

Efeitos da Toxicidade das Cianobactérias em Águas Doces”

- Odete Rocha
- Laboratório de Limnologia
- Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva
- Universidade Federal de São Carlos

As cianobactérias na Terra

- As cianobactérias estão entre as mais antigas formas de vida registradas no planeta

		Geological evidence	Millions of years ago	Life forms
PRECAMBRIAN	PHANEROZOIC			
	PROTEROZOIC	Oldest multicellular fossils	570	Appearance of first multicellular organisms
			600	Appearance of first eukaryotes
		Oldest compartmentalized fossil cells	1500	Appearance of aerobic (oxygen-using) respiration
				Appearance of oxygen-forming photosynthesis (cyanobacteria)
ARCHEAN	Disappearance of iron from oceans and formation of iron oxides	2500	Appearance of chemoautotrophs (sulfate respiration)	
	Oldest definite fossils	3500	Appearance of life (prokaryotes): anaerobic (methane-producing) bacteria and anaerobic (hydrogen sulfide-forming) photosynthesis	
	Oldest dated rocks	4500	Formation of the earth	

From Raven & Johnson, *Biology*, 6th Ed., McGraw-Hill Higher Education

Estromatólitos são fósseis com amontoados de algas procarióticas (cianobactérias) de cerca de 3 bilhões de anos.



Estromatólitos modernos encontrados na costa da Austrália

Cianobactérias

- Aproximadamente 40 espécies de cianobactérias produzem toxinas e os gêneros mais comuns são:
- *Microcystis, Anabaena, Cyndrospermopsis, Gloetrichia, Aphanizomenon, Anabaenopsis, Coelosphaerium, Gomphosphaeria, Lyngbya, Nodularia, e Oscillatoria*

Eutrofização e cianobactérias

- Embora as cianobactérias sejam componentes normais da biota aquática, elas tem sido altamente favorecidas pelo processo de eutrofização das águas.
- A espécie *Microcystis aeruginosa* é considerada a de mais ampla distribuição no território nacional, o gênero *Anabaena*, aquele com maior número de espécies potencialmente tóxicas (*A. circinalis*, *A. flos-aquae*, *A. planctonica*, *A. solitaria* e *A. spiroides*) e *Planktothrix* tem aparecido com maior frequência recentemente.
- Nos reservatórios do Rio Tietê as espécies *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena spiroides* e *Cylindrospermopsis raciborskii* tem sido as espécies dominantes nas florações tóxicas, até o momento.

