

Qualidade de água dos açudes do semi-árido brasileiro

José Luiz Attayde, UFRN

attayde@cb.ufrn.br

Águas potiguares: oásis ameaçados

68 • CIÊNCIA HOJE • vol. 39 • n.º 233

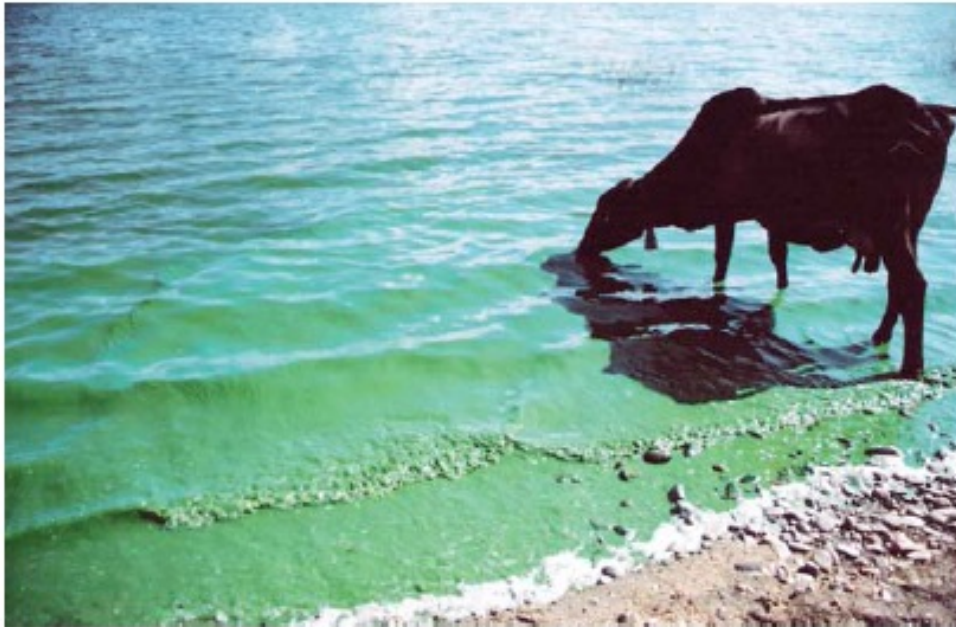


Figura 4. Aspectos de uma floração de cianobactérias no reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, no Rio Grande do Norte, em julho de 2004

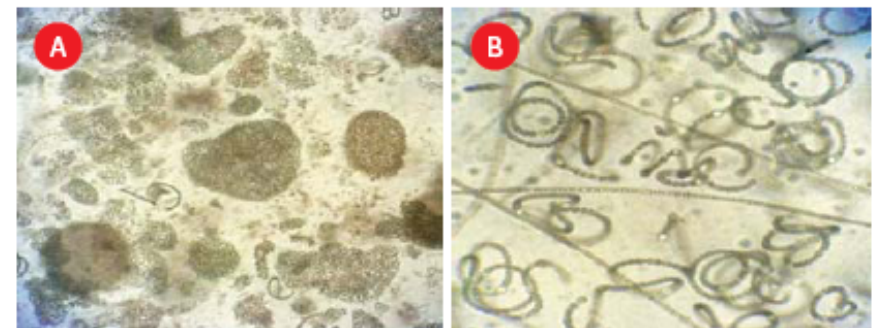
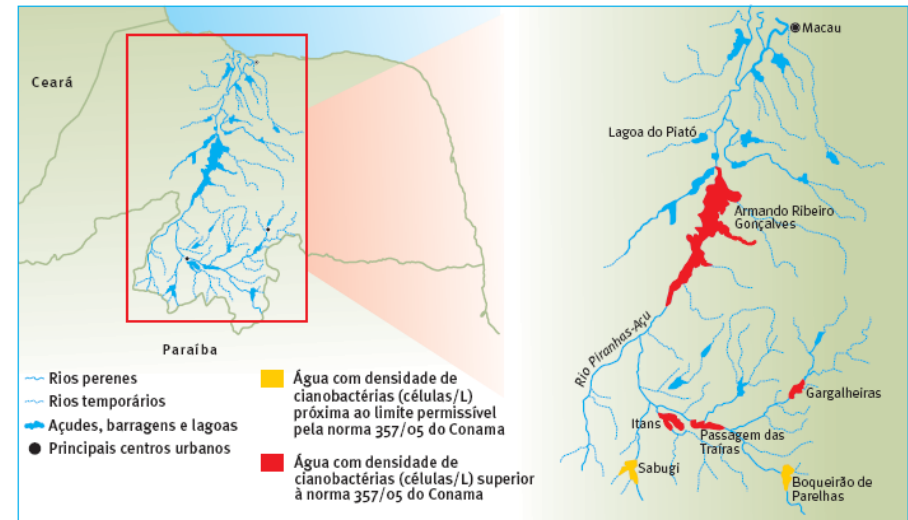


Figura 2. Cianobactérias encontradas em alguns reservatórios do Rio Grande do Norte: em A, espécies do gênero *Microcystis*; em B, *Anabaena circinalis* (formas 'enroscadas') e *Planktothrix agardhii* (formas retilíneas)

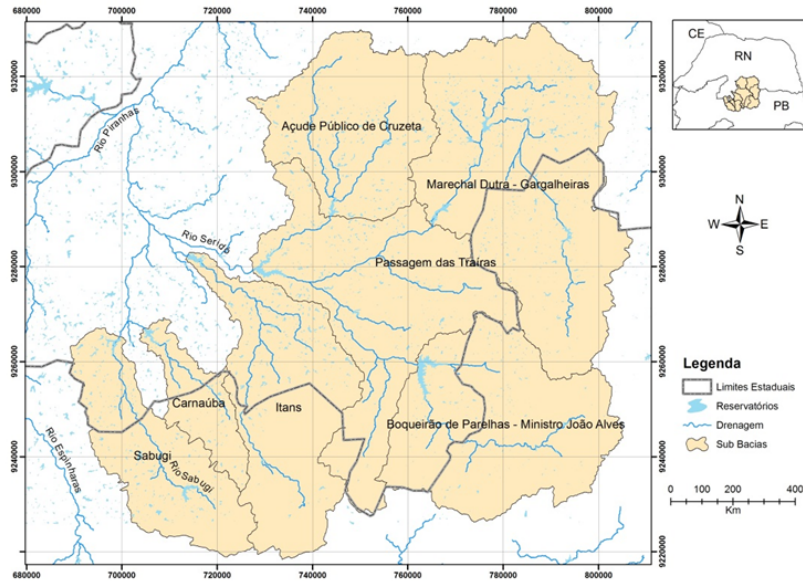
Eutrofização dos açudes

- Eutrofização é o aumento da produtividade de um ecossistema aquático decorrente de um aumento na concentração de nutrientes essenciais, especialmente fósforo e nitrogênio.
- Em decorrência deste processo, o ecossistema aquático passa da condição de *oligotrófico* ou *mesotrófico* para *eutrófico* ou mesmo *hipereutrófico*.

