

# Disponibilidade de água

Prof. Carlos Eduardo Zacarkim





## Qualidade e disponibilidade de água

---

- A principal questão é se a **quantidade** e a **qualidade** da água disponível são compatíveis com a exigência do projeto.



- **Demanda Hídrica = DH**
- **Capacidade de suporte**


# Capacidade de suporte

- Oxigênio
- Amônia





# Oxigênio dissolvido

- 
1. Fitoplâncton e plantas aquáticas (Fotossíntese)
  2. Oxigênio atmosférico (Difusão)
  3. Oxigênio pela água de cultivo (renovação)
  4. Oxigenação mecânica (aeradores)

A concentração de **OD** na água vai variar em função da **temperatura**, **salinidade** e da **pressão atmosférica**



1. Respiração biológica (Fotossíntese)
2. Oxidação química (sedimento)
3. Difusão atmosférica
4. Efluentes



# Aeration and Oxygenation



Aquacultural Engineering 18 (1998) 9–40

aquacultural  
engineering

## Pond water aeration systems

Claude E. Boyd \*

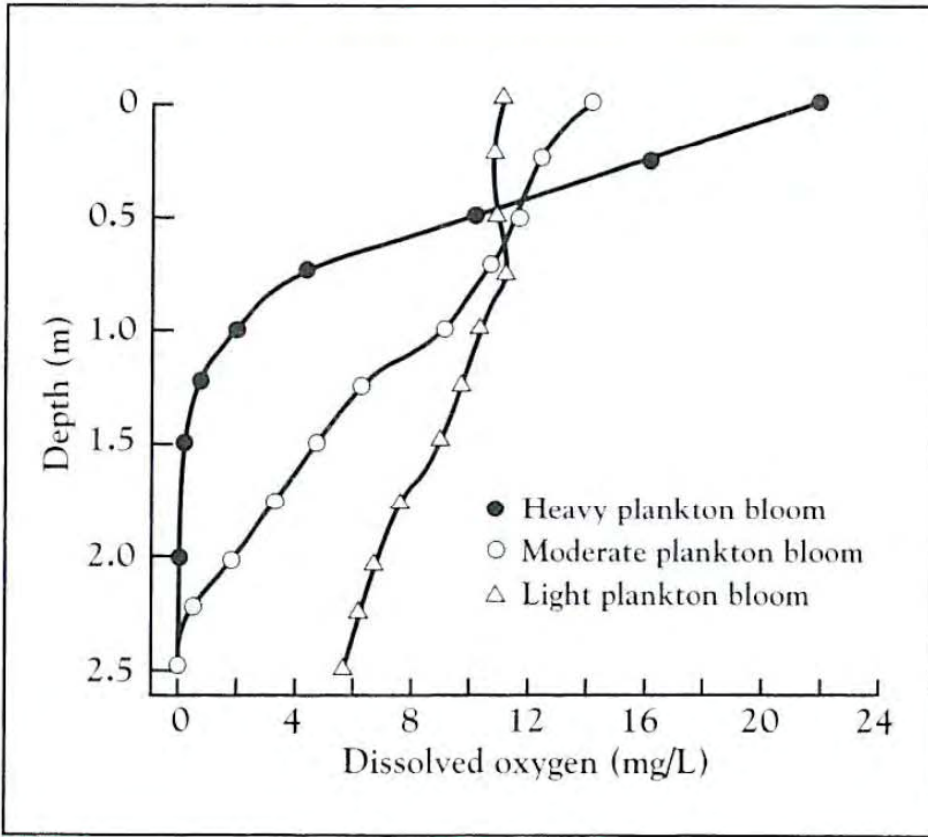
*Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, Auburn, AL 36849-5419, USA*

Received 10 October 1997; accepted 13 February 1998

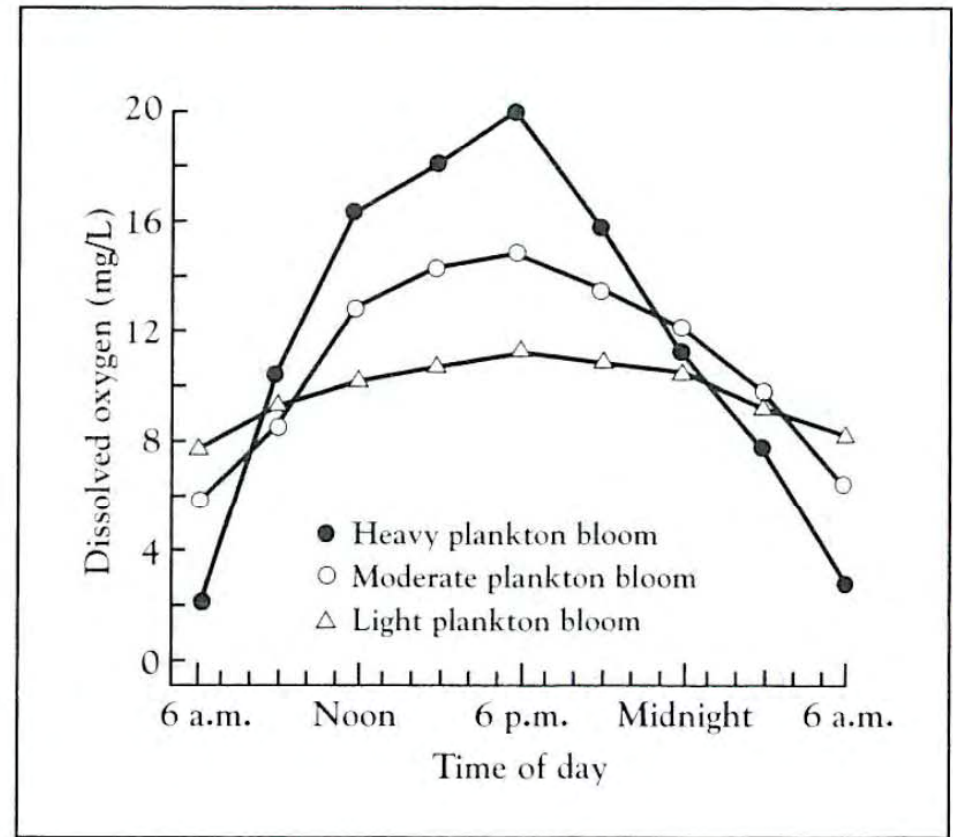
---

### Abstract

During the past decade, pond aeration systems have been developed which will sustain large quantities of fish and invertebrate biomass. These aeration systems **Prof. Carlos Eduardo Zacarkim**



Influencia da profundidade na concentração do oxigênio dissolvido sob diferentes quantidades de plâncton.

