



# QUALIDADE DA ÁGUA, SAÚDE HUMANA E ECONOMIA



09 a 11 de  
Setembro, 2013



Prof. José Galizia Tundisi  
[tundisi@iie.com.br](mailto:tundisi@iie.com.br)  
[www.iie.com.br](http://www.iie.com.br)





Bacia Hidrográfica da UHE  
Carlos Botelho (Lobo/Broa)  
**40 ANOS DE PESQUISA**



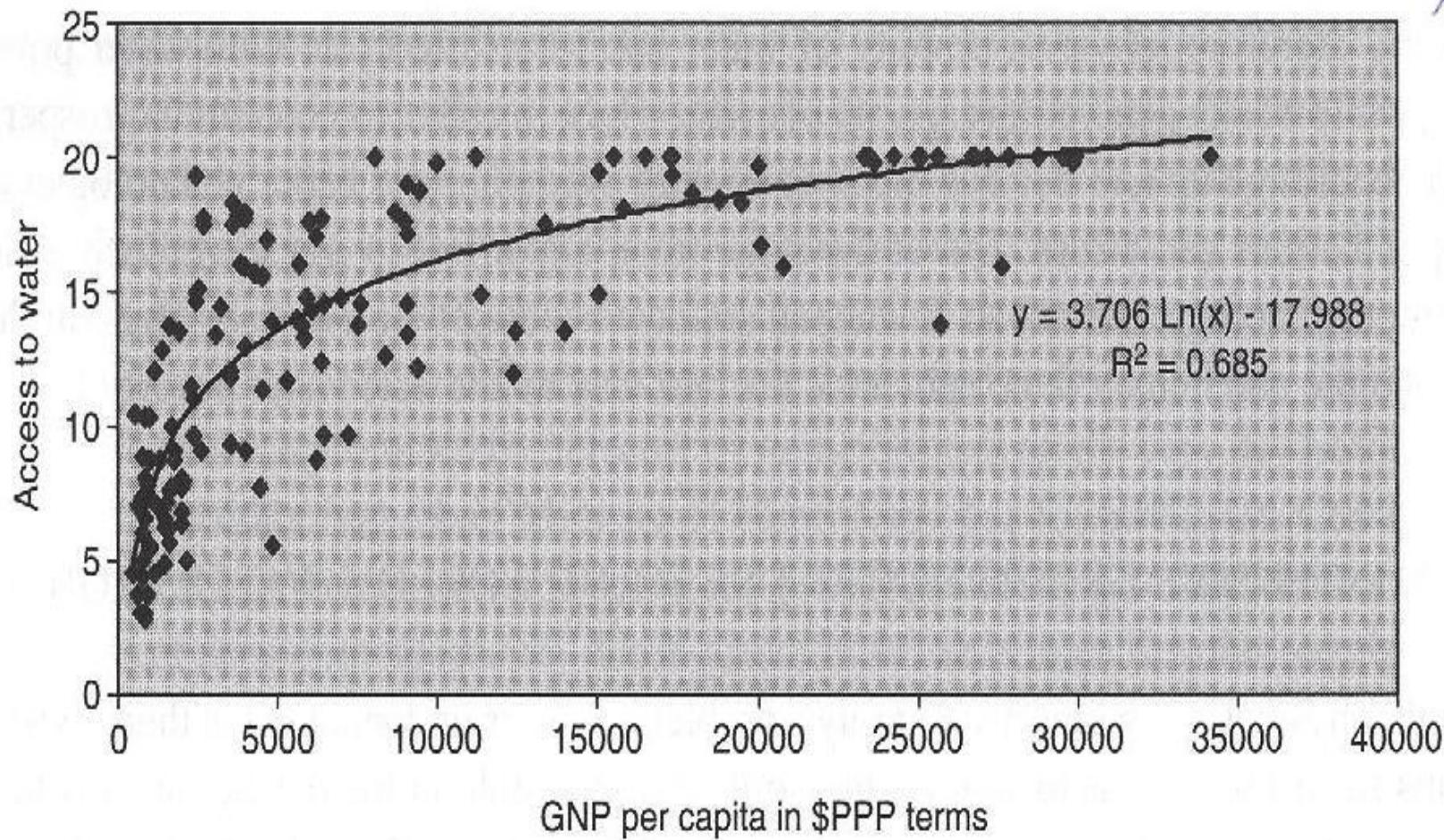
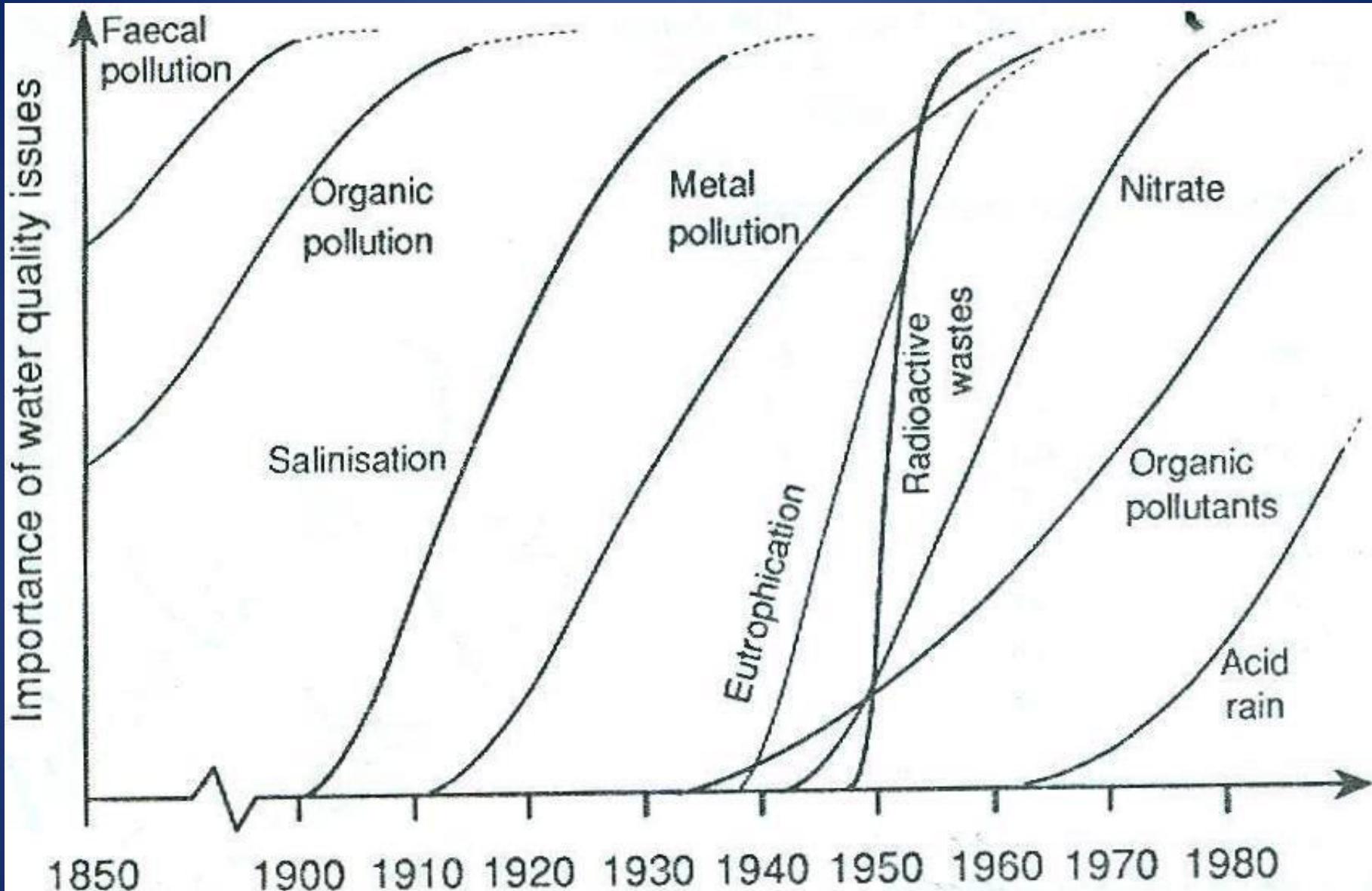
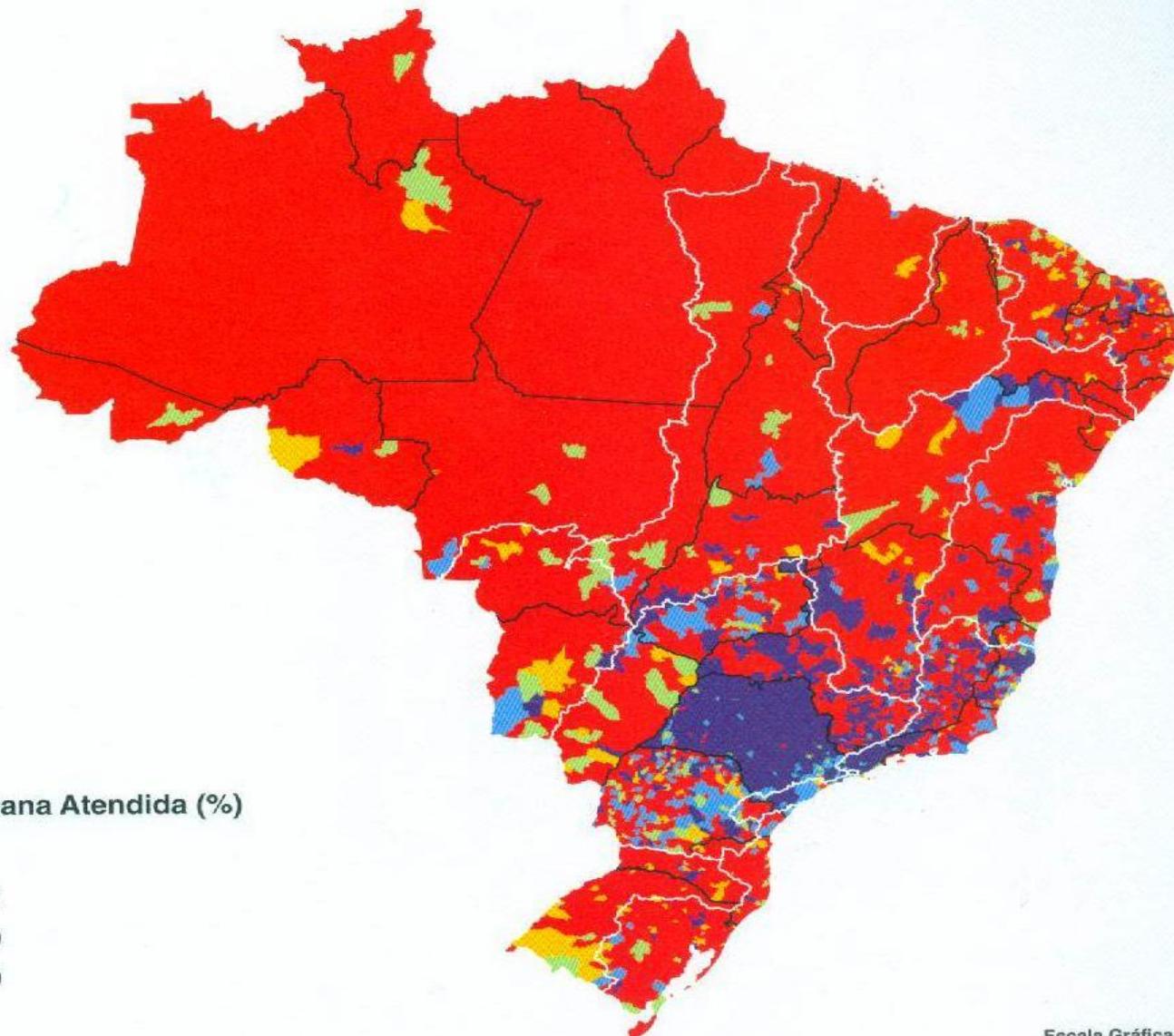


Figure 6. Relationship between access to water and per capita Gross National Product.



