

## ÍNDICE

5.2 - Bióticos.....	1/53
5.2.1 - Fitoplâncton.....	1/53
5.2.1.1 - Riqueza taxonômica no conjunto de dados .....	1/53
5.2.1.2 - Riqueza taxonômica por compartimento e por período .....	2/53
5.2.1.3 - Frequência de ocorrência.....	6/53
5.2.1.4 - Densidade absoluta e densidade relativa .....	12/53
5.2.1.5 - Biovolume absoluto e biovolume relativo.....	20/53
5.2.1.6 - Densidade e biovolume relativos das populações.....	27/53
5.2.1.7 - Riqueza, diversidade específica e equitabilidade no conjunto total de dados.....	32/53
5.2.1.8 - Diversidade alfa, beta e gama no conjunto total de dados .....	42/53
5.2.1.9 - Cianobactérias e cianotoxinas .....	45/53

## ANEXOS

Anexo 5.2.1-1 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de vazante (junho 2009)

Anexo 5.2.1-2 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de águas baixas (outubro 2009)

Anexo 5.2.1-3 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de enchente (janeiro 2010)

Anexo 5.2.1-4 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de águas altas (abril 2010)

Anexo 5.2.1-5 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de vazante (julho 2010)

Anexo 5.2.1-6 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de águas baixas (setembro 2010)

Anexo 5.2.1-7 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de águas altas (janeiro 2011)

Anexo 5.2.1-8 - Densidade fitoplanctônica no período de vazante (junho 2009)

Anexo 5.2.1-9 - Densidade fitoplanctônica no período de águas baixas (outubro 2009)

Anexo 5.2.1-10 - Densidade fitoplanctônica no período de enchente (janeiro 2010)

Anexo 5.2.1-11 - Densidade fitoplanctônica no período de águas altas (abril 2010)

Anexo 5.2.1-12 - Densidade fitoplanctônica no período de vazante (julho 2010)

Anexo 5.2.1-13 - Densidade fitoplanctônica no período de águas baixas (setembro 2010)

Anexo 5.2.1-14 - Densidade fitoplanctônica no período de enchente (janeiro 2011)

Anexo 5.2.1-15 - Biovolume fitoplanctônico no período de vazante (junho 2009)

Anexo 5.2.1-16 - Biovolume fitoplanctônico no período de águas baixas (outubro 2009)

Anexo 5.2.1-17 - Biovolume fitoplanctônico no período de enchente (janeiro 2010)

Anexo 5.2.1-18 - Biovolume fitoplanctônico no período de águas altas (abril 2010)

Anexo 5.2.1-19 - Biovolume fitoplanctônico no período de vazante (julho 2010)

Anexo 5.2.1-20 - Biovolume fitoplanctônico no período de águas baixas (setembro 2010)

Anexo 5.2.1-21 - Biovolume fitoplanctônico no período de enchente (janeiro 2011)

Anexo 5.2.1-22 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de vazante (junho 2009)

Anexo 5.2.1-23 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de águas baixas (outubro 2009)

Anexo 5.2.1-24 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de enchente (janeiro 2010)

Anexo 5.2.1-25 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de águas altas (abril 2010)

Anexo 5.2.1-26 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de vazante (julho 2010)

Anexo 5.2.1-27 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de águas baixas (setembro 2010)

Anexo 5.2.1-28 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de enchente (janeiro 2011)

Anexo 5.2.1-29 - Resultados da análise de cianotoxinas no Lago Cujubim nas águas baixas de 2010

Anexo 5.2.1-30 - Resultados da análise de cianotoxinas no Lago Cujubim na enchente de 2011



## 5.2 - BIÓTICOS

### 5.2.1 - Fitoplâncton

#### 5.2.1.1 - Riqueza taxonômica no conjunto de dados

Considerando o conjunto de amostras qualitativas e quantitativas a lista das espécies registradas em todos os sistemas e considerando os sete períodos hidrológicos (vazante/2009 a enchente/2011) encontra-se nos Anexos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Alguns desses táxons estão representados na Prancha 1. Um total de 489 táxons distribuídos em 10 classes taxonômicas foi registrado durante sete períodos hidrológicos, em sua maioria, foram representados por clorofíceas (32%). Foram 59 cianobactérias, 10 criptofíceas, 08 dinoflagelados, 44 crisofíceas, 10 xantofíceas, 56 diatomáceas, 57 euglenóides, 03 rafidofíceas, 85 zignematofíceas e 157 clorofíceas (Figura 5.2.1-1). As 489 espécies de algas correspondem a ~12% do número estimado para o total de espécies encontrado no fitoplâncton de águas continentais em todo o mundo (4000 espécies, Reynolds 2006).

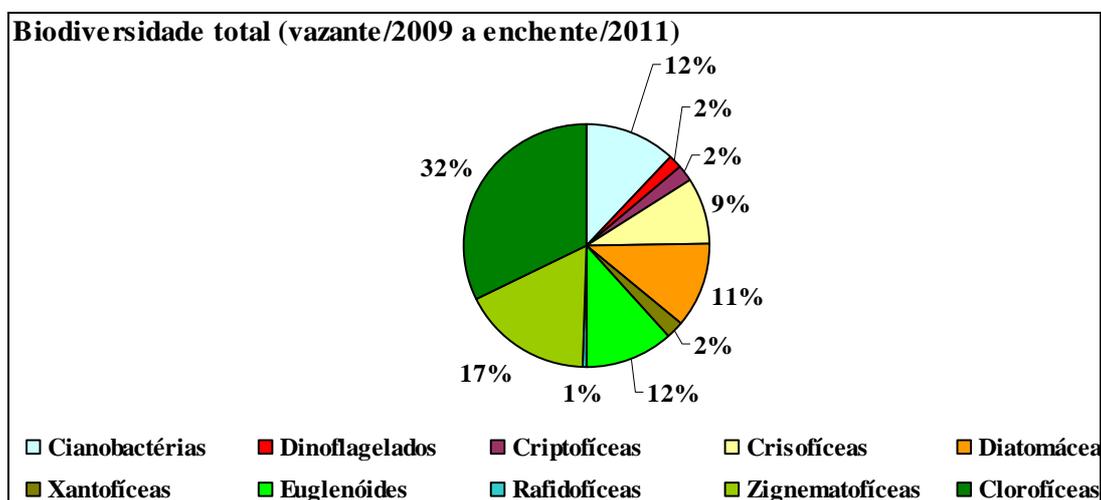


Figura 5.2.1-1 - Riqueza taxonômica (%) no rio Madeira, Tributários e Lagos e canais (considerando as amostras qualitativas e quantitativas), nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

Considerando o conjunto das amostras qualitativas e quantitativas apenas no período de enchente de 2011 (janeiro) em todos os compartimentos, foi registrado um total de 234 táxons distribuídos em 10 grupos taxonômicos: cianobactérias (32), dinoflagelados (02),

criptofíceas (07), crisofíceas (21), diatomáceas (31), xantofíceas (02), euglenóides (23), rafidofíceas (01), zignematofíceas (29) e clorofíceas (84). Clorofíceas foi o grupo com maior contribuição para a riqueza taxonômica (36% - Figura 5.2.1-2).

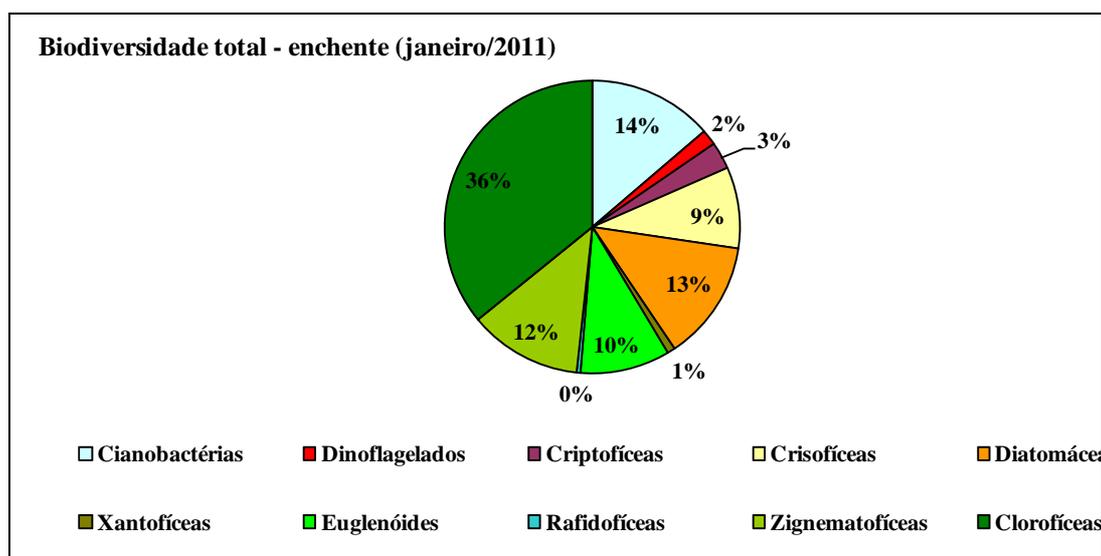


Figura 5.2.1-2 - Riqueza taxonômica (%) no rio Madeira, Tributários e Lagos e canais (considerando as amostras qualitativas e quantitativas), no período de enchente (janeiro/2011).

### 5.2.1.2 - Riqueza taxonômica por compartimento e por período

O número de espécies registrado nos compartimentos diferenciou-se entre os sete períodos amostrados e nos três compartimentos. Considerando essa abrangência amostral uma menor riqueza taxonômica foi observada no rio Madeira, se comparado aos demais compartimentos, exceto na vazante e águas baixas de 2010. Ao contrário do esperado para ambientes lânticos, os Lagos e os canais apresentaram maior riqueza taxonômica apenas na vazante e águas baixas de 2009 e na vazante de 2010. Os Tributários foram mais ricos, sobretudo, em períodos de enchente e águas altas.

Máximo e mínimo de todo o estudo pôde ser observado durante o período de enchente/2011 nos tributários (178 espécies) e no rio Madeira (29 espécies), respectivamente. Já no rio Madeira e nos Lagos e canais as maiores riquezas taxonômicas foram registradas durante a vazante/2010 (Quadro 5.2.1-1).

Quadro 5.2.1-1 - Riqueza taxonômica considerando amostras qualitativas e quantitativas, nos três compartimentos e durante os sete períodos amostrados (vazante/2009 a enchente/2011).

Campanha	Período	Rio	Tributários	Lagos e canais
2	Vazante/2009	30	98	131
3	Águas baixas/2009	72	91	97
4	Enchente/2010	41	87	74
5	Águas altas/2010	53	107	93
6	Vazante/2010	131	113	174
7	Águas baixas/2010	115	95	112
8	Enchente/2011	29	178	135

Considerando o período de enchente/2011 um total de 29 espécies foi registrado no rio Madeira, 178 nos tributários e 135 nos lagos e canais. Diatomáceas foi a classe que mais contribuiu no rio Madeira (46%) e clorofíceas nos tributários (34%) e lagos e canais (41%) (Anexo 7, Quadro 5.2.1-1).

a) Rio Madeira

Considerando os sete períodos hidrológicos no rio Madeira verificou-se que de um modo geral a maior contribuição das classes taxonômicas é compartilhada entre clorofíceas e diatomáceas. Inicialmente (vazante/2009), clorofíceas, diatomáceas e cianobactérias contribuíram igualmente para a riqueza taxonômica. Já nos períodos de águas baixas/2009 e enchente/2010, diatomáceas e clorofíceas foram as classes taxonômicas que mais contribuíram (nessa ordem). Durante a vazante/2010 e águas baixas/2010, clorofíceas e diatomáceas (nessa ordem) foram as classes mais importantes. Na enchente/2011 diatomáceas foi o grupo com maior riqueza taxonômica de todo o estudo. (Figura 5.2.1-3).

Considerando o período de enchente/2011, 46% das espécies foram diatomáceas, tendo as demais classes proporções baixas e equivalentes de contribuição. Na enchente anterior (2009) esse grupo compartilhou com as crisofíceas em número de espécies. (Figura 5.2.1-3).