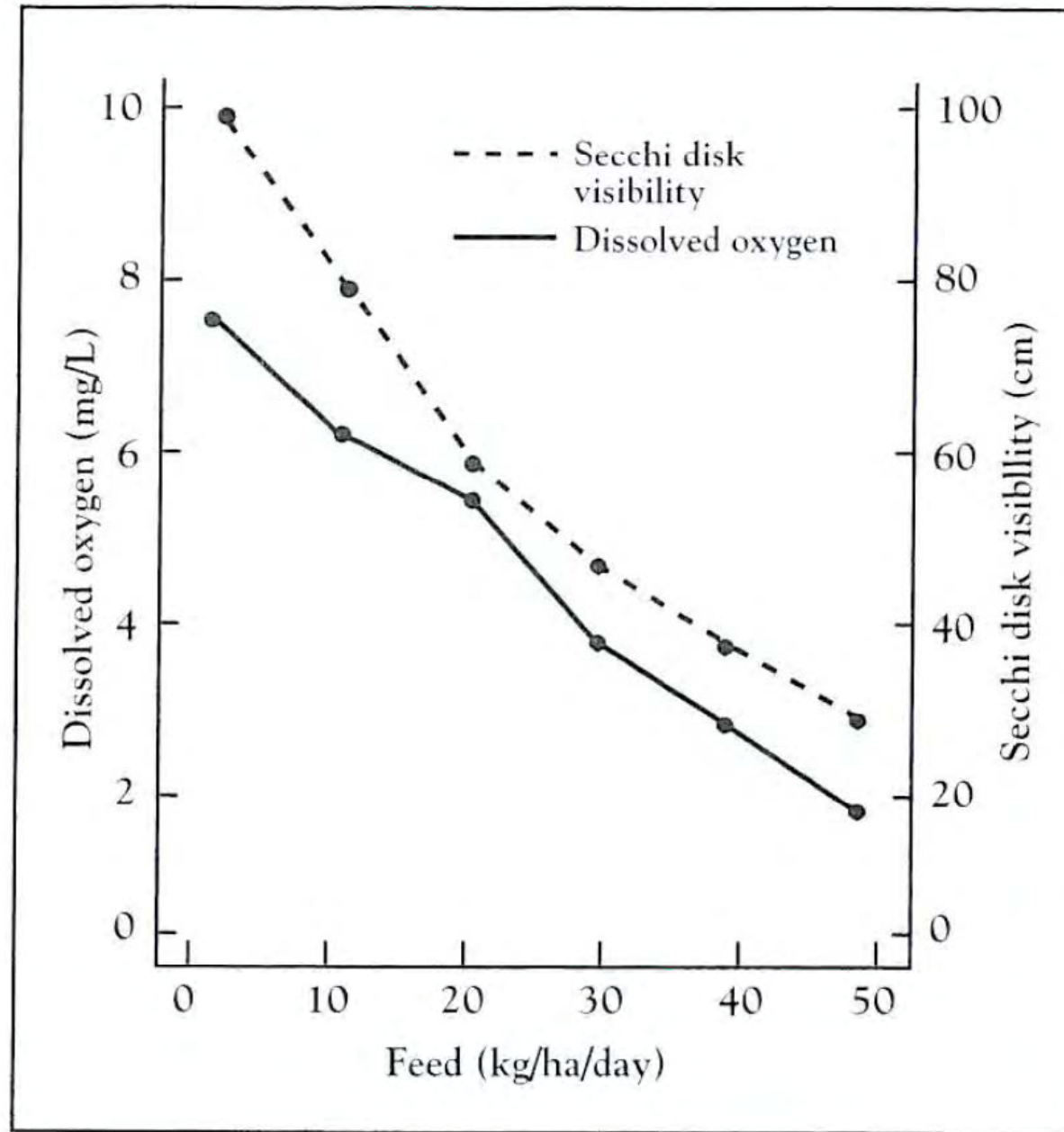
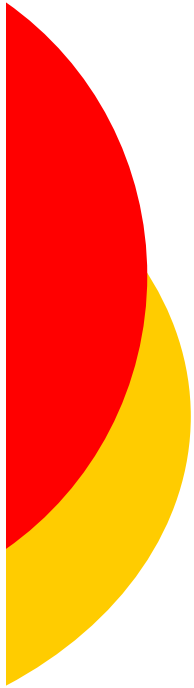


Efeito das horas e densidade de plâncton na concentração do oxigênio dissolvido.

**Profundidade X 2,7 = Zona Fótica**

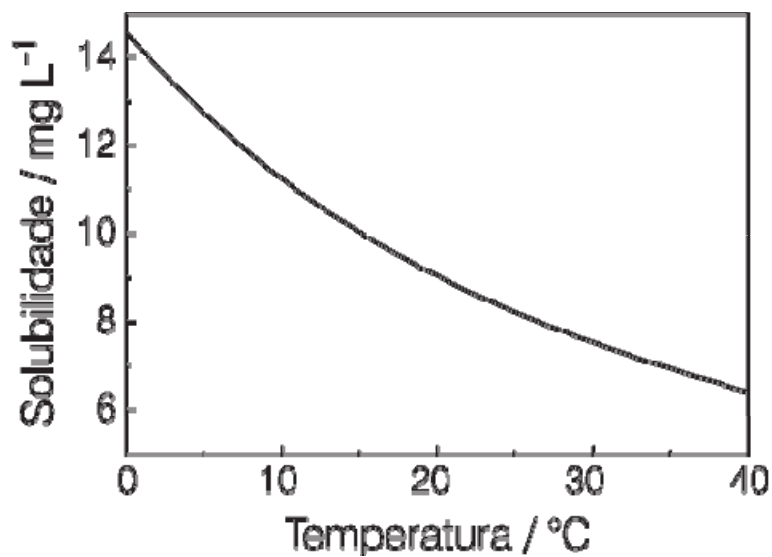


**Prof. Carlos Eduardo Zacarkim**



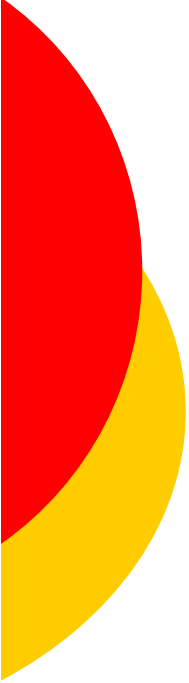
- Efeito da alimentação na concentração do oxigênio dissolvido e transparência do disco de secchi.

- Solubilidade do Oxigênio Dissolvido em função da temperatura e salinidade (mg/l)



Temperatura (°C)	Salinidade da água (g/L ou ppt)				
	0	10	20	30	40
0	14,60	13,64	12,74	11,58	11,11
2	13,81	12,91	12,07	11,29	10,55
4	13,09	12,25	11,47	10,73	10,04
6	12,44	11,05	10,91	10,22	9,57
8	11,83	11,09	10,40	9,75	9,14
10	11,28	10,58	9,93	9,32	8,75
12	10,77	10,11	9,50	8,92	8,38
14	10,29	9,68	9,10	8,55	8,04
16	9,86	9,28	8,73	8,21	7,73
18	9,45	8,90	8,38	7,90	7,44
20	9,08	8,56	8,06	7,60	7,17
22	8,73	8,23	7,77	7,33	6,91
24	8,40	7,93	7,49	7,07	6,68
26	8,09	7,65	7,23	6,83	6,46
28	7,81	7,38	6,98	6,61	6,25
30	7,54	7,14	6,75	6,39	6,05
32	7,29	6,90	6,54	6,19	5,87
34	7,05	6,68	6,33	6,01	5,69
36	6,82	6,47	6,14	5,83	5,53
38	6,61	6,28	5,96	5,66	5,37
40	6,41	6,09	5,79	5,50	5,22





# Modelo respiração e difusão completa tem viveiros

---

- Whole Pond Respiration-Diffusion Model (WPRD)
  - Respiração total
  - Difusão atmosférica
  - Temperatura
  - Prognóstico





## Difusão do Oxigênio Dissolvido

---

- Ar contem 20,95% de Oxigênio dissolvido
- Pressão barométrica ao nível do mar (padrão) é de 760mmHg
- Pressão padrão de O<sub>2</sub> é de 159mmHg (760 x 0,2095)
- Saturação para uma determinada altitude pode ser calculada por:

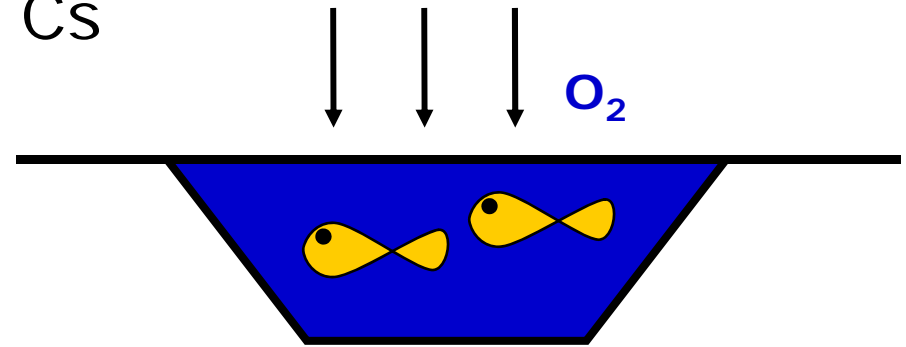
$$C_s = C_{tab} \times \frac{BP}{760} \quad S = \frac{C_a}{C_s} \times 100$$