Quais as causas?

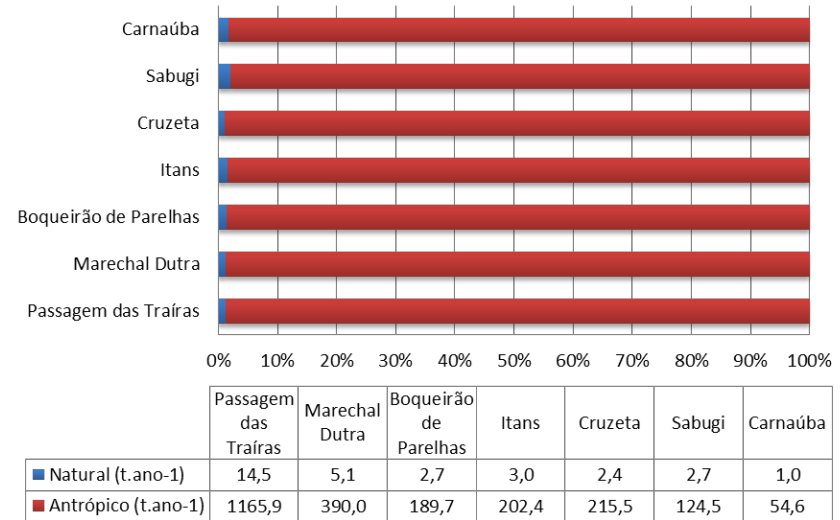
- Fontes pontuais de nutrientes: efluentes domésticos e industriais
- Fontes não pontuais de nutrientes: efluentes agropastoris, drenagem urbana, deposição atmosférica e erosão do solo na bacia
- No semi-árido as fontes difusas (não pontuais) de nutrientes são mais importantes

Cargas de Nutrientes

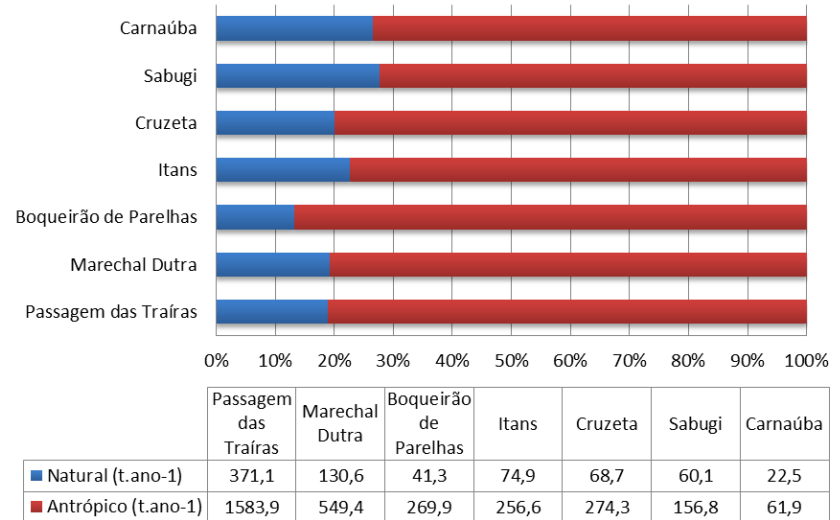


Sub-bacias estudadas na bacia hidrográfica do Rio Seridó

Fósforo

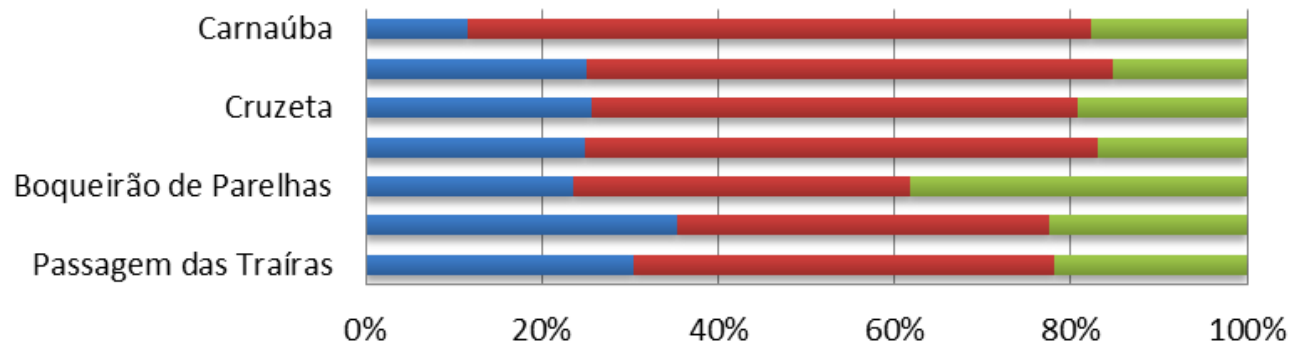


Nitrogênio



Fontes antrópicas de N

Nitrogênio

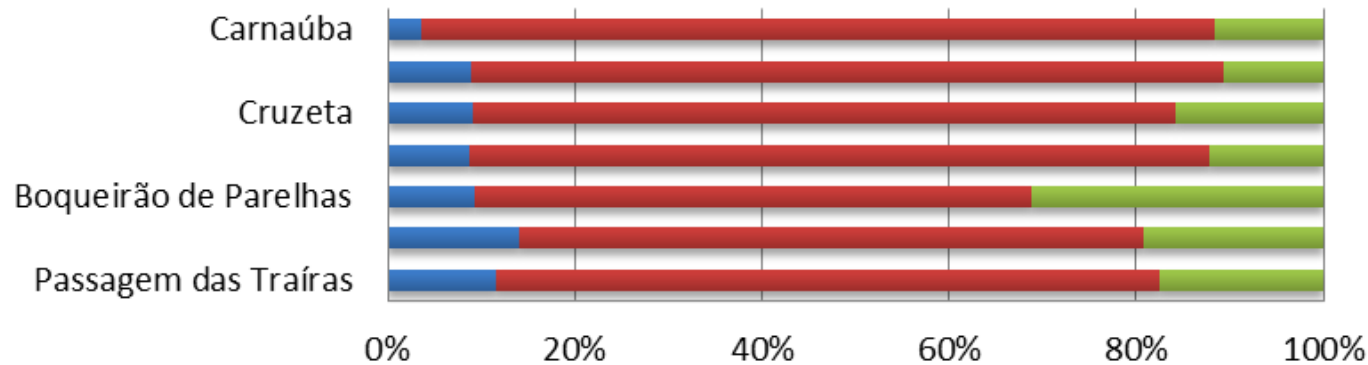


	Passagem das Traíras	Marechal Dutra	Boqueirão de Parelhas	Itans	Cruzeta	Sabugi	Carnaúba
■ Efluentes (t.ano-1)	481,4	194,5	63,4	63,7	70,5	39,4	7,2
■ Pecuária (t.ano-1)	757,1	231,1	103,5	149,4	151,2	93,6	43,8
■ Agricultura (t.ano-1)	345,4	123,8	103,0	43,5	52,6	23,8	11,0

Vasconcelos, V.H.F. 2011. Emissões naturais e antrópicas de nitrogênio e fósforo para os principais açudes da bacia hidrográfica do Rio Seridó, RN. Dissertação de Mestrado, UFRN.