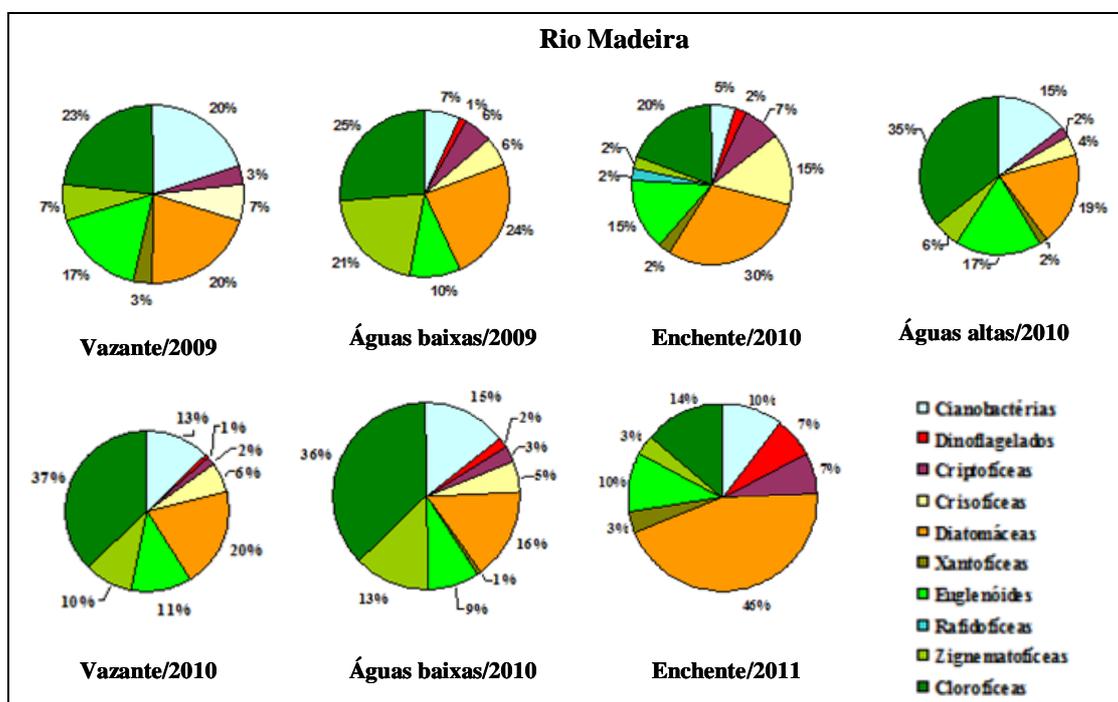


Figura 5.2.1-3 - Riqueza taxonômica no rio Madeira, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

b) Tributários

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados nos Tributários do rio Madeira clorofíceas contribuíram mais para a riqueza taxonômica, principalmente na vazante e águas baixas/2010. Entretanto, durante o período de águas altas/2010 zignematofíceas contribuíram igualmente às clorofíceas (22 e 23% respectivamente, Figura 5.2.1-4).

Considerando a riqueza taxonômica nos tributários somente no período de enchente/2011, diferente do rio Madeira, a classe das clorofíceas foi a que mais contribuiu para a riqueza taxonômica (34%) tendo as demais classes proporções mais baixas, variando entre 2 e 14% do total de espécies. (Figura 5.2.1-4).

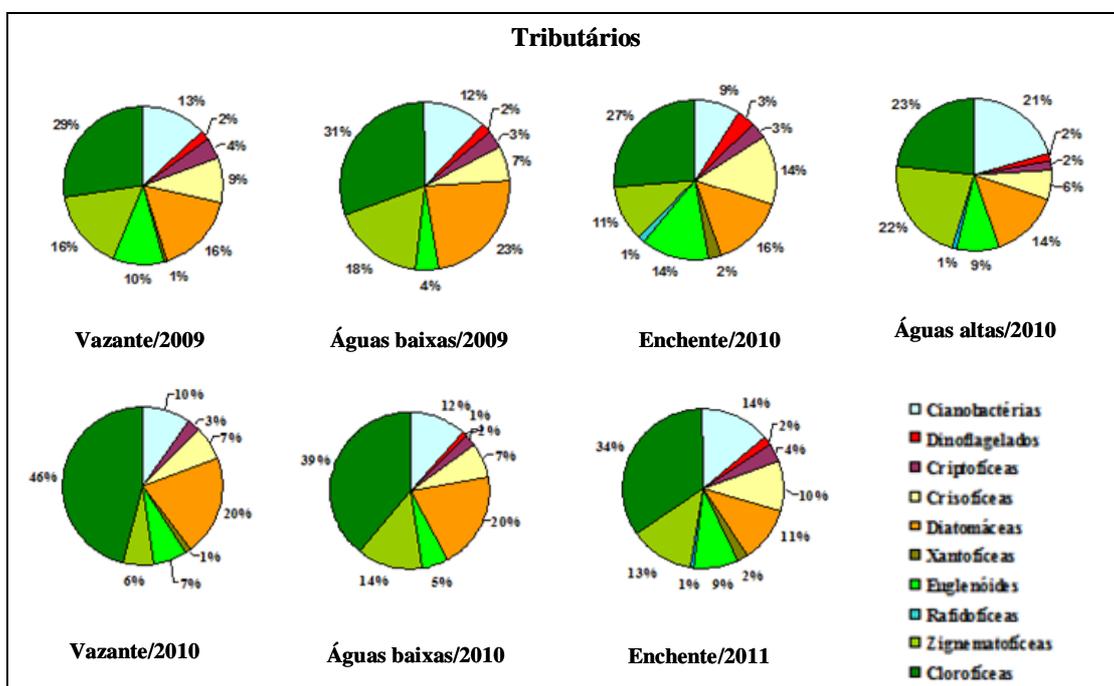


Figura 5.2.1-4 - Riqueza taxonômica nos Tributários do rio Madeira, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

c) Lagos e Canais

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados nos lagos e canais, a classe das clorofíceas foi a que mais contribuiu para a riqueza taxonômica. No entanto, outras classes contribuíram também para a riqueza taxonômica, como as crisofíceas durante a enchente/2010, zignematofíceas e diatomáceas durante as águas baixas/2010.

Considerando a riqueza taxonômica nos lagos e canais somente no período de enchente/2011 as clorofíceas tiveram a maior riqueza taxonômica (41%), sendo a maior contribuição dentre todos os períodos hidrológicos (Figura 5.2.1-5).

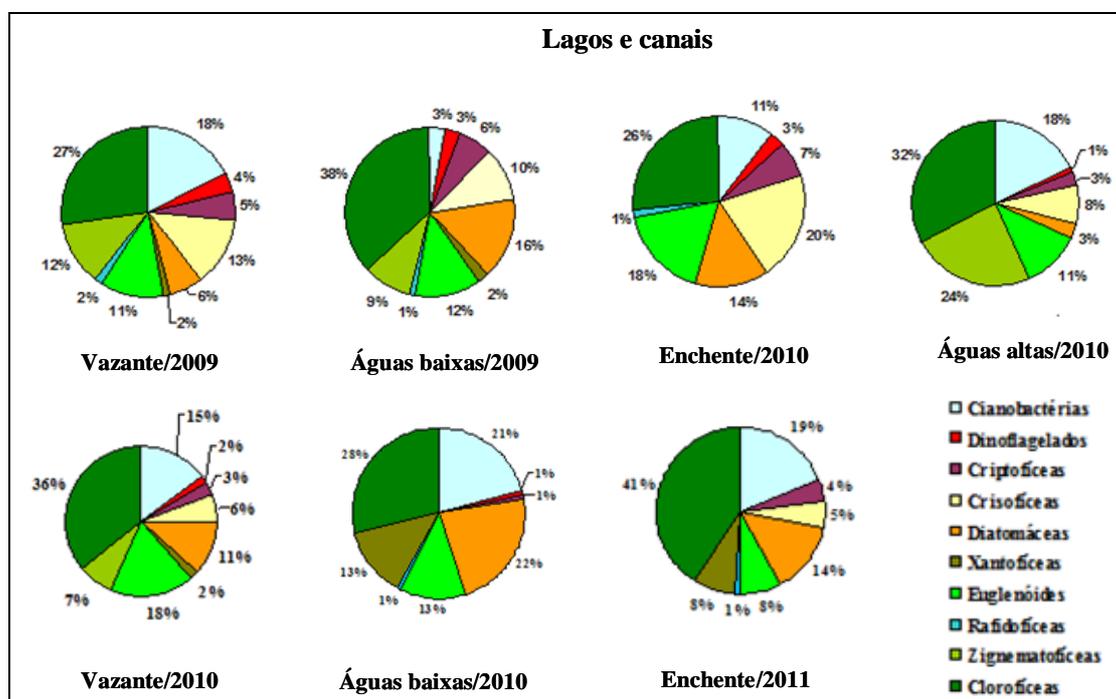


Figura 5.2.1-5 - Riqueza taxonômica nos Lagos e canais do rio Madeira durante os períodos de vazante (junho 2009 e julho/2010), águas baixas (outubro 2009 e setembro/2010), enchente (janeiro 2010 e janeiro/2011) e águas altas (abril 2010).

### 5.2.1.3 - Frequência de ocorrência

O número de espécies registrado apenas nas amostras quantitativas por grupo taxonômico de acordo com sua frequência de ocorrência no rio Madeira, Tributários e Lagos e canais encontra-se no Quadro 5.2.1-2, no Quadro 5.2.1-3 e no Quadro 5.2.1-4, respectivamente.

Considerando o conjunto de dados nos três compartimentos em todos os períodos hidrológicos amostrados é possível reconhecer que a maioria foi composta por espécies esporádicas, cujo número variou por compartimento, de seis (enchente/2011) a 34 espécies (vazante/2010) no rio Madeira; de 17 (enchente/2010) a 76 espécies (enchente/2011) nos tributários e de 28 (enchente/2010) a 60 espécies (vazante/2009 e enchente/2011) nos lagos e canais. Vale ressaltar que o menor número de espécies esporádicas ocorreu, sobretudo, durante o período de enchente e o maior, durante os períodos de enchente e vazante.

Considerando ainda todos os períodos hidrológicos amostrados o conjunto de espécies esporádicas foi composto, sobretudo, por clorofíceas nos três compartimentos. Já nos lagos e canais, o grupo das cianobactérias durante todos os períodos (exceto águas baixas/2009 e enchente/2010) e das crisofíceas, sobretudo, na vazante e águas baixas/2009 e na enchente/2010, também apresentou um número expressivo de espécies esporádicas.

Considerando o conjunto de dados quantitativos as 263 espécies registradas, apenas 31 espécies foram consideradas frequentes e sete muito frequentes no conjunto total de dados. Um resumo das espécies, sua frequência e período hidrológico em que ocorreram encontram-se no Quadro 5.2.1-5. Espécies frequentes ocorreram sobretudo durante o período de águas baixas/2009, enchente/2010 e águas baixas/2010, as quais foram diferentes entre os compartimentos. No rio Madeira as espécies frequentes foram as crisofíceas *Chromulina* cf. *gyrans* e *Chromulina microplankton*, as diatomáceas *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, *Melosira varians* e *Thalassiosira* sp. e o euglenóide *Trachelomonas volvocina*, que ocorreram sobretudo na enchente e águas baixas/2010 e nos tributários as cianobactérias *Aphanocapsa incerta* e *Cyanodictyon* sp.2, a rafidofíceia *Merotrichia* sp. e a clorofíceia *Chlamydomonas* sp.1 Já nos lagos e canais 10 espécies foram exclusivas e frequentes: as cianobactérias *Aphanothece* cf. *conglomerata* e *Planktolyngbya brevicelularis*, o dinoflagelado *Peridinium umbonatum*, a crisofíceia *Chrysococcus punctiformis*, a rafidofíceia *Gonyostomum* sp., a diatomácea *Aulacoseira granulata* var. *granulata*, as clorofíceas *Chlorella* sp.2, *Choricystis guttula/Chlorella acuminata*, *Coenochloris* cf. *hindakii* e *Monoraphidium dybovskii* em períodos hidrológicos variados (Quadro 5.2.1-5).