- BP = Pressão atmosférica (Palotina – 1016 hPa/ 762,06mmHg)
  - Ca = Concentração de O<sub>2</sub> no viveiro

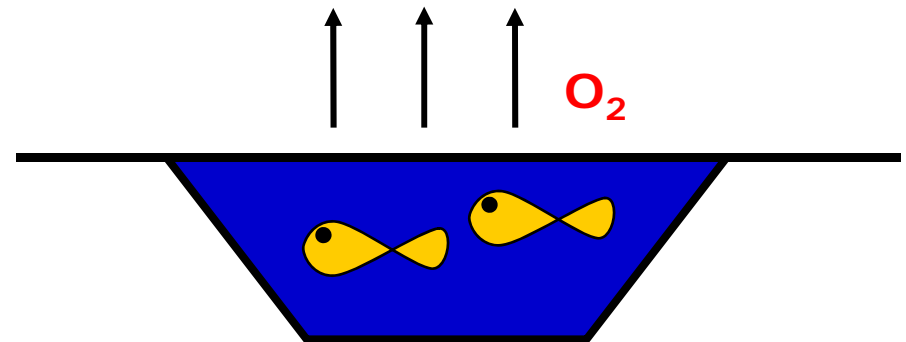


# Difusão?

- Concentração atual de oxigênio na água ( $C_a$ ) for **menor** que a  $C_s$



- Quando  $C_a$  for **maior** que  $C_s$ , ocorre difusão do  $O_2$  da água para o ar.



Quanto maior o gradiente entre  $C_a$  e  $C_s$ , maior a taxa de difusão de  $O_2$  entre a água e o ar.



## Exercício fixação

- Supondo um viveiro em Palotina (PR), onde a temperatura ambiente está em 26°C e o oxigênio dissolvido no viveiro está em 6,2 mg/l. Qual a condição de saturação?

$$C_s = C_{tab} \times \frac{BP}{760}$$

$$C_s = 8,09 \times \frac{762,06}{760} = 8,11 \text{ mg/l}$$

$$S = \frac{C_a}{C_s} \times 100$$

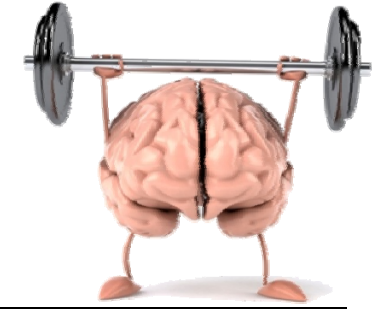
$$S = \frac{6,2}{8,11} \times 100 = 76,81\%$$

Entra O<sub>2</sub> no sistema, pois **Ca < Cs** -  
**Subsaturada**

Temperatura (°C)	S
0	14,60
2	13,81
4	13,09
6	12,44
8	11,83
10	11,28
12	10,77
14	10,29
16	9,86
18	9,45
20	9,08
22	8,73
24	8,40
26	8,09
28	7,81
30	7,54



# Exercício fixação



- Supondo um viveiro em Palotina (PR), onde a temperatura ambiente está em 32°C e o oxigênio dissolvido no viveiro está em 7,46 mg/l. Qual a condição de saturação?

$$C_s = C_{tab} \times \frac{BP}{760}$$

$$C_s = 7,46 \times \frac{762,06}{760} = 7,30 \text{ mg/l}$$

$$S = \frac{C_a}{C_s} \times 100$$

$$S = \frac{8,21}{7,30} \times 100 = 112,46\%$$

Entra O<sub>2</sub> no sistema, pois **Ca > Cs – Supersaturada**

Temperatura (°C)	S
0	14,60
2	13,81
4	13,09
6	12,44
8	11,83
10	11,28
12	10,77
14	10,29
16	9,86
18	9,45
20	9,08
22	8,73
24	8,40
26	8,09
28	7,81
30	7,54
32	7,29
34	7,05

# Consumo de O<sub>2</sub> produção/biomassa

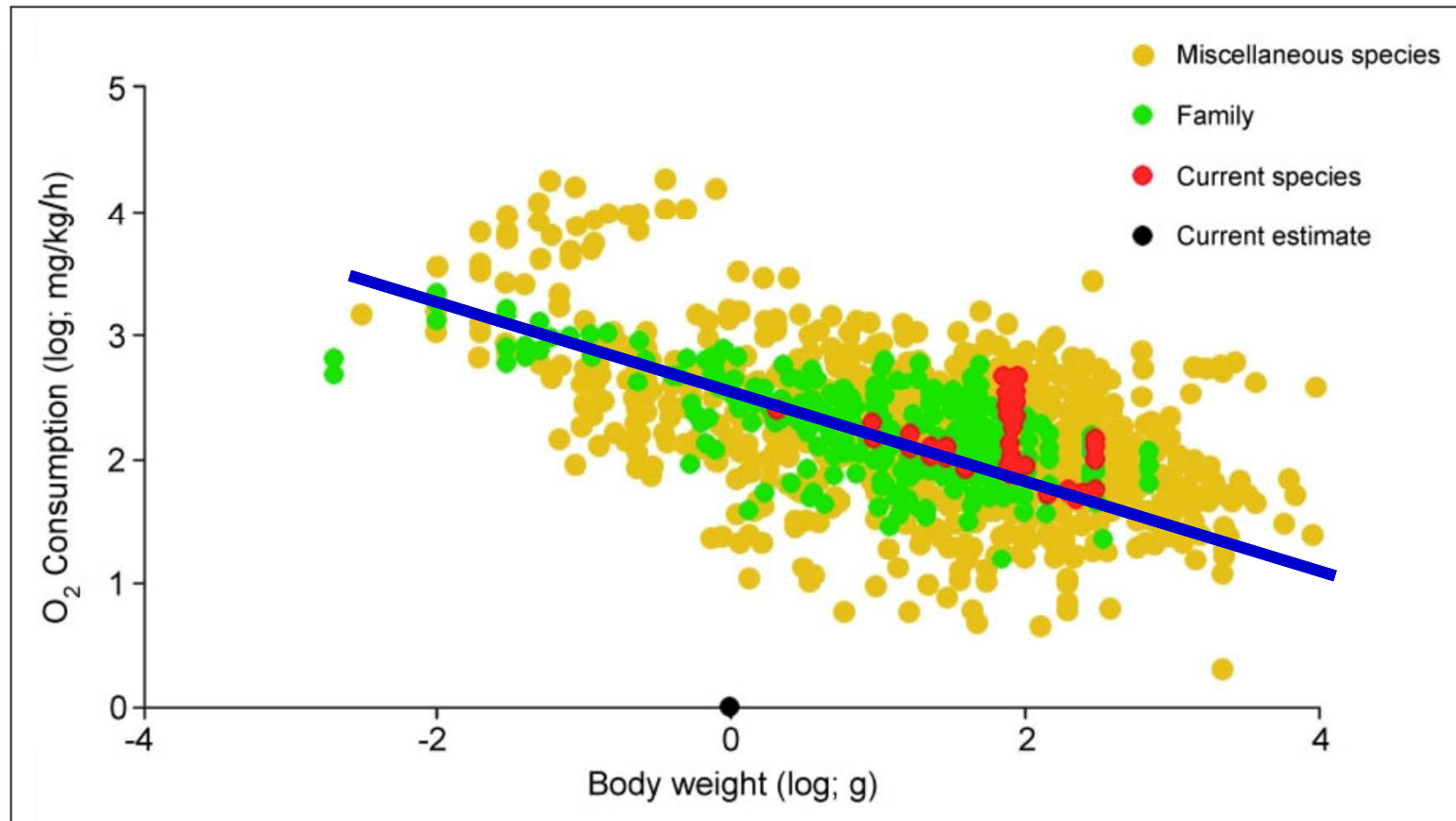
---

- Metabolismo é um processo fisiológico que reflete o **gasto de energia** dos organismos vivos
- **A taxa metabólica** de peixe é normalmente medida pela sua taxa de respiração (consumo)
- **Taxa metabólica**
  - Pelo peso corporal,
  - temperatura,
  - salinidade,
  - concentrações de oxigênio,
  - nível de atividade,
  - velocidade de natação
  - Condição de stress





Consumo relativo de oxigênio dissolvido da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), comparada com espécies variadas.



