



# Cianotobactérias, Ambiente e Saúde

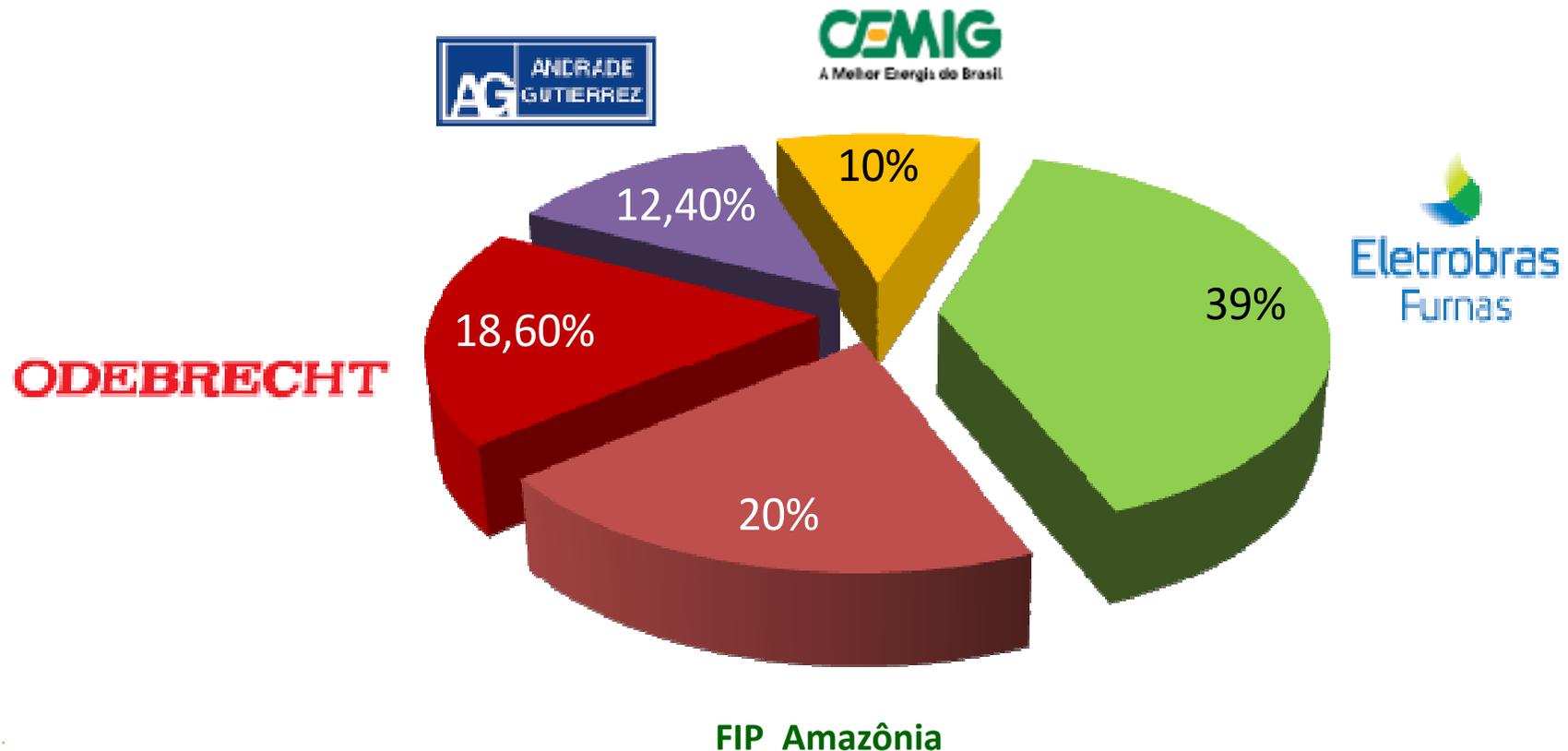
Porto Velho, 29 de março de 2012

# O que será tratado

- **Quem somos nós**
- **Monitoramento de Qualidade de Água da UHE Santo Antônio**
- **Cianobactérias**
  - **O que são Cianobactérias?**
  - **Qual a importância das cianobactérias?**
  - **Florações**
- **Cianotoxinas**
  - **O que são cianotoxinas?**
  - **Quais os tipos de cianotoxinas?**
  - **Como as pessoas são afetadas?**
  - **Quais doenças/sintomas são causadas pela exposição a cianotoxinas?**
- **Resultados**
- **Contexto**
- **Análise Estratégica**

## Santo Antônio Energia

- Concessionária responsável pela implantação e futura operação da UHE Santo Antônio e comercialização da energia gerada
- 214 funcionários diretos em Porto Velho e São Paulo
- 1.846 profissionais (biólogos, engenheiros ambiental e florestal, arqueólogos, sociólogos)



