

# Modelagem da teia trófica da Baía do Araçá e simulação dos impactos da expansão do Porto de São Sebastião

Ronaldo Angelini

ronangelini@gmail.com



[www.ecopath.org/](http://www.ecopath.org/)



## Ecopath with Ecosim

*No fish is an island*



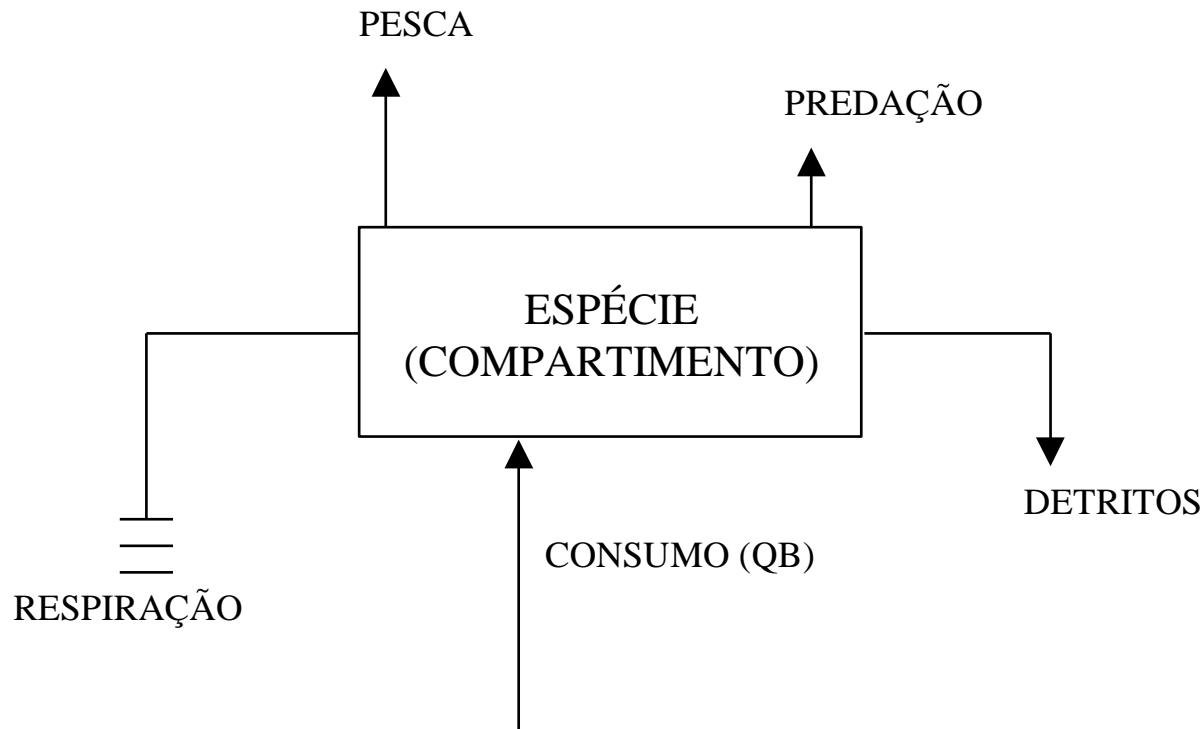
# Ecopath

- Polovina (1984); Pauly et al. (1987); Christensen & Pauly (1992);
- + 500 ecossistemas;
- 800 publicações;
- **Ecopath**: quantificação da rede trófica:  
Balanço de massas;
- **Ecopath with Ecosim (EwE)**: modelo dinâmico que permite simulações temporais;



# Ecopath

Num modelo de teia trófica equilibrado, cada espécie deve estar assim representada



# Equação ECOPATH

- $B_i * P_{Bi} * E_{Ei} - \sum_j (B_j * Q_{Bj} * DC_{ji}) - EX_i = 0$

- onde:

- $B_i$  - biomassa da presa (i) – gr/m<sup>2</sup>;
- $P_{Bi}$  - produção / biomassa de (i) – gr/m<sup>2</sup>/ano;
- $E_{Ei}$  - eficiência ecotrófica de (i); - 0 a 1;
- $B_j$  - biomassa do predador (j); gr/m<sup>2</sup>;
- $Q_{Bj}$  - consumo / biomassa do predador (j); – gr/m<sup>2</sup>/ano;
- $DC_{ji}$  - fração da presa (i) na dieta do predador (j); - %
- $EX_i$  - export de (i). – gr/m<sup>2</sup>/ano;





### No futuro com expansão do porto

Laje apoiada por milhares de pilotis (colunas) vai cobrir 75% da área da baía, impedindo a entrada da luz solar

### Como é hoje



ESGOTO SEM TRATAMENTO CHEGA À BAIÁ PELA CÓRREGO MÃE ISABEL



ESGOTO CONTINUA ENTRANDO NA ENSEADA

**1** SEM O SOL, OS FITOPLÂNTONS NÃO TERÃO COMO FAZER FOTOSÍNTESE E NÃO VÃO MAIS "DIGERIR" O MATERIAL QUE CHEGA COM O ESGOTO

ISSO VAI COLAPSAR A CADEIA ALIMENTAR, IMPACTANDO A BIODIVERSIDADE E A OFERTA DE ALIMENTO

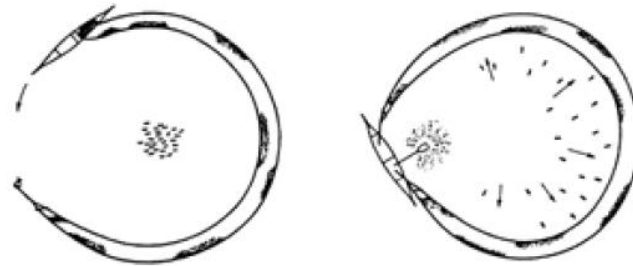
**2** A MATÉRIA ORGÂNICA VAI SE ACUMULAR NO FUNDO, VAI TER EM DECOMPOSIÇÃO E LIBERAR EM EFEITO ESTUFA