As espécies muito frequentes ocorreram em número reduzido (1 a 3 por período) em praticamente todos os períodos hidrológicos. *Chlorella homosphaera*, *Chlorella minutissima*, *Choricystis cylindracea* e *Choricystis minor* foram espécies muito frequentes comuns ao rio, tributários e lagos e canais. A espécie *Scenedesmus ellipticus* foi muito frequente no rio Madeira durante o período de águas altas/2010, *Synechococcus elongatus* nos tributários durante o período de águas altas/2010 e *Synechocystis aquatilis* e *Monoraphidium circinale* nos lagos e canais durante enchente e vazante/2010 respectivamente.

**Quadro 5.2.1-2 - Número de espécies por classe taxonômica de acordo com sua frequência de ocorrência no rio Madeira, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho/2009 e janeiro/2011.**

Rio Madeira	Vazante/2009				Águas baixas/2009				Enchente/2010				Águas altas/2010			
	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF
Cianobactérias									1	0	0	0	1	3	2	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Criptofíceas	0	1	0	0	3	1	0	0	2	1	0	0	2	0	0	0
Crisofíceas	1	0	1	0	1	2	0	0	5	1	0	0	1	1	0	0
Diatomáceas	2	0	0	0	4	2	1	0	1	2	0	0	1	1	0	0
Xantofíceas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Euglenóides	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Clorofíceas	1	1	0	4	6	0	1	2	2	4	2	0	7	4	1	3
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

Rio Madeira	Vazante/2010				Águas baixas/2010				Enchente/2011			
	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF
Cianobactérias					3	1	0	0	1	0	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Criptofíceas	1	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0
Crisofíceas	4	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Diatomáceas	7	3	0	0	3	1	3	0	1	0	0	0
Xantofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenóides	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Clorofíceas	14	3	1	1	13	0	4	0	2	0	0	0
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>25</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Esporádicas (E); Pouco Frequentes (PF); Frequentes (F); muito Frequentes (MF).

**Quadro 5.2.1-3 - Número de espécies por classe taxonômica de acordo com sua frequência de ocorrência nos tributários do rio Madeira, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho/2009 e janeiro/2011.**

Tributários	Vazante/2009				Águas baixas/2009				Enchente/2010				Águas altas/2010			
	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF
Cianobactérias	1	2	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	1	3	2	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Criptofíceas	0	1	0	0	3	1	0	0	2	1	0	0	2	0	0	0
Crisofíceas	1	0	1	0	1	2	0	0	5	1	0	0	1	1	0	0
Diatomáceas	2	0	0	0	4	2	1	0	1	2	0	0	1	1	0	0
Xantofíceas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Euglenóides	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Clorofíceas	1	1	0	4	6	0	1	2	2	4	2	0	7	4	1	3
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

Tributários	Vazante/2010				Águas baixas/2010				Enchente/2011			
	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF
Cianobactérias	9	1	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Criptofíceas	1	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0
Crisofíceas	4	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Diatomáceas	7	3	0	0	3	1	3	0	1	0	0	0
Xantofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenóides	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Clorofíceas	14	3	1	1	13	0	4	0	2	0	0	0
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>11</b>		<b>11</b>	<b>25</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Esporádicas (E); Pouco Frequentes (PF); Frequentes (F); muito Frequentes (MF).

**Quadro 5.2.1-4 - Número de espécies por classe taxonômica de acordo com sua frequência de ocorrência nos lagos e canais, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.**

Lagos e canais	Vazante/2009				Águas baixas/2009				Enchente/2010				Águas altas/2010			
	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF
Cianobactérias	15	4	0	1	0	0	0	0	0	3	0	1	10	4	0	0
Dinoflagelados	1	1	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Criptofíceas	5	1	1	0	1	1	3	0	1	3	1	0	1	1	1	0
Crisofíceas	10	3	2	0	10	1	0	0	10	1	1	0	7	0	0	0
Diatomáceas	5	0	0	0	5	2	0	0	4	2	0	0	2	0	0	0
Xantofíceas	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenóides	3	1	0	0	2	1	0	0	4	1	0	0	1	0	0	0
Rafidofíceas	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Clorofíceas	17	5	5	0	13	7	1	0	6	5	1	1	10	1	0	0
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>44</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>32</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

Lagos e canais	Vazante/2010				Águas baixas/2010				Enchente/2011			
	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF	E	PF	F	MF
Cianobactérias	9	4	2	0	11	0	1	0	17	1	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Criptofíceas	2	2	0	0	1	0	0	0	4	1	1	0
Crisofíceas	3	3	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0
Diatomáceas	1	0	0	0	7	1	1	0	5	3	1	0
Xantofíceas	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenóides	4	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Zignematofíceas	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
Clorofíceas	26	9	3	2	11	2	2	1	27	3	3	0
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>21</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>34</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>60</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>0</b>

Esporádicas (E); Pouco Frequentes (PF); Frequentes (F); muito Frequentes (MF).

Quadro 5.2.1-5 - Espécies frequentes (F) e muito frequentes (MF) nos rios, tributários e lagos e canais, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

Espécies	Rio	Tributários	Lagos e canais
<b>Cianobactérias</b>			
<i>Aphanocapsa incerta</i>		F <sup>(5)</sup>	
<i>Aphanothece</i> cf. <i>conglomerata</i>			F <sup>(7)</sup>
<i>Chroococcus minimus</i>	F <sup>(5)</sup>	F <sup>(5)</sup>	
<i>Cyanodictyon</i> sp.2		F <sup>(6)</sup>	
<i>Planktolyngbya brevicularis</i>			F <sup>(6)</sup>
<i>Synechococcus elongatus</i>		MF <sup>(5)</sup>	
<i>Synechocystis aquatilis</i> (2)		F <sup>(5)</sup>	MF <sup>(4)</sup>
<b>Cryptofíceas</b>			
<i>Chroomonas acuta</i>			F <sup>(3)</sup> F <sup>(4)</sup>
<i>Cryptomonas brasiliensis</i>		F <sup>(3)</sup>	F <sup>(3)</sup>
<i>Cryptomonas marssonii</i> (menor)	F <sup>(4)</sup>		F <sup>(3)</sup> F <sup>(5)</sup>
<b>Dinoflagelados</b>			
<i>Peridinium umbonatum</i>			F <sup>(3)</sup>
<b>Crisofíceas</b>			
<i>Chromulina</i> cf. <i>gyrans</i>	F <sup>(4)</sup>		
<i>Chromulina</i> microplankton	F <sup>(4)</sup>		
<i>Chrysococcus punctiformis</i>			F <sup>(4)</sup>
<b>Rafidofíceas</b>			
Chloromonadales			F <sup>(3)</sup>
<i>Merotrichia</i> sp.		F <sup>(4)</sup>	
<b>Diatomáceas</b>			
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>			F <sup>(7)</sup>
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	F <sup>(3)</sup>		
<i>Melosira varians</i>	F <sup>(7)</sup>		
<i>Thalassiosira</i> sp.	F <sup>(7)</sup>		
<b>Euglenóides</b>			
<i>Trachelomonas volvocina</i>	F <sup>(7)</sup>		
<b>Clorofíceas</b>			
<i>Chlamydomonas</i> sp. 1		F <sup>(4)</sup>	
<i>Chlorella homosphaera</i>	MF <sup>(2)</sup> MF <sup>(3)</sup> F <sup>(7)</sup>	MF <sup>(2)</sup> F <sup>(4)</sup> F <sup>(5)</sup>	MF <sup>(2)</sup>
<i>Chlorella minutissima</i>	MF <sup>(2)</sup> MF <sup>(5)</sup> MF <sup>(6)</sup> F <sup>(7)</sup>	MF <sup>(2)</sup> MF <sup>(3)</sup> F <sup>(4)</sup> F <sup>(6)</sup>	MF <sup>(2)</sup> F <sup>(3)</sup> F <sup>(4)</sup> MF <sup>(6)</sup>
<i>Chlorella</i> cf. <i>vulgaris</i>	F <sup>(7)</sup>		F <sup>(8)</sup>

Espécies	Rio	Tributários	Lagos e canais
<i>Chlorella</i> sp. 2			F <sup>(6)</sup>
<i>Choricystis</i> cf. <i>cylindraceae</i>	F <sup>(3)</sup> MF <sup>(4)</sup> F <sup>(6)</sup> F <sup>(7)</sup>	F <sup>(4)</sup>	MF <sup>(4)</sup> F <sup>(6)</sup> MF <sup>(7)</sup>
<i>Choricystis guttula</i> / <i>Chlorella acuminata</i>			F <sup>(6)</sup>
<i>Choricystis minor</i>	MF <sup>(2)</sup> MF <sup>(3)</sup> MF <sup>(4)</sup> F <sup>(6)</sup> F <sup>(7)</sup>	MF <sup>(2)</sup> F <sup>(3)</sup> F <sup>(4)</sup>	
<i>Coenochloris</i> cf. <i>hindakii</i>			F <sup>(7)</sup>
<i>Monoraphidium circinale</i>			MF <sup>(6)</sup> F <sup>(7)</sup> F <sup>(8)</sup>
<i>Monoraphidium dybovskii</i>			F <sup>(8)</sup>

#### a) Rio Madeira

Considerando todos os períodos hidrológicos, o rio Madeira de uma forma geral esteve representado por espécies esporádicas em todos os períodos amostrados. A vazante foi o período em que a frequência de ocorrência de espécies muito frequentes foi um pouco maior (4 espécies). O maior número de espécies esporádicas ocorreu durante a vazante/2010, as quais foram representadas principalmente por clorofíceas (13), cianobactérias (9) e diatomáceas (7) (Quadro 5.2.1-2).

O rio Madeira, no período de enchente/2011, apresentou um total de apenas sete espécies, sendo 6 esporádicas e 1 pouco frequente. Nenhuma espécie foi muito frequente.

#### b) Tributários

No conjunto total de dados, os Tributários apresentaram elevados números de espécies esporádicas e pouco frequentes, as quais foram representadas principalmente por cianobactérias e clorofíceas. Os períodos que mais apresentaram espécies frequentes foram a vazante/2009 e a enchente/2010 (7 e 8 espécies respectivamente). Assim como no rio Madeira, a vazante/2009 foi o período em que a frequência de ocorrência de espécies muito frequentes foi maior (4), sendo também todas clorofíceas (Quadro 5.2.1-3).

No período de enchente/2011, os Tributários apresentaram um total de 87 espécies, sendo 76 esporádicas, 10 poucos frequentes e uma frequente. As espécies esporádicas foram representadas, sobretudo, por cianobactérias e clorofíceas. Nenhuma espécie foi muito frequente (Quadro 5.2.1-3).

### c) Lagos e canais

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados, o maior número de espécies esporádicas ocorreu nos Lagos e canais e variou de 28 durante o período de enchente/2010 a 60 espécies tanto na vazante/2009 como na enchente/2011 (**Quadro 5.2.1-4**). A maioria das espécies esporádicas foi representada por cianobactérias e clorofíceas, porém outras classes tiveram importante contribuição como crisofíceas durante a vazante e águas baixas/2009, e enchente/2010 com 10 espécies em cada época.

Lagos e canais no período de **enchente/2011** apresentaram um total de 73 espécies sendo 60 esporádicas, oito poucos frequentes e uma frequente. Nenhuma espécie foi muito frequente.

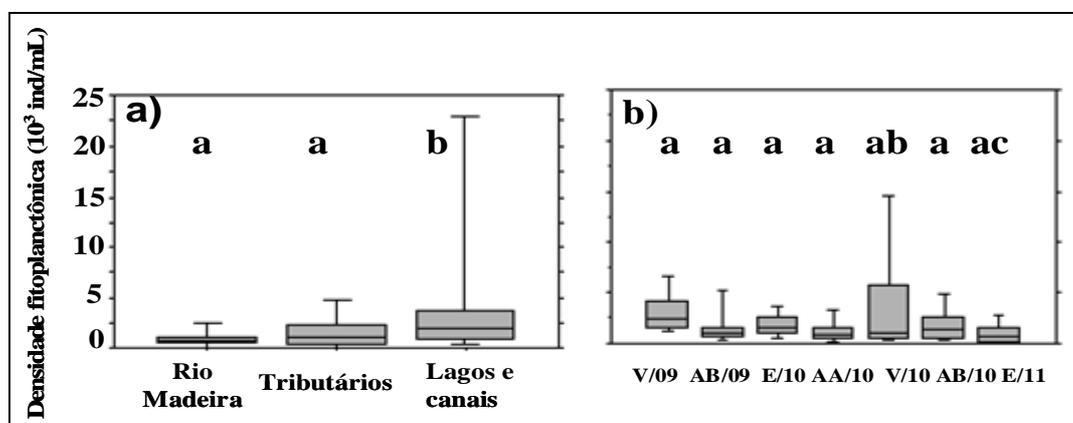
Vale destacar que a **frequência de ocorrência** não leva em consideração a biomassa ou a densidade das espécies, não refletindo por isso, a real contribuição das mesmas para a comunidade. Em outras palavras, para uma comunidade dinâmica e sujeita a grandes oscilações em sua estrutura, a presença ou não de uma dada espécie em uma determinada época e/ou compartimento, não é uma variável importante no seu monitoramento. Assim sendo, recomenda-se a exclusão da apresentação de frequência de ocorrência da comunidade fitoplanctônica.