The sequence of water quality issues arising in industrialised countries

After Meybeck and Helmer, 1989)



### População Urbana Atendida (%)

- < 10,0
- 10,1 - 20,0
- 20,1 - 40,0
- 40,1 - 70,0
- > 70,1

**Brasil = 47%**

Escala Gráfica:  
0 150 300 600 900 1.200 km

# **Paris, 24 e 25 de Março**

# **G8 + 5 Academias – Números do problema Mundial da Água**

- 2,6 bilhões de pessoas não tem acesso a saneamento básico.
- 300 milhões de toneladas/ano de excrementos não tratados estão poluindo as águas superficiais e subterrâneas do planeta.
- 5.000 crianças morrem por diarréia diariamente.
- 50% dos leitos hospitalares nos países em desenvolvimento são ocupados por pacientes com doenças de veiculação hídrica.

# **Paris, 24 e 25 de Março**

# **G8 + 5 Academias – Números do problema Mundial da Água**

- 443 milhões de dias escolares são perdidos por ano devido a doenças de veiculação hídrica em todo o mundo.
- As metas de desenvolvimento do milênio (MDG) que deveriam estar cumpridas em 2015, (especialmente no que se refere a saneamento básico e uso adequado da água) levariam 60 anos para completar.

# **Paris, 24 e 25 de Março**

# **G8 + 5 Academias – Números do problema Mundial da Água**

- Investimentos necessários para acelerar o processo: U\$ 12 bilhões por ano, durante 10 anos.
- Há necessidade de mobilização total e educação em massa para resolver o problema e melhorar a percepção da população sobre a questão da água.

| <b>Consequence:</b>                              | Sedimentation | Eutrophication | Thermal pollution | Dissolved oxygen | Acidification | Microbial contamination | Salinization | Trace metals contamination | Mercury | Non-metallic toxins | Pesticides | Hydrocarbons | Micronutrient depletion |
|--|---------------|----------------|-------------------|------------------|---------------|-------------------------|--------------|----------------------------|---------|---------------------|------------|--------------|-------------------------|
| <b>Sector:</b>                                   |               |                |                   |                  |               |                         |              |                            |         |                     |            |              |                         |
| Agriculture                                      | ✓             | ✓              | ✓                 |                  |               | ✓                       | ✓            | ✓                          |         |                     | ✓          |              |                         |
| Urban use  | ✓             | ✓              | ✓                 | ✓                |               | ✓                       | ✓            | ✓                          |         |                     | ✓          | ✓            |                         |
| Forestry   | ✓             | ✓              | ✓                 |                  |               |                         |              |                            |         |                     | ✓          |              |                         |
| Hydroelectric power generation and water storage | ✓             | ✓              | ✓                 | ✓                |               |                         |              |                            | ✓       |                     |            |              | ✓                       |
| Mining   | ✓             | ✓              | ✓                 | ✓                | ✓             |                         |              | ✓                          |         | ✓                   |            |              |                         |
| Industries                                       | ✓             | ✓              | ✓                 | ✓                | ✓             |                         | ✓            | ✓                          | ✓       | ✓                   |            | ✓            |                         |

**Table 4.** Relationship between human activity by economic sector and consequences of these activities to aquatic ecosystems

# Ciclos Biogeoquímicos

## Principais Nutrientes

- Ciclo do Fósforo
- Ciclo do Carbono
- Ciclo do Nitrogênio
- Ciclo do Enxofre
- Ciclos dos Micros elementos

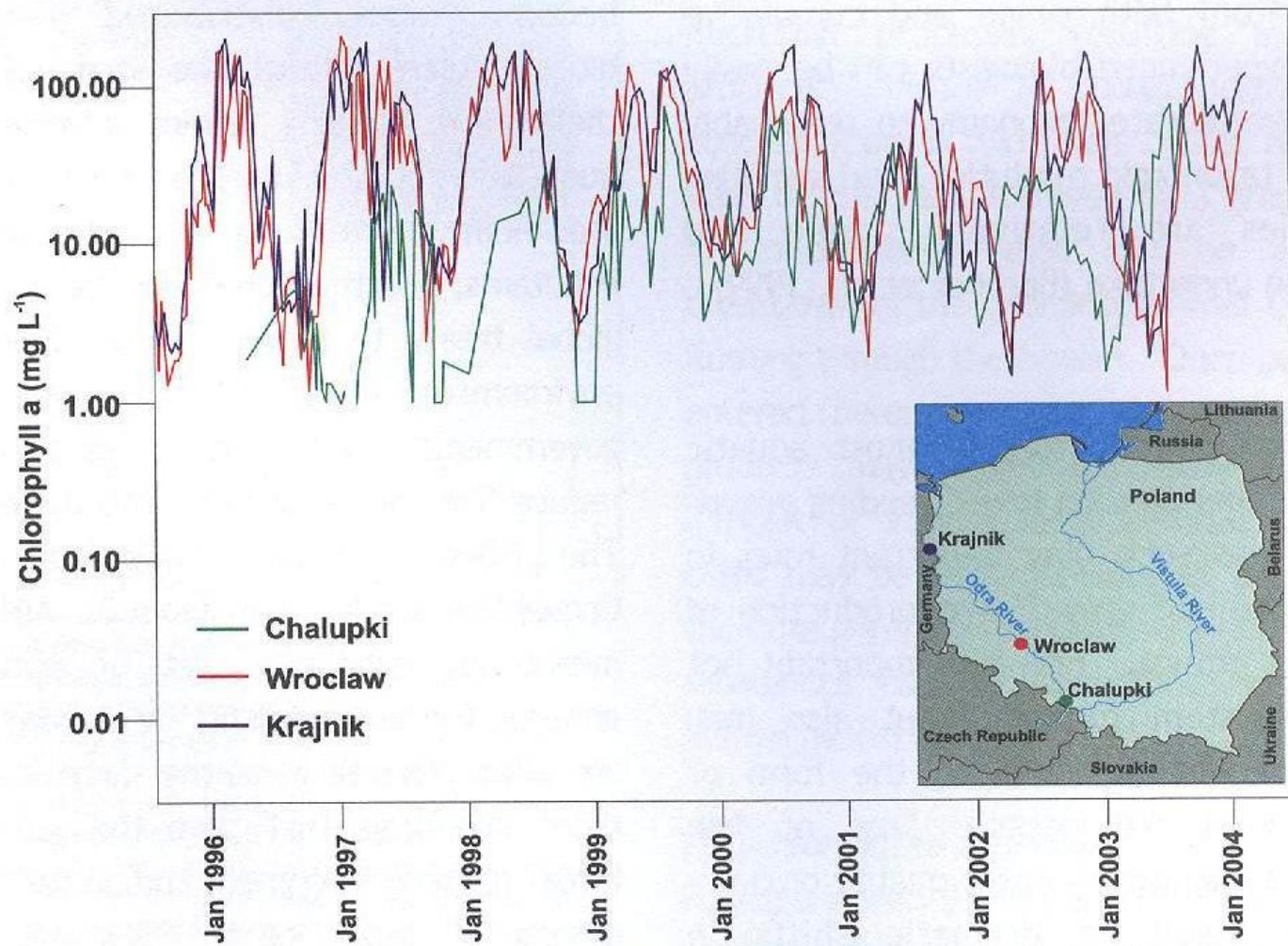
# **HEALTH HAZARDS OF WATER POLLUTION**

# BIOLOGICAL HAZARS

- Water-Associated Hazards from Ingestion of Biological Agents;
- Hazards from Biological Agents Transmitted Through Water Contact Other Than Ingestion;
- Hazards of Diseases Transmitted by Water-Associated Insect Vectors;

# BIOLOGICAL HAZARS

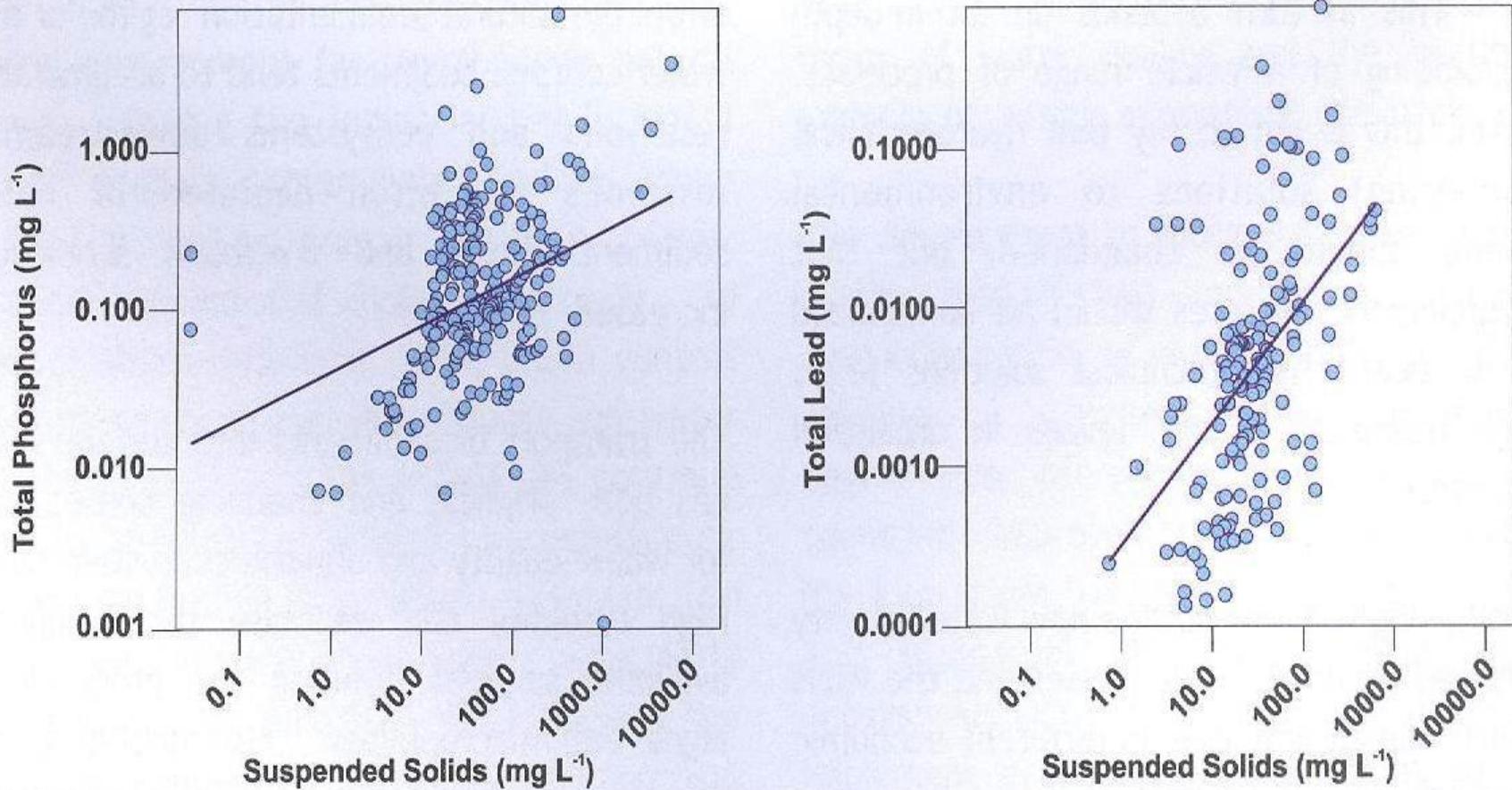
- Nuisance Organisms;
- Hazards From Chemical and Radioactive Pollution;