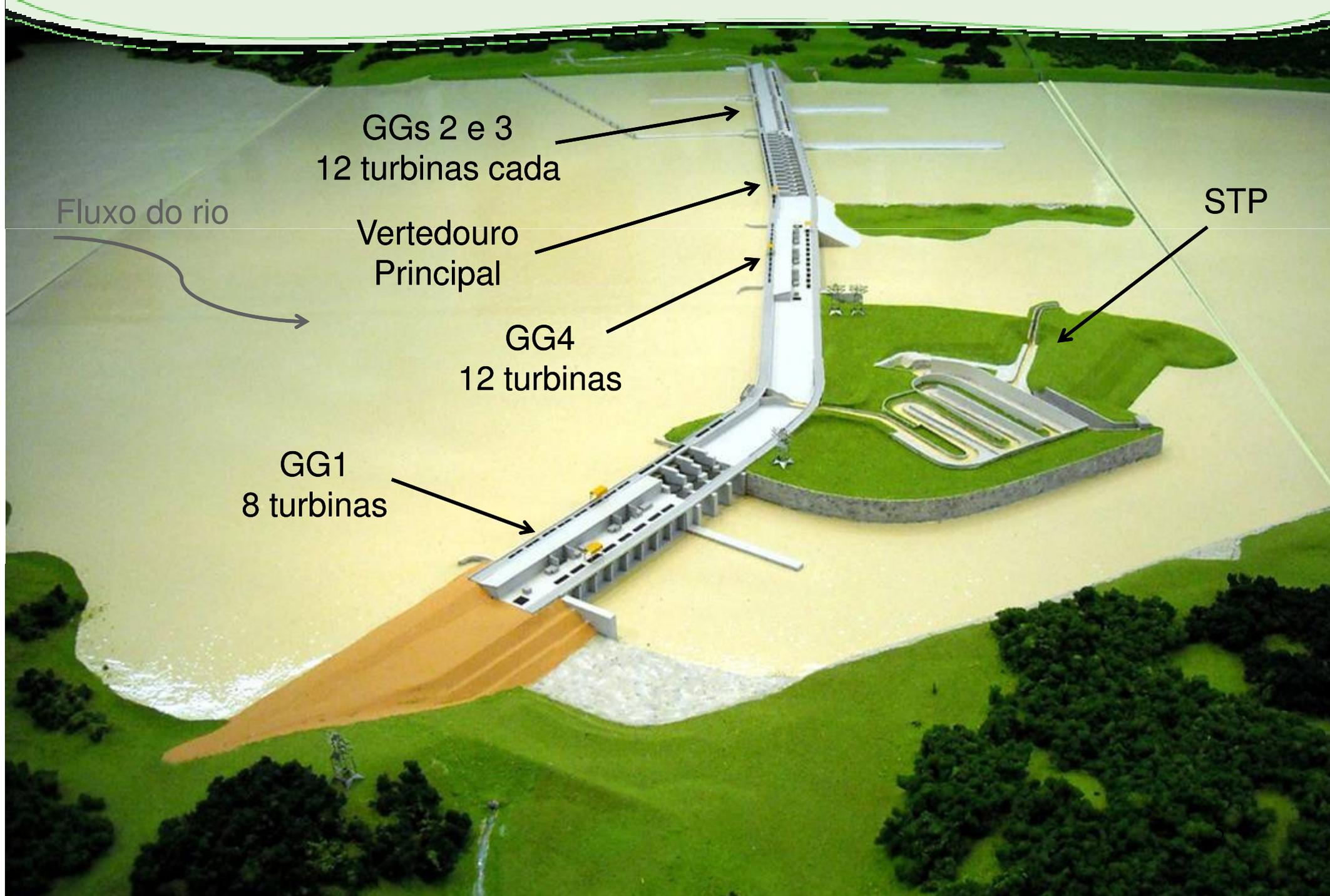
## Usina Hidrelétrica Santo Antônio

- Investimento de R\$ 15,1 bilhões
- Uma das mais importantes obras do PAC
- Capacidade 3.150 MW - garantia física 2.218 MW
- 18 mil operários (cerca de 10% mulheres e 80% da região)
- Geração de R\$ 84 milhões de royalties por ano

Usina	Área (Km <sup>2</sup> )	Potência (MW)	Área / Potência (km <sup>2</sup> /MW)
Balbina	2.360	250	9,44
Samuel	584	217	2,69
Curuá-Uma	78	30	2,60
Manso	387	210	1,84
Luiz E. Magalhães	626	850	0,74
Tucuruí (1 <sup>a</sup> Etapa)	2.414	4.000	0,61
Tucuruí (2 <sup>a</sup> Etapa)	2.414	8.000	0,30
Coroacy Nunes	23	67	0,35
<b>Santo Antônio</b>	<b>271</b>	<b>3150,4</b>	<b>0,09</b>



# UHE Santo Antônio – lay out geral



## Gerenciais (02)

Programa Ambiental para a Construção (PAC)

Sistema de Gestão Ambiental (SGA).



## Meio Socioeconômico (13)

Programa de Compensação Ambiental

Programa de Comunicação Social

Programa de Educação Ambiental

### Programa de Saúde Pública

Programa de Apoio às Comunidades Indígenas

Programas Relacionados ao Patrimônio Arqueológico, Pré-Histórico e Histórico

Programa de Preservação do Patrimônio Paleontológico

Programa de Remanejamento da População Atingida

Programa de Ações a Jusante

Programa de Recuperação da Infra-Estrutura Afetada

Programa de Compensação Social

Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório

Programa de Apoio às Atividades de Lazer e Turismo

## Meio Físico (5)

Programa de Monitoramento do Lençol Freático

Programa de Monitoramento Sismológico

Programa de Monitoramento Climatológico

Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico

Programa de Acompanhamento dos Direitos Minerários e da Atividade Garimpeira

## Meio Biótico (8)

### Programa de Monitoramento Limnológico

Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico

### Programa de Monitoramento de Macrófitas Aquáticas

Programa de Conservação da Flora

Programa de Conservação da Fauna

Programa de Desmatamento da Área de Influência Direta

Programa de Acompanhamento das Atividades de Desmatamento e de Resgate da Fauna na Área de Interferência Direta

Programa de Conservação da Ictiofauna

# Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas

31 pontos de amostragem, ao longo de 300 km

AMAZONAS

- 8 Rio Madeira
- 14 Tributários
- 7 Lagos e Canais
- 2 captação CAERD

PORTO VELHO

São Carlos

Candeias do Jamari

RONDÔNIA

Itapuã do Oeste

Jaci Paraná

7

# Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas

## Metodologia

- Coletas pré-enchimento: trimestrais: águas altas, vazante, águas baixas e enchente – total de 10 campanhas;
- Coletas Durante o enchimento: mensais (físicas), bimestrais (biológicas), diárias (perfis);
- 65 variáveis físicas e químicas, 9 biológicas na coluna d'água e no sedimento;
- 21 variáveis da comunidade de macrófitas aquáticas.