#### 5.2.1.4 - Densidade absoluta e densidade relativa

As densidades das populações de algas, expressas em indivíduos por mililitro (ind/mL), registradas durante os sete períodos hidrológicos amostrados no rio Madeira, Tributários e Lagos e canais encontram-se nos **Anexos 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14**, respectivamente.

As densidades da comunidade fitoplanctônica nos sete períodos hidrológicos amostrados e nos três compartimentos (rio Madeira, Tributários e Lagos e canais) variaram desde ausência de algas no rio Madeira durante a enchente/2011 (MON.05, MON.02, JUS.01 e JUS.02), nos tributários durante a enchente/2010 (BEL), enchente/2011 (CAR-S e CAR-F) e águas baixas/2010 (JAT I) e nos lagos e canais (LC.01-F), durante o período de águas altas/2010, à 69991 ind./mL em LC.02 na enchente/2010.

Lagos e canais apresentaram densidades significativamente maiores se comparados ao rio Madeira e aos Tributários (Figura 5.2.1-6a;  $p=0,001$ ). Considerando os períodos hidrológicos, apenas a vazante/2010 se diferenciou da enchente/2011 ( $p=0,05$ ; Figura 5.2.1-6b). De modo geral, as clorofíceas dominaram em densidade no rio Madeira em todos os períodos, nos Tributários na vazante/2009 e nos Lagos e canais nas águas baixas/2009. Crisofíceas destacaram-se nos Tributários na enchente/2010, criptofíceas nos Tributários e Lagos e canais nas águas altas/2010 e cianobactérias na vazante/2009 e enchente/2010 nos Lagos e Canais (Figura 5.2.1-7c, Figura 5.2.1-8c e Figura 5.2.1-9c).



(a) nos compartimentos rio Madeira, Tributários e Lagos e canais; e (b) nos quatro períodos hidrológicos (V) vazante, (AB) águas baixas, (E) enchente e (AA) águas altas nos anos de 2009=09, 2010=10 e 2011=11. A linha dentro das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. Letras diferentes significam diferenças significativas (Fisher test  $p > 0,05$ ).

Figura 5.2.1-6 - "Box-plots" da densidade fitoplanctônica

#### a) Rio Madeira

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados no rio Madeira a maior densidade média ocorreu na vazante/2009 (3.572 ind/mL) e foi cerca de 40 vezes maior que a média na enchente/2011 (89 ind/mL - Figura 5.2.1-7.a, quando foram registrados os menores valores médios de densidade. O grupo das clorofíceas foi o que mais contribuiu para a densidade em todos os períodos hidrológicos, mas principalmente durante a vazante/2009 e águas altas/2010, diatomáceas contribuíram mais durante as águas baixas/2010 e criptofíceas durante a enchente/2011 (Figura 5.2.1-7.b e Figura 5.2.1-7.c).

A densidade absoluta no período de enchente/2011 no rio Madeira variou desde ausência de algas em MON.02, MON.05, JUS.01 e JUS.02 a 298 ind/mL em MON.04, sendo a densidade média de 89 ind/mL nesse período (Figura 5.2.1-7.a. O grupo taxonômico dominante foi o dos euglenóides em MON.04, contribuindo com aproximadamente 80% e o das criptofíceas em MON.03 e MON.02 com 100% de contribuição. Em JUS. 03 dinoflagelados e cianobactérias contribuíram com aproximadamente 50% da densidade, os outros 50% de contribuição foi dado pelas clorofíceas (Figura 5.2.1-7.c.

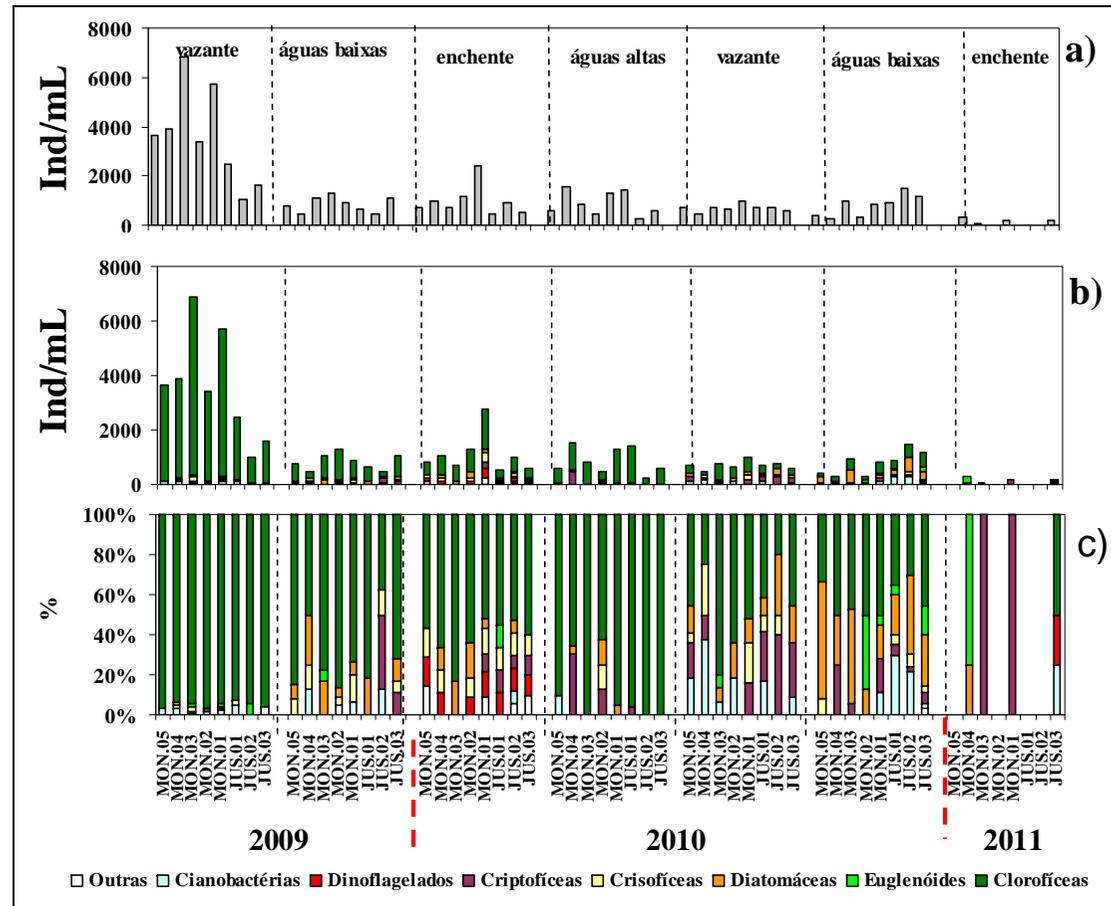


Figura 5.2.1-7 - Densidade absoluta total (a) e por grupo taxonômico (b), e densidade relativa (c) dos principais grupos taxonômicos da comunidade fitoplânctônica no rio Madeira, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

## b) Tributários

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados nos tributários a maior densidade média ocorreu durante a vazante/2009 (2.476 ind/mL) e foi três vezes maior do que a menor densidade média que ocorreu durante o período de águas altas/2010 (886 ind/mL) (Figura 5.2.1-8.a). Clorofíceas e criptofíceas foram as classes taxonômicas que mais contribuíram para a densidade total nos tributários, sobretudo, durante os períodos de vazante/2009 e águas altas/2010 (Figura 5.2.1-8.b e Figura 5.2.1-8.c).

A densidade absoluta total nos Tributários no período de enchente/2011 variou de ausência de algas em CAR-S e CAR-F a 4.787 ind/mL em JAC.01. Esse período foi representado principalmente por clorofíceas e cianobactérias, porém assim como na enchente/2010, as crisofíceas apareceram com expressiva contribuição relativa para a densidade total (Figura 5.2.1-8.c).

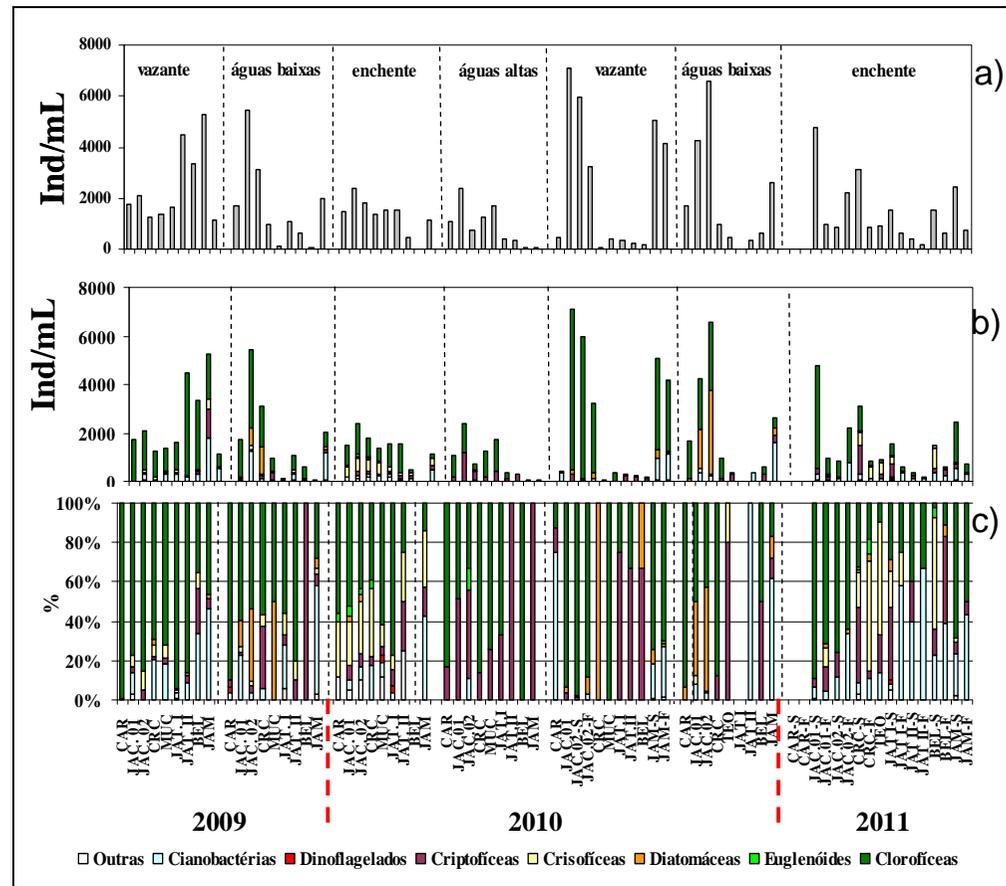


Figura 5.2.1-8 - Densidade absoluta total (a) e por grupo taxonômico (b), e densidade relativa (c) dos principais grupos taxonômicos da comunidade fitoplânctônica nos Tributários, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

### c) Lagos e canais

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados a densidade média nos lagos e canais variou de 2.706 ind/mL na enchente/2011 a 69.991 ind./mL na enchente/2010 (Figura 5.2.1-9.a. Três valores extremos foram registrados neste compartimento lântico: CC.01, vazante/2009 (49.755 ind/mL); LC.02, enchente/2010 (69.991 ind./mL) e CUJ, águas altas/2010 (41.809 ind/mL). (Figura 5.2.1-9.a. Cianobactérias foi a classe que mais contribuiu para a densidade total durante a vazante/2009 e enchente/2010, clorofíceas durante a vazante/2010 e águas baixas/2009 e 2010, criptofíceas durante as águas altas/2010, euglenóides e em alguns pontos diatomáceas durante a enchente/2011 (Figura 5.2.1-9.b e Figura 5.2.1-9.c.