Florescimentos de cianobactérias





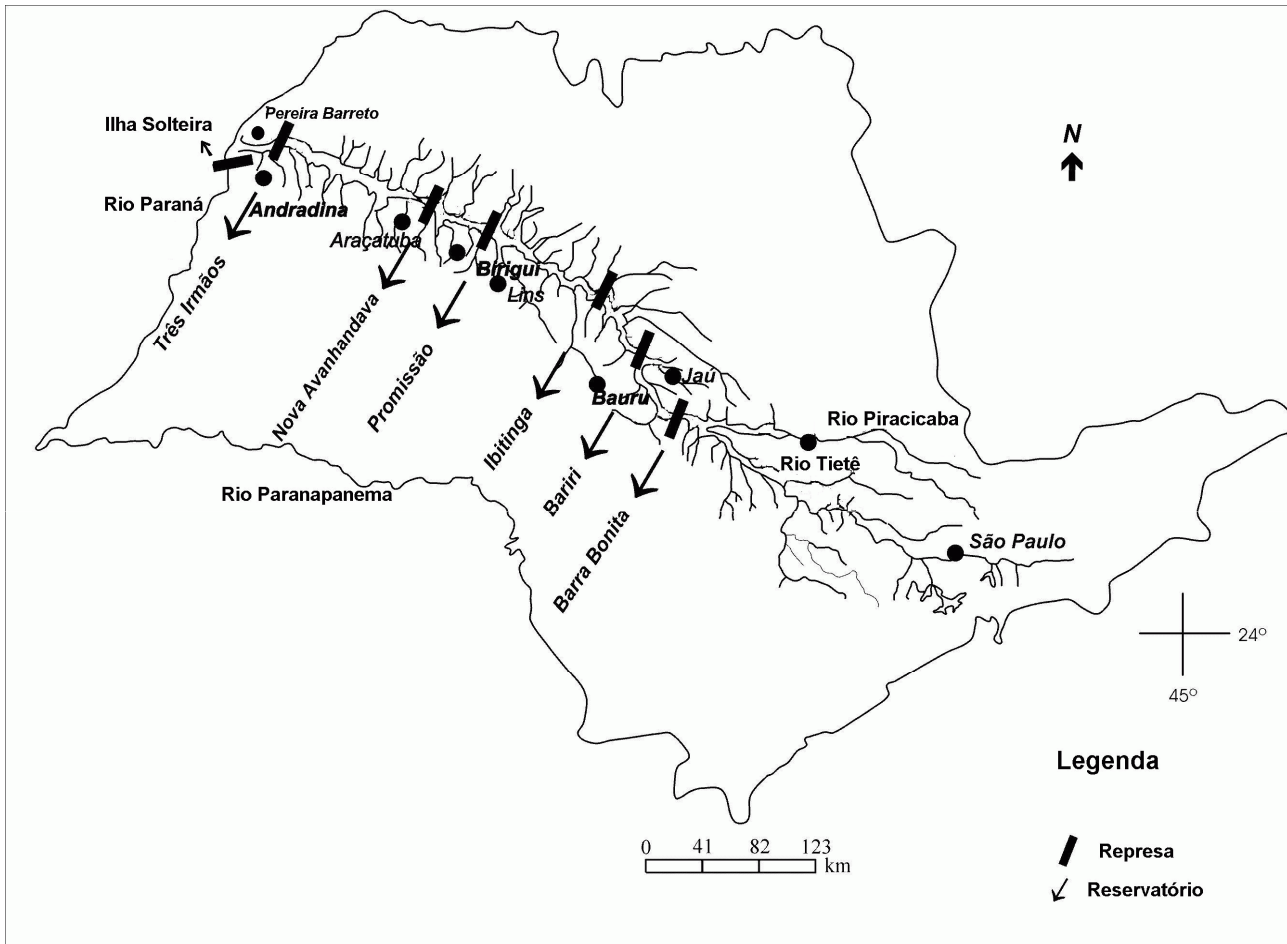
231 m

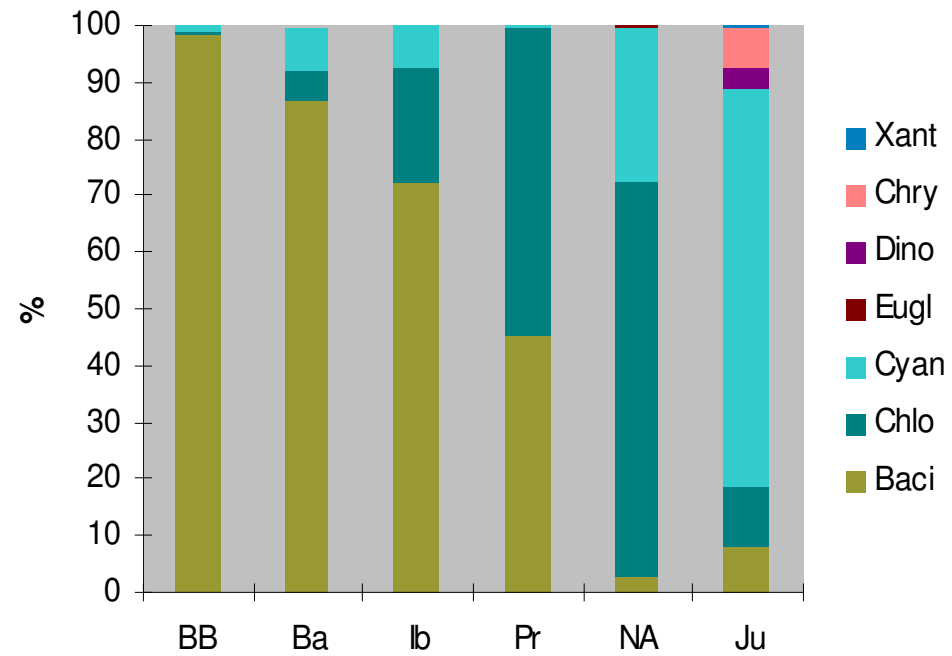
Image © 2008 DigitalGlobe
© 2008 MapLink/Tele Atlas