*Amostragem de água com Garrafa de Van Dorn*



# Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas

Variáveis
<b>Físicas-A</b>
Temperatura do ar
Profundidade
Transparência
Coefficiente atenuação vertical
Zona eufótica

Variáveis
<b>Físicas-B</b>
Temperatura da água
<b>Físicas-C</b>
Turbidez
Sólidos em suspensão
Sólidos totais dissolvidos
Sólidos totais
Sólidos fixos
Sólidos voláteis

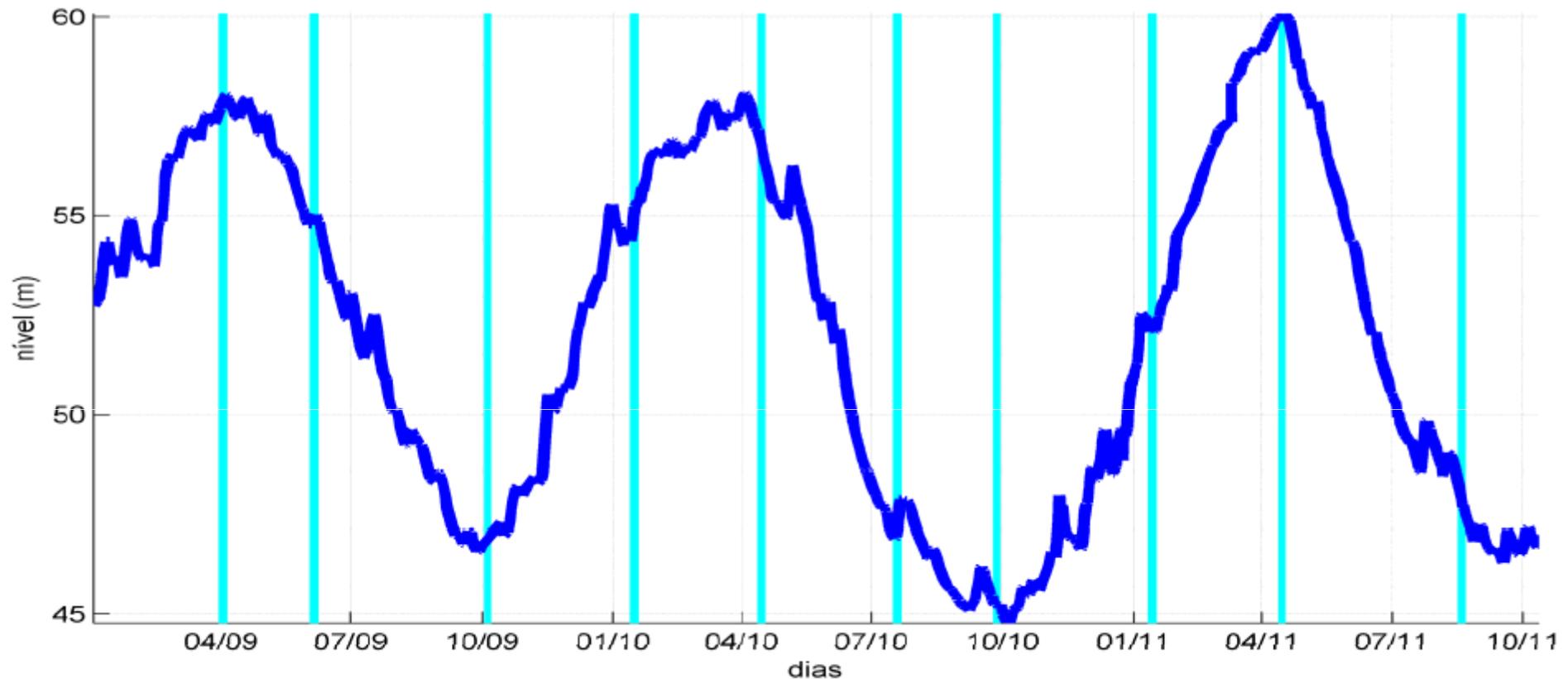
Variáveis
<b>Físico-químicas</b>
Condutividade elétrica
Potencial hidrogeniônico (pH)
Concentração molar [H <sup>+</sup> ]
<b>Químicas</b>
<b>Oxigênio, demandas e relações de consumo</b>
<b>Química SI-A</b>
Oxigênio -percentagem de saturação
Oxigênio -concentração
<b>Química SI-B</b>
O <sub>1</sub> inicial (DBO) <sub>1</sub>
O <sub>2</sub> inicial (DBO) mg/ L
O <sub>3</sub> 5 dias
Demanda bioquímica de oxigênio -DBO <sub>5</sub>
<b>Química SI-C</b>
Demanda química de oxigênio -DQO
Carbono bioquimicamente oxidado (C.DBO)
<b>Química SI-D</b>
DBO <sub>100</sub> /O <sub>2</sub> -consumo de O <sub>2</sub> pela DBO <sub>5</sub>
O <sub>2</sub> -100/DQO -o O <sub>2</sub> presente é x% da DQO
DBO <sub>100</sub> /DQO -a DBO <sub>5</sub> é x% da DQO
O <sub>2</sub> -100/(DBO+DQO) -o O <sub>2</sub> é x% das demandas
Carbono inorgânico (CI)
Carbono orgânico total (quimicamente oxidado) (COT)
Carbono total (CT)
Carbono orgânico refratário (COR)
<b>Química SI</b>
<b>Sistema tampão</b>
Gás carbônico livre
Gás carbônico total
Alcalinidade
Alcalinidade de bicarbonatos
Dureza
Dureza devido ao cálcio e magnésio