A densidade absoluta total na enchente/2011 variou de 60 ind/mL em LC.02 fundo à 19.522 ind/mL em CUJ. As densidades absolutas no fundo foram sempre menores do que na superfície em LC.01 e LC.02 (Figura 5.2.1-9.a. A alta densidade absoluta em CUJ deu-se pela maior contribuição de cianobactérias naquele lago (Figura 5.2.1-9.b. Diferentes grupos taxonômicos contribuíram para a densidade total nos Lagos e canais no período de enchente/2011. Em MIG as criptofíceas contribuíram com aproximadamente 80% e em CUJ as cianobactérias. O lago Cuniã e o seu canal apresentaram diversificada contribuição dos grupos taxonômicos. Criptofíceas contribuíram mais em CC.01 e LC.01 (2 m), essa mesma classe taxonômica juntamente com as diatomáceas contribuíram para a densidade total em LC.01-F (6 m). Diatomáceas contribuíram com 100% da densidade total em LC.02-F e, nos demais locais de coletas, euglenóides contribuíram de 40% à 80% para a densidade total (Figura 5.2.1-9.c.

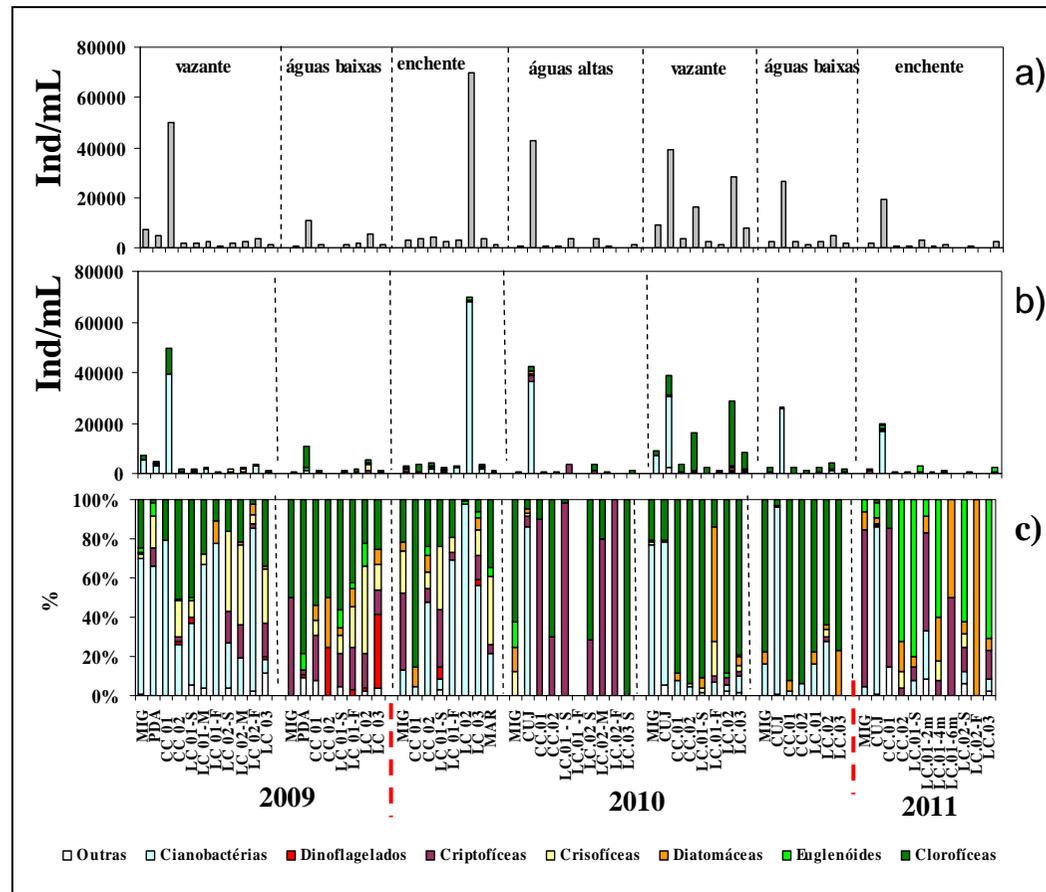


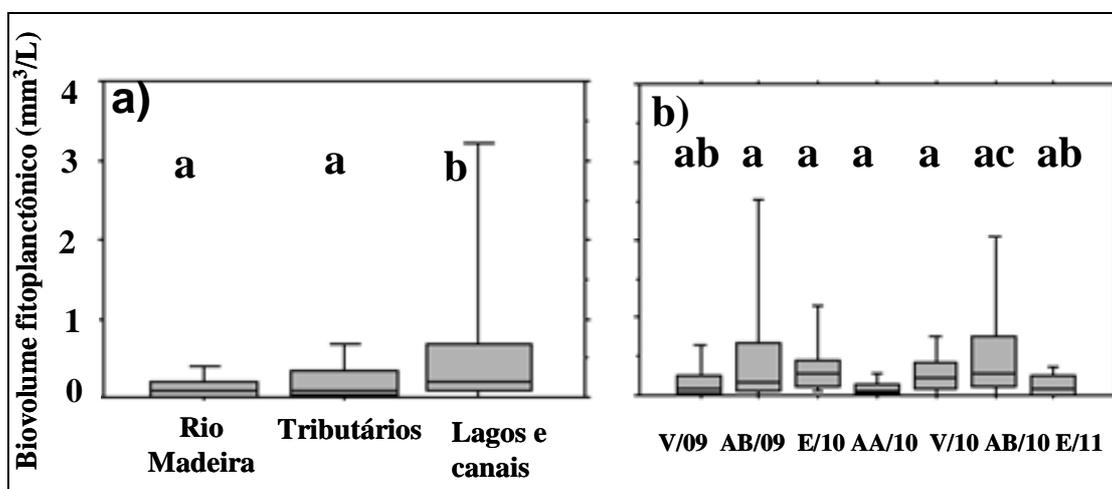
Figura 5.2.1-9 - Densidade absoluta total (a) e por grupo taxonômico (b), e densidade relativa (c) dos principais grupos taxonômicos da comunidade fitoplânctônica nos Lagos e canais, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

### 5.2.1.5 - Biovolume absoluto e biovolume relativo

O biovolume das populações de algas expressas em  $\text{mm}^3$  de alga por litro de água dos sistemas ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) registrado nos sete períodos hidrológicos amostrados no rio Madeira, Tributários e Lagos e canais encontram-se nos **Anexos 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21**. Conforme esperado, o panorama da comunidade fitoplanctônica quando expresso em biovolume foi bastante diferente, se comparado à densidade, pois leva em consideração não somente o número de indivíduos, mas também seu tamanho e, conseqüentemente, seu volume.

No conjunto total dos dados nos compartimentos (rio Madeira, Tributários e Lagos e canais) e durante os sete períodos hidrológicos (vazante/2009, águas baixas/2009, enchente/2010, águas altas/2010, vazante/2010, águas baixas/2010 e enchente/2011) o biovolume da comunidade fitoplanctônica variou desde ausência de algas no rio Madeira durante a enchente/2011 (MON.05, MON.02, JUS.01 e JUS.02), nos tributários durante a enchente/2010 (BEL), enchente/2011 (CAR-S e CAR-F) e águas baixas/2010 (JAT I) e nos lagos e canais (LC.01-F) durante as águas altas/2010 até  $16 \text{ mm}^3/\text{L}$  em CUJ nas águas baixas/2010.

Lagos e canais apresentaram biovolume significativamente maior se comparados ao rio Madeira e seus Tributários ( $p < 0,001$ ; **Figura 5.2.1-10.a**). As medianas do biovolume entre os diferentes períodos diferenciaram-se apenas entre a vazante/2009 e águas baixas/2010 ( $p = 0,03$ ) e entre as águas baixas/2010 e enchente/2011 ( $p = 0,02$ ; **Figura 5.2.1-10.b**). A contribuição das classes taxonômicas para o biovolume total foi variada nos diferentes compartimentos e em um mesmo compartimento mais de uma classe taxonômica apresentou importante contribuição para o biovolume em diferentes estações de coleta. Clorofíceas e diatomáceas foram as classes que, em linhas gerais, mais contribuíram no rio Madeira, clorofíceas, criptofíceas e cianobactérias nos tributários e clorofíceas, diatomáceas e cianobactérias nos lagos e canais (**Figura 5.2.1-11, Figura 5.2.1-12 e Figura 5.2.1-13**).



(a) nos compartimentos rio Madeira, Tributários e Lagos e canais; e b) nos quatro períodos hidrológicos (V) vazante, (AB) águas baixas, (E) enchente e (AA) águas altas nos anos de 2009=09, 2010=10 e 2011=11. A linha dentro das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. Letras diferentes significam diferenças significativas (Fisher test  $p > 0,05$ )

Figura 5.2.1-10 - "Box-plots" do biovolume fitoplanctônico.

#### a) Rio Madeira

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados no rio Madeira, o maior biovolume médio ocorreu durante o período de águas baixas/2010 ( $0,343 \text{ mm}^3/\text{L}$ ) e o menor durante o período de águas altas/2010 ( $0,003 \text{ mm}^3/\text{L}$ ). De um modo geral a classe das diatomáceas foi a que mais contribuiu para o biovolume total, porém outras classes como clorofíceas tiveram importante contribuição, sobretudo, durante a vazante/2009 e águas altas/2010. Euglenóides foram importantes durante o período de águas baixas/2010 e criptofíceas em algumas estações durante as águas altas/2010 e enchente/2011 (Figura 5.2.1-11.b e Figura 5.2.1-11.c).

O biovolume absoluto no período de enchente/2011 variou desde ausência de algas em MON.05, MON.02, JUS.01 e JUS.02 até  $0,226 \text{ mm}^3/\text{L}$  em JUS.03, sendo o biovolume médio de  $0,041 \text{ mm}^3/\text{L}$ . A contribuição das classes taxonômicas no rio Madeira variou por estação de coleta, sendo representada praticamente por uma classe em cada uma dessas estações com contribuição de 90% a 100%: diatomáceas em MON.04, criptofíceas em MON.03 e MON.01 e dinoflagelados em JUS.03 (Figura 5.2.1-11.c).