© 2007 Google™

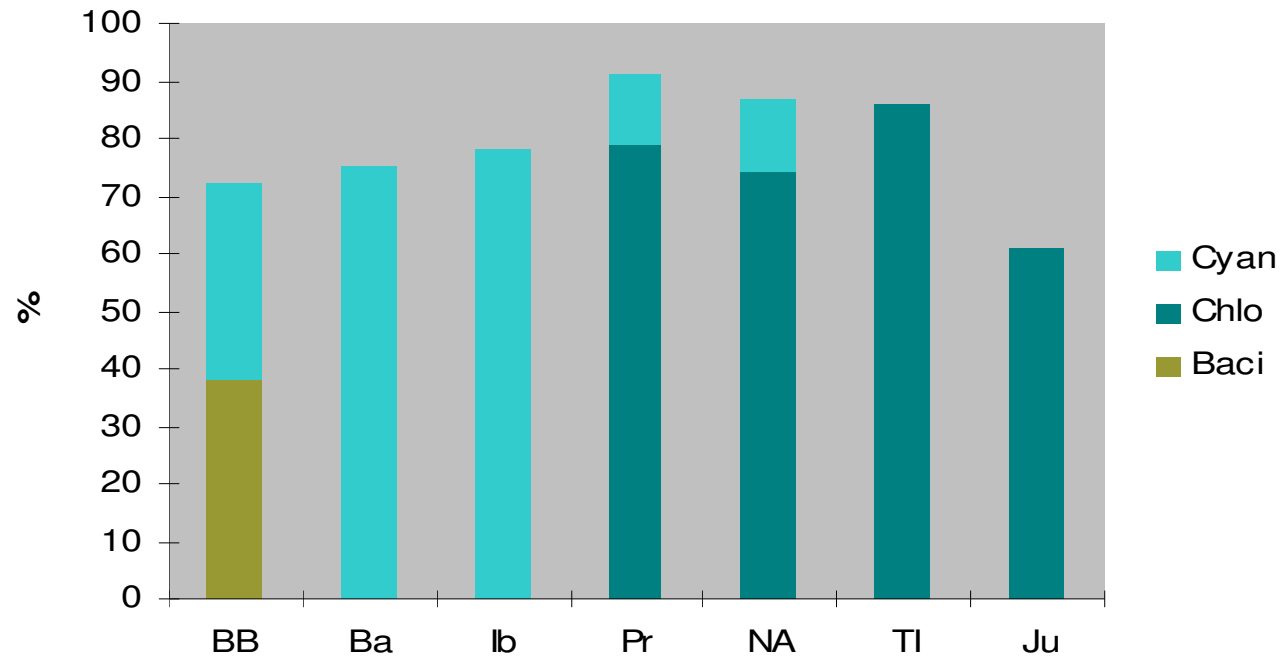
Cianotoxinas

- O tipo mais comum de intoxicação envolvendo cianobactérias é ocasionado por hepatotoxinas, destacando-se as microcistinas (heptapeptídeo).
- Variações estruturais nos aminoácidos, grau de metilação e isomeria são usados para designar as diferentes MCs, tendo-se conhecimento da existência de mais de 60 variantes de microcistinas.





Composição e abundância relativa dos principais grupos de algas em reservatórios da Bacia do Rio Tietê / Paraná, em Fevereiro de 1979



Composição e abundância relativa dos principais grupos de algas nos reservatórios da Bacia do Rio Tietê / Paraná em Fevereiro de 1998

- As florações de cianobactérias têm sido recorrentes em reservatórios do Médio Rio Tietê, como verificado em estudos recentes.
- As cianotoxinas foram isoladas, caracterizadas e quantificadas em amostras de florações coletadas nos reservatórios do Rio Tietê.

Cianotoxinas

- O tipo mais comum de intoxicação envolvendo cianobactérias é ocasionado por hepatotoxinas, destacando-se as microcistinas (heptapeptídeo).
- Variações estruturais nos aminoácidos, grau de metilação e isomeria são usados para designar as diferentes MCs, tendo-se conhecimento da existência de mais de 60 variantes de microcistinas.