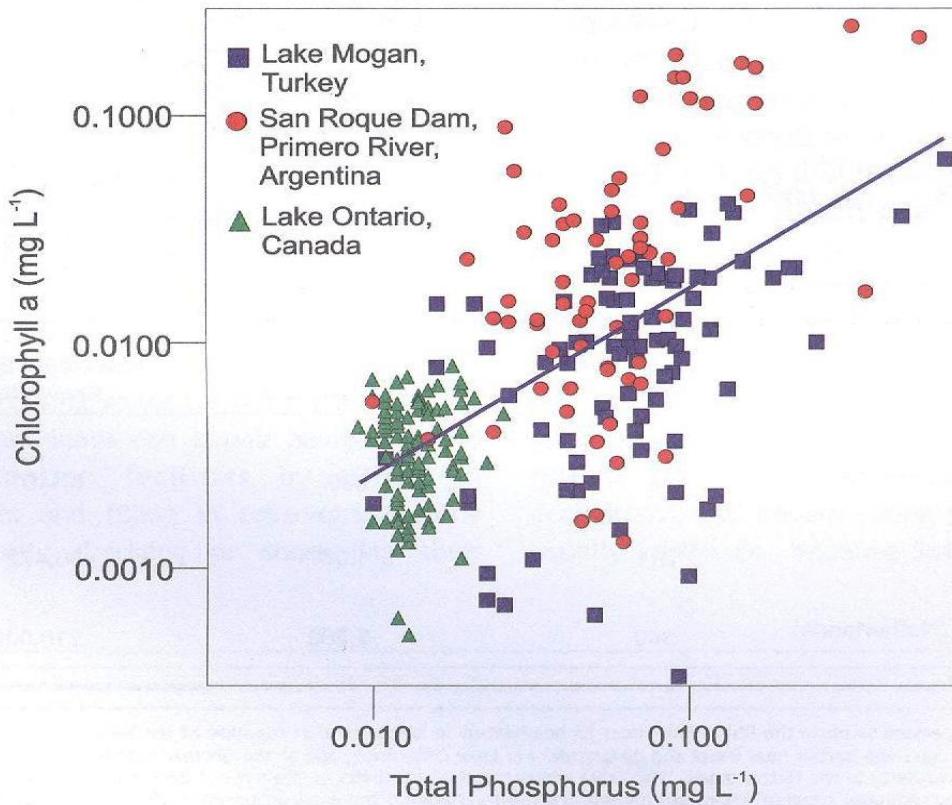
**Figure 23.** Long-term monitoring of algal biomass, measured as chlorophyll a, at three stations in the Odra River, Poland. Note the strong seasonal cycles in chlorophyll a from year to year at each station.

| Substance                        | Class  |
|----------------------------------|--|
| Aldrin                           | Pesticide                                    |
| Chlordane                        | Pesticide                                    |
| Dieldrin                         | Pesticide                                    |
| Endrin                           | Pesticide                                    |
| Heptachlor                       | Pesticide                                    |
| Hexachlorobenzene                | Pesticide / industrial chemical / by-product |
| Mirex                            | Pesticide                                    |
| Toxaphene                        | Pesticide                                    |
| Polychlorinated biphenyls (PCBs) | Industrial chemical / by-product             |
| DDT                              | Pesticide                                    |
| Dioxins                          | By-product                                   |
| Furans                           | By-product                                   |

**Table 3.** Twelve Persistent Organic Pollutants (POPs) scheduled to be phased out and eliminated under the Stockholm Convention.



**Figure 27.** Relationship between total phosphorus (top panel) and total lead (bottom panel) and suspended solids concentrations at river monitoring stations. Data are station means and the solid lines show linear relationships between phosphorus and lead and suspended solids. Note that the correlation is strongest for total lead, where approximately 24% of the variability in mean lead concentrations can be explained by suspended solids (based on 157 stations). Approximately 13% of the variability in total phosphorus concentrations is explained by suspended solids (based on 225 stations).



| Station                                   | Maximum Depth (m) | Lake Area (km <sup>2</sup> ) | Lake Volume (km <sup>3</sup> ) | Average Retention (yrs) | Watershed Area (km <sup>2</sup> ) |
|---|-------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| ■ Lake Mogan, Turkey                      | 3.5               | 6                            | 0.013                          | n.d.                    | 925                               |
| ● San Roque Dam, Primero River, Argentina | 35                | 13                           | 0.100                          | 0.3                     | 1750                              |
| ▲ Lake Ontario, Canada                    | 244               | 18,484                       | 1,636                          | 6.3                     | 76,456                            |

**Figure 29.** Relationship between biomass of phytoplankton, measured as chlorophyll a, and total phosphorus at three lake and reservoir monitoring stations. Note that despite variability, chlorophyll a increases with phosphorus concentrations and that the relationship is consistent across three systems that vary greatly in physical characteristics. Approximately 40% of the variability in chlorophyll a is explained by this relationship. The solid line is the line of best fit.

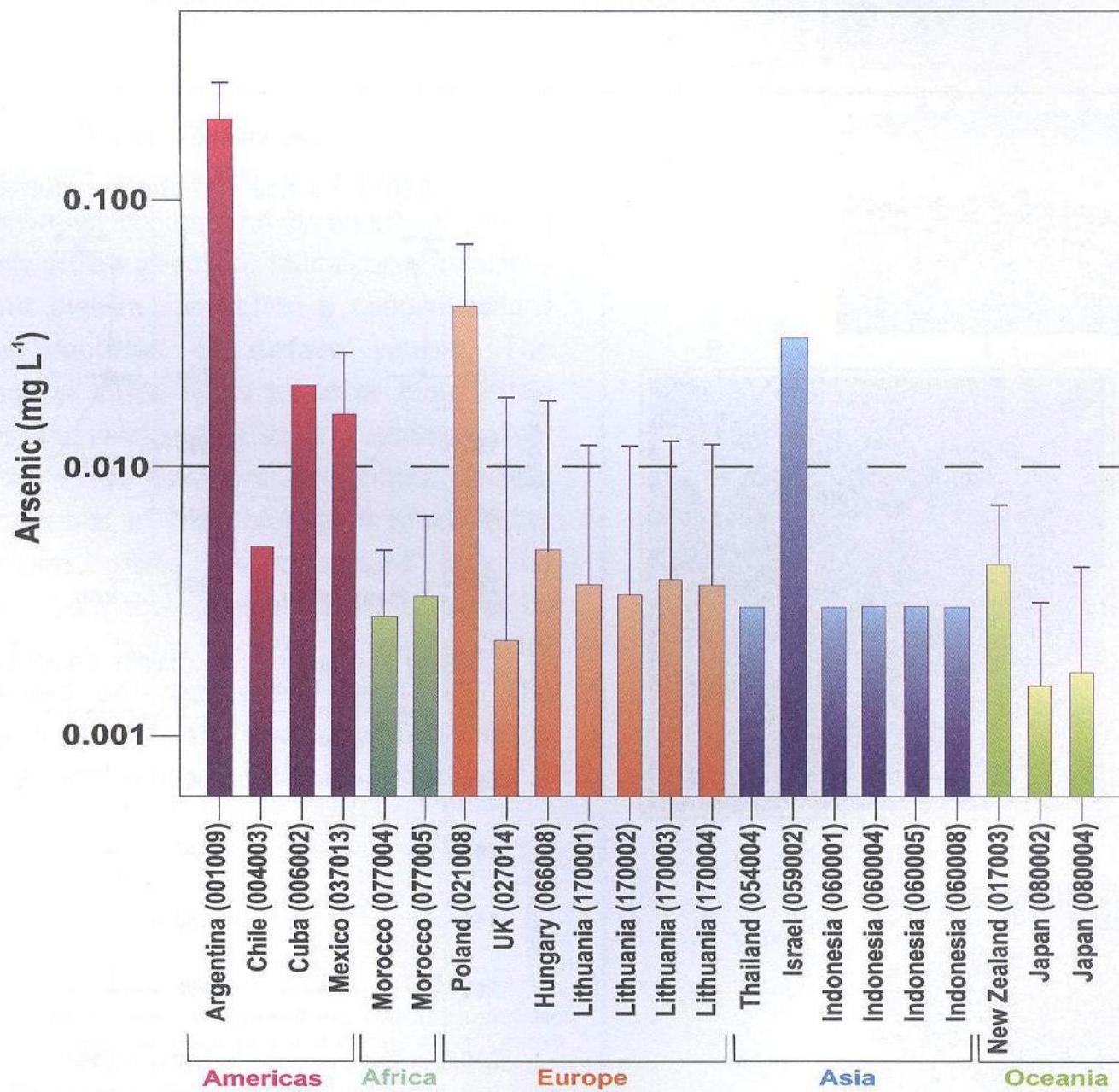
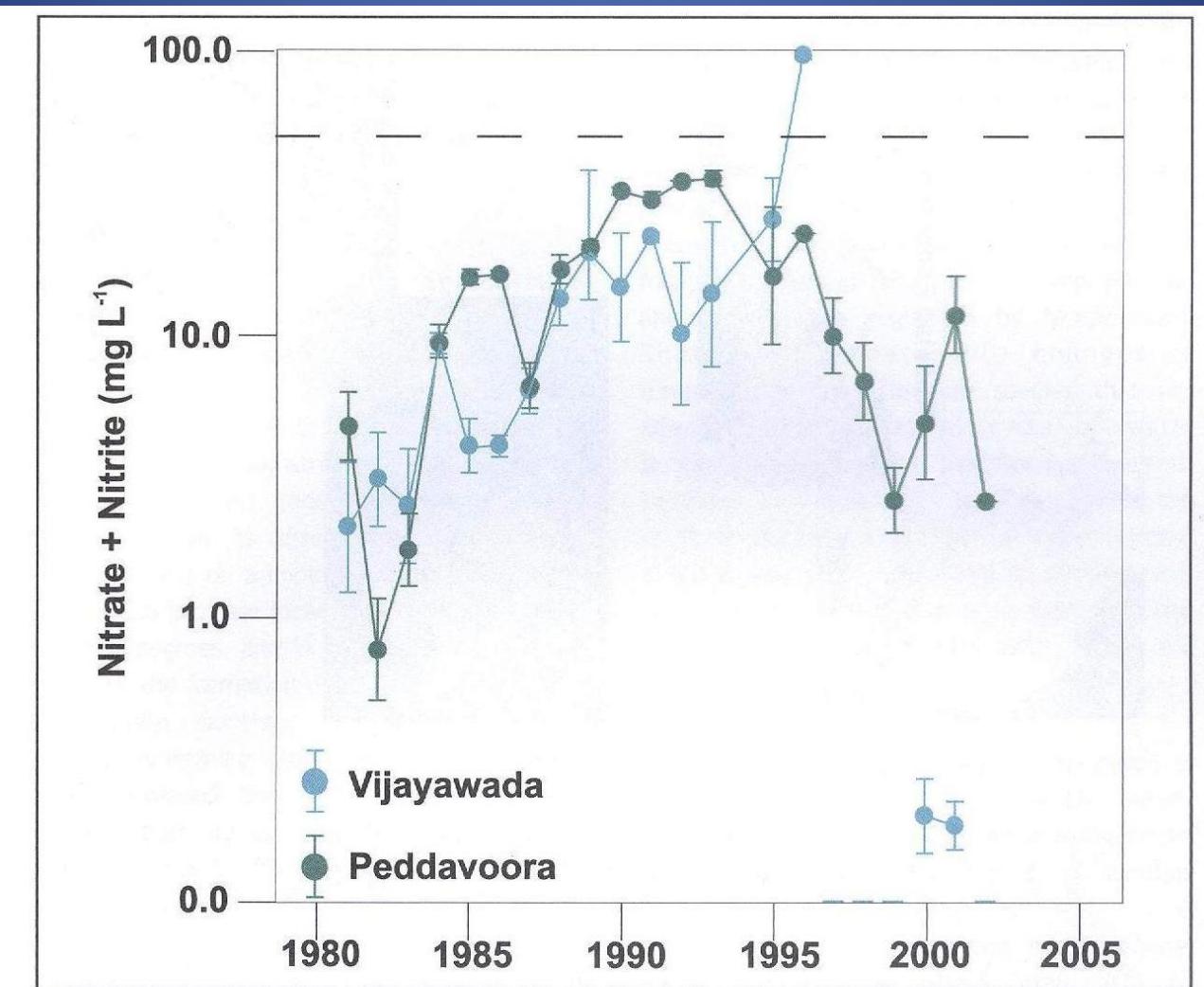