O IMPACTO DISSO VAI SE REFLETIR EM INSALUBRIDADE DA ÁREA, E TUDO VAI FICAR MUITO MALCHEIROSA



# Metodologia de parametrização PEIXES

- Biomassa ( $\text{gr} \cdot \text{m}^{-2}$ )
- Análise dos aparelhos de pesca usados que permitem medida de área: arrasto de fundo, redes de emalhar, picaré, tarrafas...);



- Correções com taxas de capturabilidade para as espécies (quando possível);



# Metodologia de parametrização

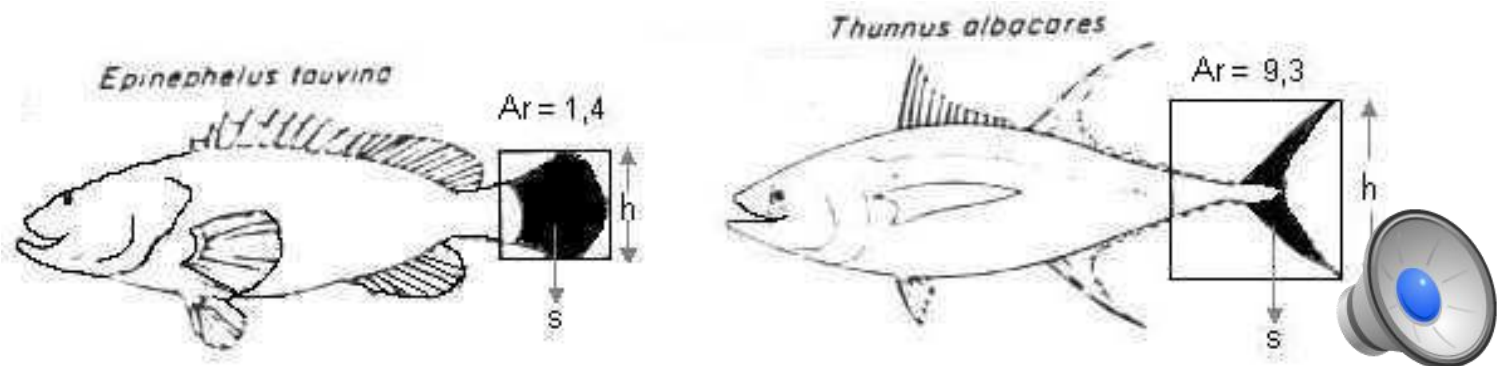
## PEIXES

- $M = K^{0.65} * L_{\infty}^{-0.279} * T^{0.463}$

- $PB = M;$

- $PB = Z = M + F$

- $\log QB = 7,964 - 0,204 \log W_{\infty} - 1,965 T' + 0,083 Ar + 0,532 H + 0,398 D$





# Resultado

## PEIXES (13)

nro	Peixes	Biom	PB	QB
25	Bentivoros	3,328	1,50	9,20
15	<i>Haemulopsis corvinaeformis</i>	1,483	2,13	11,30
17	<i>Mugil curema</i>	1,190	2,00	36,30
26	Hiperbentivo-pisciv	1,187	0,71	4,68
19	<i>Atherinella brasiliensis</i>	0,792	1,78	15,90
20	<i>Centropomus spp.</i>	0,570	0,26	8,40
16	<i>Diapterus rhombeus</i>	0,444	1,20	10,50
21	<i>Sphoeroides spp.</i>	0,340	1,25	8,72
24	Planctivoro	0,322	1,00	13,64
22	<i>Trichiurus lepturus</i>	0,156	1,21	6,20
23	<i>Sardinella brasiliensis</i>	0,139	1,42	24,26
18	<i>Mugil liza</i>	0,058	0,56	21,60
14	<i>Dasyatis spp.</i>	0,001	0,50	6,35



Bent	Albula vulpes	0,085628
Bent	Bathygobius soporator	0,029707
Bent	Calamus penna	0,021453
Bent	Chaetodipterus faber	0,062935
Bent	Citharichthys macrops	0,017824
Bent	Citharichthys spilopterus	0,048858
Bent	Ctenogobius boleosoma	0,010343
Bent	Ctenosciaena gracilicirrhus	1,400922
Bent	Diplectrum radiale	0,084238
Bent	Etropus crossotus	0,038028
Bent	Eucinostomus argenteus	0,462699
Bent	Eucinostomus gula	0,185362
Bent	Eucinostomus melanopterus	0,081448
Bent	Eugerres brasilianus	0,086984
Bent	Haemulon steindachneri	0,177322
Bent	Micropogonias furnieri	0,064669
Bent	Orthopristis ruber	0,052991
Bent	Prionotus punctatus	0,035842
Bent	Stephanolepis hispidus	0,001635
Bent	Syacium papillosum	0,022271
Bent	Synodus foetens	0,06088
Bent	Trachinotus carolinus	0,016412
Bent	Trachinotus falcatus	0,033221
Bent	Umbrina coroides	0,247069
Phip	Caranx latus	0,05796
Phip	Cynoscion jamaicensis	0,232838
Phip	Diplectrum formosum	0,040976
Phip	Gymnothorax ocellatus	0,110543
Phip	Lutjanus analis	0,111258
Phip	Lutjanus synagris	0,048271
Phip	Menticirrhus americanus	0,062872
Phip	Polydactylus virginicus	0,30095
Phip	Selene vomer	0,051916
Phip	Strongylura marina	0,169469
Planc	Anchoa tricolor	0,070595
Planc	Chloroscombrus chrysurus	0,036815
Planc	Harengula clupeiola	0,214832