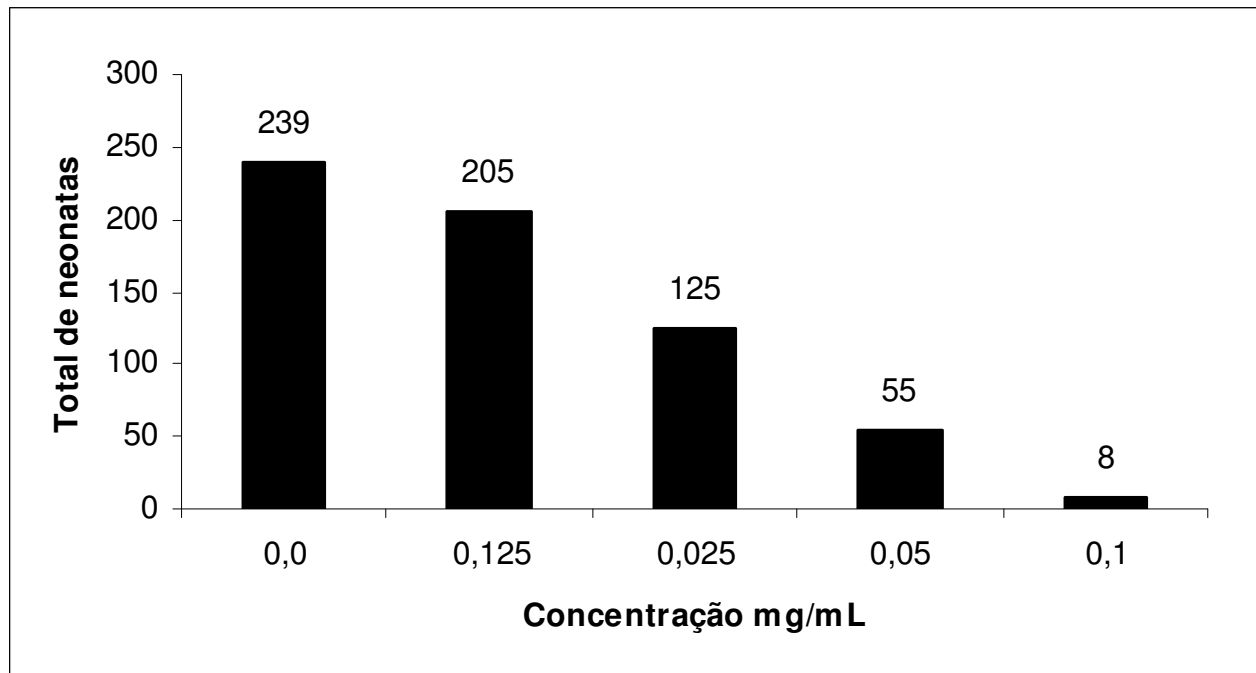
Ensaio de Toxicidade com Cianobactérias

- **O uso dos bioensaios, complementados com técnicas qualitativas e quantitativas diversas possibilitam a aquisição de importantes informações sobre a potencialidade tóxica de uma amostra;**
- **Permitem também maior entendimento do impacto no ambiente natural, além dos mecanismos de ação nos organismos.**

Valores das concentrações tóxicas efetivas (CE50 – 48h mg mL-1) dos extratos brutos das florações de cianobactérias coletadas na represa de Barra Bonita, a três espécies de cladóceros.

Autores	LC50 (48-h)		
	<i>D. similis</i>	<i>C. dubia</i>	<i>C. silvestrii</i>
Sotero-Santos et al. (2005)	0,16 a 0,19	-----	0,10 a 0,11
Minillo (2005)	0,10 a 0,57	0,09 a 0,75	0,09 a 0,82
Okumura et al. (2006)	0,12 a 0,14	0,12 a 0,23	0,13 a 0,25

Fecundidade de *Ceriodaphnia silvestrii* (número total de neonatas) obtidas no teste de toxicidade crônica com extrato da floração de cianobactérias do reservatório de Barra Bonita.



Concentrações de toxinas ($\mu\text{g/g}$ em peso seco) determinadas nas amostras das florações de cianobactérias coletadas nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê. MCYS = microcistinas; STX = saxitoxinas; NEO = neosaxitoxinas; GTX = goniatoxinas, N.D = não detectado.