Torres, A. and R. Froese. 2011. The OXYGEN table in FishBase. In: Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2011. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (04/2011).



ver. (06/2016)

(33300 Espécies, 318500 Nomes comuns, 57400 Fotos, 53000 Referências, 2250 Colaboradores, 700000 Visits/Month)



FishBase consortium



[Início](#) | [Manual do FishBase](#) | [Melhores fotografias](#) | [Dicas](#) | [Livro de convidados](#) | [Download](#) | [Links](#) | [Fórum sobre peixes](#) | [Fish Quiz](#) |

[FishWatcher](#) | [Curso de Ictologia](#) | [LarvalBase](#) | [Equipe](#) | [Colaboradores](#) | [Identificação](#) | [Services](#)

## Nome comum

é  (e.g. rainbow trout)

[A](#) [B](#) [C](#) [D](#) [E](#) [F](#) [G](#) [H](#) [I](#) [J](#) [K](#) [L](#) [M](#) [N](#) [O](#) [P](#) [Q](#) [R](#) [S](#) [T](#) [U](#) [V](#) [W](#) [X](#) [Y](#) [Z](#)

[中文](#) [العربية](#) [Русский](#) [日本語](#) [हिन्दी](#) [Ελληνικά](#) [Mais escritas...](#)

## Nome Científico

[Advanced Match](#)

Gênero é  (e.g. Rhincodon)

Espécies é  (e.g. typus)  Random Species

Gênero + Espécies

[A](#) [B](#) [C](#) [D](#) [E](#) [F](#) [G](#) [H](#) [I](#) [J](#) [K](#) [L](#) [M](#) [N](#) [O](#) [P](#) [Q](#) [R](#) [S](#) [T](#) [U](#) [V](#) [W](#) [X](#) [Y](#) [Z](#)

[Why name assessments may be different](#) between FishBase and the independent [Catalog of Fishes \(Eschmeyer, 2014\)](#)

## Glossário

(p.ex.oophagy)

[A](#) [B](#) [C](#) [D](#) [E](#) [F](#) [G](#) [H](#) [I](#) [J](#) [K](#) [L](#) [M](#) [N](#) [O](#) [P](#) [Q](#) [R](#) [S](#) [T](#) [U](#) [V](#) [W](#) [X](#) [Y](#) [Z](#)

## Tabela de consumo de O<sub>2</sub> da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Consumo de oxigênio (mg/kg/h)	Temperatura	Peso (g)	Atividade (° C)
46	30.4	228.00	25.0
52	34.1	144.70	25.0
53	34.9	195.00	25.0
53	34.9	229.30	25.0
53	35.3	250.30	25.0
56	37.2	203.10	25.0
57	34.7	310.00	26.0
73	48.2	80.40	25.0
81	53.4	39.60	25.0
88	58.2	101.40	25.0
93	61.5	77.00	25.0
94	57.4	310.00	26.0
94	62.4	47.00	25.0
104	68.5	30.00	25.0
104	68.8	80.00	25.0
107	70.9	23.50	25.0
111	49.4	310.00	30.0
112	74.3	28.00	25.0
118		310.00	35.0
122	80.8	29.90	25.0
123	81.4	16.60	25.0
124	81.7	22.80	25.0
134	88.7	80.00	25.0
135		310.00	35.0



# Consumo de oxigênio

---

- O consumo de oxigênio é praticamente duplicado a cada 10°C de aumento na temperatura da água;
- Aumenta sensivelmente após as refeições e com o nível de atividade dos peixes;
- Sob condições **iguais de biomassa**, peixes pequenos consomem mais oxigênio comparado a peixes grandes
- Consumo de oxigênio (mg O<sub>2</sub>/h/kg/m<sup>2</sup>) (**Boyd, 1992**)

$$C_{(g \text{ de } O_2/m^2/hora)} = \frac{a \cdot X^{0,82} \cdot P_{biom(g/m^2)}}{X}$$

- X – Peso médio dos indivíduos (g)
- P – Peso da biomassa em (g/m<sup>2</sup>)
- a – Coeficiente metabólico de oxigênio (Tilápia = 0,001, Camarões = 0,0006)



# Exercício fixação

---

- Qual seria o consumo de oxigênio dissolvido por  $m^2$ , de um viveiro que possui Tilápias de 650g, supondo estocagem de 5 peixes/ $m^2$ ?

$$C = \frac{a \cdot X^{0,82} \cdot P_{biom}(g/m^2)}{X}$$

$$C = \frac{0,001 \cdot 650^{0,82} \cdot 3250}{650} = 1,012g \text{ de } O_2/m^2/h$$



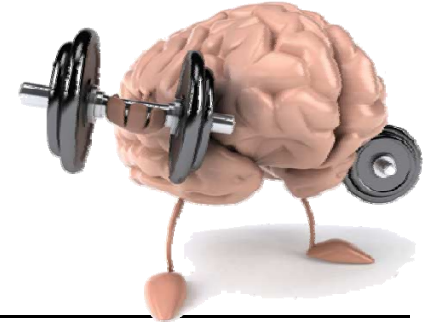
# Capacidade de suporte



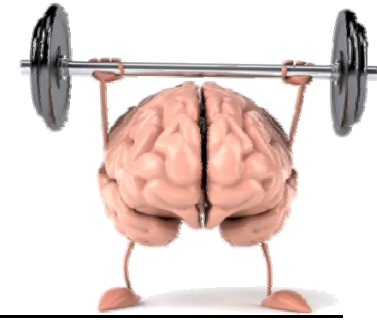
Oxigênio

# Exercício fixação

---



- Suponha um viveiro com as seguintes características:
  - Comprimento 100m, Largura 25m e Profundidade média 1,5m;
  - Entrada de água em fluxo contínuo, com vazão de  $60\text{m}^3/\text{h}$ ;
  - Supondo que a água de abastecimento tenha  $8,5\text{ mg OD/l}$ , a  $28^\circ\text{ C}$  (96% da saturação de oxigênio)
  - Estocagem de  $1,5\text{ peixes/m}^2$  e Tilápias de 350g
- A quantidade de  $\text{O}_2$  na água de cultivo é suficiente para estocagem desejada?