# Resultado PEIXES

## Agrupamentos: Bentívoros; Phitobentiv-piscv; Planctívoro



# Composição da dieta

## Outros Consumidores

3 Zooplankton	<b>2,11</b>
4 Gastropoda	<b>2,53</b>
5 Olivella minuta	<b>3,09</b>
6 Bivalve	<b>2,00</b>
7 Anomalocardia brasiliiana	<b>2,00</b>
8 Polychaeta	<b>2,30</b>
9 Capitellidae	<b>2,00</b>
10 Laeonereis culveri	<b>2,00</b>
11 Oligochaeta	<b>2,00</b>
12 Monokalliapseudes schubartii	<b>2,00</b>
13 Echinodermata	<b>2,00</b>
27 Shrimp	<b>2,00</b>
28 Callinectes danae	<b>2,00</b>
29 Turtles	<b>2,66</b>
30 Coragyps atratus	<b>2,00</b>
31 Seabirds	<b>3,43</b>

## Peixes

14 Dasyatis spp.	<b>3,24</b>
15 Haemulopsis corvinaeformis	<b>3,18</b>
16 Diapterus rhombeus	<b>3,18</b>
17 Mugil curema	<b>2,00</b>
18 Mugil liza	<b>2,00</b>
19 Atherinella brasiliensis	<b>2,92</b>
20 Centropomus spp.	<b>2,00</b>
21 Sphoeroides spp.	<b>2,74</b>
22 Trichiurus lepturus	<b>3,52</b>
23 Sardinella brasiliensis	<b>2,00</b>
24 Planctivoro	<b>2,89</b>
25 Bentivoros	<b>3,23</b>
26 Hiperbentivo-pisciv	<b>3,48</b>



# Metodologia e Resultados da Parametrização para BENTOS

	indiv/m <sup>2</sup>	peso ind.	B (gr/m <sup>2</sup> )
Gastropoda	16,23	1,28	20,77
<i>O. minuta</i>	25,79	5,07	130,78
Bivalve	20,53	9,82	201,60
<i>A. brasiliiana</i>	29,68	8,41	249,58
Polychaeta	233,37	0,67	156,82
<i>Capitellidae</i>	475,06	0,17	80,76
<i>L. culveri</i>	150,59	0,31	46,68
Oligochaeta	23,10	0,67	15,52
<i>M.schubartii</i>	339,68	0,66	224,19
Echinodermata	0,73	0,76	0,56

- Nro de indiv. divididos pela soma da área dos amostradores nas coletas
- Indivíduos pesados nas amostragens locais.



	B (gr/m2)	PB	QB
<b>Gastropoda</b>	20,77	12,25	36,75
<b>O. minuta</b>	130,78	69,82	209,46
<b>Bivalve</b>	201,60	55,20	165,60
<b>A. brasiliana</b>	249,58	55,78	167,34
<b>Polychaeta</b>	156,82	70,00	210,00
<b>Capitellidae</b>	80,76	65,30	195,90
<b>L. culveri</b>	46,68	13,22	39,66
<b>Oligochaeta</b>	15,52	5,21	15,64
<b>M.schubartii</b>	224,19	114,27	342,80
<b>Echinodermata</b>	0,56	0,60	1,80

# Parametrização dos BENTOS PB e QB

- $QB = 3 * PB$

Divisão dos grupos respeitou as tabelas do Módulo Bentônico



**(A2) Annual somatic production of marine benthic invertebrate populations from biomass, maximum individual body mass, temperature and water depth**  
 Source: Tumbiolo & Downing (1994)  
 An empirical model for the prediction of secondary production in marine benthic invertebrate populations.  
 Mar. Ecol. Prog. Ser. 114: 165-174

Enter parameter values to **Input**  
 Read results from **Output**

THE MODEL	Parameter to be entered	INPUT DATA	-> Transformed
log(P) = 0,240 Intercept	Biomass (g DM / m <sup>2</sup> )	-> 35,650	1,55206
+ 0,960 * log(B)	Max Ind. Body Mass (mg DM)	-> 3541,420000	3,54918
+ -0,210 * log(M)	Surface Water Temperature (°C)	-> 27,0	27,00000
+ 0,030 * T	Water Depth (m)	-> 1,0	0,30103
+ -0,160 * log(D+1)			
Statistics of the regression model	<b>Parameters delivered</b>	<b>OUTPUT RESULTS</b>	
No. data = 125	<b>Annual Somatic Production</b>	P = 55,781	
R <sup>2</sup> = 0,86	(g DM/ m <sup>2</sup> )		
RMS = -			

**Note:** Units of production, biomass and body mass are g Dry Mass, for Mollusca Shell Free Dry Mass is used  
 Units of surface water temperature are °Centigrade

GRUPO	Trophic Level
Gastropoda	2,53
Olivella minuta	3,09
Bivalve	2,00
A. brasiliana	2,00
Polychaeta	2,30
Capitellidae	2,00
Laeonereis culveri	2,00
Oligochaeta	2,00
M. schubartii	2,00
Echinodermata	2,00

## Dieta BENTOS

<i>Prey</i>	Predador		
	Gastropoda	O. minuta	Polichaeta
<i>Phytoplankton</i>	0,3		
<i>Bivalve</i>	0,2	0,25	0,05
<i>A. brasiliana</i>	0,1		
<i>Polychaeta</i>	0,1	0,49	
<i>L. culveri</i>	0,1		
<i>M. schubartii</i>		0,2	0,25
<i>Detritos Total</i>	0,2	0,06	0,7
<b>SOMA</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>



# Parametrização da Biomassa Fitoplâncton

	mgC/m <sup>3</sup>	*2 = mgDW/m <sup>3</sup>	* 5 = mgWW/m <sup>3</sup>	/1000 = grWW/m <sup>3</sup>
<b>Micro</b>	44,75	89,50	447,48	0,45
<b>Nano</b>	14,03	28,07	140,33	0,14
<b>Ultra</b>	21,52	43,05	215,24	0,22
<b>Pico</b>	5,45	10,89	54,46	0,05

profundidade                      1,5 m  
 área                                    345000 m<sup>2</sup>  
 Volume                                517500 m<sup>3</sup>