Fontes antrópicas de P

Fósforo



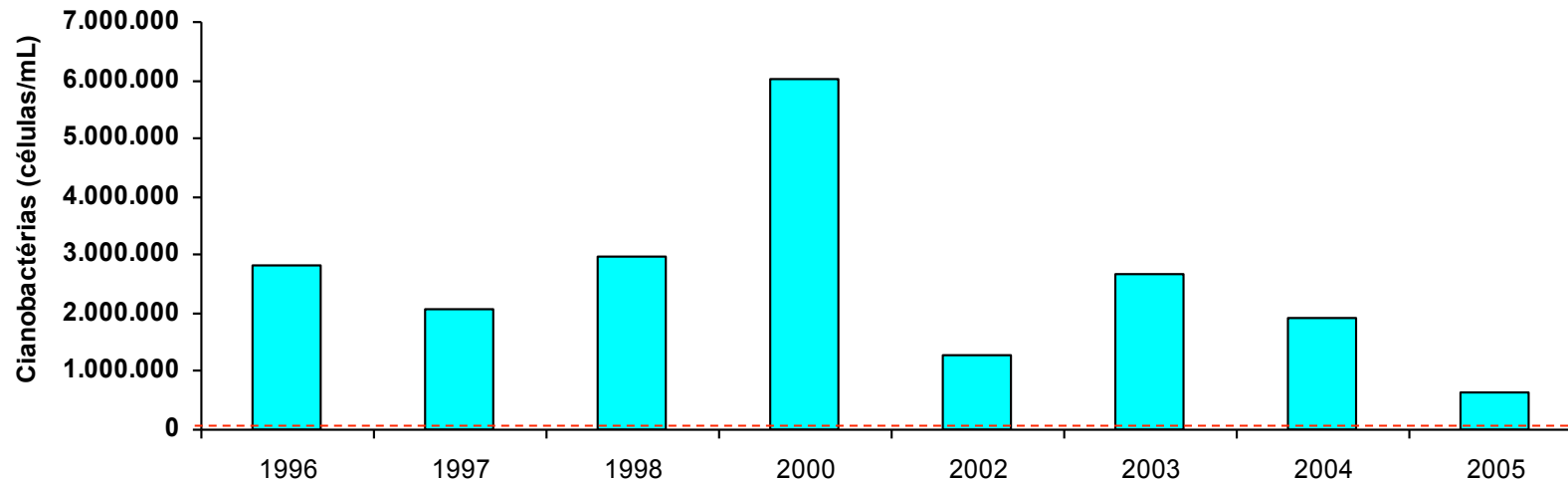
	Passagem das Traíras	Marechal Dutra	Boqueirão de Parelhas	Itans	Cruzeta	Sabugi	Carnaúba
■ Efluentes (t.ano-1)	134,8	54,5	17,8	17,8	19,7	11,0	2,0
■ Pecuária (t.ano-1)	826,1	260,5	112,7	160,0	161,9	100,1	46,3
■ Agricultura (t.ano-1)	205,0	75,1	59,3	24,5	33,9	13,4	6,3

Vasconcelos, V.H.F. 2011. Emissões naturais e antrópicas de nitrogênio e fósforo para os principais açudes da bacia hidrográfica do Rio Seridó, RN. Dissertação de Mestrado, UFRN.

Quais as consequências ?

- Aumento da produção primária de algas e plantas
- Acúmulo de matéria orgânica morta no sedimento
- Depleção de oxigênio e liberação de gases tóxicos
- **Florações de cianobactérias tóxicas**
- Mortalidade de diversos organismos aquáticos
- Perda da biodiversidade aquática
- Diminuição da transparência da água
- Perda do seu valor estético para fins de recreação
- Perda da qualidade da água para consumo humano
- Prejuízos econômicos para a sociedade

Armando Ribeiro Gonçalves



Fonte: Ivaneide Alves Soares da Costa

**Valores bem acima do limite aceitável para consumo humano
Águas de classe III (limite= 100.000 células/ml) – CONAMA 357/2005**

Toxicidade de algumas moléculas naturais

Compound	Chemistry	Source	LD50 $\mu\text{g kg}^{-1}$ BW
botulin A (s.c.)	protein	soil bacteria (<i>Chlostridium</i>)	0.004
ciguatoxin 1	polyether	marin dinoflagellates	0.25
batrachotoxin	steroid	tropical frogs (<i>Phyllobates</i>)	2
saxitoxin	alkaloid	cyanobacteria	8
tetrodotoxin	alkaloid	puffer fish (symb. bacteria)	8
anatoxin-A(s)	alkaloid	cyanobacteria	40
microcystin-LR	peptide	cyanobacteria	50
amanitine	peptide	mushroom (<i>Amanita</i>)	100
anatoxin-A	alkaloid	cyanobacteria	250
aconitine	terpenoid	monkshood (<i>Aconitum</i> sp.)	270
microcystin-RR	peptide	cyanobacteria	600
strychnine	alkaloid	<i>Strychnos nux-vomica</i>	980
phalloidine	peptide	mushroom (<i>Amanita</i>)	2,000
cylindrospermopsin	alkaloid	cyanobacteria	2,100
rotenone	alkaloid	<i>Lonchocarpus</i> (fabaceae)	2,650
domoic acid	amino acid	diatom (<i>Pseudonitzschia</i>)	3,600
digitoxin	steroid	foxglove (<i>Digitalis</i> sp.)	3,900
ouabain	steroid	tropical plants	11,000
atropine	alkaloid	solanaceae	30,000

Toxicidade relativa a aplicação i.p. em camundongos;
 Compilado do website da National Library of Medicine

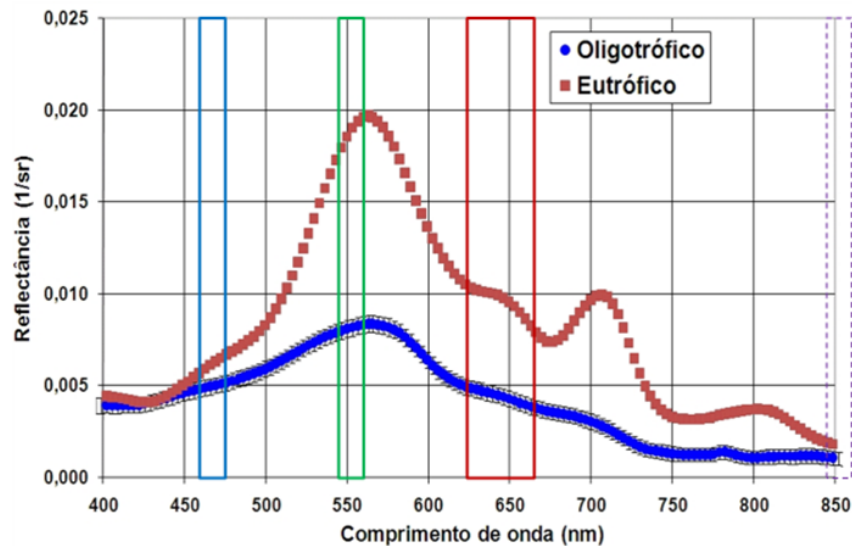
Toxicidade oral para camundongos de compostos listados no “WHO Guidelines for Drinking Water Quality”