# Exercício fixação

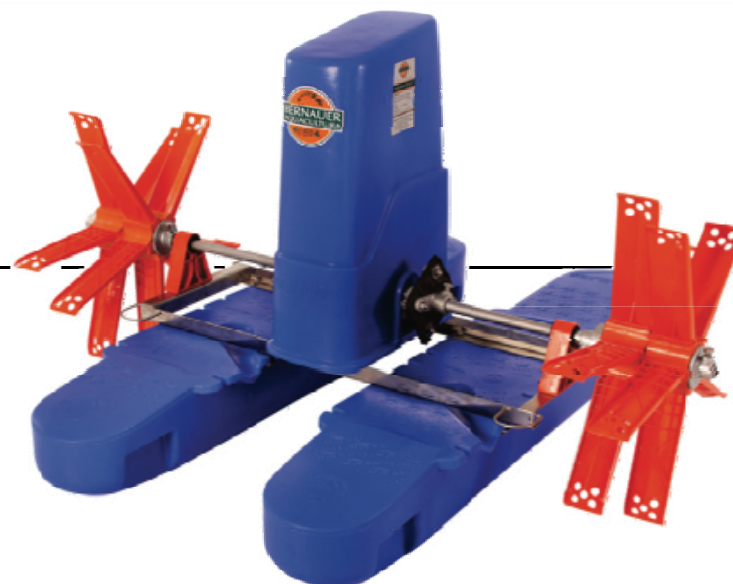
---

- Suponha um viveiro com as seguintes características:
  - Comprimento 110m, Largura 35m e Profundidade média 1,5m;
  - Entrada de água em fluxo contínuo, com vazão de 50m<sup>3</sup>/h;
  - Supondo que a água de abastecimento tenha 6,2 mg OD/l, a 28° C (96% da saturação de oxigênio)
  - Estocagem de 3 peixes/m<sup>2</sup> e Tilápias de 480g
- A quantidade de O<sub>2</sub> na água de cultivo é suficiente para estocagem desejada?



## Taxa Padrão de Transferência de Oxigênio (SOTR) e Eficiência Padrão de Aeração (SAE) de diferentes aeradores (Boyd e Ahmad 1987).

Tipos de Aeradores	Num. de aeradores testados	SOTR (Kg/ O <sub>2</sub> /hora)	SAE média (Kg O <sub>2</sub> /HP.h)	SAE (faixa) (kg O <sub>2</sub> /HP.h)
Aeradores de pás (Paddle wheels)	24	2,5 - 23,2	1,64	0,8 a 2,2
Propulsores de ar (Propeller-aspirator-pumps)	11	0,1 a 24,4	1,19	1,0 a 1,3
Bombas verticais/Chafariz (Vertical pumps)	15	0,3 a 10,9	1,04	0,5 a 1,3
Bombas aspersoras	3	11,9 a 14,5	0,97	0,7 a 1,4
Ar difuso	5	0,6 a 3,9	0,67	0,5 a 0,9

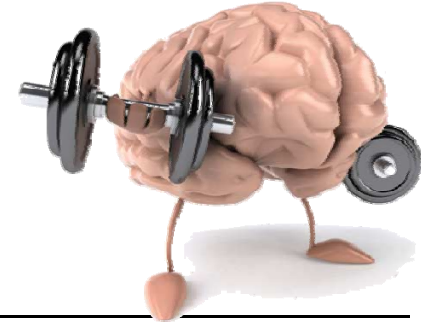


## DADOS TÉCNICOS

Potência (HP / Kw)	1 / 0,75	
Fases	1Ø	3Ø
Tensão (Volts)	220/440	220/380
Freqüência (Hz)	60 no Brasil e 50 sob encomenda	
SOTR (kg O <sub>2</sub> / h)	1,35	
SAE (kg O <sub>2</sub> / Kwh)	1,80	
Número de pás	20	
Dimensões em m ( (C x L x H)	1,63 x 1,62 x 0,95	
Cubagem (m <sup>3</sup> )	0,66	
Peso (kg)	76	68
Aplicação em viveiros (m <sup>2</sup> )	1.500 a 2.500	
Quantidade de aeradores por container	20 pés – 63 40 pés HC – 146	

# Exercício fixação

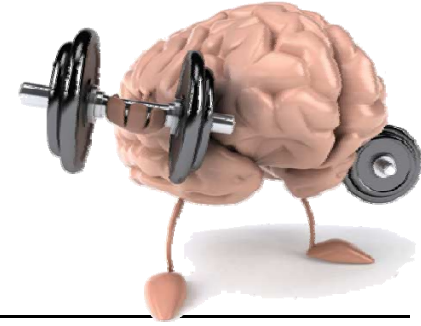
---



- Suponha um viveiro com as seguintes características:
  - Comprimento 120m, Largura 40m e Profundidade média 1,6m;
  - Entrada de água em fluxo contínuo, com vazão de 40m<sup>3</sup>/h;
  - Supondo que a água de abastecimento tenha 5,2 mg OD/l, a 28° C (96% da saturação de oxigênio)
  - Estocagem de 7 peixes/m<sup>2</sup> e Tilápias de 850g
- A quantidade de O<sub>2</sub> na água de cultivo é suficiente para estocagem desejada?
- Caso não seja, qual o número e potência de aeradores?

# Exercício fixação

---



- Suponha um viveiro com as seguintes características:
  - Comprimento 100m, Largura 30m e Profundidade média 1,6m;
  - Entrada de água em fluxo contínuo, com vazão de 27m<sup>3</sup>/h;
  - Supondo que a água de abastecimento tenha 4,8 mg OD/l, a 28° C (96% da saturação de oxigênio)
  - Estocagem de 5 peixes/m<sup>2</sup> e Tilápias de 1.200g
- A quantidade de O<sub>2</sub> na água de cultivo é suficiente para estocagem desejada?
- Caso não seja, qual o número e potência de aeradores?



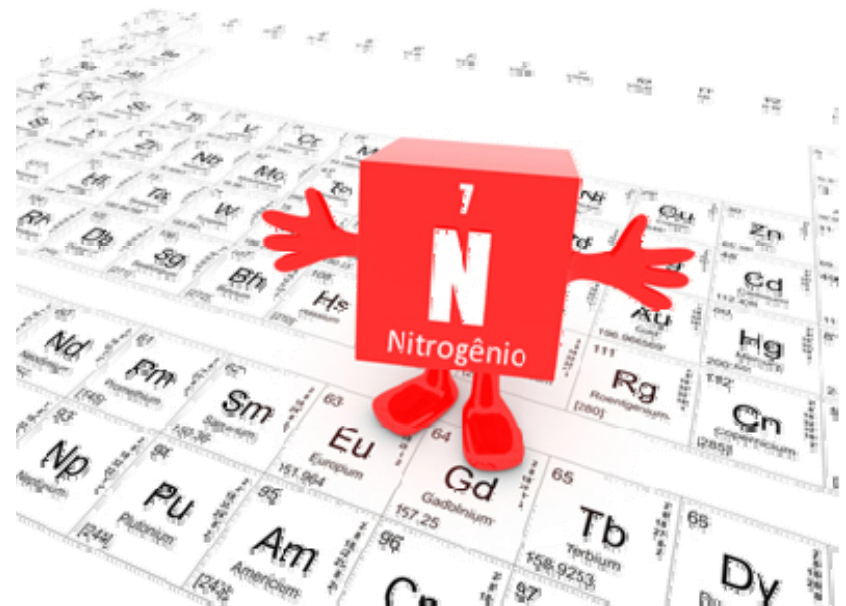
# Capacidade de suporte



**Oxidação química (Amônia)**

# Oxidação Química

- **Nitrogênio** no meio aquático
  - **Nitrito** ( $\text{NO}_2^-$ ),
  - Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ),
  - **Amônia** ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ )
  - Óxido nitroso e,
  - Amoníaco.
- Quantidade e natureza
- Produtividade/Biomassa



# Fontes de ingresso de nitrogênio em viveiros

---

## 1. Ração

1. Altos níveis de proteínas
2. Nitrogênio orgânico na forma de fezes ou como amônia (excreção)

## 2. Adição de fertilizantes

1. Sulfato de amônio e adubos orgânicos (N, P e K)

## 3. Decomposição do alimento não consumido

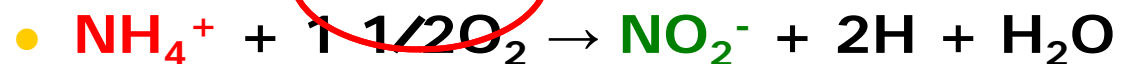
## 4. Dieta



## No ambiente aquático...

**Nitrificação** transformação de **íon amônio** para **nitrito**

○ *Nitrossomonas* – que oxidam amônia a **nitrito** ( $\text{NO}_2^-$ ):