	*m <sup>3</sup> da Baía = grWW Baía toda	/ área da Baía = grWW/m <sup>2</sup>
<b>Micro</b>	231569,75	0,67
<b>Nano</b>	72622,50	0,21
<b>Ultra</b>	111389,00	0,32
<b>Pico</b>	28180,75	0,08
	<b>Soma</b>	<b>1,29</b>

gr\*m<sup>-2</sup>



# Fitoplancton → PB

Produção Primária total (mgC m <sup>-3</sup> h <sup>-1</sup> )	*10h = /dia	*2 = mgDW/m3/dia	*5 = mgWW/m3/dia	/1000 = grWW/m3/dia	*365 = grWW/m3/ano
7,94	79,4	158,8	794	0,794	289,81
6,49	64,9	129,8	649	0,649	236,885
7,5	75	150	750	0,75	273,75
6,64	66,4	132,8	664	0,664	242,36
9,17	91,7	183,4	917	0,917	334,705
6	60	120	600	0,6	219
3,35	33,5	67	335	0,335	122,275
5,02	50,2	100,4	502	0,502	183,23
4,96	49,6	99,2	496	0,496	181,04

**Média** 231,45 grWW/m3/ano  
**Volume total** 517500 m3  
**TOTAL** 119775375 grWW TOT/ano  
**Area** 345000 m2  
**PB** 347,175 ano

