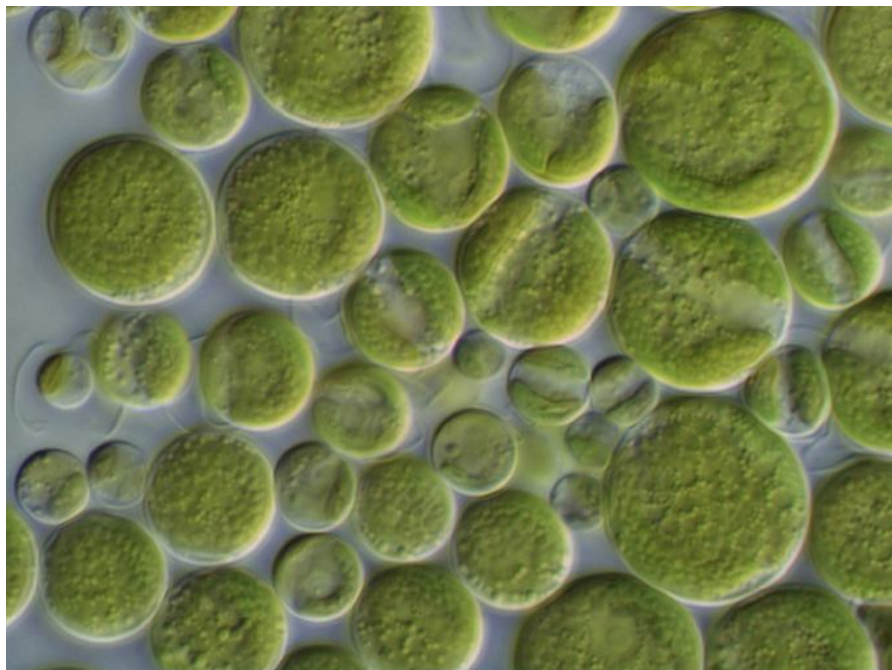
Batista et al, *Food Sci Technol Int*, In preparation.

não há soluções
chave na mão

a previsão de
rendimentos,
produtividades
custos de produção

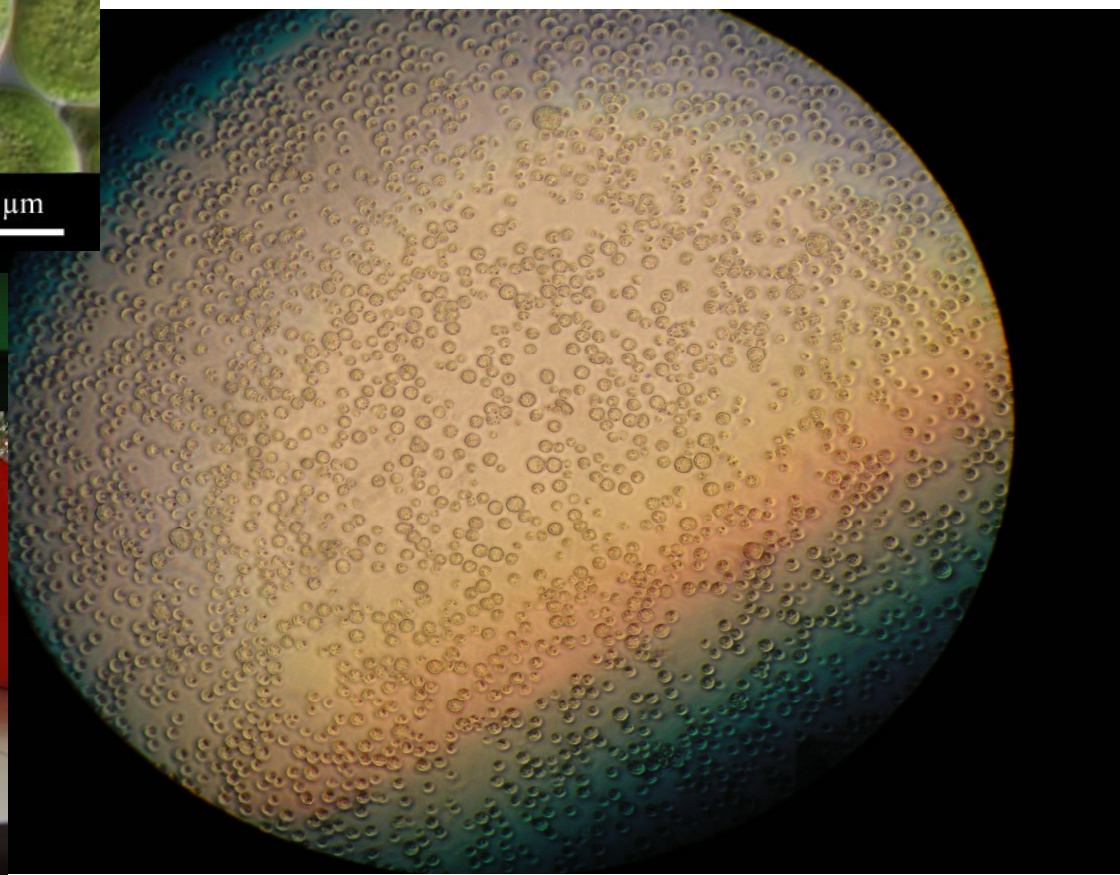
só pode ser realizada após pelo menos
1 ano de ensaios de campo
à escala piloto

novas
abordagens:
a vertente
heterotrónica



Chlorella protothecoides

10 μm



scale-up sequencial



Fermentador – 2L



Fermentador – 100 L

*soluções
tecnológicas
integradas*

a vertente
heterotrófica

Fermentador – 200 L



INFORMAÇÃO À IMPRENSA



Lisboa, 13 de Março 2008

Galp Energia, INETI e Algafuel formam consórcio para a produção de biomassa e biocombustíveis com recurso a microalgas

A Galp Energia assinou hoje uma parceria com o Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI) e a empresa Algafuel, duas entidades de reconhecida experiência no domínio da Investigação e Desenvolvimento (I&D), para a constituição de um consórcio que vai desenvolver um projecto de produção de biomassa e biocombustíveis a partir da cultura

8,26 x 11,69 in

o futuro ?

BIOREFINERY