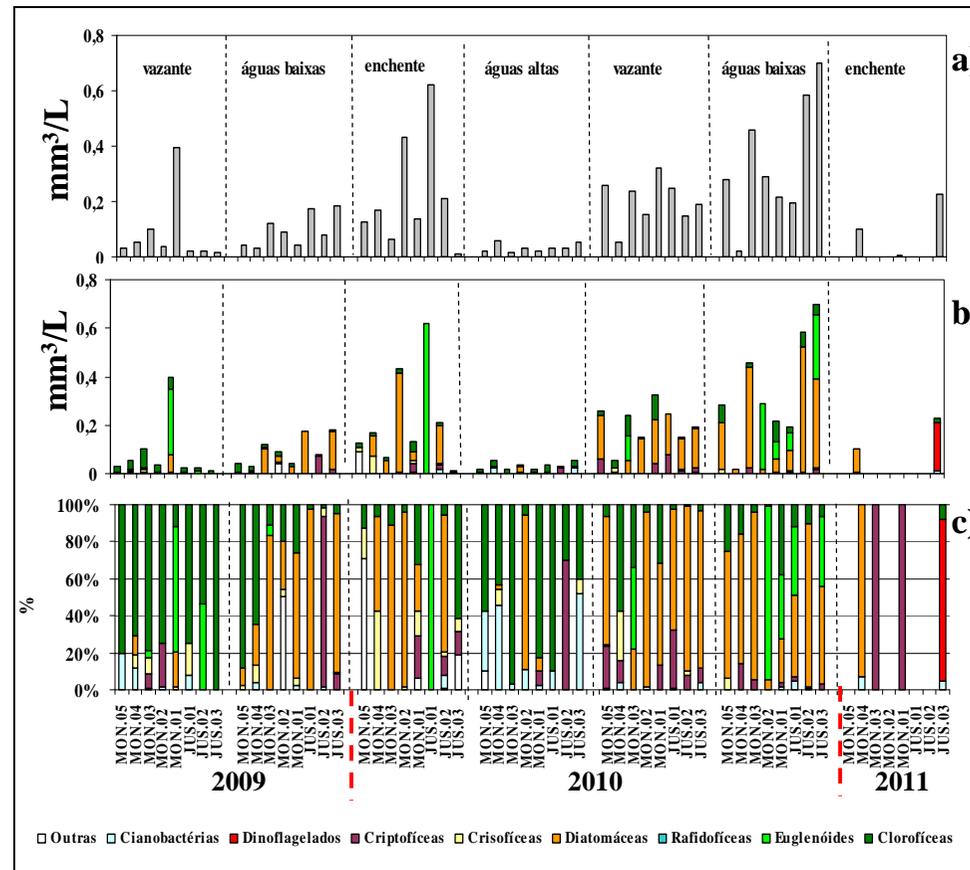


Figura 5.2.1-11 - Biovolume absoluto total (a) e por grupo taxonômico (b), e biovolume relativo (c) dos principais grupos taxonômicos da comunidade fitoplânctônica no rio Madeira, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

## b) Tributários

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados nos tributários o maior biovolume médio ocorreu durante o período de águas baixas/2009 (0,626 mm<sup>3</sup>/L) e o menor durante a vazante/2009 (0,008 mm<sup>3</sup>/L). Observou-se uma mudança na contribuição dos grupos taxonômicos nos diferentes períodos e estações amostrais dos tributários, havendo contribuição de mais de um grupo por período hidrológico. De um modo geral, clorofíceas, criptofíceas e crisofíceas contribuíram mais durante a vazante/2009, diatomáceas e criptofíceas nas águas baixas/2009, rafidofíceas e dinoflagelados na enchente/2010, cianobactérias, crisofíceas e criptofíceas nas águas baixas/2010, clorofíceas, criptofíceas e diatomáceas na vazante e águas baixas/2010. Nesse último período, TEO e JAT foram exceções, onde euglenóides (95%) e cianobactérias (100%) dominaram, respectivamente.

O biovolume absoluto total no período de enchente/2011 nos tributários variou desde ausência de algas em CAR-S e CAR-F até 0,593 mm<sup>3</sup>/L em CRC-S (Figura 5.2.1-12.a). De um modo geral os grupos taxonômicos que mais contribuíram para o biovolume total nos tributários foram clorofíceas e criptofíceas, porém dinoflagelados foram importantes em TEO, diatomáceas em JAC.01-S e BEL-F e crisofíceas em CRC-F e JAT. I-F (Figura 5.2.1-12.b e Figura 5.2.1-12.c).

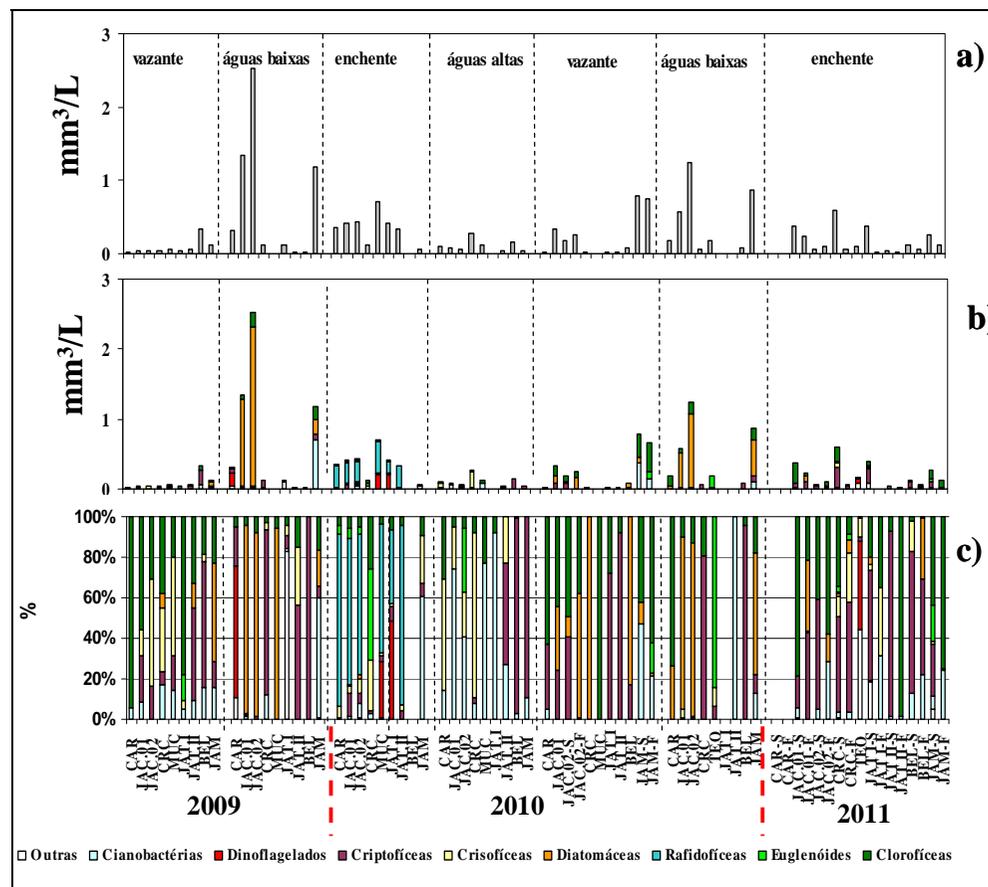


Figura 5.2.1-12 - Biovolume absoluto total (a) e por grupo taxonômico (b) e biovolume relativo (c) dos principais grupos taxonômicos da comunidade fitoplânctônica nos Tributários, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

### c) Lagos e canais

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados nos **Lagos e canais** o maior biovolume médio ocorreu nas águas baixas/2010 (3,263 mm<sup>3</sup>/L) e o menor na vazante/2009 (0,371 mm<sup>3</sup>/L). Os grupos taxonômicos diversos e sem dominância de um grupo sobre o outro na vazante/2009 e na enchente/2010. Cianobactérias e criptofíceas contribuíram mais para o biovolume total durante as águas altas/2010; diatomáceas, clorofíceas e cianobactérias durante a vazante/2010 e águas baixas/2010; e diatomáceas durante a enchente/2011 (**Figura 5.2.1-13.a** e **Figura 5.2.1-13.b**).

O biovolume absoluto nos Lagos e canais no período de **enchente/2011** variou de 0,082 mm<sup>3</sup>/L a 3,035 mm<sup>3</sup>/L em CUJ, com biovolume médio de 0,489 mm<sup>3</sup>/L. Em CUJ ocorreu o maior biovolume desse período representado principalmente por cianobactérias (**Figura 5.2.1-13.b** e **Figura 5.2.1-13.c**). De uma forma geral o grupo taxonômico que mais contribuiu foi das diatomáceas, seguido de clorofíceas. No entanto, euglenóides foram importantes em CC.01 e LC.01-2 m e cianobactérias em LC.01-2 m, além de CUJ como já mencionado (**Figura 5.2.1-13.c**).

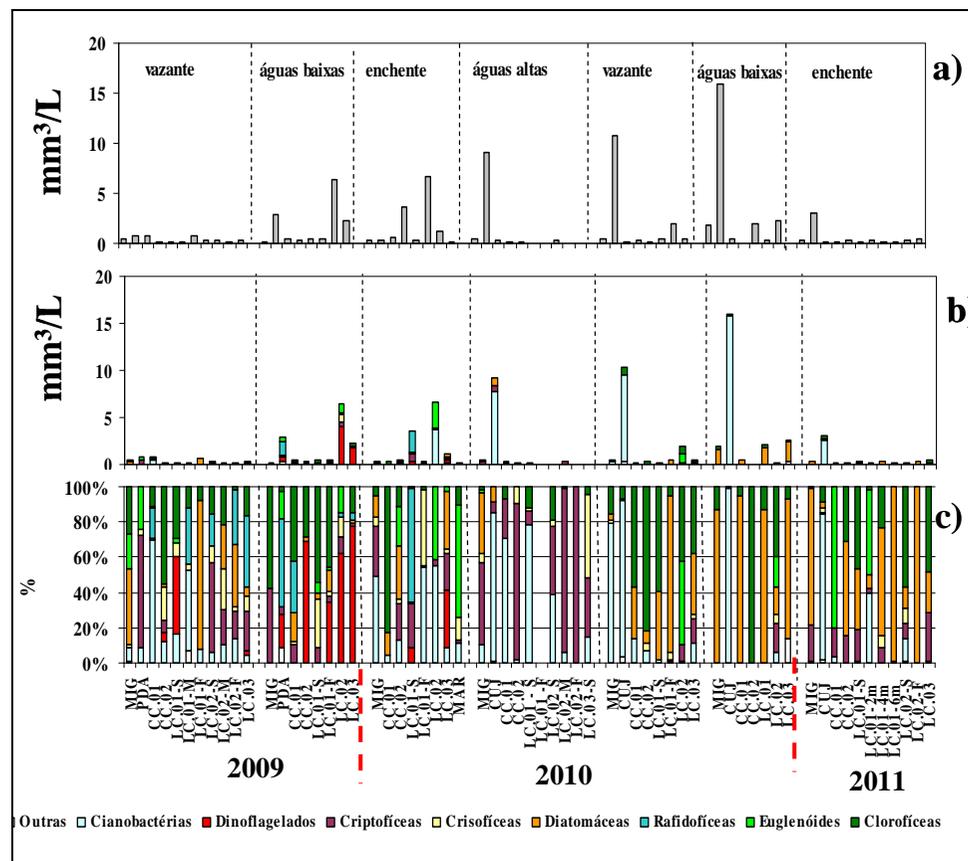


Figura 5.2.1-13 - Biovolume absoluto total (a) e por grupo taxonômico (b) e biovolume relativo (c) dos principais grupos taxonômicos da comunidade fitoplânctônica nos Lagos e canais, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

### 5.2.1.6 - Densidade e biovolume relativos das populações

O número de espécies por grupo taxonômico, de acordo com sua contribuição para a densidade total encontra-se no Quadro 5.2.1-6, no Quadro 5.2.1-7 e no Quadro 5.2.1-8, e de acordo com sua contribuição para o biovolume total, no Quadro 5.2.1-9, no Quadro 5.2.1-10 e no Quadro 5.2.1-11. As populações fitoplanctônicas tanto em densidade quanto em biovolume foram, em sua maioria, representadas por espécies raras no rio Madeira, Tributários e Lagos e canais, durante os sete períodos hidrológicos estudados.

Espécies abundantes e dominantes tanto em densidade como em biovolume ocorreram em número muito pequeno (7) e pertenceram às clorofíceas (*Choricystis minor*), às cianobactérias (*Planktolyngbya bipunctata*, *Synechocystis aquatilis*), aos euglenóides (*Trachelomonas armata*, às rafidofíceas (*Merotrichia* sp.), às diatomáceas (*Aulacoseira granulata* var. *angustissima*) e aos dinoflagelados (*Durinskia* sp.)

Considerando a contribuição para a densidade total, a espécie *Choricystis minor* foi abundante ou dominante no rio Madeira durante a vazante/2009 e águas altas/2010, e abundante nos tributários na vazante/2009. Já *Synechocystis aquatilis* foi abundante ou dominante nos lagos e canais durante a vazante/2009 e enchente/2010 (no Quadro 5.2.1-6, no Quadro 5.2.1-7 e no Quadro 5.2.1-8).

No que diz respeito ao biovolume, *Planktolyngbya bipunctata* foi dominante nos Lagos e canais durante as águas altas/2010, *Trachelomonas armata* foi abundante no rio Madeira durante a vazante/2009, *Merotrichia* sp. nos tributários durante a enchente 2010, *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* nos tributários nas águas baixas/2010 e *Durinskia* sp. no rio Madeira durante a enchente/2011 (Quadro 5.2.1-9, Quadro 5.2.1-10 e Quadro 5.2.1-11).