Reservatório	MCYS	STX	NEO	GTX 4	GTX 3
Barra Bonita	311	ND	ND	ND	ND
Bariri	253	ND	ND	ND	4,61
Ibitinga	265	11	ND	ND	1,37
Promissão	243	1,86	2,55	47,55	3,61
N.Avanhandava	232	13,11	17,6	2,85	2,11
Três Irmãos	ND	ND	ND	ND	ND

Mortalidade de Peixes (*Danio rerio*) devido à toxicidade (sedimento e água) nos principais rios e reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê. HT=alta toxicidade; IT= toxicidade intermediária e LT= baixa toxicidade.

Ponto de Coleta	Mortalidade dos Peixes (%)	Toxicidade
Controle	6.66	Normal
Piracicaba	60.00	HT
Tietê	66.66	HT
BB montante	93.33	HT
BB barragem	60.0	HT
Bar montante	33.33	IT
Bar barragem	26.66	IT
Ibi montante	33.33	IT
Ibi barragem	33.33	IT
Prom montante	43.33	IT
Prom barragem	30.00	LT
Nav montante	43.33	IT
Nav barragem	43.33	IT
TI montante	10.00	LT
TI barragem	6.66	LT

- **Com base em estudos de toxicidade oral em níveis subcrônicos, realizados com camundongos e com porcos estabeleceu-se como ingestão diária aceitável para microcistina-LR, o valor de 0,04 µg/Kg de peso corpóreo (CHORUS & BARTRAM, 1999).**
- **A partir desse valor foi adotado pela Organização Mundial da Saúde - OMS um limite máximo aceitável de 1µg/L de microcistinas, valor incorporado à Portaria MS/518 de 25 de março de 2004.**

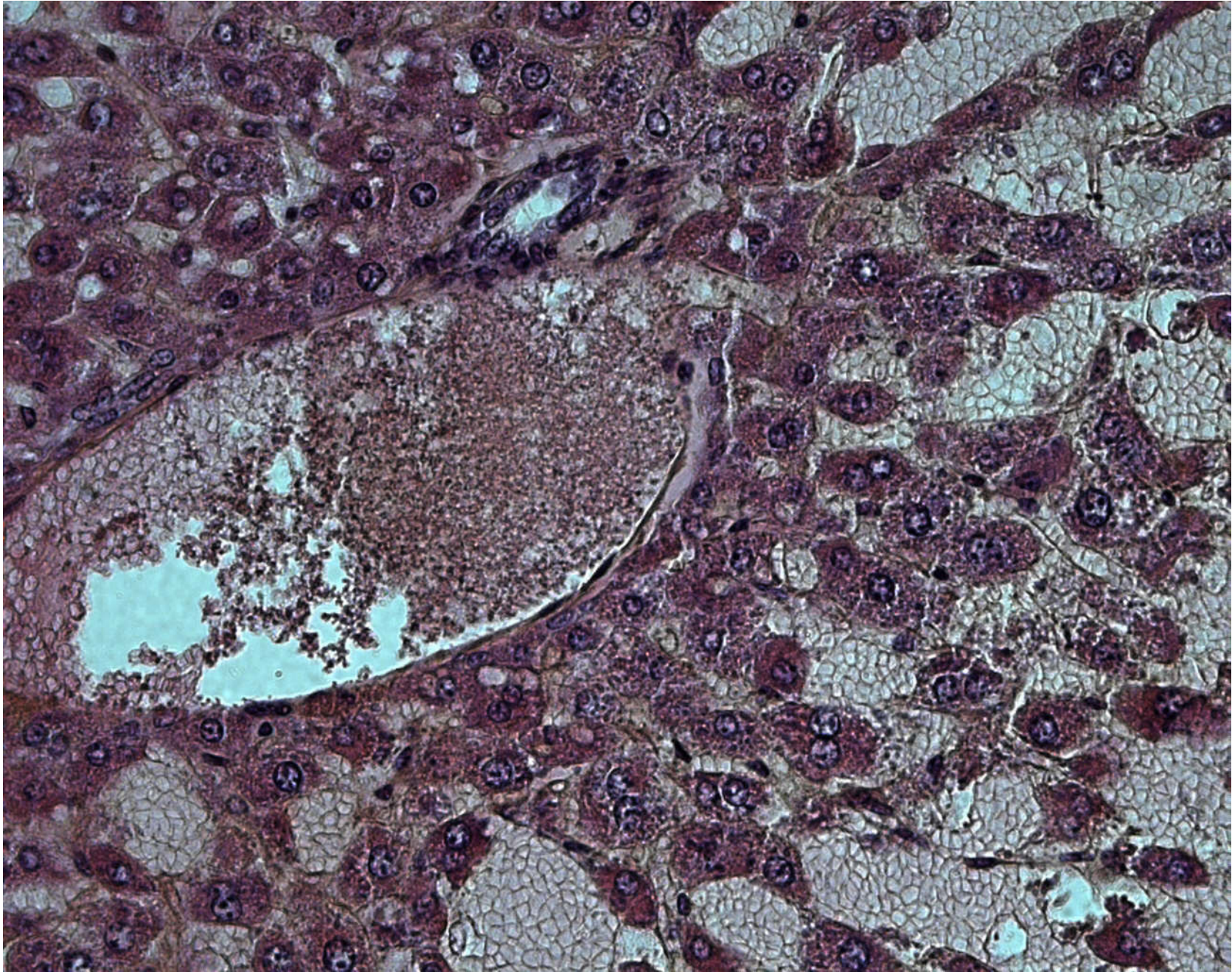
Além das florações naturais bioensaios tem sido realizados com culturas de uma linhagem tóxica de *Microcystis aeruginosa* (NPLJ4) cedida pela Dra. Sandra Azevedo do Laboratório de Ecofisiologia e Toxicologia de Cianobactérias do Instituto de Biofísica Carlos Chagas

Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro



Bioensaios com camundongos





- **A DL50 24h de MC – LR em camundongos via intraperitoneal é estimada entre 25 e 150 µg/Kg de peso corporal. Para as demais microcistinas os limites de toxicidade variam entre 50 a 1.200 µg/Kg;**
- **Os valores de DL50 24h encontrados nos ensaios com a linhagem NPLJ4 foram de 13,7 µg/Kg p.c. de extrato seco e de 24,2 µg/kg de MCs totais revelando elevada toxicidade.**

Limites de toxicidade de material seco e de toxinas
propostos por LAWTON *et. al.* (1994)

Grau de toxicidade	DL50 em camundongos ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c.)	Concentração toxinas ($\mu\text{g}/\text{mg}$ p.s.)
não	>1000	< 0,01
1 - baixa	500 a 1000	0,01 a 0,1
2 - média	100 a 500	0,1 a 1,0
3 - alta	<100	>1,0

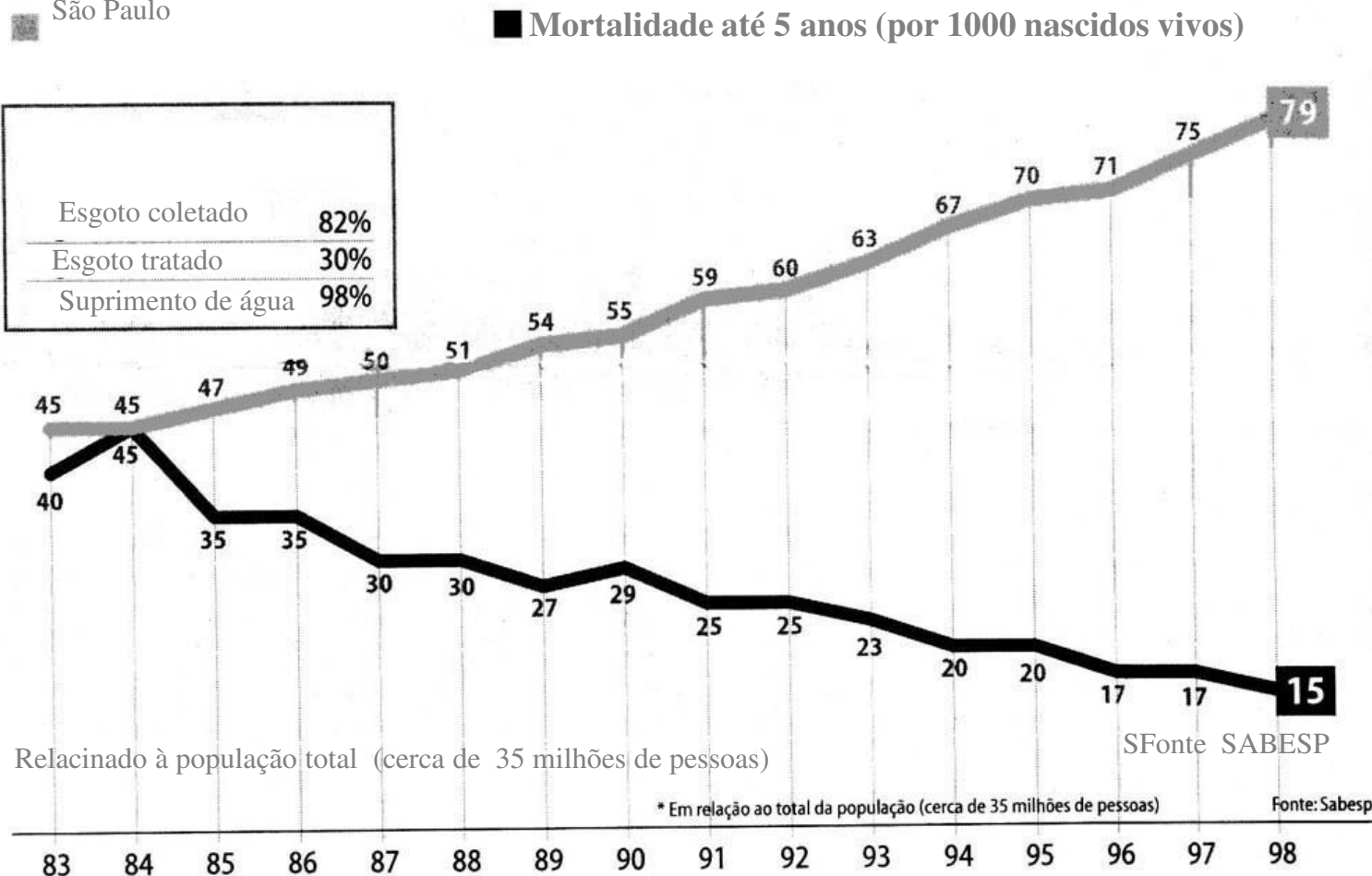
Efluentes urbanos (esgotos domésticos e industriais) que ocasionam a eutrofização das águas são despejados em sistemas aquáticos sem nenhum tratamento na maior parte, e certamente sem tratamento para remoção de nitrogênio e fósforo, em todos os casos.