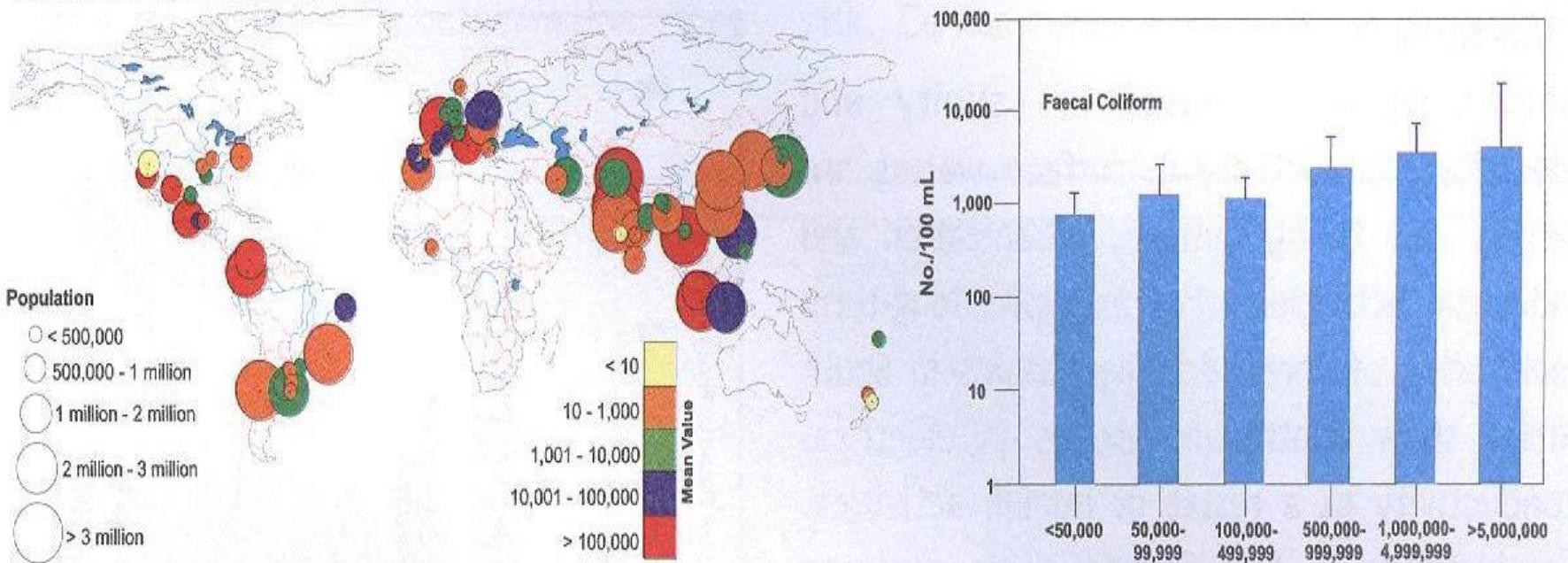
Figure 15. Arsenic in groundwater samples from monitoring stations around the world. Data are mean  $\pm$  1 standard deviation. Dashed line is WHO drinking water quality guideline.

# HUMAN ACTIVITIES AFFECT WATER QUALITY



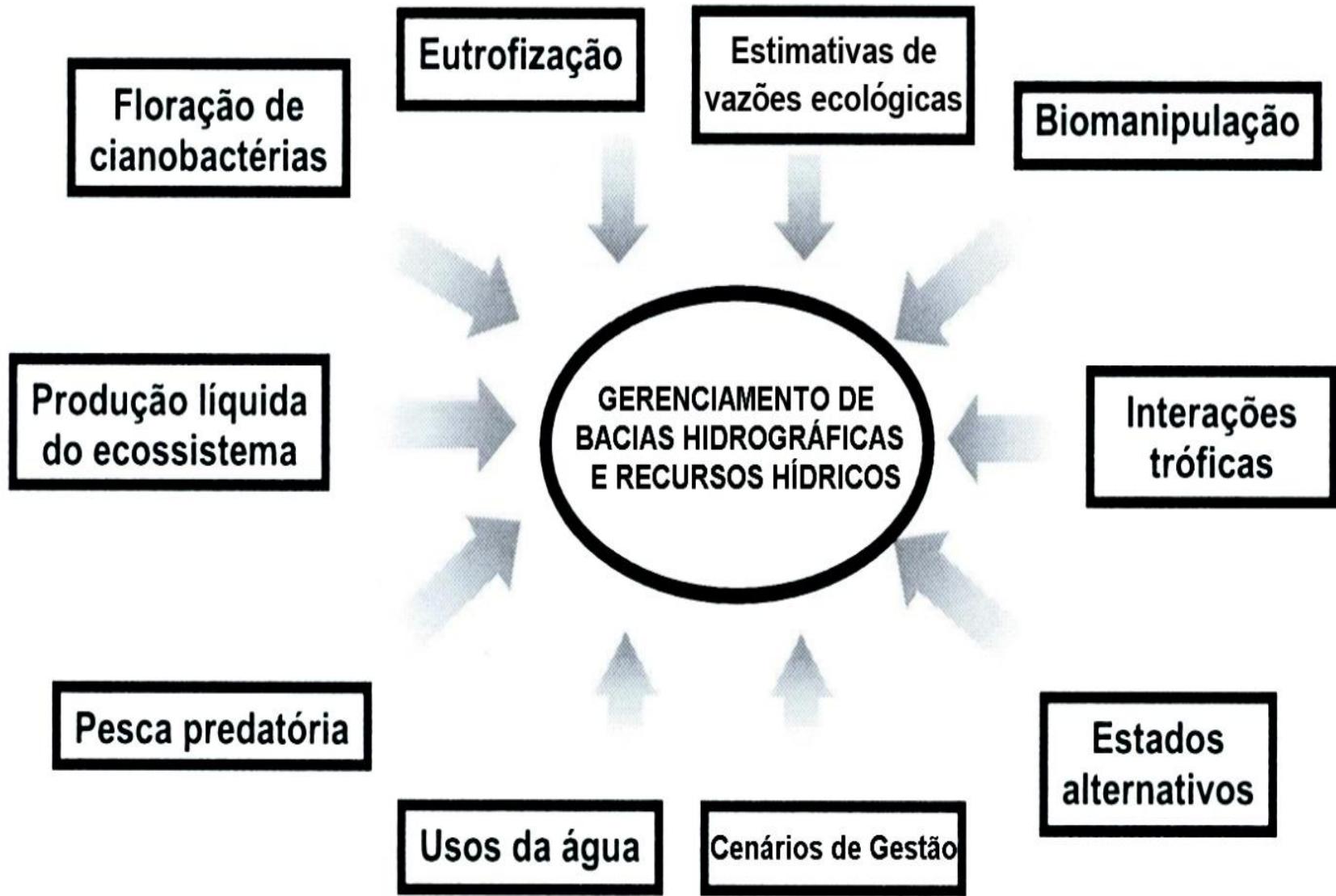
**Figure 32.** Combined nitrate and nitrite concentrations in two wells in India. Data shown are annual means ( $\pm 1$  standard error). Note the general increase in nitrates through the 1980s and early 1990s, followed by a decline at both monitoring stations in the mid-1990s. Note also that, with the exception of the Vijayawada station in 1996, concentrations were below the WHO drinking water guideline value for protecting against methaemoglobinemia in infants caused by short-term exposure to nitrate and nitrite.

Faecal Coliform (No./100 mL MF)



**Figure 38.** Faecal coliform concentrations in river monitoring stations located near to major cities, plotted according to population size (top figure). Bottom figure shows mean ( $\pm 1$  standard error) faecal coliform concentrations separated by population size class of nearby cities.