○ *Nitrobacter* – que oxidam **nitrito** a **nitrito**:





## No ambiente aquático...

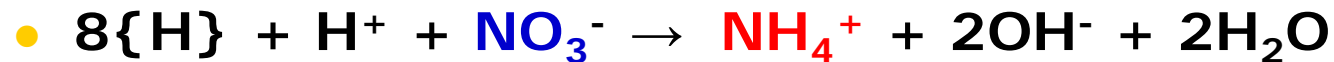
---

A denominada respiração de nitrato apresenta duas variações:

○ Desnitrificação, que consta da redução do nitrato a nitrogênio molecular:



○ Amonificação do nitrato, que consta da redução do nitrato a íon amônio





## Lembrando...

---

Amônia total ou Nitrogênio Amoniacal:



Amônia Não ionizada  
(Tóxica)



Amônia ionizada



Relação:



# pH e amônia total

- Tabela - Percentagem de amônia não ionizada para diferentes valores de pH e temperatura.

**Tabela 1** – Valores percentuais de amônia não-ionizada para águas doces

Temperatura (°C)	pH						
	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00
0	0,01	0,03	0,08	0,26	0,82	2,55	7,64
10	0,02	0,06	0,19	0,59	1,83	5,56	15,71
20	0,04	0,13	0,40	1,24	3,82	11,16	28,43
30	0,08	0,25	0,80	2,48	7,46	20,30	44,62
40	0,16	0,49	1,54	4,71	13,51	33,06	60,96

**Tabela 2** – Valores percentuais de amônia não-ionizada para águas com salinidade de 10 g/kg

Temperatura (°C)	pH						
	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
0	0,01	0,02	0,08	0,24	0,76	2,36	7,10
10	0,02	0,06	0,17	0,55	1,70	5,20	14,77
20	0,04	0,12	0,37	1,16	3,59	10,53	27,11
30	0,08	0,24	0,75	2,35	7,06	19,37	43,17
40	0,15	0,47	1,46	4,48	12,92	31,93	59,73

- Valores de **amônia não ionizada** acima de **0,2mg/l** já são suficientes para induzir uma **toxidez crônica** levando a uma diminuição do crescimento e da tolerância dos peixes às doenças.
- Níveis de amônia entre **0,7 e 2,4mg/l** podem ser **letais** para os peixes durante exposição por curto período.