compound	source	IARC class	GV $\mu\text{g L}^{-1}$	LD ₅₀ mg kg^{-1} BW
endrin	pesticide	n.carc.	0.6	1.4
carbofuran	pesticide	n.carc.	7	2
Microcystin-LR	peptide	2B	1^a	5
pentachlorophe	wood	2B	9 ^a	36
aldrin/dieldrin	pesticide	3	0.03	44
chlorpyrifos	pesticide	n.carc.	30	60
acrylamide	indust. chemical	2A	0.5	107
DDT	pesticide	2B	1	135
chlordane	pesticide	2B	0.2	145
arsenic	metal	1	10	145
atrazine	pesticide	3	2	850
simazine (rat)	pesticide	3	2	971
metolachlor	pesticide	n.carc.	10	1150
cadmium (rat)	metal	2A	3	2330
dioxan	indust. chemical	2B	50	5300

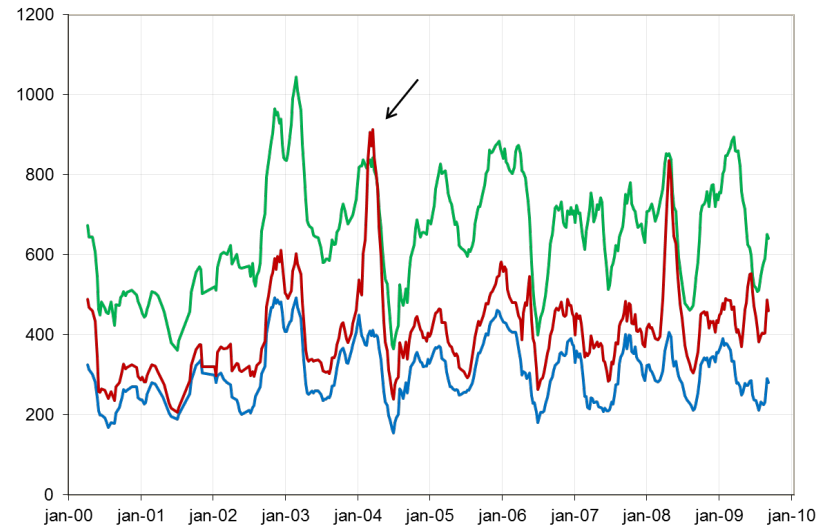
a: GV provisório; dados de toxicidade compilados dosis.nlm.nih.gov/chemical.html;
1: carcinogênico; 2A: provavelmente carc.; 2B: possivelmente carc.; 3 não classificável; n.carc.: não carcinogênico.

Monitoramento da qualidade da água por sensoriamento remoto amplia a escala espacial e temporal de observação

Projeto IRD-ANA-UFRN-UFC-FUNCEME (Jean Michel Martinez e colaboradores)



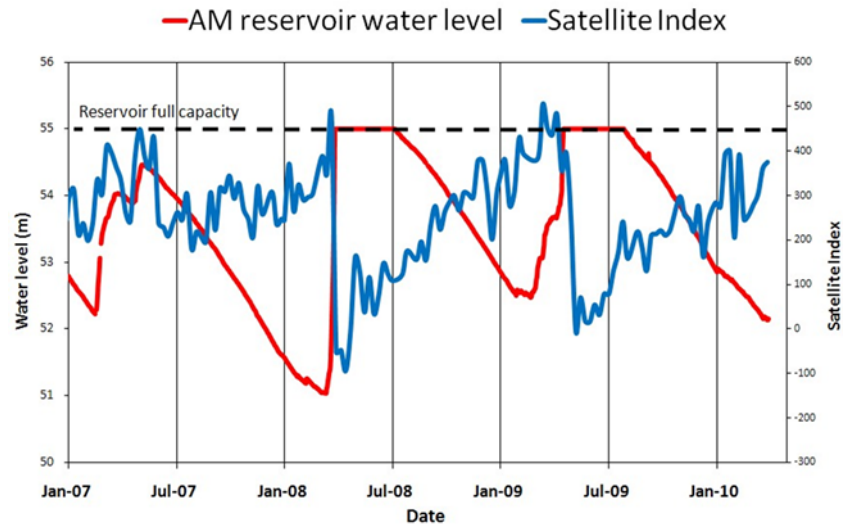
Comportamento espectral da água e bandas espectrais do satélite MODIS analisadas – resolução 500m x 500m



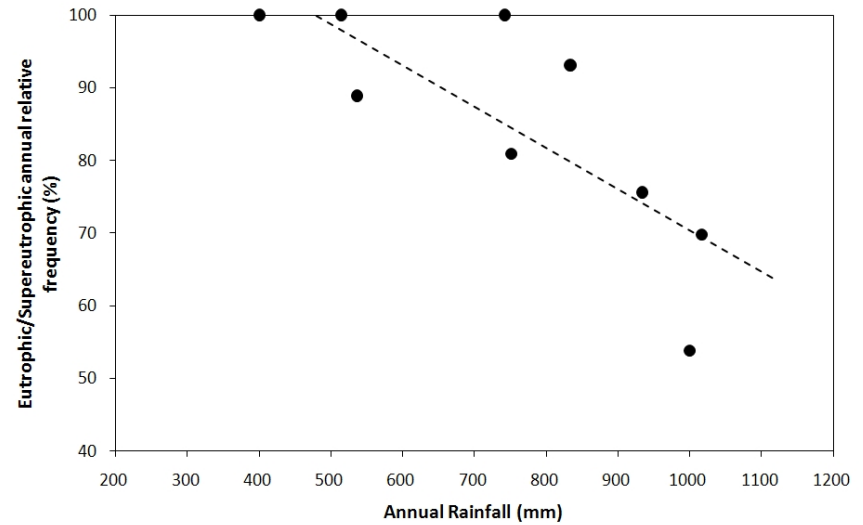
Ciclos anuais e reflectância do MODIS no açude Armando Ribeiro Gonçalves