Em média o fito dobra de tamanho a cada dia ano (~3



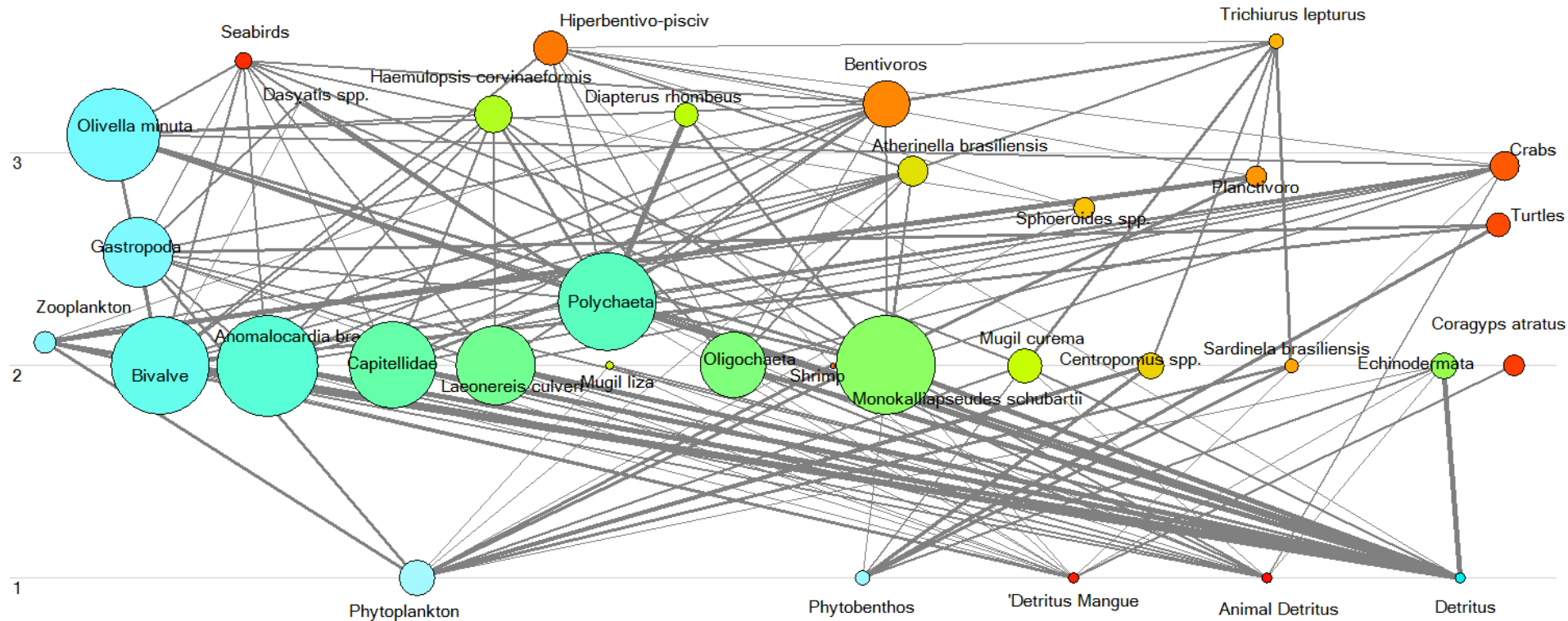


Group name	TL	B (t/km <sup>2</sup> )	P/B	Q/B	EE	P/Q
1 Phytoplankton	<b>1,00</b>	1,29	347,17			<b>0,568</b>
2 Phytobenthos	<b>1,00</b>	0,17	100,00			<b>0,538</b>
3 Zooplankton	<b>2,11</b>	0,38	40,00	160		<b>0,786 0,250</b>
4 Gastropoda	<b>2,53</b>	20,77	12,25	36,75		<b>0,023 0,333</b>
5 Olivella minuta	<b>3,09</b>	130,78	69,82	209,46		<b>0,001 0,333</b>
6 Bivalve	<b>2,00</b>	201,60	55,20	165,60		<b>0,813 0,333</b>
7 Anomalocardia brasiliana	<b>2,00</b>	249,58	55,78	167,34		<b>0,006 0,333</b>
8 Polychaeta	<b>2,30</b>	194,00	70,00	210,00		<b>0,995 0,333</b>
9 Capitellidae	<b>2,00</b>	80,76	65,30	195,90		<b>0,002 0,333</b>
10 Laeonereis culveri	<b>2,00</b>	46,68	13,22	39,66		<b>0,135 0,333</b>
11 Oligochaeta	<b>2,00</b>	15,52	5,21	15,64		<b>0,104 0,333</b>
12 Monokalliapseudes schubartii	<b>2,00</b>	224,19	114,27	342,80		<b>0,612 0,333</b>
13 Echinodermata	<b>2,00</b>	0,56	0,60	1,80		<b>0,000 0,333</b>
14 Dasyatis spp.	<b>3,24</b>	0,00	0,50	6,35		<b>0,000 0,079</b>
15 Haemulopsis corvinaeformis	<b>3,18</b>	1,48	2,13	11,30		<b>0,317 0,188</b>
16 Diapterus rhombeus	<b>3,18</b>	0,44	1,20	10,50		<b>0,000 0,114</b>
17 Mugil curema	<b>2,00</b>	1,19	2,00	36,30		<b>0,512 0,055</b>
18 Mugil liza	<b>2,00</b>	0,06	0,56	21,60		<b>0,000 0,026</b>
19 Atherinella brasiliensis	<b>2,92</b>	0,79	1,78	15,90		<b>0,559 0,112</b>
20 Centropomus spp.	<b>2,00</b>	0,57	0,26	8,40		<b>0,653 0,031</b>
21 Sphoeroides spp.	<b>2,74</b>	0,34	1,25	8,72		<b>0,656 0,143</b>
22 Trichiurus lepturus	<b>3,52</b>	0,16	1,21	6,20		<b>0,000 0,195</b>
23 Sardinella brasiliensis	<b>2,00</b>	0,14	1,42	24,26		<b>0,980 0,059</b>
24 Planctivoro	<b>2,89</b>	0,32	1,00	13,64		<b>0,473 0,073</b>
25 Bentivoros	<b>3,23</b>	3,33	1,50	9,20		<b>0,350 0,163</b>
26 Hiperbentivo-pisciv	<b>3,50</b>	1,19	0,71	4,68		<b>0,057 0,152</b>
27 Shrimp	<b>2,00</b>	0,02	7,75	26,70		<b>0,683 0,290</b>
28 Crabs	<b>2,94</b>	0,72	1,40	19,08		<b>0,055 0,073</b>
29 Turtles	<b>2,66</b>	0,46	0,15	2,54		<b>0,000 0,059</b>
30 Coragyps atratus	<b>2,00</b>	0,33	0,10	40,00		<b>0,000 0,003</b>
31 Seabirds	<b>3,43</b>	0,20	0,40	50,00		<b>0,000 0,008</b>
32 'Detritus Mangue	<b>1,00</b>					
33 Animal Detritus	<b>1,00</b>					
34 Detritus	<b>1,00</b>					