Variáveis
<b>Químicas III</b>
Ions principais
Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup>
Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>Químicas IV</b>
<b>Nutrientes inorgânicos e suas frações</b>
Nitrogênio amoniacal
Nitrito
Nitrato
Nitrogênio inorgânico dissolvido (NID)
Nitrogênio total dissolvido (NTD)
Nitrogênio total (NT)
Nitrogênio orgânico dissolvido (NOD)
Nitrogênio orgânico total (NOT)
Nitrogênio particulado
Ortofosfato
Fósforo total dissolvido (PTD)
Fósforo total (PT)
Fósforo orgânico dissolvido (POD)
Fósforo orgânico total (POT)
Fósforo particulado (PP)
Silicatos reativos
<b>Químicas V</b>
Ferro dissolvido
Ferro total
Óleos e graxas
<b>Químicas VI</b>
<b>Elementos-traço e biocidas</b>
Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, Sn, Zn
Biocidas
<b>Biológicas</b>
Clorofila a (Chla)
Pigmentos totais (Pig tots)
Fitoplâncton (F)
Zooplâncton (Z)
Coliformes totais
<i>Escherichia coli</i>
Fracionamento Isotópico

Variáveis
<b>Sedimentos Superficiais</b>
Invertebrados bentônicos
Granulometria (areia grossa, areia fina, silte, argila)
Cinzas
Materia orgânica
Carbono orgânico
Nitrogênio
Fósforo
Sódio
Potássio
Cálcio
Magnésio
Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, Sn, Zn
Diocidas: Alaclor; Aldrin e Dieldrin; Atrazina; Benzo(a) antraceno; Benzo(a)pireno; Benzo(b)fluoranteno; Benzo(k)fluoranteno; Carbaril; Clordano (cis e trans); 2-Clorofenol; Criseno; 1,4-D; Demeton (Demeton-O e Demeton-S); Dibenzo(a,h)antraceno; 2,4-Diclorofenol; DDT (p,p'-DDT, p,p'-DDE e p,p'-DDD); Dodecaborpentaciclodecano; Endossulfan (a, b e sulfato); Endrin; Heptacloro e Heptacloro Epóxido; Indeno(1,2,3,cd)pireno; Lindano (γ-HCH); Malation; Metoxidoro; Metolacloro; Paration; PCB's - Bifenilas Policloradas; Pentaclorofenol; Simazina; 2,4,5-T; 2,4,5-TP; 2,4,6-Triclorofenol; Trifluralina e Hexaclorobenzenc
<b>Macrófitas Aquáticas</b>
Identificação
Cinzas
Materia orgânica
Carbono orgânico
Sódio
Potássio
Cálcio
Magnésio
Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, Sn, Zn

# Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas

Variação do nível do rio Madeira (cota) na cidade de Porto Velho e indicação das datas das campanhas de amostragem realizadas até 10ª campanha - agosto/2011

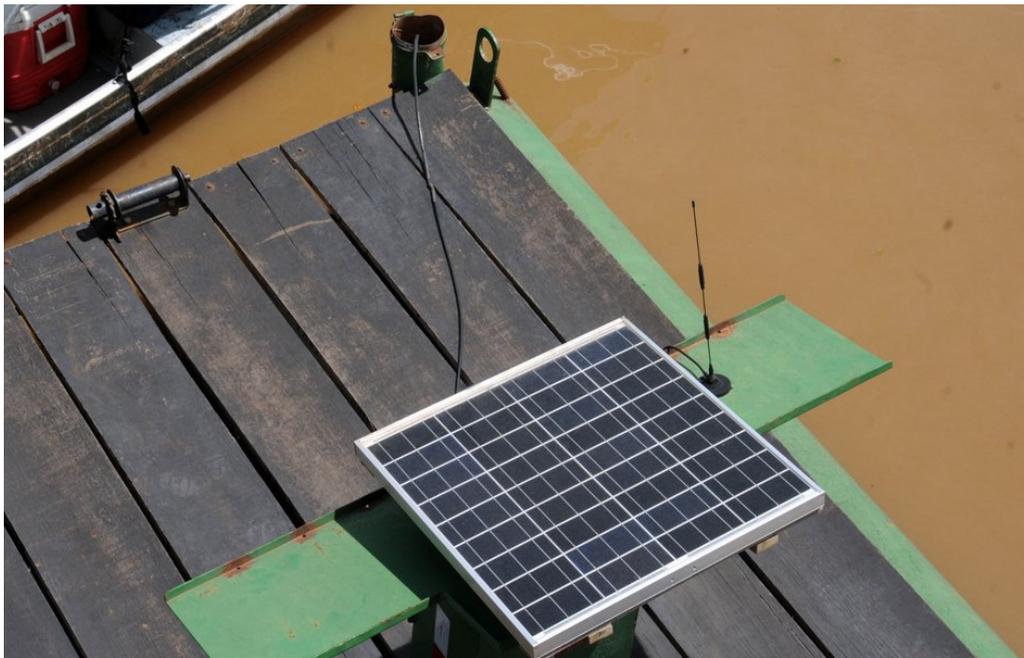


# Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas

## Infraestrutura

- 1 laboratório no canteiro de obras;
- 1 laboratório flutuante;
- 2 balsas com equipamento de monitoramento em tempo real: 1 a jusante e 1 a montante da UHE Santo Antônio