Armando Ribeiro Gonçalves - RN

Nível do açude e o índice do MODIS

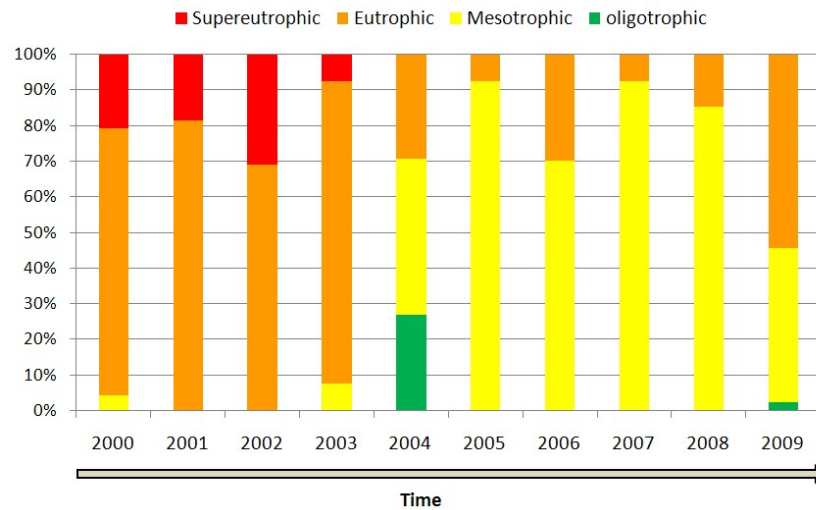


Chuvas x Estado Trófico do açude

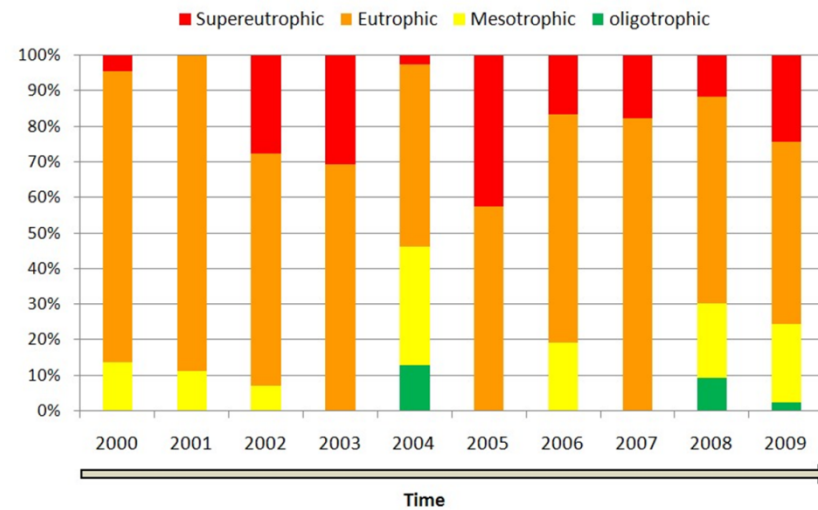


Índice de Estado Trófico (IET)

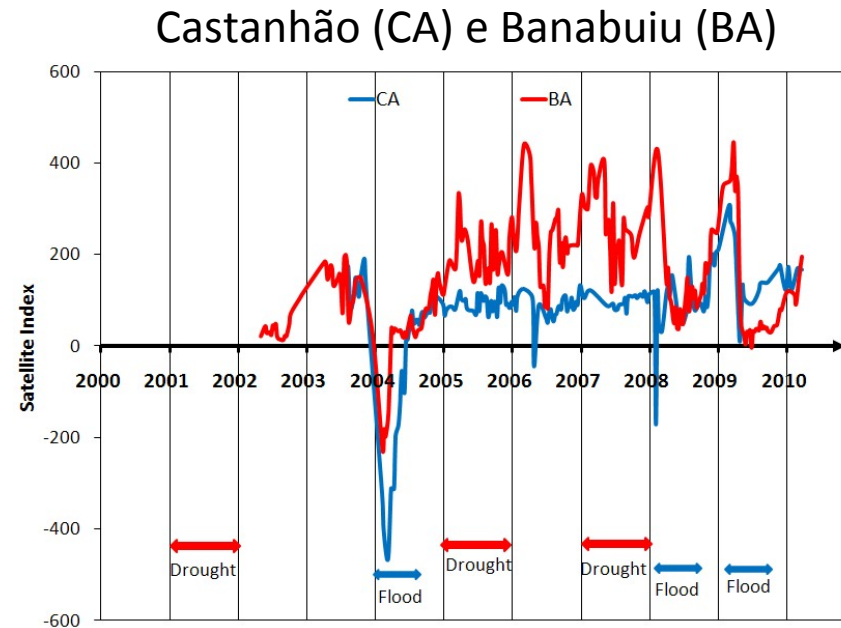
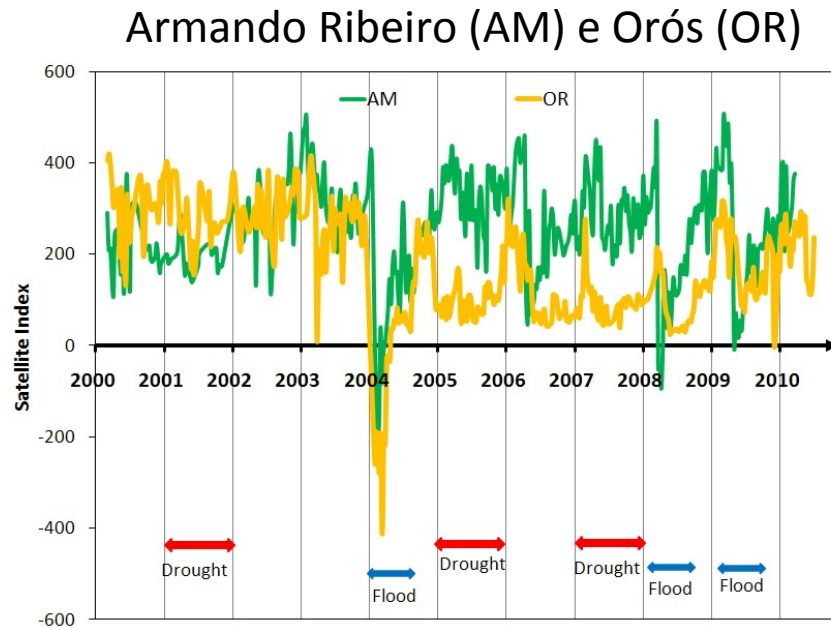
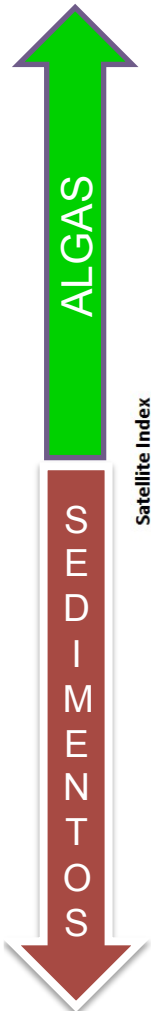
Orós, CE