# EUTROFIZAÇÃO



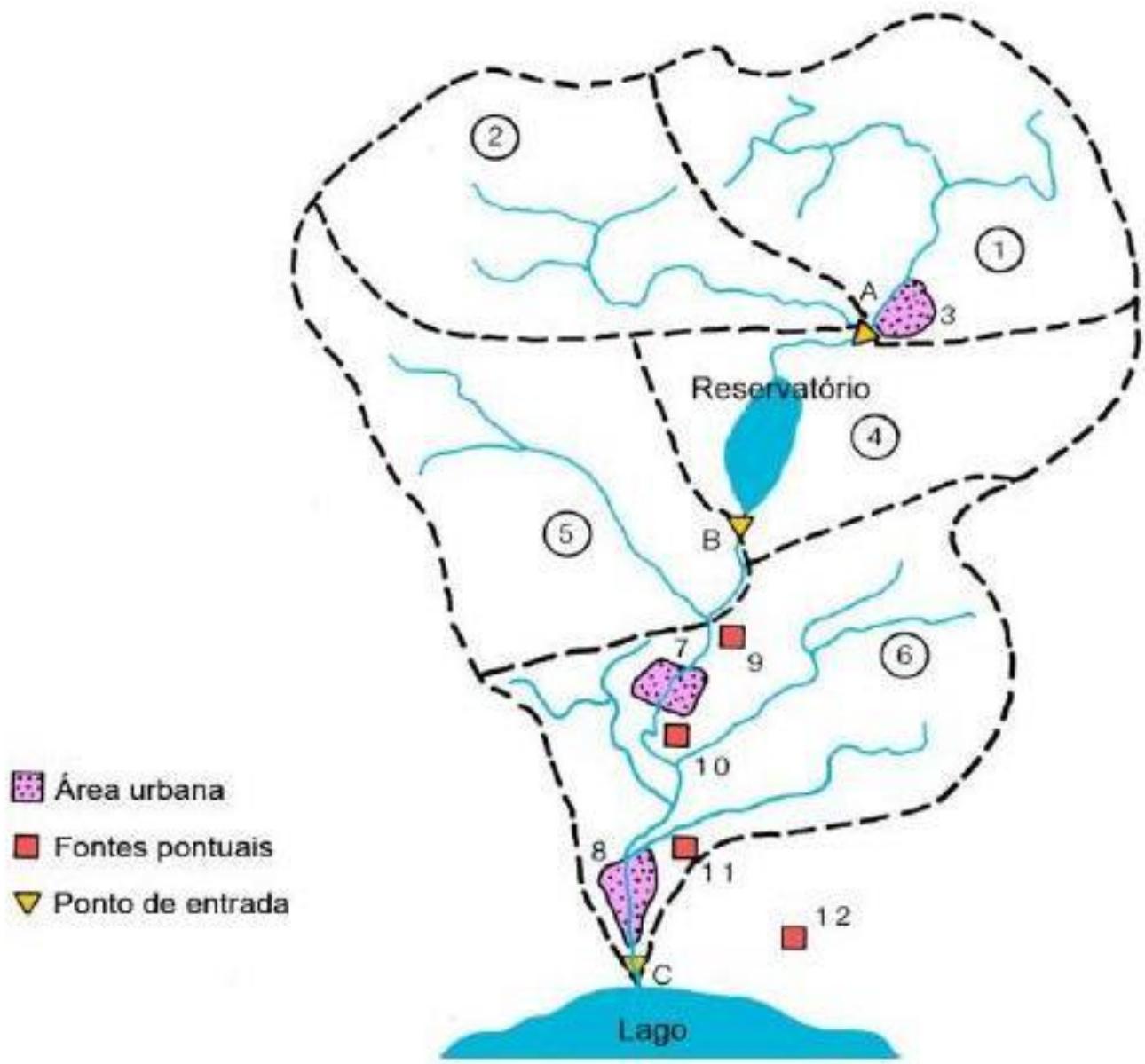
Problemas encontrados em gestão de bacias hidrográficas que podem ser avaliados com o uso de modelos matemáticos.

**Fonte:** modificado de Fragoso Jr. *et al.* (2009).

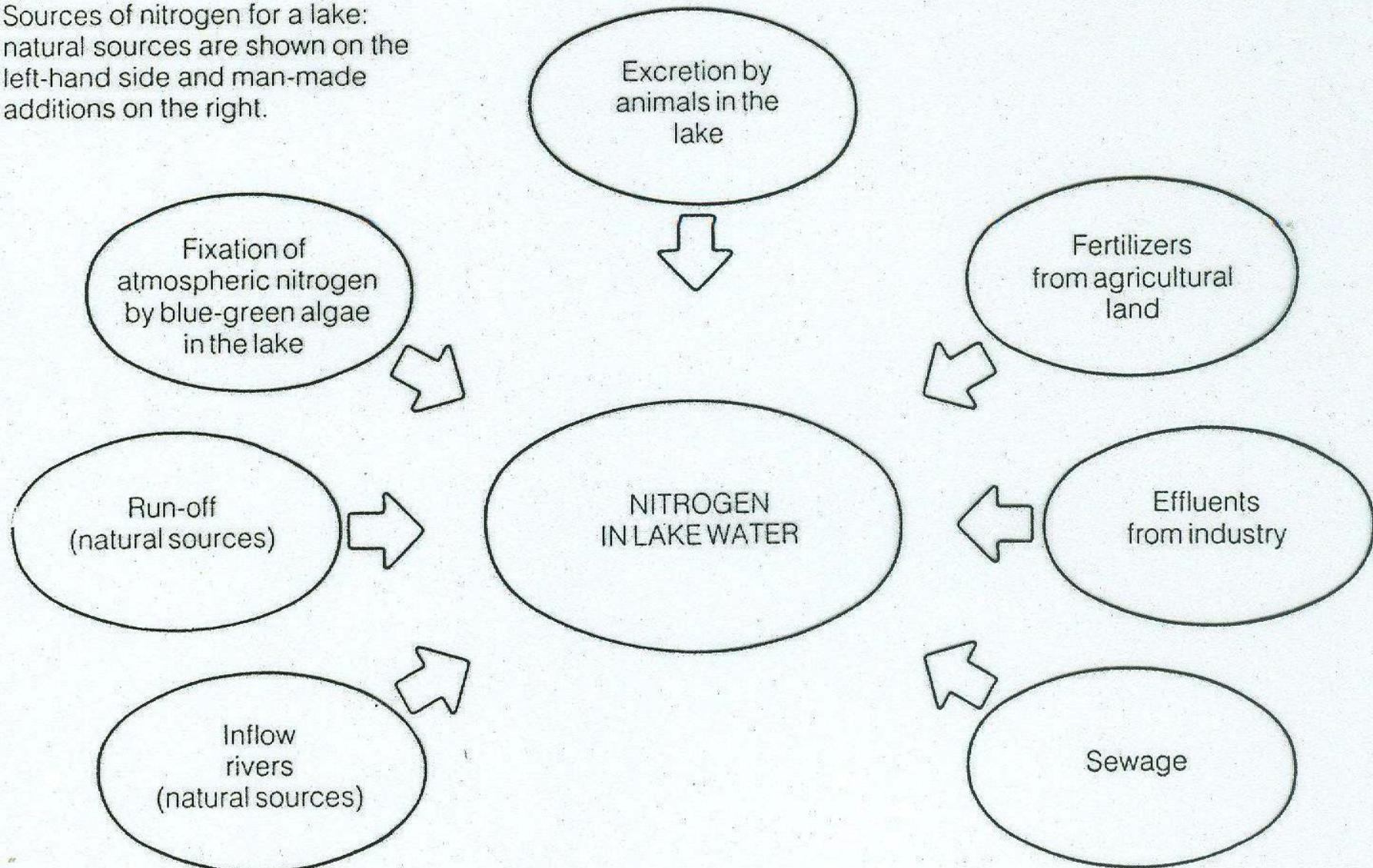
# Alterações da Paisagem e Mudanças na Qualidade Ambiental Afetam a Maioria das Bacias Hidrográficas, Alterando Ambos os Sistemas Terrestres e Aquáticos