*Laboratório de limnologia – canteiro de obras e flutuante (ao lado);  
balsa de monitoramento em tempo real (abaixo).*



- **O que são cianobactérias?**
- Também conhecidas como cianofíceas, cianofitas, algas azuis e cianoprocaríotas.
- São microscópicas
- Possuem características tanto de bactérias (não possuem núcleo) como de plantas (realizam fotossíntese)



- **Qual a importância das cianobactérias**

## POSITIVAS

Produtores primários – estão na base da cadeia alimentar de ecossistema aquático, são produtoras de oxigênio e muito nutritivas

Fixadoras de nitrogênio – contribuem para a fertilidade do solo e da água

## NEGATIVAS

Proliferações excessivas podem causar problemas de qualidade de água

Algumas cepas produzem toxinas



*Lago de Atitlán, Guatemala. Foto: AGN*





*Rio das Velhas 09/10/07, região de Várzea da Palma, MG.  
Acervo SECOM*



*Floração, MG. Fonte: Apresentação F.Jardim.*

- **O que são cianotoxinas?**

São toxinas produzidas por algumas cepas de algumas espécies de algas microscópicas, cianobactérias, que sob certas condições proliferam excessivamente e liberam toxinas na água

- **Quais os tipos de cianotoxinas?**

Existem neurotoxinas e hepatotoxinas.

Neurotoxinas são produzidas por cepas de *Aphanizomenon* e *Oscillatoria*.

Hepatotoxinas são produzidas por cepas de *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Nodularia*, *Nostoc*, *Cylindrospermopsis* e *Umezakia*.

Cepas de *Cylindrospermopsis raciborskii* podem produzir alcalóides tóxicos que causam sintomas gastrointestinais ou problemas hepáticos em humanos.

## •Como as pessoas são afetadas?

Pessoas podem ser expostas a cianotoxinas por contato primário ou por consumo. Os casos mais graves de exposição são por ingestão de água contaminada, seja por consumo ou por ingestão durante recreação.

## •Quais doenças/sintomas são causadas pela exposição a cianotoxinas?

Dependem do tipo de toxina e do tipo de exposição (ingestão, contato com a pele, etc). Os sintomas podem ser irritação na pele, dor de barriga, náuseas, vômito, diarreia, febre, irritação na garganta, dor de cabeça, dor muscular e nas juntas, problemas hepáticos, bolhas ao redor da boca e nariz, irritação alérgica, irritação dos olhos.

## •Resolução CONAMA 357/2005 – Recursos Hídricos/ Água Bruta

Parâmetro: Densidade de Cianobactérias

Classe 1: até 20.000 céls. mL<sup>-1</sup>

Classe 2: até 50.000 céls. mL<sup>-1</sup>

Classe 3: até 100.000 céls. mL<sup>-1</sup>

## •Portaria 2914/2011 – Água para consumo humano

Estabeleceu atribuições dos poderes públicos (União, Estado e Município) e responsável pelo Sistema ou Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento de Água para Consumo Humano

Frequencia de monitoramento de cianobactérias no manancial de abastecimento de água:  
<= 10.000 céls.L<sup>-1</sup> Mensal ; >10.000 céls.L<sup>-1</sup> Semanal

VMP de Cianotoxinas na água para consumo: Microcistinas: 0,1 µg/L; Saxitoxinas: 3,0 µg/L