Armando Ribeiro Gonçalves, RN



Variação temporal do índice do satélite MODIS em 4 açudes de 2000-2010



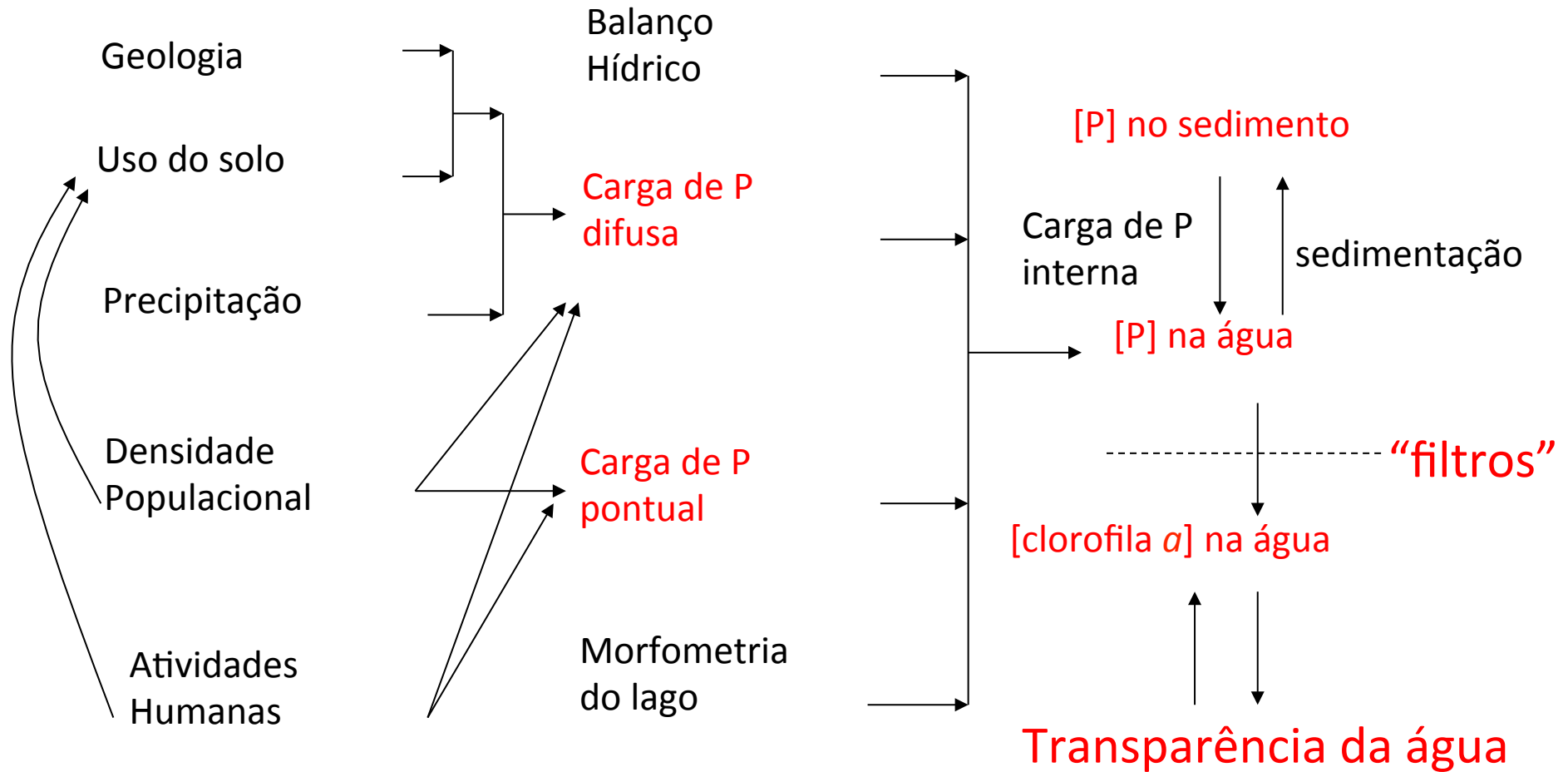
O que explica as diferenças na resiliência dos açudes à eventos climáticos extremos?

Eventos climáticos extremos como “janelas de oportunidade” para o manejo da qualidade da água e a restauração de açudes eutrofizados?

Como prevenir a eutrofização?

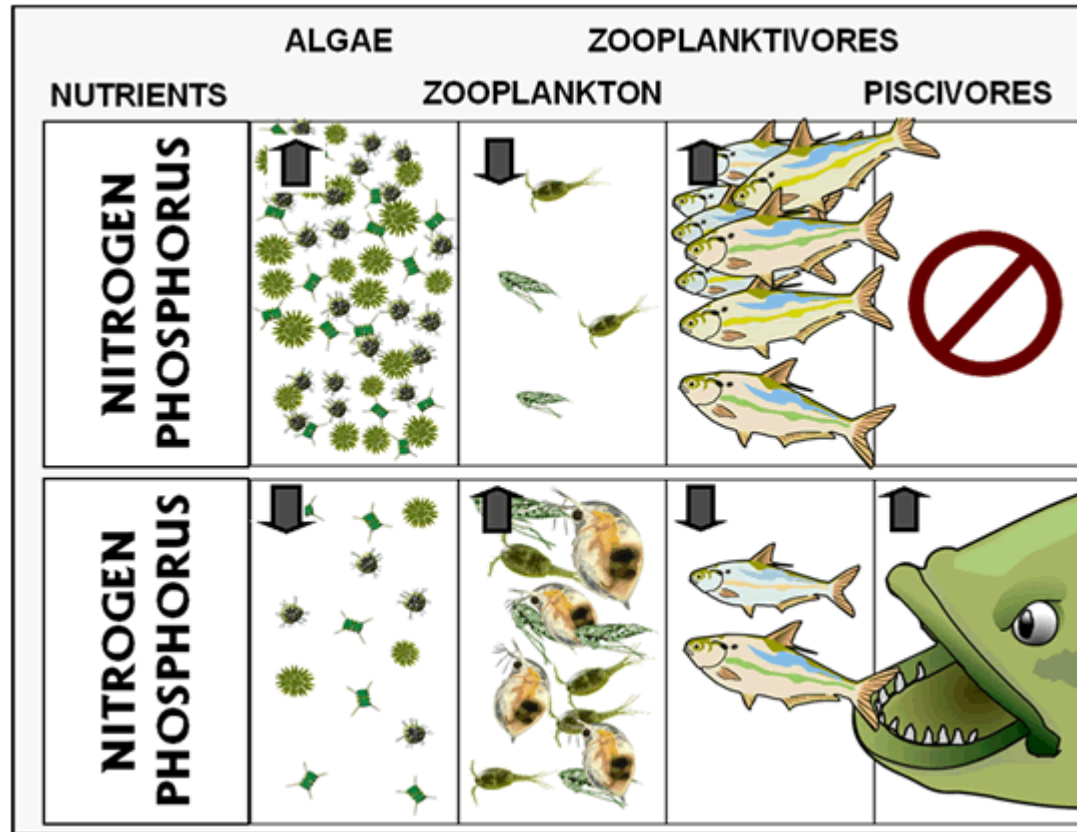
- Controlando as cargas externas pontuais de nutrientes (e.g. tratamento terciário de efluentes)
- Controlando as cargas externas difusas de nutrientes (e.g. gestão ambiental da bacia de drenagem e conservação de matas ciliares)
- Controlando e gerenciando a pesca e a estocagem de peixes nos reservatórios: mecanismos de controle descendente do fitoplâncton