#### a) Rio Madeira

O período de vazante/ 2010 foi o período com maior contribuição de espécies raras no rio Madeira, tanto em densidade (47 espécies) quanto em biovolume (41 espécies). Já a enchente/2011 foi o período com menor contribuição de espécies raras em densidade (4 espécies) e biovolume (5 espécies) (Quadro 5.2.1-6 e Quadro 5.2.1-9). No período de enchente/2011 seis espécies foram consideradas raras em densidade e biovolume. A diatomácea *Diploneis* sp. foi considerada pouco abundante em densidade e biovolume, e a

criptofíceia *Chroomonas acuta* e a cianobactéria *Synechocystis aquatilis*, pouco abundantes em densidade. O dinoflagelado *Durinskia* sp. foi abundante em biovolume.

#### b) Tributários

Águas altas/2010 foi o período com menor contribuição de espécies raras em densidade (26 espécies) e a vazante/2009 o período com menor contribuição em biovolume (14 espécies; Quadro 5.2.1-7 e Quadro 5.2.1-10). No período de enchente/2011 não foram constatadas espécies abundantes ou dominantes nem em densidade nem em biovolume (Quadro 5.2.1-6 e Quadro 5.2.1-9). Um total de 86 e 83 espécies foram consideradas raras em densidade e biovolume, respectivamente. Esse foi o período com maior contribuição de espécies raras nos tributários tanto em densidade quanto em biovolume.

#### c) Lagos e canais

Três espécies foram consideradas pouco abundantes nos lagos e canais, todas cianobactérias: duas em biovolume (*Planktolyngbya regularis* e *Microcystis wesenbergii*) e uma em densidade (*Aphanocapsa delicatissima*). A vazante/2009 foi o período com maior número de espécies raras tanto em densidade (83 espécies) quanto em biovolume (82 espécies). Já nas águas altas/2009 ocorreu a menor contribuição de espécies raras em densidade (37 espécies) e nas águas baixas/2010 a menor contribuição de espécies raras em biovolume (33 espécies; Quadro 5.2.1-8 e Quadro 5.2.1-11).

Na enchente/2011 não houve espécies abundantes e dominantes em densidade ou biovolume. Um total de 74 espécies foram consideradas raras em densidade e 73 em biovolume.

Quadro 5.2.1-6 - Número de espécies por classe taxonômica de acordo com sua contribuição para a densidade total no rio Madeira, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

Rio Madeira	Vazante/2009				Águas baixas/2009				Enchente/2010				Águas altas/2010			
	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D
Cianobactérias	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	6	0	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Criptofíceas	1	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0
Crisofíceas	2	0	0	0	3	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0	0
Diatomáceas	2	0	0	0	7	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0
Xantofíceas	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Euglenóides	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Clorofíceas	4	1	0	1	9	1	1	0	6	2	0	0	14	0	1	0
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>28</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>27</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

Rio Madeira	Vazante/2010				Águas baixas/2010				Enchente/2011			
	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D
Cianobactérias	10	0	0	0	5	0	0	0	1	1	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Criptofíceas	3	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0
Crisofíceas	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Diatomáceas	10	0	0	0	5	2	0	0	0	1	0	0
Xantofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenóides	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Clorofíceas	18	1	0	0	16	1	0	0	2	0	0	0
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Raras (R); Pouco Abundantes (PA); Abundantes (A); Dominantes (D).

Quadro 5.2.1-7 - Número de espécies por classe taxonômica de acordo com sua contribuição para a densidade total nos tributários, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

Tributários	Vazante/2009				Águas baixas/2009				Enchente/2010				Águas altas/2010			
	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D
Cianobactérias	10	0	0	0	10	0	0	0	6	0	0	0	8	3	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Criptofíceas	4	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0
Crisofíceas	6	0	0	0	4	0	0	0	10	0	0	0	6	0	0	0
Diatomáceas	3	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Xantofíceas	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Euglenóides	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clorofíceas	19	0	1	0	14	2	0	0	11	2	0	0	9	1	0	0
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>43</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Tributários	Vazante/2010				Águas baixas/2010				Enchente/2011			
	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D
Cianobactérias	6	0	0	0	6	2	0	0	21	0	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Criptofíceas	2	0	0	0	2	0	0	0	7	0	0	0
Crisofíceas	0	0	0	0	2	0	0	0	12	0	0	0
Diatomáceas	5	0	0	0	4	1	0	0	6	0	0	0
Xantofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Euglenóides	1	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Zignematofíceas	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Clorofíceas	20	3	0	0	20	0	0	0	32	1	0	0
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>35</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>86</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Raras (R); Pouco Abundantes (PA); Abundantes (A); Dominantes (D).

**Quadro 5.2.1-8 - Número de espécies por classe taxonômica de acordo com sua contribuição para a densidade total nos lagos e canais, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho/2009 e janeiro/2011.**

Lagos e Canais	Vazante/2009				Águas baixas/2009				Enchente/2010				Águas altas/2010			
	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D
Cianobactérias	18	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	1	12	0	0	0
Dinoflagelados	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Criptofíceas	7	0	0	0	6	0	0	0	5	0	0	0	3	0	0	0
Crisofíceas	17	0	0	0	10	1	0	0	12	0	0	0	7	0	0	0
Diatomáceas	5	0	0	0	7	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0	0
Xantofíceas	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenóides	3	0	0	0	4	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0
Rafidofíceas	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Clorofíceas	26	1	0	0	20	1	0	0	13	0	0	0	11	0	0	0
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>52</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>47</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>37</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Lagos e Canais	Vazante/2010				Águas baixas/2010				Enchente/2011			
	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D
Cianobactérias	6	0	0	0	10	2	0	0	18	1	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Criptofíceas	4	0	0	0	1	0	0	0	6	0	0	0
Crisofíceas	6	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0
Diatomáceas	8	0	0	0	8	0	0	0	9	0	0	0
Xantofíceas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenóides	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	5	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0
Clorofíceas	39	1	0	0	15	1	0	0	34	0	0	0
<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>74</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Raras (R); Pouco Abundantes (PA); Abundantes (A); Dominantes (D).

**Quadro 5.2.1-9 - Número de espécies por classe taxonômica de acordo com sua contribuição para o biovolume total no rio Madeira, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.**

Rio Madeira	Vazante/2009				Águas baixas/2009				Enchente/2010				Águas altas/2010			
	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D
Cianobactérias	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	5	1	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Criptofíceas	1	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0
Crisofíceas	2	0	0	0	3	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0
Diatomáceas	1	1	0	0	4	3	0	0	3	1	0	0	1	1	0	0
Xantofíceas	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Euglenóides	2	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Clorofíceas	4	2	0	0	11	0	0	0	8	0	0	0	13	2	0	0
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>27</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Rio Madeira	Vazante/2010				Águas baixas/2010				Enchente/2011			
	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D
Cianobactérias	6	0	0	0	5	0	0	0	2	0	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Criptofíceas	2	1	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0
Crisofíceas	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Diatomáceas	9	1	0	0	6	1	0	0	0	1	0	0
Xantofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenóides	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clorofíceas	19	0	0	0	15	0	0	0	2	0	0	0
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>34</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

Raras (R); Pouco Abundantes (PA); Abundantes (A); Dominantes (D).

**Quadro 5.2.1-10 - Número de espécies por classe taxonômica de acordo com sua contribuição para o biovolume total nos tributários, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.**

Tributários	Vazante/2009				Águas baixas/2009				Enchente/2010				Águas altas/2010			
	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D
Cianobactérias	10	0	0	0	10	0	0	0	6	0	0	0	11	0	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Criptofíceas	3	1	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0	0
Crisofíceas	6	0	0	0	4	0	0	0	10	0	0	0	5	1	0	0
Diatomáceas	3	0	0	0	6	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Xantofíceas	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Euglenóides	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clorofíceas	19	1	0	0	16	0	0	0	13	0	0	0	7	0	0	0
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>44</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Tributários	Vazante/2010				Águas baixas/2010				Enchente/2011			
	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D
Cianobactérias	5	1	0	0	5	0	0	0	20	0	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Criptofíceas	3	0	0	0	2	0	0	0	5	2	0	0
Crisofíceas	0	0	0	0	2	0	0	0	12	0	0	0
Diatomáceas	4	1	0	0	3	2	1	0	6	0	0	0
Xantofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Euglenóides	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Zignematofíceas	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Clorofíceas	21	1	0	0	20	0	0	0	32	0	0	0
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>83</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Raras (R); Pouco Abundantes (PA); Abundantes (A); Dominantes (D).

**Quadro 5.2.1-11 - Número de espécies por classe taxonômica de acordo com sua contribuição para o biovolume total nos lagos e canais, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho/2009 e janeiro/2011.**

Lagos e Canais	Vazante/2009				Águas baixas/2009				Enchente/2010				Águas altas/2010			
	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D
Cianobactérias	19	1	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	13	0	0	1
Dinoflagelados	2	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Criptofíceas	6	1	0	0	6	0	0	0	5	0	0	0	2	0	0	0
Crisofíceas	17	0	0	0	11	0	0	0	12	0	0	0	7	0	0	0
Diatomáceas	4	1	0	0	7	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0
Xantofíceas	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenóides	3	0	0	0	4	0	0	0	4	1	0	0	1	0	0	0
Rafidofíceas	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Clorofíceas	26	1	0	0	21	0	0	0	13	0	0	0	9	0	0	0
<b>Total</b>	<b>82</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>51</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>45</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

Lagos e Canais	Vazante/2010				Águas baixas/2010				Enchente/2011			
	R	PA	A	D	R	PA	A	D	R	PA	A	D
Cianobactérias	13	2	0	0	7	3	0	0	17	2	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Criptofíceas	4	0	0	0	1	0	0	0	6	0	0	0
Crisofíceas	6	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0
Diatomáceas	8	0	0	0	5	1	0	0	9	0	0	0
Xantofíceas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euglenóides	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Rafidofíceas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zignematofíceas	5	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0
Clorofíceas	39	0	0	0	16	0	0	0	34	0	0	0
<b>Total</b>	<b>79</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>73</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Raras (R); Pouco Abundantes (PA); Abundantes (A); Dominantes (D).

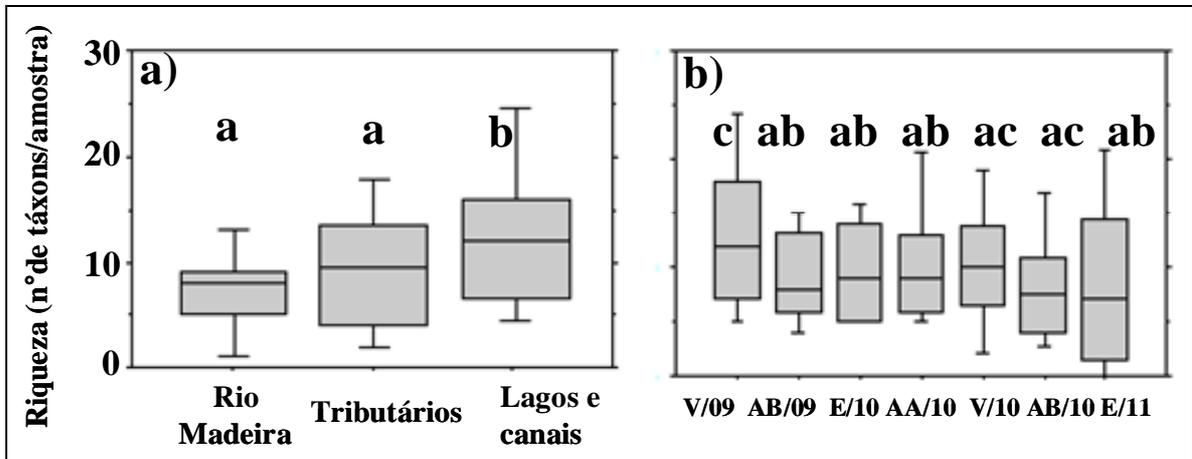
Vale destacar que **abundância relativa**, apresentada na forma de **densidade e biovolume relativos das populações**, que considera a contribuição relativa de uma dada espécie em relação ao total da população é uma abordagem pouco representativa para compreensão da estrutura da comunidade fitoplanctônica no ambiente. Em trabalhos recentes sobre a ecologia do fitoplâncton, o mais usual é considerar as espécies cuja contribuição para a biomassa total seja maior do que 5%, sendo essas as espécies que refletem melhor a estrutura e dinâmica destes organismos. Assim sendo, recomenda-se a exclusão da apresentação de abundância relativa da comunidade fitoplanctônica.