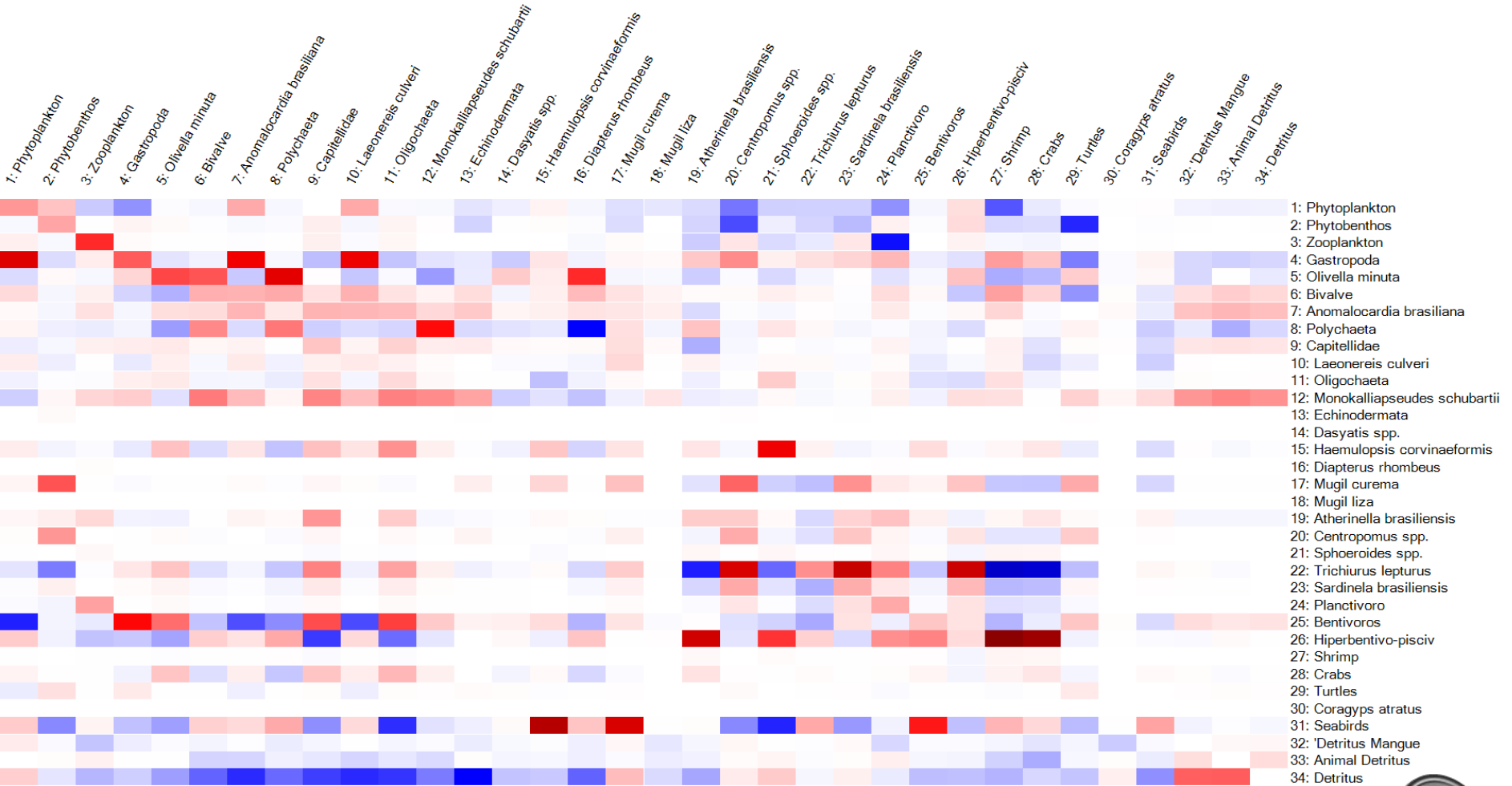
# Teia Trófica da Baía do Araçá

4



# MTI

Impacted group



# Espécies-Chave

## Três diferentes índices

KS1

Trichiurus lepturus

Hiperbentivo-pisciv

Seabirds

Gastropoda

Bentivoros

KS2

Trichiurus lepturus

Seabirds

Phytobenthos

Sardinella brasiliensis

Shrimp

KS3

Trichiurus lepturus

Seabirds

Hiperbentivo-pisciv

Phytobenthos

Bentivoros



# Simulação de Impacto de sombreamento

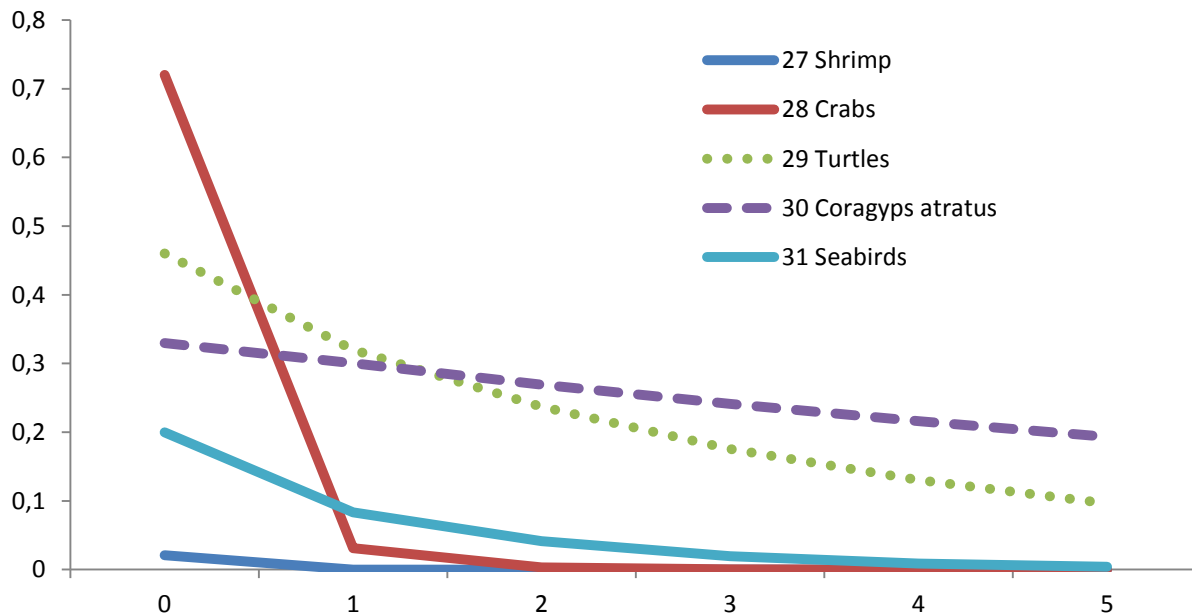
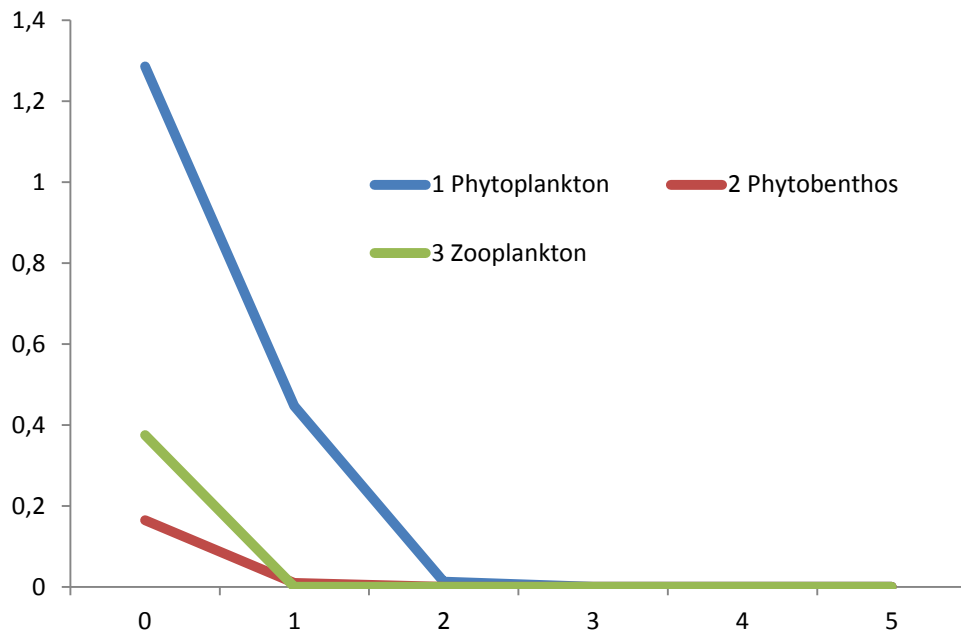
- Testamos funções forçantes que derrubam a Produção Primária já no primeiro ano por causa do sombreamento;
- Esta função também afeta a interação predador-presa