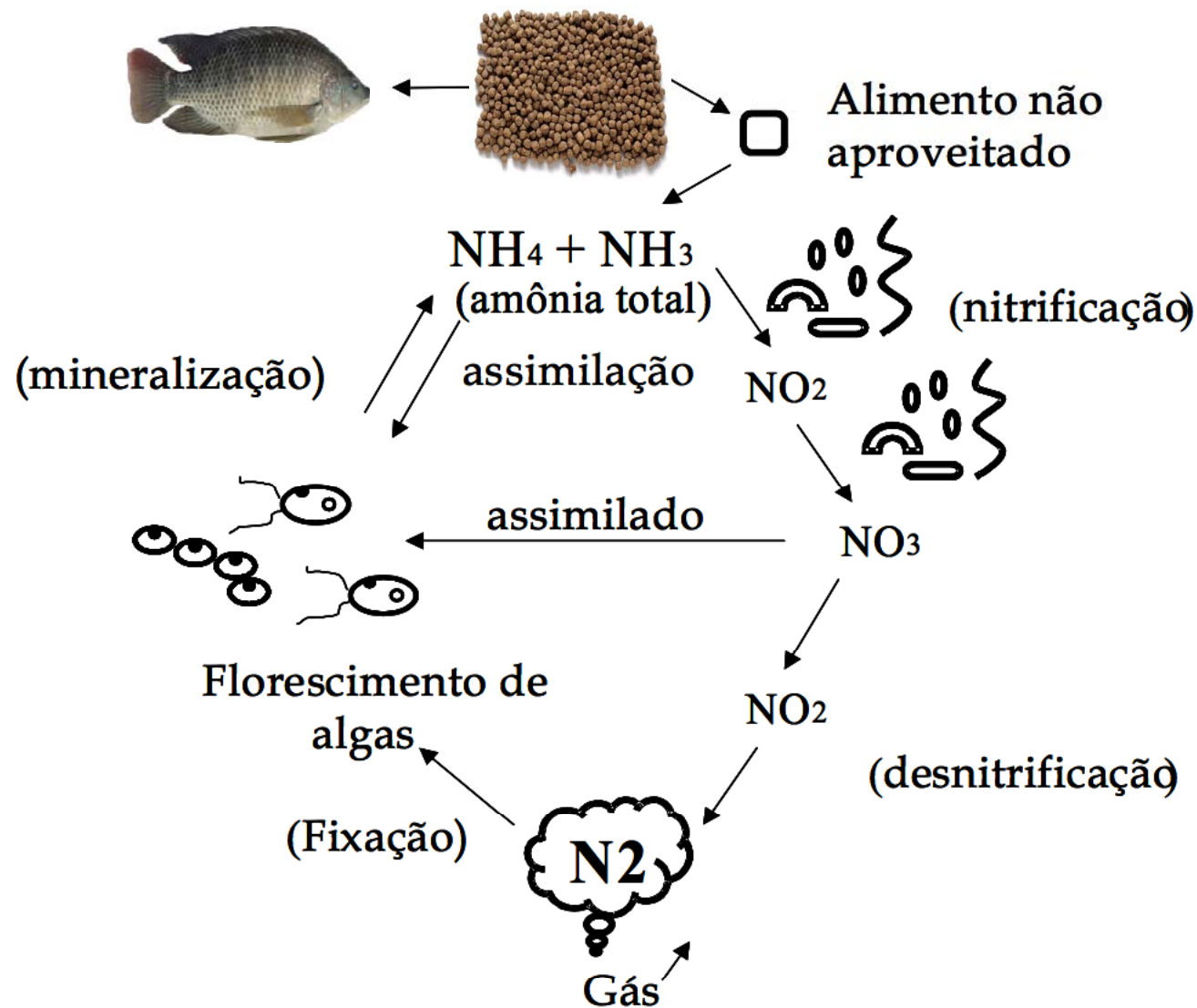


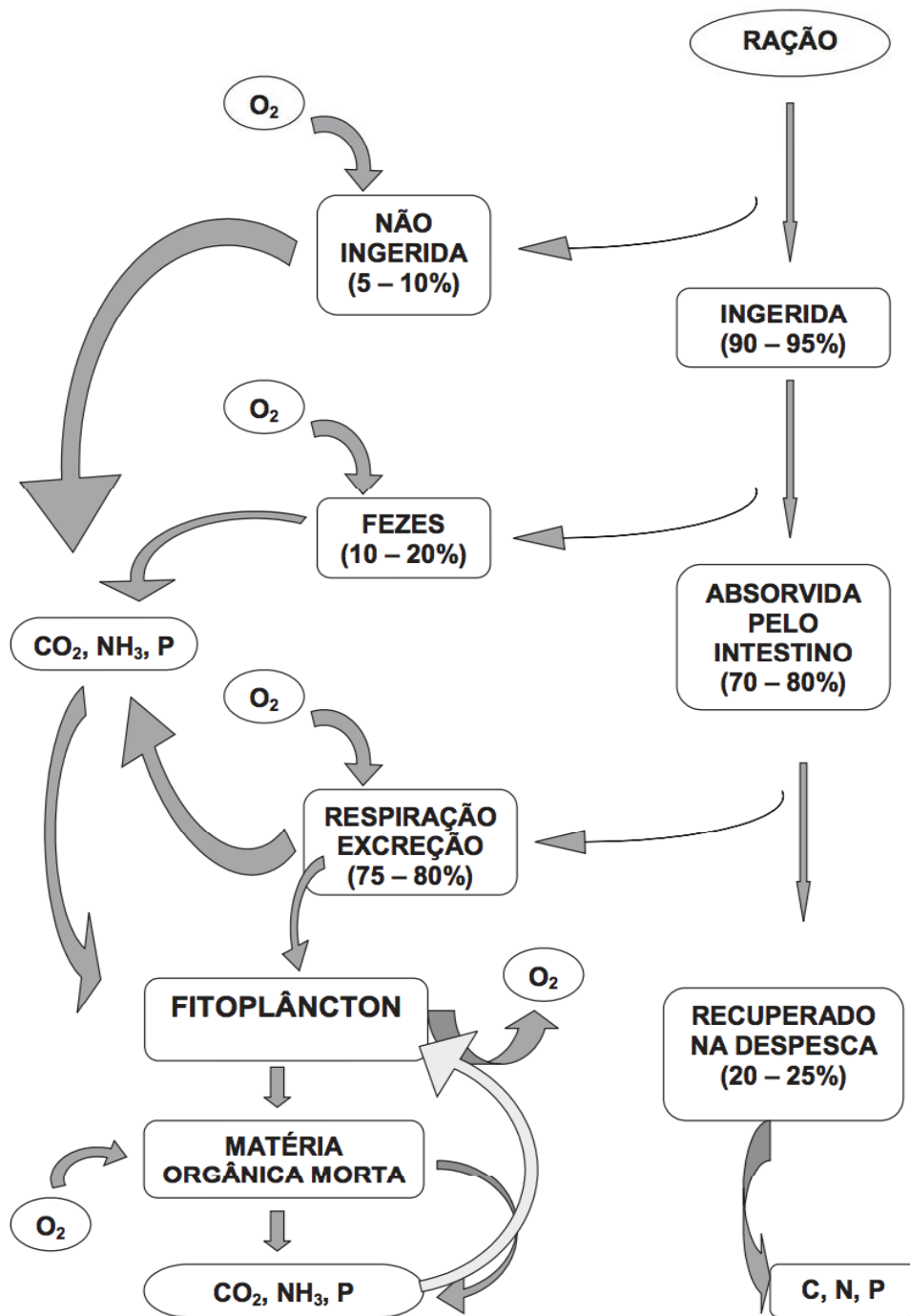
# pH e amônia total

---

- Garantido o fornecimento de oxigênio, a produtividade do sistema será **limitada** pela **concentração de amônia** ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ) na água.
- Diferenças maiores do que 2 unidades nos valores de pH ao amanhecer e ao final da tarde indicam uma condição de **inadequado** sistema tampão ou uma excessiva proliferação do fitoplâncton;
- Águas com **pH neutro** ou ligeiramente ácido (6,0 a 7,0) permitem uma **maior capacidade de suporte**, visto que a concentração de amônia não ionizada aumenta com a elevação do pH.

## Ciclo de nitrogênio em um viveiro de piscicultura





## Capacidade de Suporte pela Amônia

- Pelo teor de Nitrogênio
- Pela Proteína bruta



(Embrapa, 2007; Boyd & Tucker, 1998)

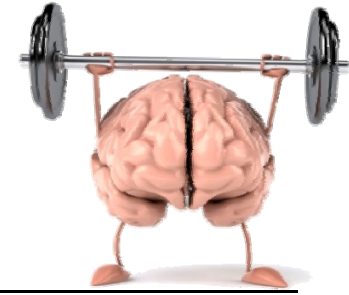


# Pelo Nitrogênio na ração

- Baseia-se na quantidade e assimilação média do nitrogênio.
  - Percentual de nitrogênio contido na ração
  - Entre 4,5 a 7,0% de nitrogênio
  - Assimilação do Nitrogênio pelos peixes baseada do **peso seco (25%)** - 11,2% (média)



# Exercício fixação



- Suponha um viveiro de cultivo de 1 ha (1,5 prof. média), onde a biomassa estocada seja de 50 toneladas e a conversão alimentar é de 1,6. Sabe-se que a ração fornecida apresenta teor de 5,5% de Nitrogênio. Qual o potencial de impacto negativo para os peixes relativo a disponibilidade de Nitrogênio no ambiente de cultivo?

50 toneladas x 1,6% peso vivo = 80.000 kg de ração

50 toneladas x 25% peso seco = 12.500 kg de peso seco/peixes

80.000 kg de ração x 5,5% de Nitrogênio = 4.400kg de N

12.500 kg peso seco x 11,2% de assimilação de N = 1.400kg N

Disponibilidade de N = 4.400 (disp.) – 1.400 (assim.) = 3.000kg N/ha

# Pela Proteína Bruta na ração

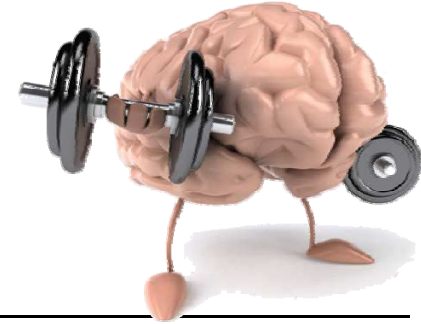
---



- A quantidade de **amônia excretada** pelos peixes pode ser calculada com base na quantidade de **proteína consumida**.
  1. A proteína contém **16% de N** (média)
  2. Cerca de **40% da proteína bruta** (PB) presente em uma ração completa é utilizada como energia, resultando na produção de amônia total. (média)



# Exercício fixação



- Suponha um viveiro de cultivo de 1 ha (1,5 prof. média), onde a biomassa estocada seja de 50 toneladas e a conversão alimentar é de 1,6. Sabe-se que a ração fornecida apresenta teor de 32% de proteína. Qual o potencial de impacto negativo para os peixes relativo a disponibilidade de Nitrogênio no ambiente de cultivo?

50 toneladas x 1,6% peso vivo = 64.000 kg de ração

64.000 kg de ração x 32% de PB = 20.480kg de PB

20.480 kg PB x 16% de N = 3.276,8 kg N

3.276,8 kg N x 40% nitrogênio amoniacal = 1.310,7 kg ( $\text{NH}_4^+$  +  $\text{NNH}_3$ )



## Logo..

---

- Para uma certa ração X, a quantidade de nitrogênio amoniacal excretada pelos peixes pode ser estimada diretamente pela relação:

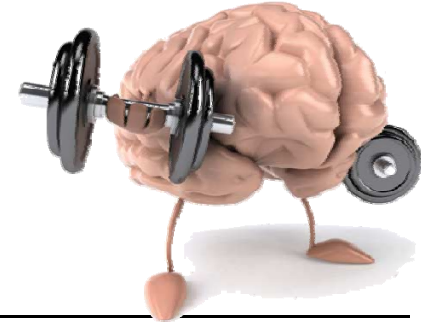
$$\text{Amônia total} = \frac{(0,16 \times 0,40 \times (PB \text{ ração}))}{100}$$

$$\text{Amônia total} = \frac{(0,064 \times (PB \text{ ração}))}{100}$$





# Exercício fixação



- Suponha um viveiro com as seguintes características:
  - Comprimento 100m, Largura 30m e Profundidade média 1,6m;
  - Entrada de água em fluxo contínuo, com vazão de 17m<sup>3</sup>/h;
  - Concentração de amônia total ( $\text{NH}_4 + \text{NH}_3$ ) na água de abastecimento de **0,12mg/l** e estabelecendo um limite de amônia não ionizada em **0,07mg NH<sub>3</sub>/l**
  - Temperatura da água de 30°C e pH de 6,5
  - Ração com 32% de proteína bruta (PB) e consumo diário na ordem de 2,0% (0,02) da biomassa ao final da engorda
  - Considerando **exclusivamente** a concentração de amônia fator limitante
- Qual a densidade de estocagem máxima para este sistema?