# Resultados: Densidade no Rio Madeira

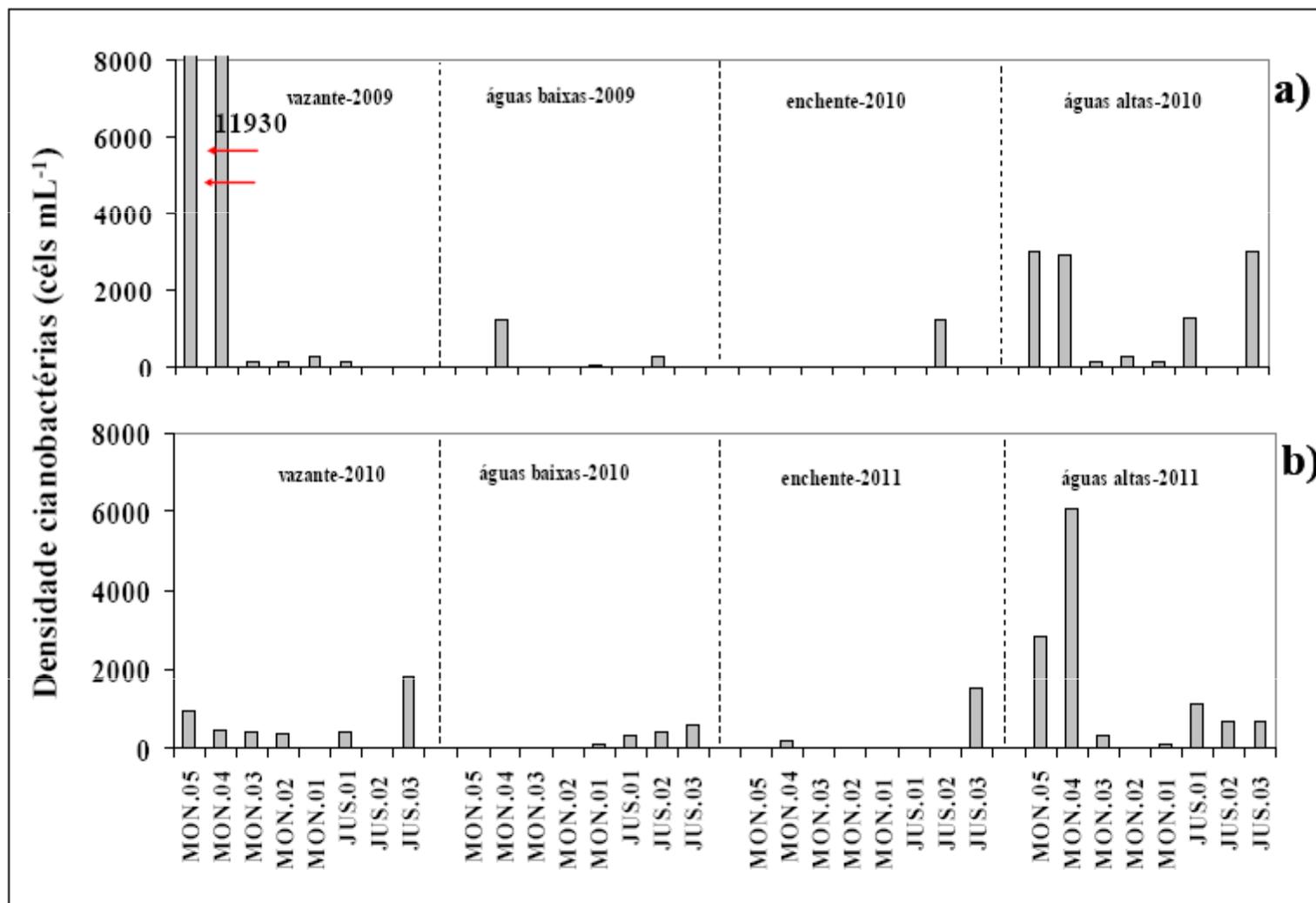


Figura 5.2.1-29 - Densidade de cianobactérias no rio Madeira durante (a) o ciclo hidrológico anual 1 e (b) ciclo hidrológico anual 2. Os números em vermelho indicam os valores máximos atingidos.

# Resultados: Densidade nos Tributários

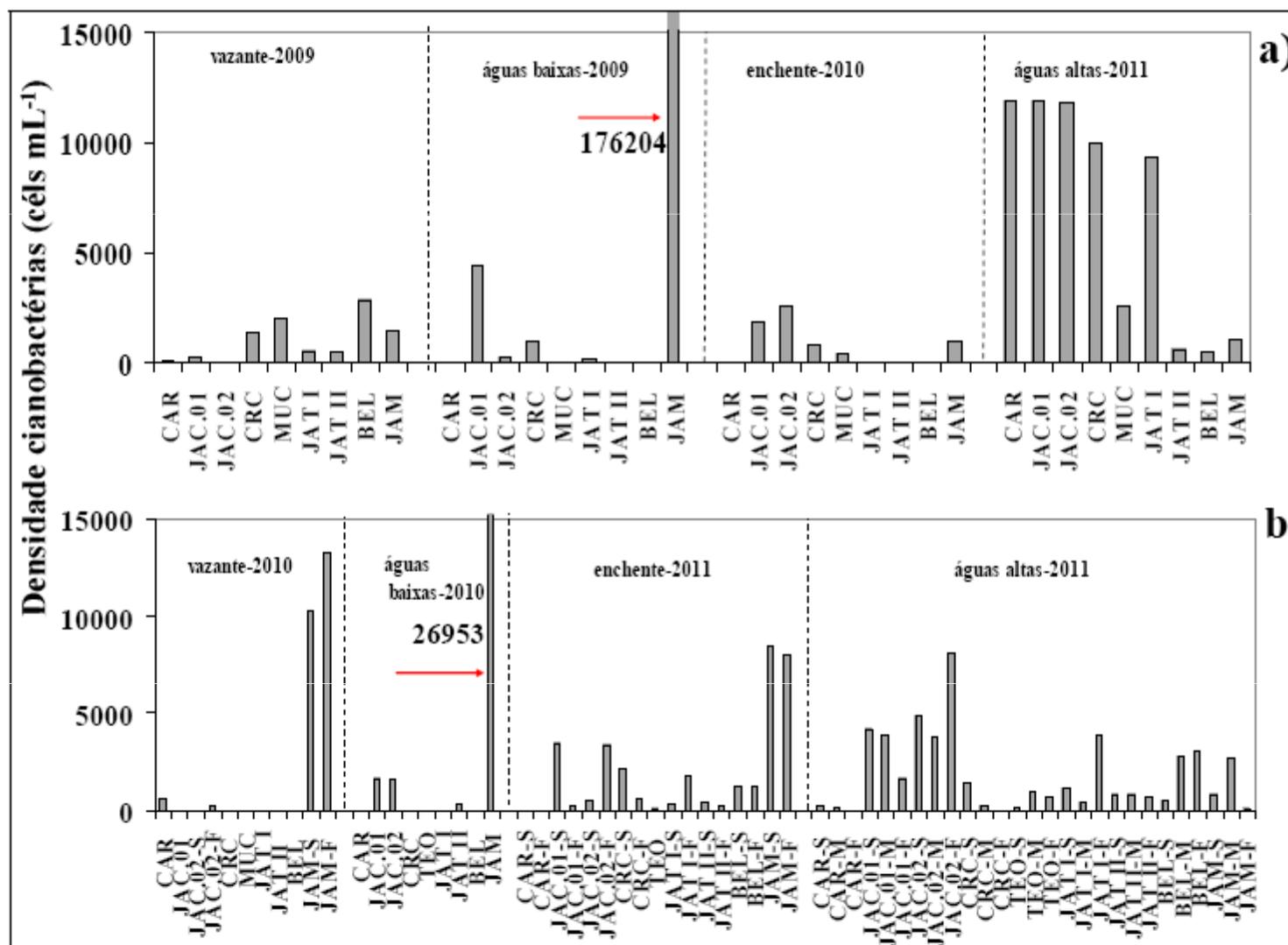


Figura 5.2.1-30 - Densidade de cianobactérias nos tributários (a) o ciclo hidrológico anual 1 e (b) ciclo hidrológico anual 2. As setas em vermelho indicam os valores máximos atingidos.