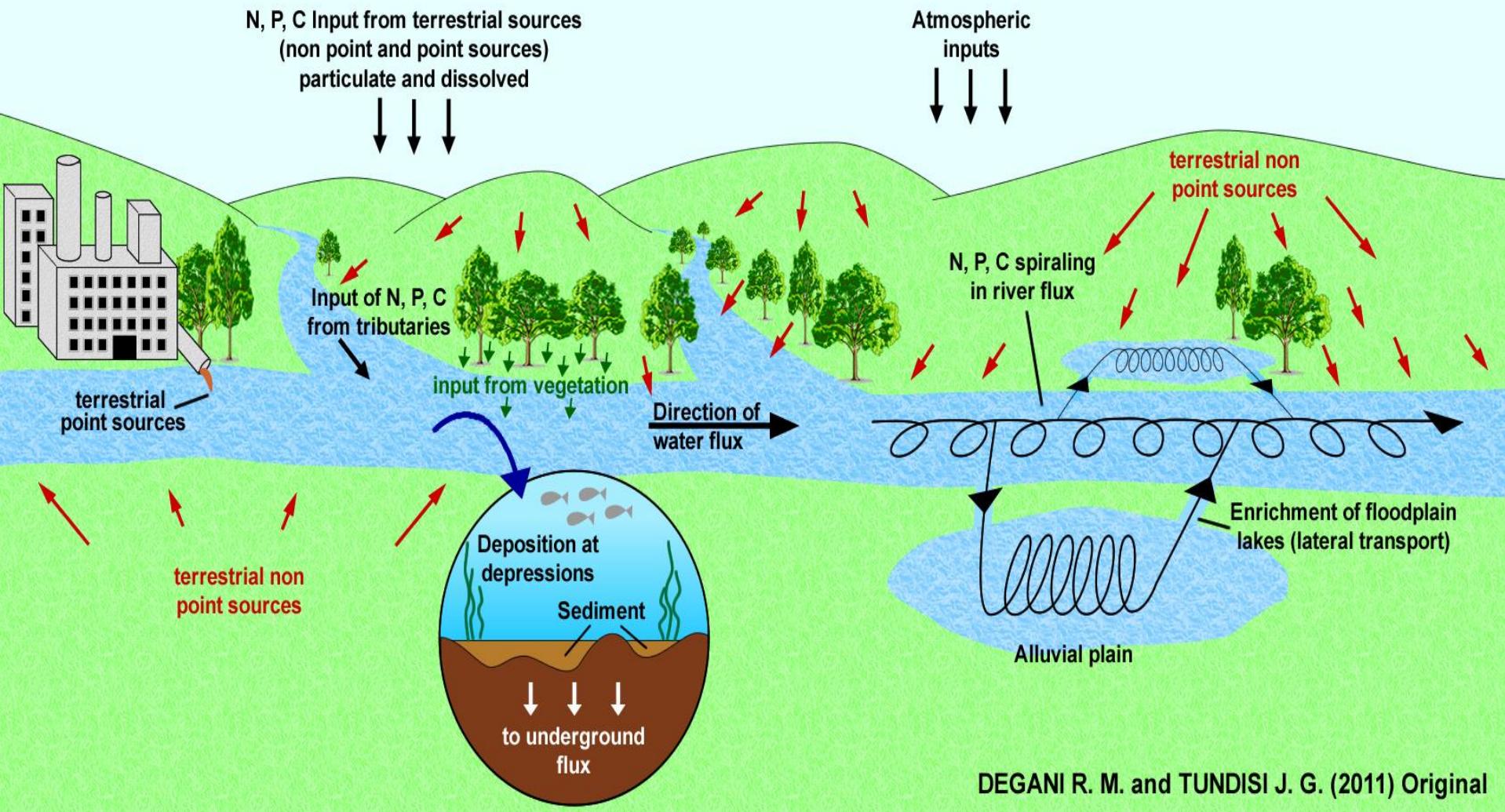


**b**

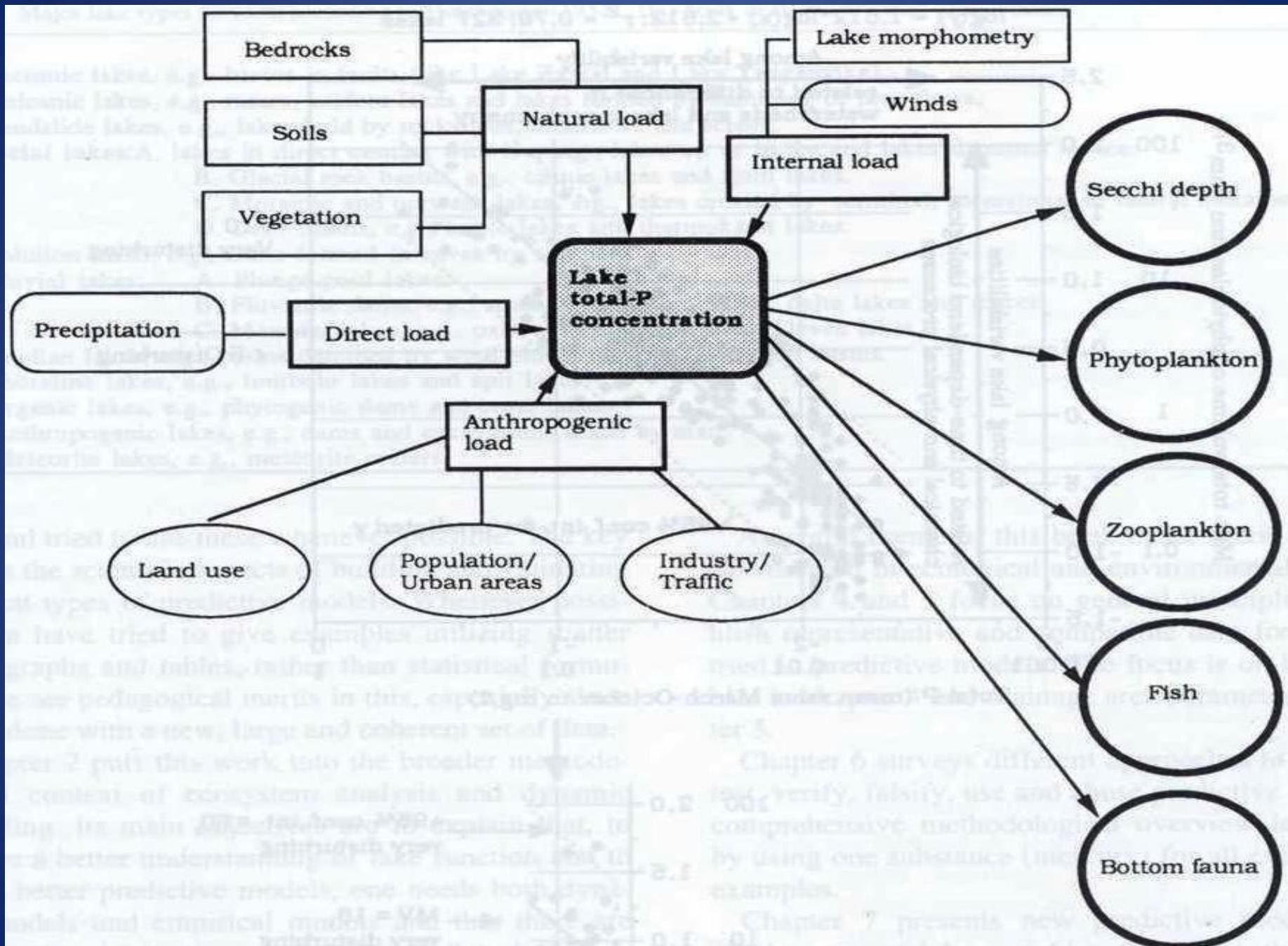


Sources of nitrogen for a lake:  
natural sources are shown on the  
left-hand side and man-made  
additions on the right.





DEGANI R. M. and TUNDISI J. G. (2011) Original





# Projeto Brasil das Águas – foto aérea tirada em janeiro de 2004



Foto: Margi Moss

Reservatório de Foz do Areia: ocorrência de florações intensas de cianobactérias nos últimos anos em função do aumento da eutrofização, e que resultam em diversos impactos negativos, tais como:

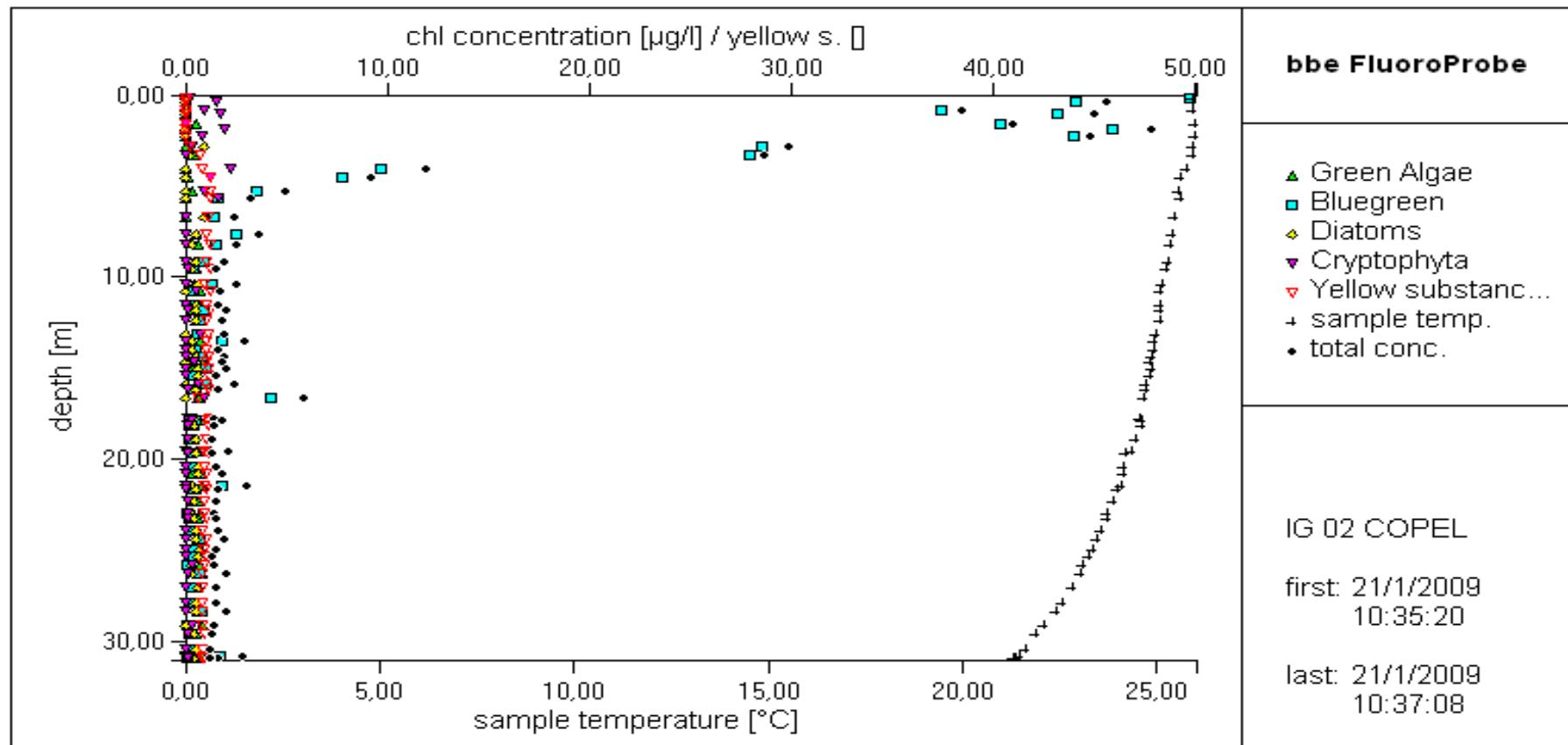
- Condições de operação insalubres na usina, como odor fétido em consequência da decomposição da biomassa algal que se acumula na barragem e que interferem com o bem estar dos operadores;





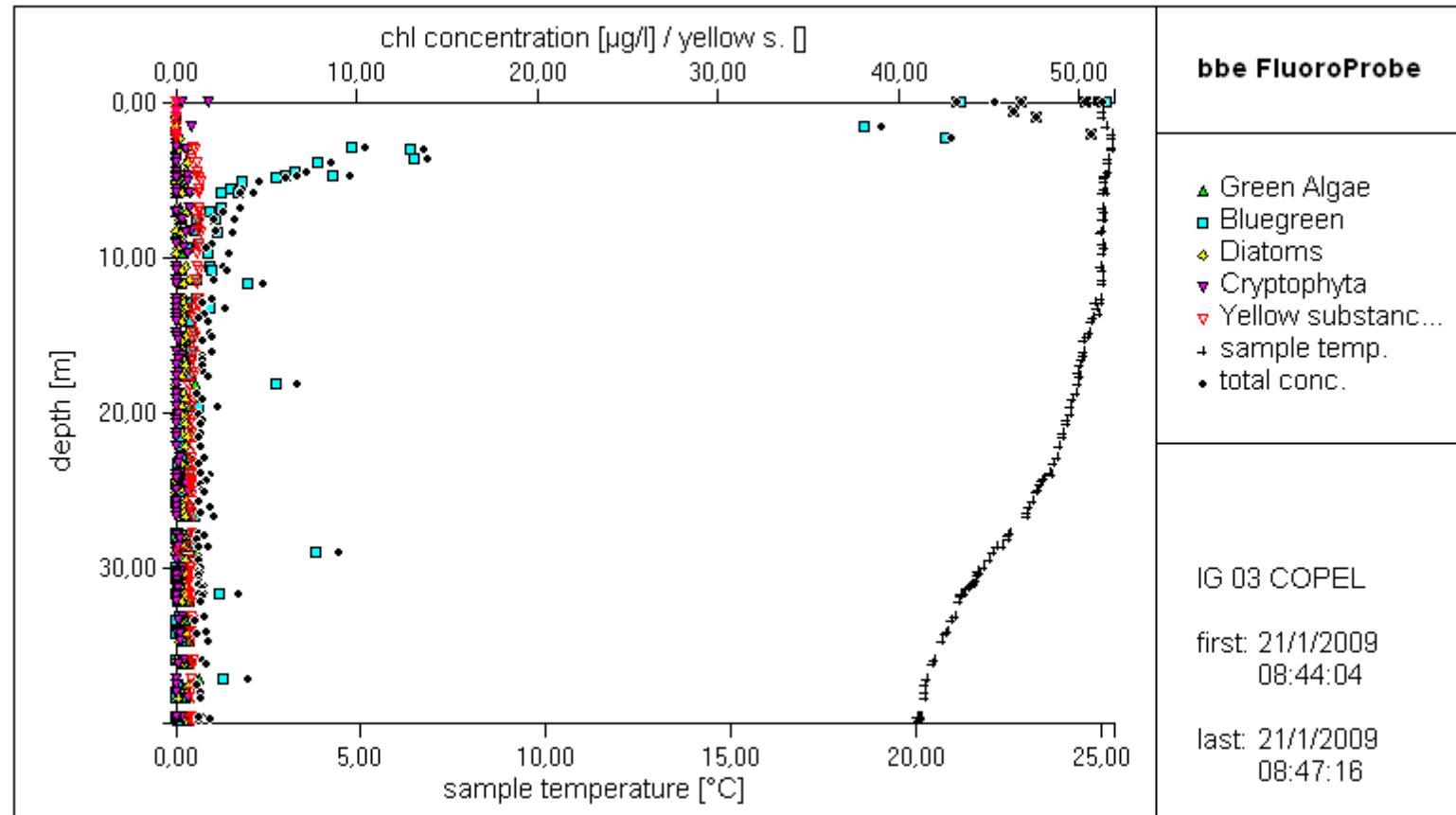
# Fitoplâncton – Perfis com sonda Fluoroprobe