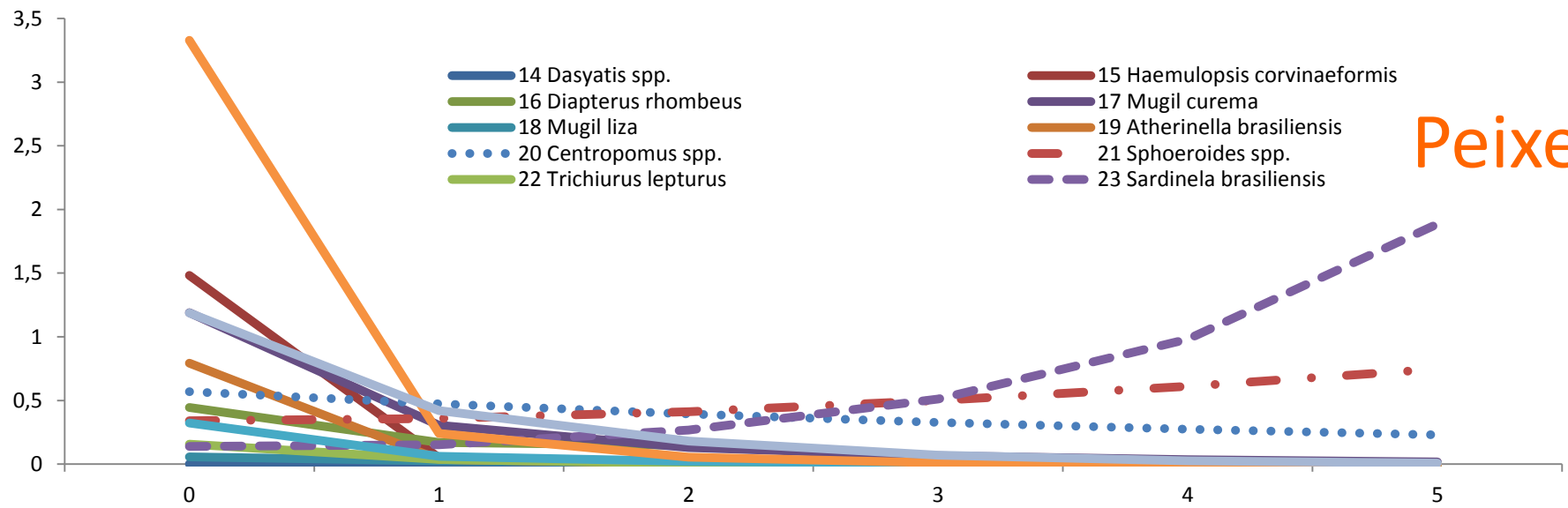
# Fito e Zoop

## Simulação de Impacto de sombreamento

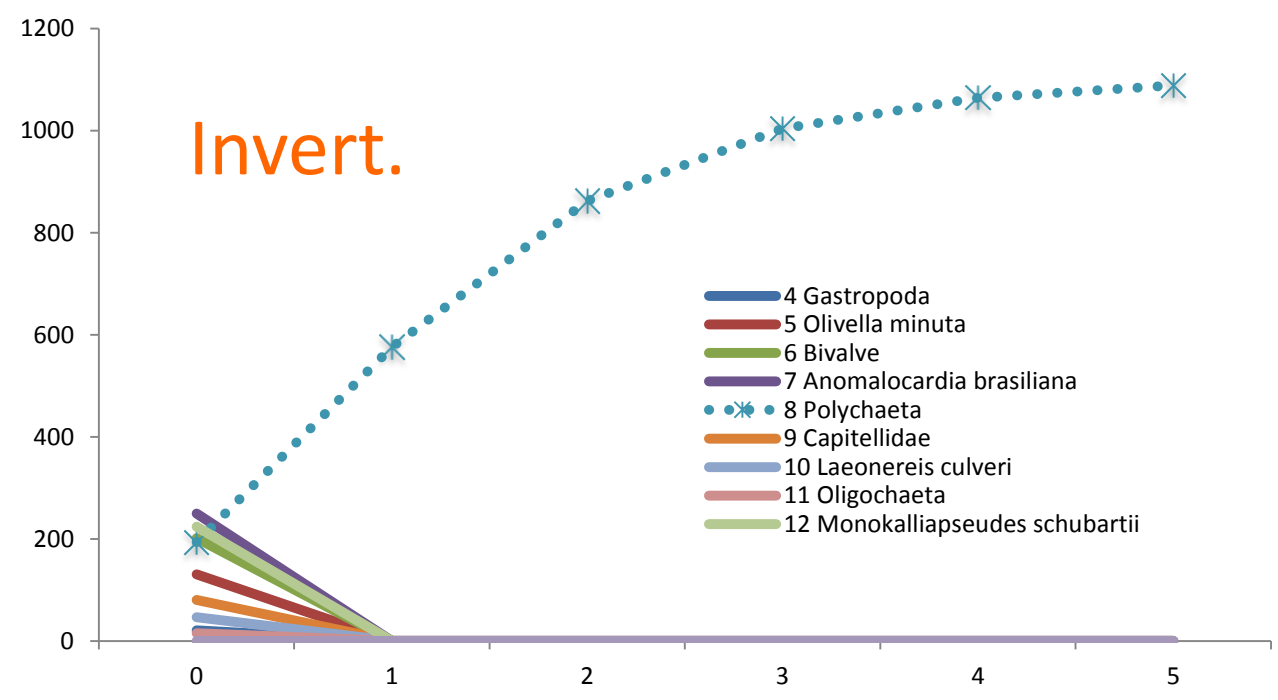
Camarão, Crab, aves, tartaruga



# Peixes



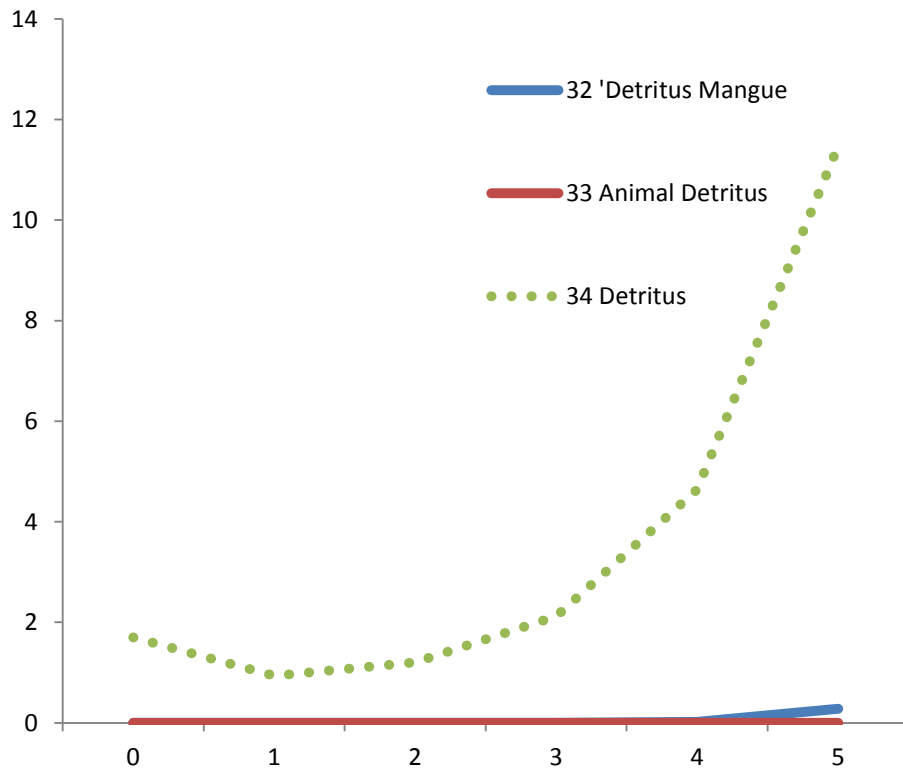
# Invert.



Simulação de Impacto de sombreamento



# Detritos



Simulação de  
Impacto de  
sombreamento





# Simulação de Impacto de sobreamento

- *Experimento simulado:* Redução da queda dos PPs e da intensidade das relações entre predadores e presas (sobreamento);
- *Resultado Geral:* Redução de biomassa total e aumento de detritos, sardinha, baiacu e polichaetas;



# Conclusões

- *Oscilação de marés: diária mas o modelo é anual. Modelo para Maré Baixa? Não...*
- A construção do modelo seguiu todo o protocolo do Ecopath (**Prebal**) e ele parece bem consistente, com estimativas locais, apesar de não ser propriamente calibrado pois a série temporal tem menos de 10 anos;
- Um **monitoramento com duas coletas ao ano** (pelo menos uma) na próxima década. Sugestão: Editais de Longa-Duração (modelo-orientado);