# Resultados: Densidade nos Lagos e Canais

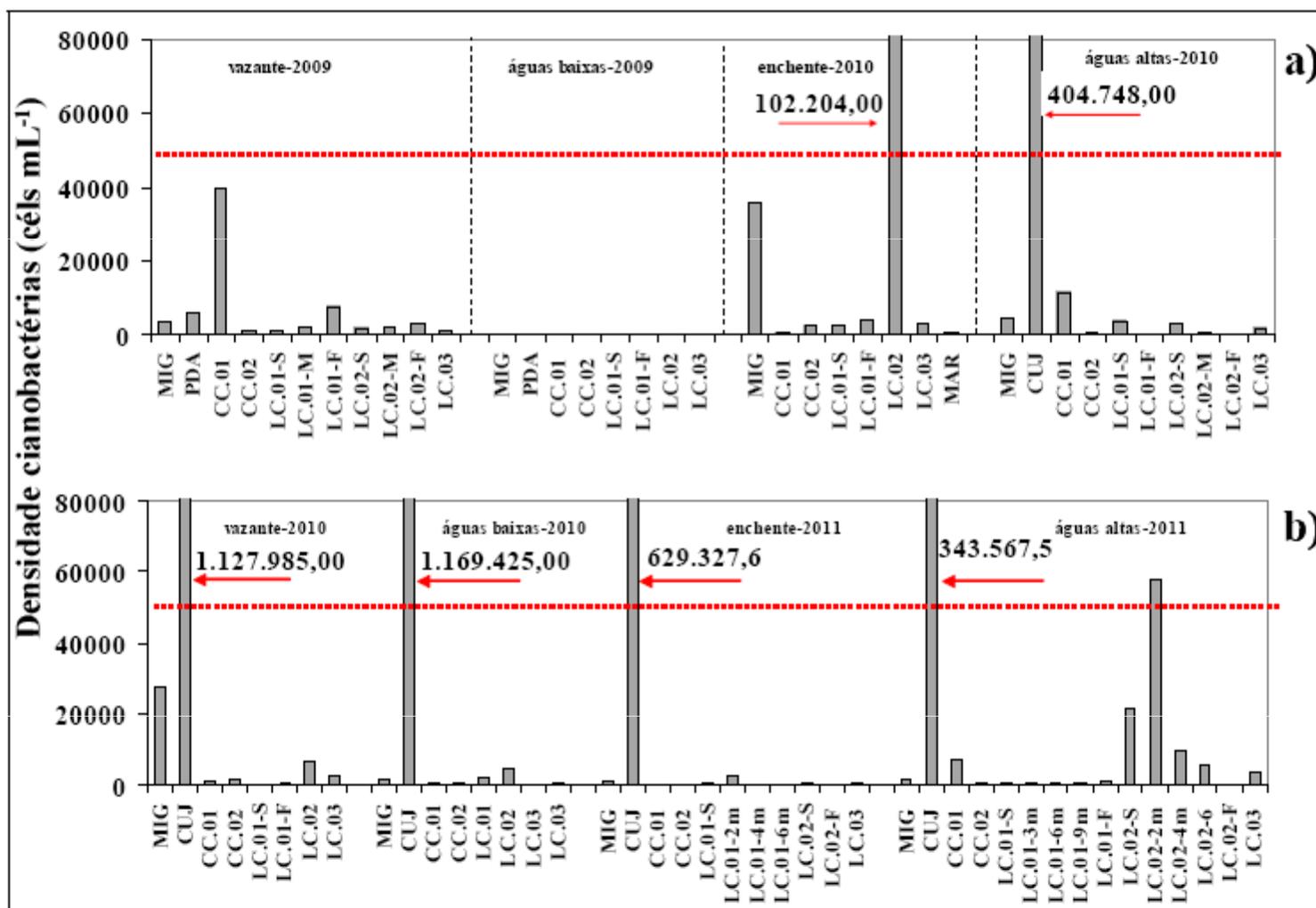


Figura 5.2.1-31 - Densidade de cianobactérias nos lagos e canais (a) o ciclo hidrológico anual 1 e (b) ciclo hidrológico anual 2. As setas em vermelho indicam os valores máximos atingidos. As linhas verticais pontilhadas indicam o limite permitido pela resolução CONAMA 357/05 para águas de Classe 2. Na enchente de 2011, apenas CUJ e LC.02 ultrapassaram o limite de 100.000 células.mL<sup>-1</sup> (Classe 3).