Mortalidade Infantil x Saneamento Básico

Sanitation (% coverage)

Números para o saneamento no Estado de São Paulo



Reservatório	SR	SHI	TSI	TS
Barra Bonita	37	3,4	57	Eutrófico
Bariri	34	3,7	65	Hiper-eutrófico
Ibitinga	29	3,3	65	Eutrófico
Promissão	33	2,7	95	Mesotrófico
N. Avanhandava	34	2,7	64	Mesotrófico
Três Irmãos	29	3,0	51	Eutrófico

Riqueza de espécies e Diversidade do Zooplâncton em relação ao Estado Trófico na cascata de reservatórios da Bacia do Tietê –Paraná

**SR: Riqueza de Espécies
SHI: Índice de Diversidade de
TSI: Índice de Estado Trófico
TS: Estado Trófico**

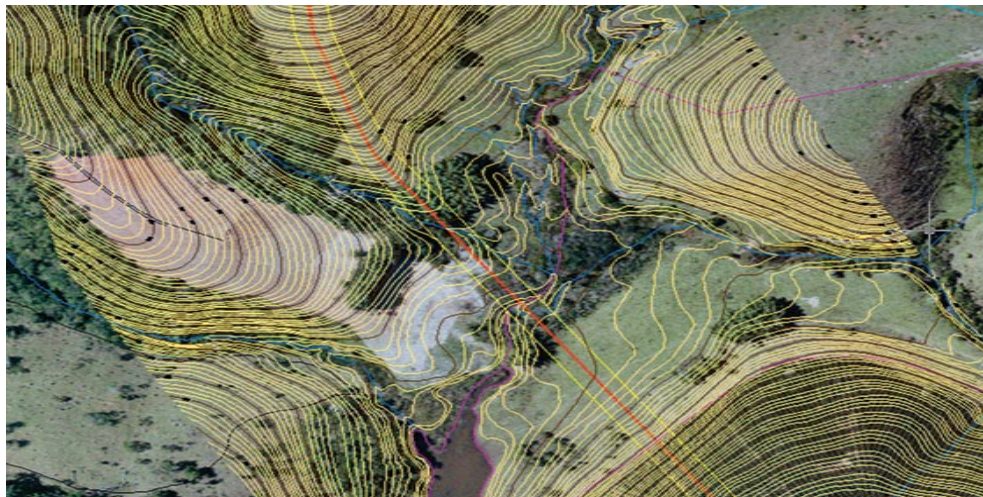
- **Os estudos tradicionais de diversidade envolvendo a riqueza de espécies e os índices não são uma ferramenta adequada para medir o impacto da eutrofização;**
- **A determinação dos estoques de elementos no sedimento e os testes de toxicidade são ferramentas mais acuradas para detectar os riscos à biota aquática e à saúde humana.**