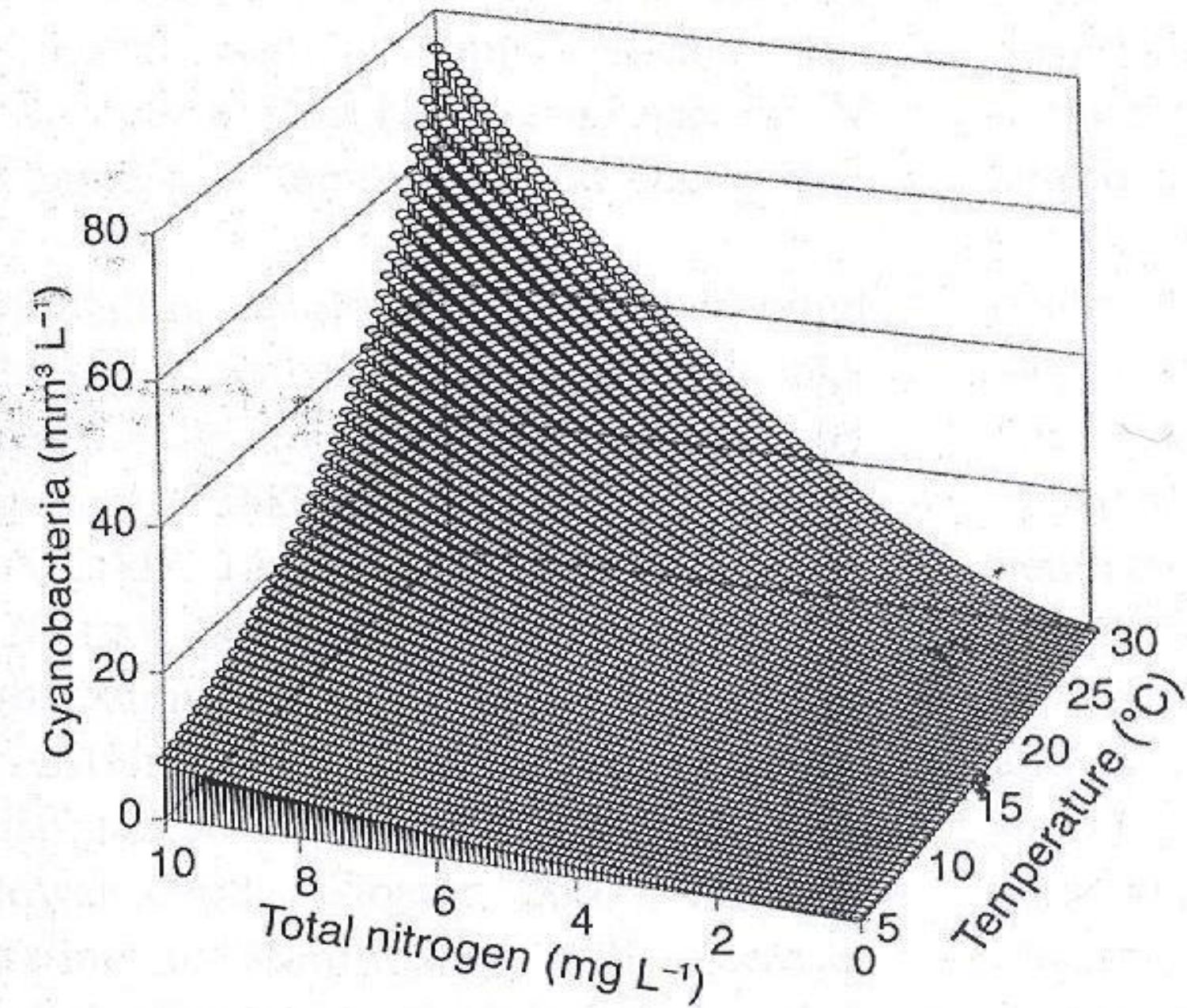
Ponto IG-02 – reserv. Foz do Areia (10 km a montante do ponto E2 da COPEL)



# Fitoplâncton – Perfis com sonda Fluoroprobe

Ponto IG-03 – reserv. Foz do Areia (equiv. ao ponto E2 da COPEL)





# Efeitos da Eutrofização

- Anoxia – Ausência de oxigênio dissolvido na água causando mortalidade em massa de peixes e invertebrados e produzindo liberação de gases com odores.
- Florescimentos indesejáveis de cianofíceas e crescimento descontrolado de outras plantas aquáticas tais como aguapé (*Eichhornia crassipes*) ou alface d'água (*Pistia stratioides*).
- Altas concentrações de matéria orgânica que podem produzir substâncias cancerígenas ao serem tratadas com cloro.
- Deterioração de valores recreacionais dos lagos e represas, devido à degradação da qualidade da água. Perdas econômicas.

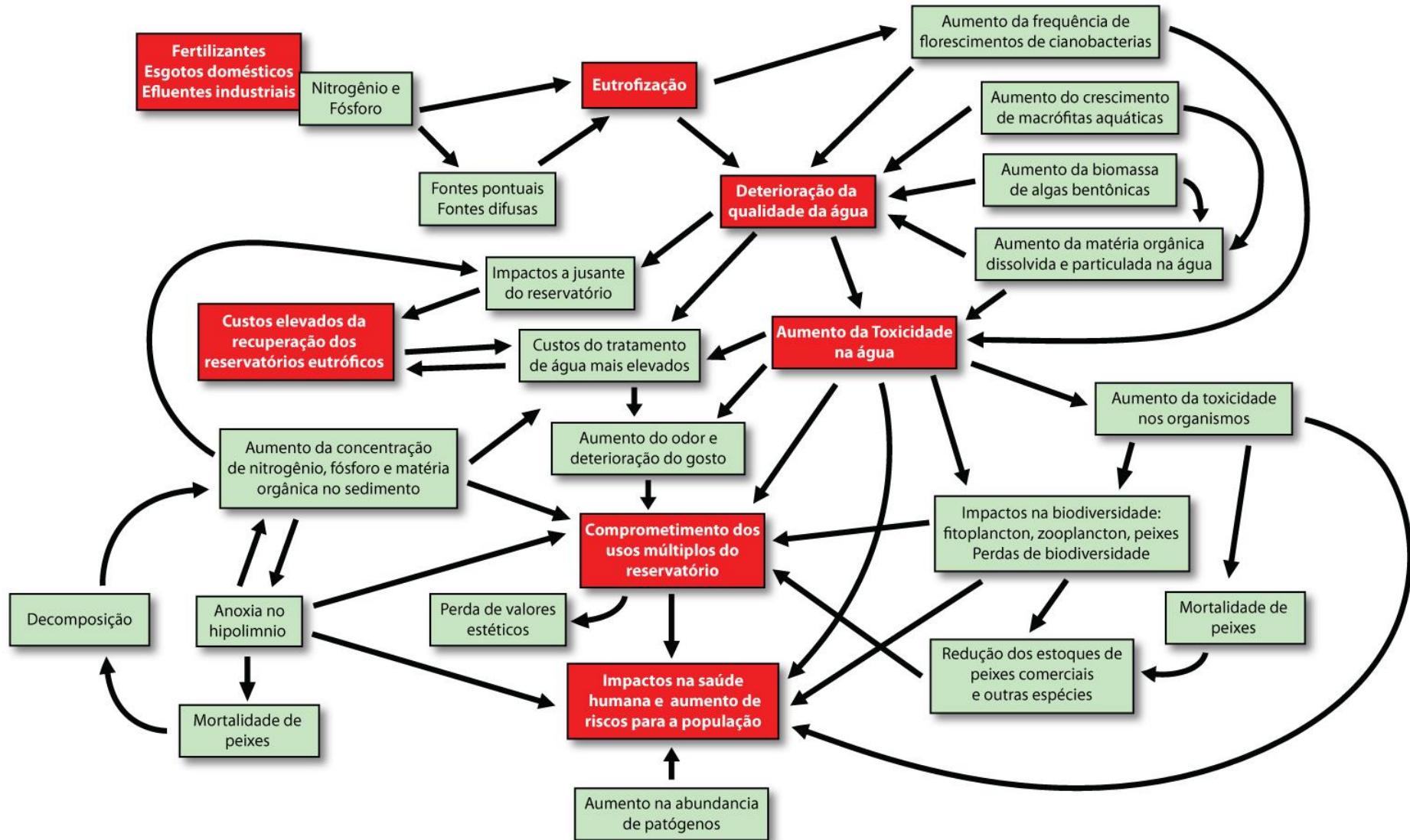
# Efeitos da Eutrofização

- Acesso restrito à pesca e a atividade recreacionais devido ao crescimento explosivo de cianófitas aquáticas.
- Diminuição da biodiversidade (peixes, invertebrados).
- Alterações na fauna íctica e no valor comercial das espécies de peixes.
- Diminuição dos estoques pesqueiros principalmente durante períodos de intensa mortalidade de peixes, causada por anoxia.

# Efeitos da Eutrofização

- Perdas no valor das propriedades situadas próximas a rios, lagos ou represas eutrofizados.
- Perdas em valores estéticos, aumento nos custos do tratamento de água.
- Perdas econômicas devido à deterioração da saúde humana causada por doenças provocadas direta ou indiretamente pela eutrofização.

## Principais interações e processos causados pela eutrofização em reservatórios



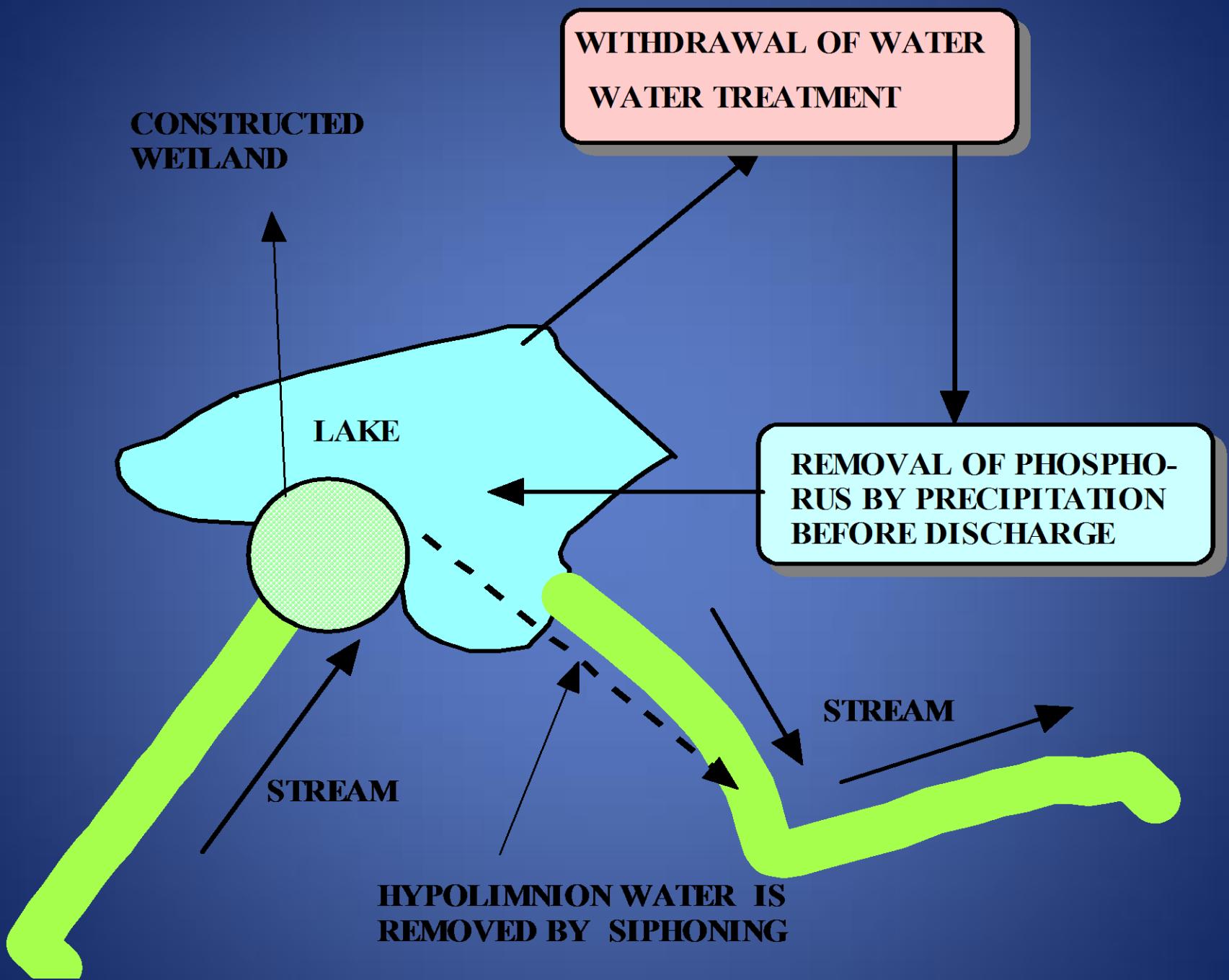
■ Processos críticos na eutrofização de represas e lagos.