# Exercício fixação

1. Calcular a **Amônia Máxima** do sistema em função do pH e da temperatura (tabelado)

Tabela 1 – Valores percentuais de amônia não-ionizada para águas doces

Temperatura (°C)	pH						
	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00
0	0,01	0,03	0,08	0,26	0,82	2,55	7,64
10	0,02	0,06	0,19	0,59	1,83	5,56	15,71
20	0,04	0,13	0,40	1,24	3,82	11,16	28,43
30	0,08	0,25	0,80	2,48	7,46	20,30	44,62
40	0,16	0,49	1,54	4,71	13,51	33,06	60,96

0,25% - 0,07mg/l ( $\text{NH}_3$ ) (**limite max**)

100% - X mg/l ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ )

X = 28 mg/l Amônia total ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ) no sistema



# Exercício fixação

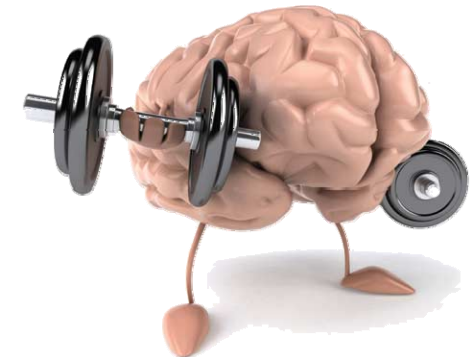
---

2. Calcular a **excreção diária máxima** permitida para o sistema de cultivo, baseada no limite da Amônia Máxima

0,12 mg/l ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ) (entra no sistema por litro)

(28mg/l (**limite**) – 0,12mg/l (**captação**) x 17m<sup>3</sup>/h x 24 horas

Amônia total diária = 11,37 kg/dia ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ) no sistema



# Exercício fixação

---

3. Calcular a máxima quantidade de ração que pode ser fornecida diariamente, considerando um teor de proteína bruta (PB) de 32%.

Amônia total diária = 11,37 kg/dia ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ) no sistema

$$0,16 \times 0,40 \times 0,32 = 0,02048$$

$$\text{Amônia total} = \frac{(0,16 \times 0,40 \times (\text{PB ração}))}{100}$$

$$\text{Ração máxima} = \frac{11,37 \text{ kg/dia } (\text{NH}_3 + \text{NH}_4)}{0,02048} = 555,15 \text{ kg ração}$$



## Exercício fixação

---

4. Calcular a **máxima biomassa** de peixes considerando um consumo diário de ração na ordem de 2% do peso vivo

Para 555,15 kg ração/dia

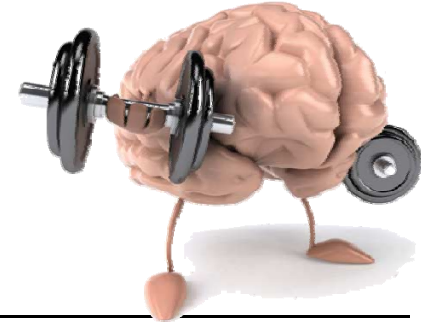
$$Biomassa\ máxima = \frac{555,15\text{kg ração}}{0,02\text{ alimentação diária}} = 27.757,5\text{kg peixes}$$

Pode-se estocar 9,2525 kg peixes/m<sup>2</sup>





# Exercício fixação



- Suponha um viveiro com as seguintes características:
  - Comprimento 100m, Largura 30m e Profundidade média 1,6m;
  - Entrada de água em fluxo contínuo, com vazão de 17m<sup>3</sup>/h;
  - Concentração de amônia total ( $\text{NH}_4 + \text{NH}_3$ ) na água de abastecimento de **0,12mg/l** e estabelecendo um limite de amônia não ionizada em **0,07mg NH<sub>3</sub>/l**
  - Temperatura da água de 30°C e pH de 8,5
  - Ração com 32% de proteína bruta (PB) e consumo diário na ordem de 2,0% (0,02) da biomassa ao final da engorda
  - Considerando **exclusivamente** a concentração de amônia fator limitante
- Qual a densidade de estocagem máxima para este sistema?

# Exercício fixação

1. Calcular a **Amônia Máxima** do sistema em função do pH e da temperatura (tabelado)

Tabela 1 – Valores percentuais de amônia não-ionizada para águas doces

Temperatura (°C)	pH						
	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00
0	0,01	0,03	0,08	0,26	0,82	2,55	7,64
10	0,02	0,06	0,19	0,59	1,83	5,56	15,71
20	0,04	0,13	0,40	1,24	3,82	11,16	28,43
30	0,08	0,25	0,80	2,48	7,46	20,30	44,62
40	0,16	0,49	1,54	4,71	13,51	33,06	60,96

20,30% - 0,07mg/l ( $\text{NH}_3$ ) (**limite max**)

100% - X mg/l ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ )

X = 0,344 mg/l Amônia total ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ) no sistema



# Exercício fixação

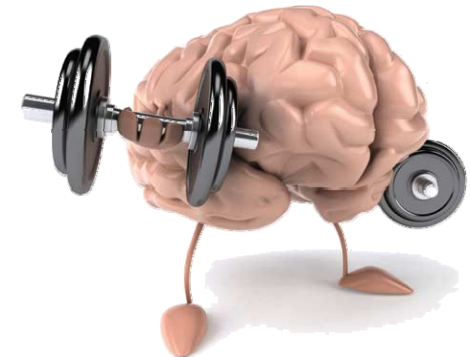
---

2. Calcular a **excreção diária máxima** permitida para o sistema de cultivo, baseada no limite da Amônia Máxima

0,12 mg/l ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ) (entra no sistema por litro)

$(0,344\text{mg/l (limite)} - 0,12\text{mg/l (captação)}) \times 17\text{m}^3/\text{h} \times 24 \text{ horas}$

Amônia total diária = 0,0913 kg/dia ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ) no sistema



# Exercício fixação

---

3. Calcular a máxima quantidade de ração que pode ser fornecida diariamente, considerando um teor de proteína bruta (PB) de 32%.

Amônia total diária = 0,0913 kg/dia ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ) no sistema

$$0,16 \times 0,40 \times 0,32 = 0,02048$$

$$\text{Amônia total} = \frac{(0,16 \times 0,40 \times (\text{PB ração}))}{100}$$

$$\text{Ração máxima} = \frac{0,0913 \text{ kg/dia } (\text{NH}_3 + \text{NH}_4)}{0,02048} = 3,68 \text{ kg ração}$$



## Exercício fixação

---

4. Calcular a **máxima biomassa** de peixes considerando um consumo diário de ração na ordem de 2% do peso vivo

Para 3,64 kg ração/dia

$$\text{Biomassa máxima} = \frac{3,68 \text{ kg ração}}{0,02 \text{ alimentação diária}} = 184,25 \text{ kg peixes}$$

Pode-se estocar 0,06 kg peixes/m<sup>2</sup>



# Logo..



- A concentração de **oxigênio dissolvido** na água é o **primeiro fator limitante** à capacidade de suporte dos sistemas de alto fluxo.
- Sob condições de pH mais alcalino, **concentrações elevadas de amônia** podem limitar a capacidade de suporte tanto quanto as concentrações de oxigênio dissolvido.



Aí sim, Fomos  
surpreendidos  
mais uma  
vez!!





# Logo..

- Existindo uma restrição à produtividade devido aos níveis de oxigênio dissolvido ou pela concentração de amônia tóxica.
- Pode-se:
  1. Aumentar o fluxo de água até o limite de velocidade recomendado para a espécie cultivada;
  2. Reduzir o teor proteico e melhorar a qualidade da proteína da ração
  3. Reduzir o pH da água



**Aí sim, Fomos  
surpreendidos  
mais uma  
vez!!**