# Resultados: Concentração de Cianotoxinas

Amostra	Data Coleta	Unidade	Cilindroper mopsina	Microcistina	Saxitoxinas (totais)
CUJ	27/09/10	$\mu\text{g.L}^{-1}$	<1,2	<0,1	<3,0
CUJ	14/01/11	$\mu\text{g.L}^{-1}$	<1,2	<0,1	<3,0
CUJ	21/04/2011	$\mu\text{g.L}^{-1}$	<1,2	0,2	<3,0
MIG	21/04/2011	$\mu\text{g.L}^{-1}$	<1,2	<0,1	<3,0

FONTE: UHE Santo Antônio no rio Madeira: Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas - Relatório 9 – Novembro/2011

De 243 amostras analisadas até agosto/2011:

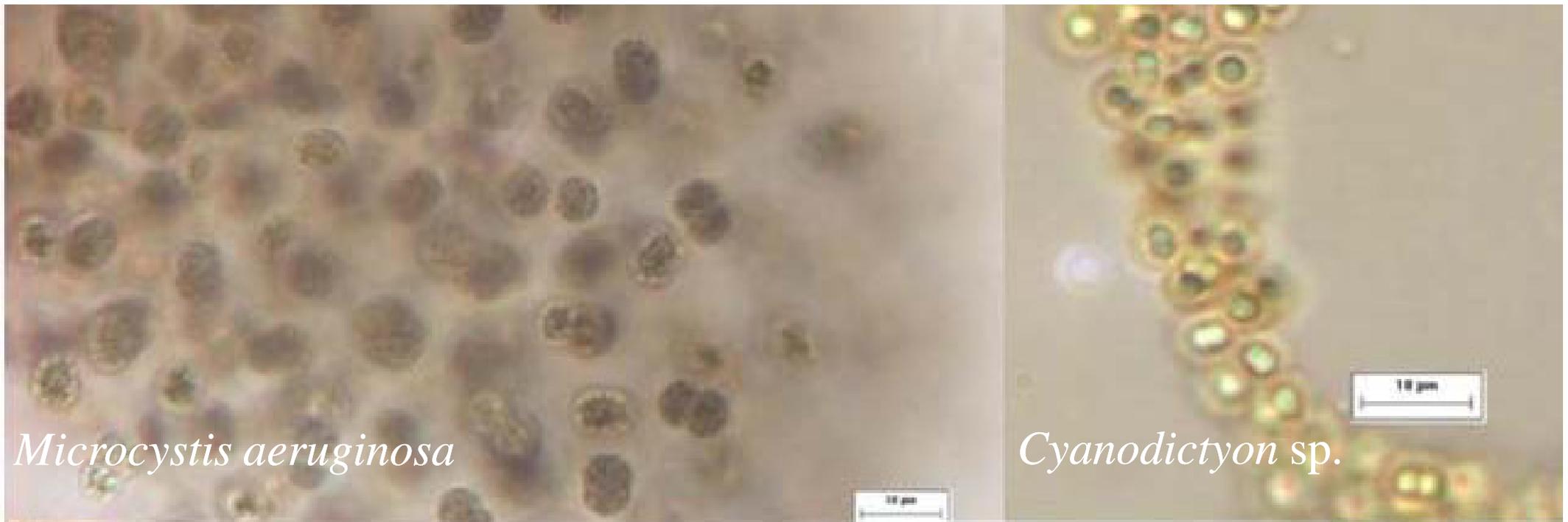
- 8 amostras (3,3 %) com  $> 100.000$  céls./mL
- 1 amostra (0,41%) com  $> 50.000$  céls./mL
- 4 amostras (1,7%) com  $> 20.000$  céls./mL
- 230 amostras (95%) com  $< 20.000$  céls./mL



# Resultados: Espécies Dominantes

Espécie	Potencialmente tóxica?
<i>Merismopedia marsonii</i>	N
<i>Synechocystis aquatilis</i>	N
<i>Planktothrix agardhii</i>	S
<i>Cyanodictyon</i> sp. e	N
<i>Planktolyngbya punctata</i>	N
<i>Planktolyngbya circumcreta</i>	N

Espécie	Potencialmente tóxica?
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	S
<i>Aphanocapsa elachista</i>	N
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	N
<i>Merismopedia tenuissima</i>	N
<i>Aphanocapsa holsatica</i>	N
<i>Synechocystis aquatilis</i>	N



*Microcystis aeruginosa*

*Cyanodictyon* sp.

- LO 1044/2011 – item 2.14:
  - a) medidas preventivas e mitigadoras de modo a evitar o risco à saúde pública e o interrompimento do abastecimento de água; e
  - b) plano de ação referente a situação de interrompimento do abastecimento de água para consumo humano considerando dentre outros aspectos: iii) eficaz comunicação à população e aos órgãos pertinentes.

- Ponto de captação da CAERD está atualmente localizado a jusante da UHE Santo Antônio
- Futuramente, a captação será na barragem da UHE Santo Antônio



Ambiente Físico	Pontos Fortes	Fragilidades
	Grande volume/ fluxo de água e velocidade do rio Madeira	Alta concentração de fósforo naturalmente nas águas
	Turbidez elevada	Altas temperaturas favorecem rápida multiplicação das células
	Baixa densidade de cianobactérias	
	Dominância de espécies não potencialmente tóxicas	

Ambiente Externo	Pontos Fortes e Oportunidades de Melhoria	
	CAERD está apta/ tem como fazer ajustes no tratamento	Capacitação dos profissionais para providências em casos extremos
	Possibilidade de usar poços para o abastecimento	Infraestrutura e equipamentos (laboratórios, etc)
	Monitoramento da Qualidade da Água, feita pela SAE e pela CAERD	Comunicação entre os órgãos de meio ambiente, saúde, defesa civil e SAE
	Posicionamento da tomada d'água na barragem da UHE Santo Antônio	Saneamento

# Obrigada

Dra. MSc. Carolina Fiorillo Mariani  
Bióloga Analista Socioambiental  
[carolinamariani@santoantonioenergia.com.br](mailto:carolinamariani@santoantonioenergia.com.br)