Original J. G. Tundisi (2011)

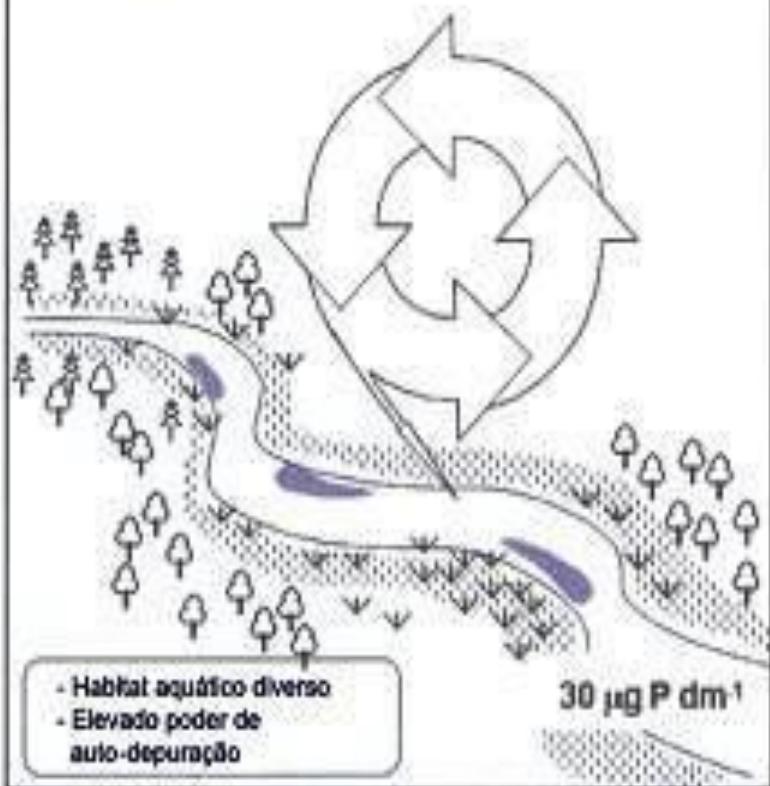
# CONTROLE E REDUÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO







- a) - Alta diversidade de ambiente  
 - Biomassa vegetal alta e estável  
 - Longo período de captação de nutrientes  
 - Alta retenção de nutrientes e de água no ambiente



- b) - Paisagem homogênea  
 - Biomassa vegetal baixa e inconstante  
 - Altas taxas de nutrientes provenientes de fertilizantes  
 - Baixa retenção de nutrientes no ambiente  
 - Enriquecimento dos ambientes aquáticos (eutrofização)



Controle do ciclo biogeoquímico com o aumento da biodiversidade e retenção de nutrientes na bacia. **Fonte:** UNEP/GEMS WATER (2008).

# Serviços dos Ecossistemas Aquáticos

- Abastecimento de água
- Recreação
- Irrigação
- Hidroeletricidade
- Biomassa – Pesca e Agricultura
- Turismo
- Componente do Ciclo Hidrológico

1. Elevação dos custos de tratamento de água para potabilidade;
2. Acúmulo dos atendimentos nos hospitais (aumento das doenças de veiculação hídrica);
3. Perdas dos serviços dos ecossistemas (recreação, abastecimento de água, irrigação, transporte, pesca e pisciculturas e turismo).
4. Perda dos valores das propriedades próximas as represas, lagos e rios eutrofizados;

5. Aumento nos dispendios dos serviços públicos para recuperação da qualidade da água e dos ecossistemas;
6. Deterioração da estrutura em rios, lagos e represas;
7. Aumento dos custos do monitoramento da qualidade da água;

# PERSPECTIVAS

1. MDG;
2. Mudança Climática Global;
3. Pesquisa, Vigilância e Monitoramento;
4. Universalização dos Serviços de Saneamento;
5. Proteção da Saúde Humana em Relação à Exposição a Agentes Tóxicos;
6. Metais Pesados e Micro-Contaminantes Orgânicos;

# **EMERGING THREATS TO WATER QUALITY**

- Climate Change and Variability;
- Dam Removal;
- Waterborne and Water-Related Pathogens;
- Chemical Contaminants;
- Endocrine disruptors;
- Pharmaceuticals and Personal Care Products;
- Invasive Species;

# **EMERGING OPPORTUNITIES FOR ACHIEVING THE MILLENNIUM DEVELOPMENT GOALS**

# Threats and Opportunities for Freshwater Ecosystems in a Catchment Perspective

- Freshwater ecosystems are situated in landscape depressions.
- Anthropogenic impacts on freshwater ecosystems have two major dimensions.
- Pollutant loads can be controlled.

# Threats and Opportunities for Freshwater Ecosystems in a Catchment Perspective

- Pollutants loads from point sources, such as households, industry or irrigation, are usually easily defined through basic monitoring.
- Reduction of non-point pollution sources is a process of greater complexity, which requires more advanced actions.

# Threats and Opportunities for Freshwater Ecosystems in a Catchment Perspective

- Ecosystem biotechnologies – restoring water and biogeochemical cycles in catchments.
- Improvement of river catchment land cover.
- Restoration and management of land/water ecotones.
- Restoration of aquatic ecosystems.
- Biomanipulation.

# **EMERGING OPPORTUNITIES FOR ACHIEVING THE MILLENNIUM DEVELOPMENT GOALS**



Modelo integrado de gestão de uma bacia hidrográfica com utilização de técnicas de ecohidrologia, controle hidrológico e aumento da sedimentação em regiões selecionadas. Quanto maior o número de ciclos, maior é o retardamento biogeoquímico e maior a capacidade de biofiltração e controle. **Fonte:** modificado de Zalewski (2000).

### **Box 3. Examples of implementing ecohydrology for water quality improvement include:**

---

- Reduction of nutrient supply to a man-made reservoir by enhancing their retention on a floodplain, using the relationship between river hydrology and nutrient flux patterns (e.g., Wagner and Zalewski, 2000' Zalewski, 2006) and adaptation of vegetation to floodplain hydroperiod (Kiedrzynska *et al.*, 2008).
- Reduction of eutrophication symptoms (toxic cyanobacterial blooms) by regulating reservoir hydrodynamics and biotic structure response (Zalewski, 1990' Zalewski 2007 in press).
- Optimizing pulse-patterns of water discharge from a reservoir in order to maintain fish migration, biodiversity and production in the Parana River floodplain (Agostinho *et al.*, 2001) and maintaining productivity and ecosystem services in the Guadiana River estuary (Chicharo, 2001).
- Improvement of stormwater retention and quality in urban areas by in-stream retention and adaptation of pond vegetation (Wagner *et al.*, 2008).
- Control of surface hydrology, sedimentation and runoff through vegetation cover management and phytotechnology (La Plata, Argentina).
- Water quality improvement and strengthening ecosystem services by optimization of the hydrological regime and providing alternative habitats for macrophytes in the MAB Biosphere Reserve (Lobau wetland) and flood protection system for Vienna (Austria) (Janauer *et al.*, 2000).
- Re-creation of Cyperus papyrus wetlands at Lake Naivasha (Kenya) using hydrograph diversion and phytotechnology for improvement of water quality and biodiversity (Harper, XXX).

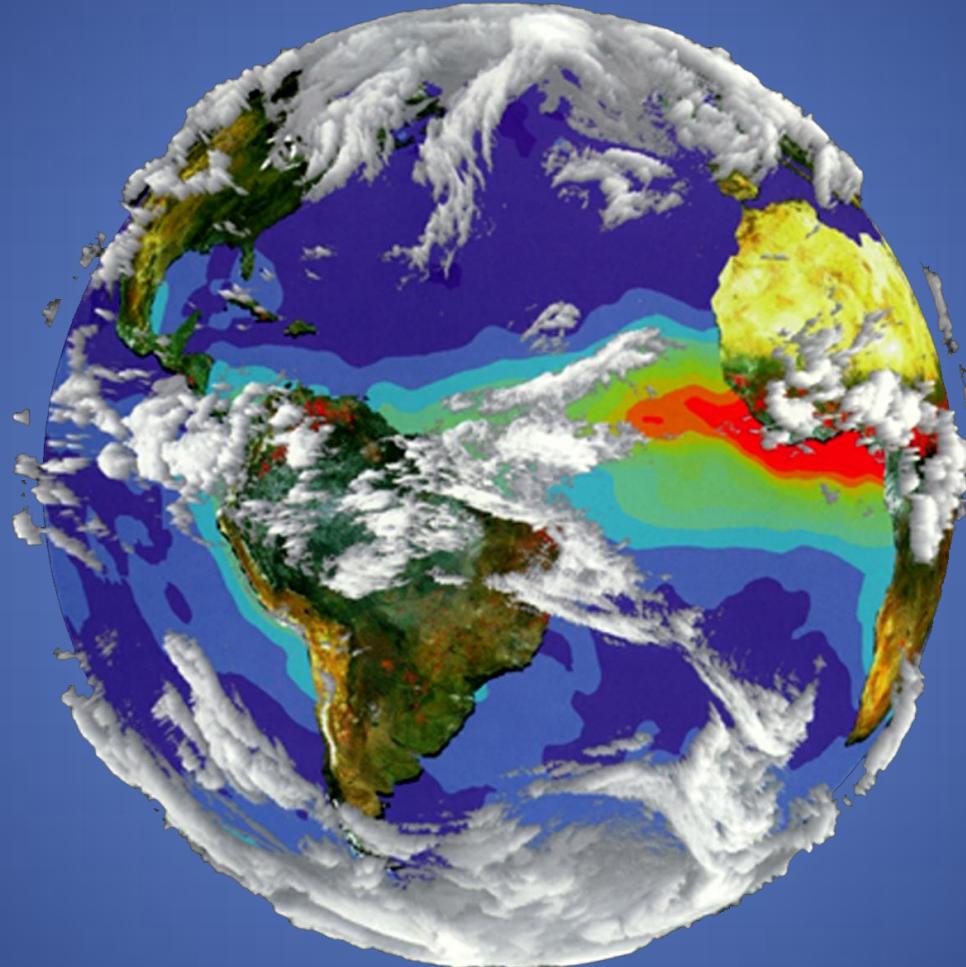
# OBRIGADO!



ACADEMIA  
BRASILEIRA  
DE CIÉNCIAS



UNIVERSIDADE  
**FEEVALE**



José Galizia Tundisi  
[tundisi@iie.com.br](mailto:tundisi@iie.com.br)

[www.iie.com.br](http://www.iie.com.br)  
Rua Bento Carlos, 750  
Centro – São Carlos – SP. - Brasil