- Os países em desenvolvimento precisam mudar sua política de saneamento.
- Não basta coletar esgotos, é preciso tratá-los;
- Não só reduzir a Demanda Biológica de Oxigênio.
- É preciso **reduzir nutrientes** antes de descartar efluentes.

A agricultura com uso excessivo de fertilizantes e agrotóxicos terão que ser substituídas a curto –prazo por processos não impactantes em relação à eutrofização e toxicidade



**Curva de nível a cada metro; Cultura orgânica;
Controle biológico; Controle da população humana**



Ecotecnologias: Pântanos Artificiais

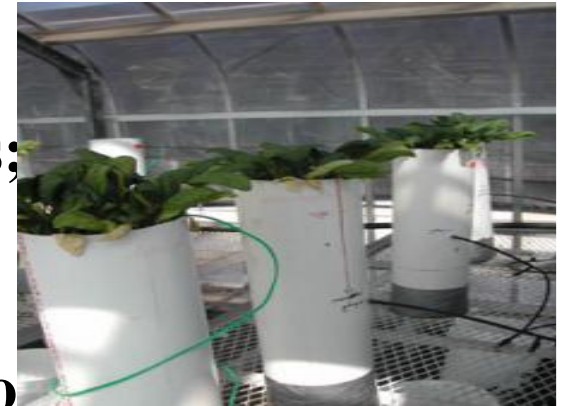


Pântanos artificiais

- **Em 2005, pesquisadores da Radford University, Virginia, USA, construíram um pântano artificial próximo ao New River para manejar o escoamento das áreas adjacentes quando da ocorrência de chuvas pesadas.**
- **A Radford University recebeu um auxílio à pesquisa da National Science Foundation para incorporar o estudo do pântano nas disciplinas de quatro cursos: Biologia, Química, Geografia e Geologia.**
- **Iniciativas similares poderiam ser feitas pelas agências brasileiras de fomento à pesquisa.**

Esforços e Recursos são necessários para o desenvolvimento de Novas Ecotecnologias

- **Minimização do uso de compostos tóxicos; esclarecimento, educação;**
- **É preciso transformar resíduo em recurso,**
- **Aproveitamento dos nutrientes de efluentes domésticos, com consequente diminuição do uso de fertilizantes;**
- **Antes tem que ser resolvidos os problemas de toxicidade e patogenicidade.**



Novas Tecnologias no Tratamento de Efluentes Industriais

- **Investimentos em pesquisas dedicadas a estabelecer novos processos industriais, que resultem em efluentes que possam ser transformados em recursos;**
- **Pesquisas para identificar os compostos tóxicos e quais etapas do processo de produção geram elementos tóxicos.**
- **Isolamento de etapas onde há produção de efluentes tóxicos visando minimizar a quantidade a ser tratada ou recuperada antes do descarte;**

Políticas Públicas



- **Atribuir aos municípios a responsabilidade de manutenção da qualidade da água e do controle da eutrofização em nível local; Aos estados a fiscalização;**
- **Formar **recursos humanos capacitados** a atuar na área de restauração de ecossistemas aquáticos degradados (Ex. Chile- Universidad de los Lagos; Instituto Acqua).**

Recuperação

- **Transformar a preservação da qualidade da água um tema **nacional prioritário**.**
- **Cumprimento da Lei (Law enforcement).**
- **Educação: Ecotoxicologia em conteúdos curriculares.**