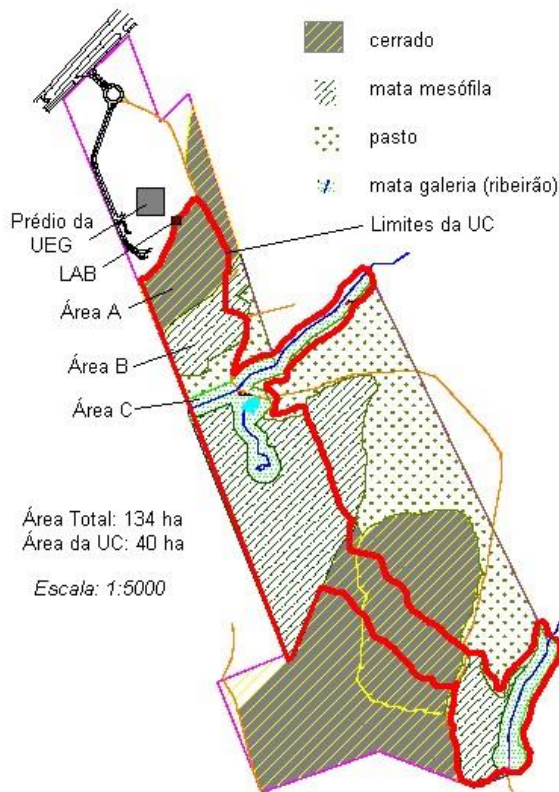
# Conclusões

- Nosso modelo prevê que o **impacto** da expansão do porto de São Sebastião causará **aumento de detritos** (parece evidente), mas também de **sardinhas e baiacus**, e a **extinção local** de praticamente todos os **outros componentes**;
- Um dos *focos do **manuscrito*** será a ***parametrização dos valores amostrados***. Artigo → **exemplo** a outros projetos interdisciplinares como o **Biota-Araçá**;
- No futuro um modelo **Ecospace** (para entender a variação temporal e espacial) pode ser feito, mas ele deverá incluir não só a **Baía**, mas também o **Canal de São Sebastião**;



# Nota à parte

- *Muito além de um jardim: a Unidade de Conservação da UEG - 2008*



- Retomada agora (2016) por outros professores;
- Campeonato ganho, mas o ano que vem tem outro...



# Obrigado

- Por minhas ausências e atrasos agradeço à Cecília



- Carmem

- Alunos não sigam
- o meu exemplo....
- Mas sigam o líder! FUI!