Modelo conceitual do problema da eutrofização



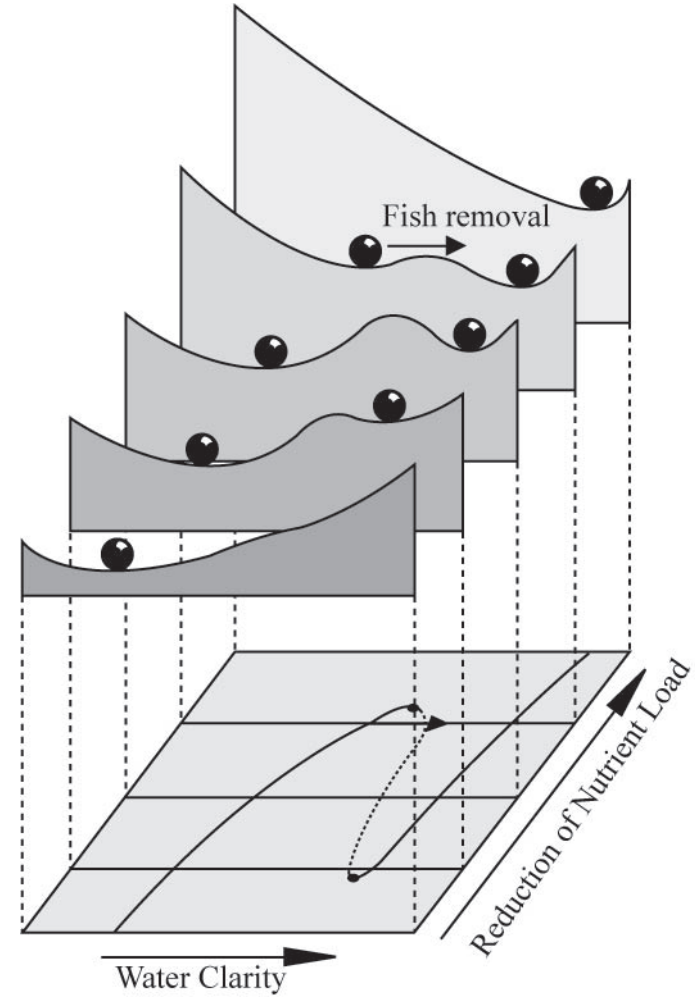
A ação dos “filtros” levam a profundas diferenças nas respostas dos ecossistemas ao enriquecimento por nutrientes: amplificando ou atenuando seus efeitos

O efeito da estrutura trófica: o manejo da pesca pode melhorar a qualidade da água?

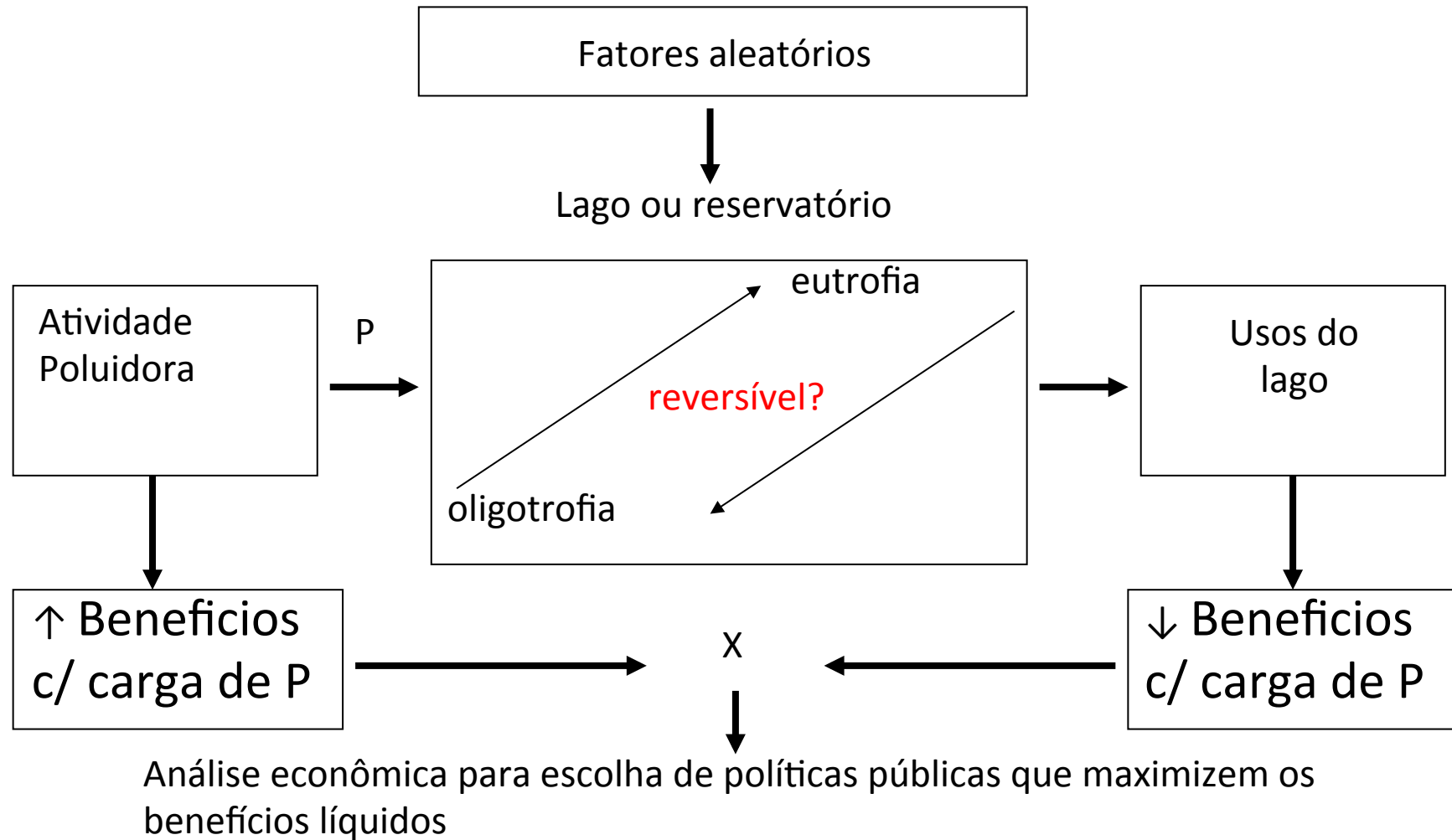


A **biomanipulação** é uma ferramenta de manejo da qualidade da água de lagos eutrofizados em regiões temperadas mas ainda não foi testada nos trópicos

Implicações para o Manejo



Gerenciamento da eutrofização



Pesca e Aquicultura

Quantas toneladas podem ser capturadas/produzidas sem comprometer o ecossistema ?
Quais os efeitos ecológicos e sócio-econômicos dos peixes exóticos invasores?



Tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*



Piscicultura intensiva em tanques-rede

Capacidade de Suporte

Numa situação de equilíbrio, $[P] = L(1-R) / z_p$, onde:

$[P]$ é a concentração de P-total em mg/m^3

L é a carga de P-total em $\text{mg}/\text{m}^2/\text{ano}$

Fonte: Dillon & Rigler 1974

z é a profundidade média em metros

p é a descarga do reservatório ou fração do volume perdido à jusante por ano

R é a fração da carga de P-total que é retida no reservatório sendo que $R = 1 - (q_o[P]_o / q_i[P]_i)$,

onde:

q_o = vazão efluente em m^3/ano

q_i = vazão afluyente em m^3/ano

$[P]_o$ = concentração de P-total na água que sai do reservatório

$[P]_i$ = concentração de P-total na água que entra no reservatório

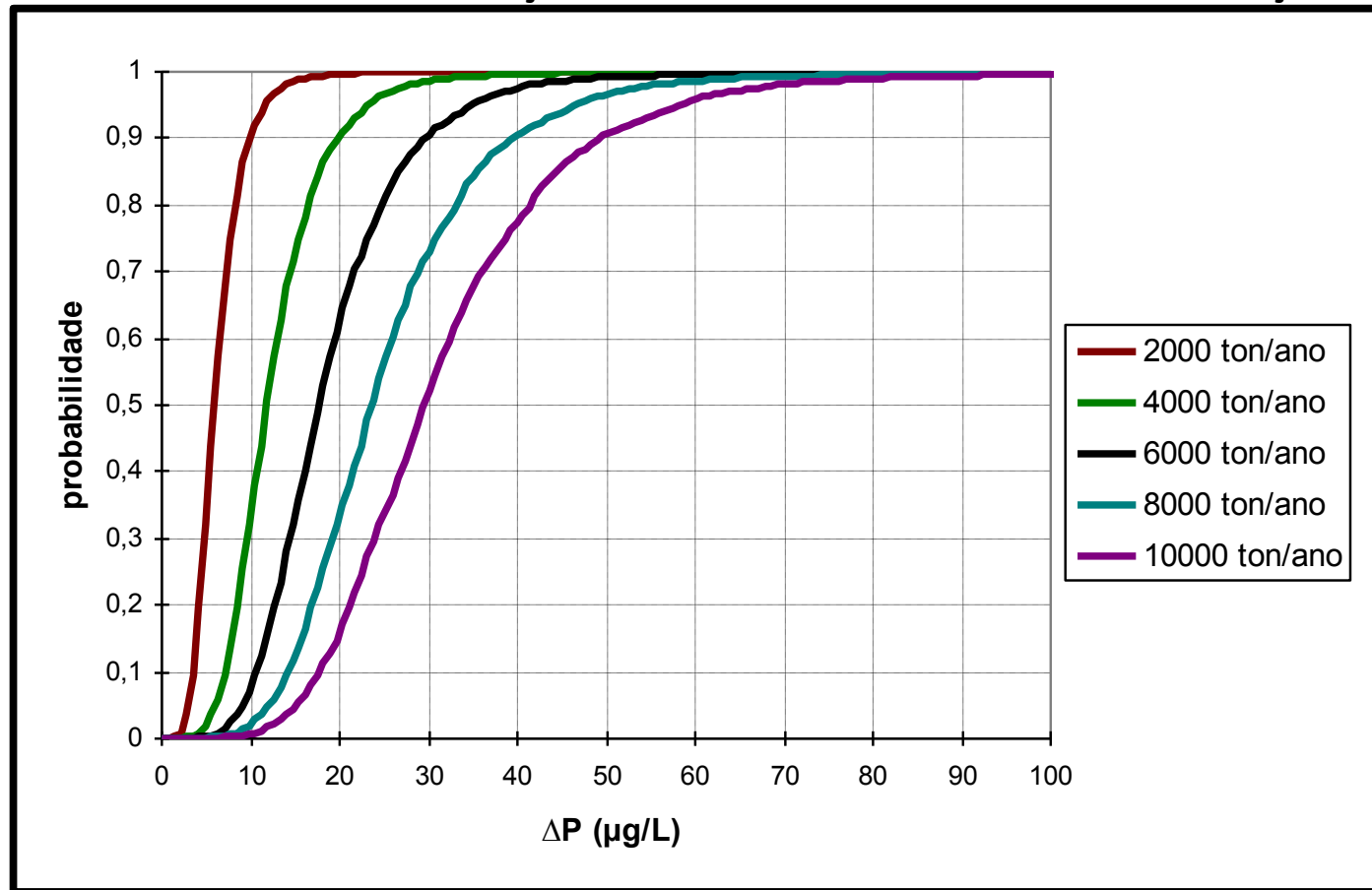
$\Delta[P]_{\text{peixe}} = L_{\text{peixe}} (1 - R_{\text{peixe}}) / z_p$, onde:

L_{peixe} é a carga aceitável de P-total derivada da aquicultura em tanques-rede;

R_{peixe} é a fração da carga de P-total que é retida no reservatório

Capacidade de Suporte

Análise de Risco - Simulação de Monte Carlo com 10.000 interações



Probabilidade de 10 % de aumentar a concentração média anual de P total em mais de 10 µg/L se a produção de tilápias for cerca de 2.000 ton/ano (curva vermelha)

Tabela 4: Quantidade máxima de tilápias que podem ser produzidas anualmente em sistemas intensivos de cultivo em tanques-rede nos oito reservatórios com risco de 0%, 5% e 10% de exceder em $5 \mu\text{g l}^{-1}$ e $10 \mu\text{g l}^{-1}$ as concentrações médias anuais de fósforo total na água dos reservatórios.

Reservatório	$\Delta[\text{P}]_{\text{peixe}} = 5 \mu\text{g P l}^{-1}$			$\Delta[\text{P}]_{\text{peixe}} = 10 \mu\text{g P l}^{-1}$		
	0%	5%	10%	0%	5%	10%
Armando Ribeiro	1137	1310	1375	2275	2620	2749
Boqueirão de Parelhas	3	5	6	6	10	11
Cruzeta	2	3	3	4	5	6
Itans	3	5	6	6	11	12
Gargalheiras	4	5	6	8	11	12
Mendubim	5	7	8	9	15	16
Passagem das traíras	4	5	6	7	11	12
Sabugi	1	2	2	2	3	4

Restauração de açudes eutrofizados

- Redução da carga externa
 - Tratamento de efluentes domésticos
 - Manejo do solo para reduzir erosão
 - Redução do uso de fertilizantes
 - Restauração da mata ciliar
- Redução da carga interna
 - Imobilização de P no sedimento
 - Remoção de peixes planctívoros/detritívoros
- Redução do tempo de residência da água

Conclusões

- O controle da poluição é uma das maneiras de aumentar a disponibilidade de água no semi-árido
- A eutrofização dos açudes restringe as opções futuras de gestão dos recursos hídricos
- A definição da capacidade de carga dos açudes é urgentemente necessária para as ações de gestão ambiental nas bacias
- A restauração de açudes eutrofizados é uma área prioritária de pesquisa limnológica no semi-árido
- São mais de 100.000 açudes e poucos limnólogos ...