### 5.2.1.7 - Riqueza, diversidade específica e equitabilidade no conjunto total de dados

#### a) Riqueza de espécies

No conjunto total de dados nos compartimentos (rio Madeira, Tributários e Lagos e canais) e durante os sete períodos hidrológicos amostrados (vazante-junho 2009, águas baixas-outubro 2009, enchente-janeiro 2010, águas altas-abril 2010, vazante-julho 2010, águas baixas-setembro 2010 e enchente-janeiro 2011), a média da riqueza de espécies no rio Madeira variou de 1 espécie durante a enchente/2011 a 15 espécies durante as águas altas/2010.

A riqueza média de espécies nos tributários variou de 6 espécies na vazante e águas baixas/2010 a 13 espécies na vazante/2009. Já nos Lagos e canais variou de 8 espécies nas águas baixas e águas altas/2010 a 18 espécies nas vazantes/2009 e 2010. A riqueza nos Lagos e canais foi significativamente maior que no rio Madeira ( $p = 0,0001$ ) e tributários ( $p=0,004$ ; **Figura 5.2.1-14.a**). Maior riqueza de espécies foi observada durante a vazante/2009, se comparada a águas baixas/2009 ( $p=0,02$ ), enchente/2010 ( $p=0,03$ ), águas altas/2010 ( $p=0,03$ ) e enchente/2011 ( $p=0,007$ ) (**Figura 5.2.1-14.b**).



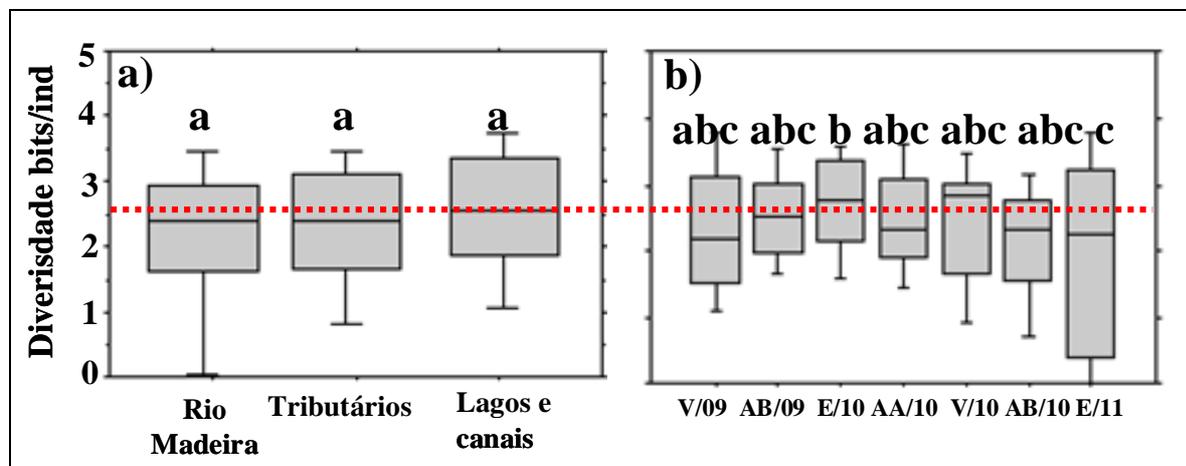
(a) nos compartimentos rio Madeira, Tributários e Lagos e canais; e b) nos quatro períodos hidrológicos (V) vazante, (AB) águas baixas, (E) enchente e (AA) águas altas nos anos de 09=2009, 10=2010 e 11=2011. A linha dentro das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. Letras diferentes significam diferenças significativas (Fisher test  $p > 0,05$ ).

Figura 5.2.1-14 - "Box-plots" da riqueza fitoplanctônica

#### b) Diversidade de espécies

No conjunto total dos dados nos compartimentos (rio Madeira, Tributário e Lagos e canais) e durante os sete períodos hidrológicos amostrados (vazante/2009, águas baixas/2009, enchente/2010, águas altas/2010, vazante/2010, águas baixas/2010 e enchente/2011), a média da diversidade de espécies no rio Madeira variou de 0,4 bits/ind na enchente/2011 a 3,0 bits/ind durante as águas altas, vazante e águas baixas/2010. A média da diversidade nos Tributários variou de 1,5 bits/ind durante as vazantes/2009 e 2010 e águas baixas/2009 e 2010 a 3,1 bits/ind durante as enchentes/2010 e 2011 e águas altas/2010. Nos Lagos e canais a média da diversidade variou de 2,0 bits/ind durante os períodos de enchente/2010, águas altas/2010 e águas baixas/2010 a 3,0 bits/ind durante as vazantes/2009 e 2010, águas baixas/2009 e enchente/2011.

A diversidade de espécies não foi significativamente diferente entre compartimentos (Figura 5.2.1-15.a). Maiores diversidades foram observadas na enchente/2010 se comparada à enchente/2011 ( $p=0,04$ ), porém não foram observadas diferenças significativas entre os demais períodos hidrológicos (Figura 5.2.1-15.b). A diversidade pode ser considerada como relativamente elevada ( $> 2.5$  bits/ind, Margalef 1972), sobretudo pela elevada equitabilidade, mas não pela riqueza de espécies. Diversidades medianas  $> 2.5$  bits/ind foram observadas nos períodos de enchente e vazante/2010 (Figura 5.2.1-15.b).



(a) nos compartimentos rio Madeira, Tributários e Lagos e canais; e (b) nos quatro períodos hidrológicos (V) vazante, (AB) águas baixas, (E) enchente e (AA) águas altas nos anos de 09=2009, 10=2010 e 11=2011. A linha dentro das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. Letras diferentes significam diferenças significativas (Fisher test  $p > 0,05$ ). A linha pontilhada em vermelho representa o limite a partir do qual a diversidade pode ser considerada alta (Margalef 1972).

Figura 5.2.1-15 - "Box-plots" da diversidade fitoplanctônica

### c) Equitabilidade

No conjunto total dos dados nos compartimentos (rio Madeira, Tributário e Lagos e canais) e durante os sete períodos hidrológicos amostrados (vazante-junho/2009, águas baixas-outubro/2009, enchente-janeiro/2010, águas altas-abril/2010, vazante-julho/2010, águas baixas-setembro/2010 e enchente-janeiro/2011), a média da equitabilidade no rio Madeira variou de 23% durante a enchente/2011 a 93% durante as vazantes/2009 e 2010 e águas baixas/2010. A média da equitabilidade nos tributários variou de 59% nas águas baixas/2010 a 92% na enchente/2010. A média da equitabilidade nos lagos e canais variou de 63% nas águas altas/2010 a 87% nas águas baixas/2010.

A distribuição máxima da densidade das espécies em relação a densidade total (equitabilidade=100%), ou seja ausência de dominância, ocorreu no rio Madeira em MON.04, JUS.02 nas águas baixas/2009), em MON.05 na enchente/2010, MON.04 na vazante/2010 e em JUS.03 na enchente/2011. Nos tributários, ocorreu em MUC nas águas baixas/2009, JAT II nas enchentes/2010 e 2011 e vazante/2010 e em JAT II-F durante a enchente/2011. Já nos Lagos e canais, a distribuição máxima da densidade das espécies em relação a densidade total ocorreu no canal CC.02 durante as águas baixas/2009 e LC.01-6 m durante a enchente/2011.

Não ocorreram diferenças significativas entre a equitabilidade nos diferentes compartimentos, embora graficamente a equitabilidade no rio Madeira seja maior do que nos tributários e esta seja maior do que nos lagos e canais (Figura 5.2.1-16.a).

Considerando os períodos hidrológicos a equitabilidade foi significativamente menor na vazante/2009 se comparada às águas baixas/2009 ( $p=0,002$ ), enchente/2010 ( $p=0,004$ ) e vazante/2010 ( $p=0,01$ ). Foi também significativamente menor nas águas baixas/2009 se comparada à enchente/2011 ( $p=0,003$ ), e na enchente/2011 em comparação com a enchente/2010 ( $p=0,005$ ) (Figura 5.2.1-16.b).

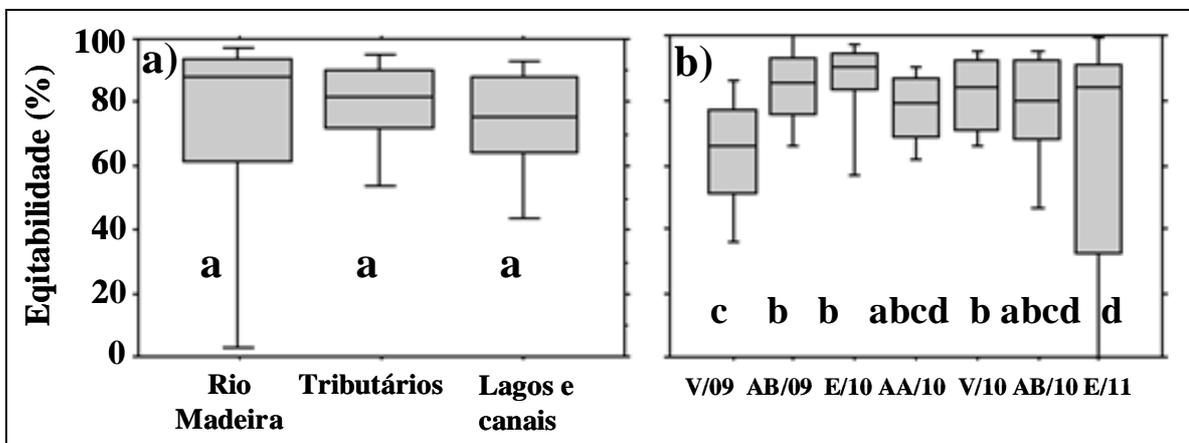


Figura 5.2.1-16 - "Box-plots" da equitabilidade fitoplanctônica (a) nos compartimentos rio Madeira, Tributários e Lagos e canais; e (b) nos quatro períodos hidrológicos (V) vazante, (AB) águas baixas, (E) enchente e (AA) águas altas nos anos de 09=2009, 10=2010 e 11=2011. A linha dentro das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. Letras diferentes significam diferenças significativas (Fisher test  $p>0,05$ ).

#### d) Rio Madeira

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados a riqueza de espécies no rio Madeira variou desde ausência de algas em MON.05, MON.02, JUS.01 e JUS.02 durante a enchente/2011 a 26 táxons/amostra em MON.01 nas águas altas/2010. A riqueza de espécies por estação do rio Madeira na enchente/2011 foi muito baixa com ausência de algas em 50% das estações e máximo de 4 táxons/amostra em JUS.03. (Figura 5.2.1-17.a). Em média 1 táxon/amostra foi registrado no rio Madeira no período de enchente/2011. Essa foi a menor riqueza média entre os períodos de coleta.

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados a diversidade específica variou de zero, sobretudo, durante a enchente/2010 conforme descrito acima a 4,1 bits/ind em JUS.03

nas águas baixas/2010. (Figura 5.2.1-17.b). A diversidade de espécies por estação do rio Madeira no período de enchente/2011 foi em geral muito baixa sendo zerada em seis das oito estações de coleta e atingiu a máxima de 2,0 bits/ind em JUS.03. Em média 0,4 bits/ind foi registrado no rio Madeira no período de enchente/2011. Essa foi a menor diversidade média registrada entre os períodos de coleta.

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados a equitabilidade no rio Madeira variou de zero, sobretudo, durante a enchente/2011 conforme descrito acima a 100% em MON.04, JUS.02 nas águas baixas/2009), em MON.05 na enchente/2010, em MON.04 na vazante/2010 e em JUS.03 na enchente/2011. (Figura 5.2.1-15.c).

Vale ressaltar que, no rio Madeira, apesar da diversidade ser considerada baixa (Margalef 1972), a alta distribuição da densidade das espécies em relação à densidade total (equitabilidade) ocorreu na maioria das estações de coleta e na maioria dos períodos hidrológicos com exceção da vazante/2009.

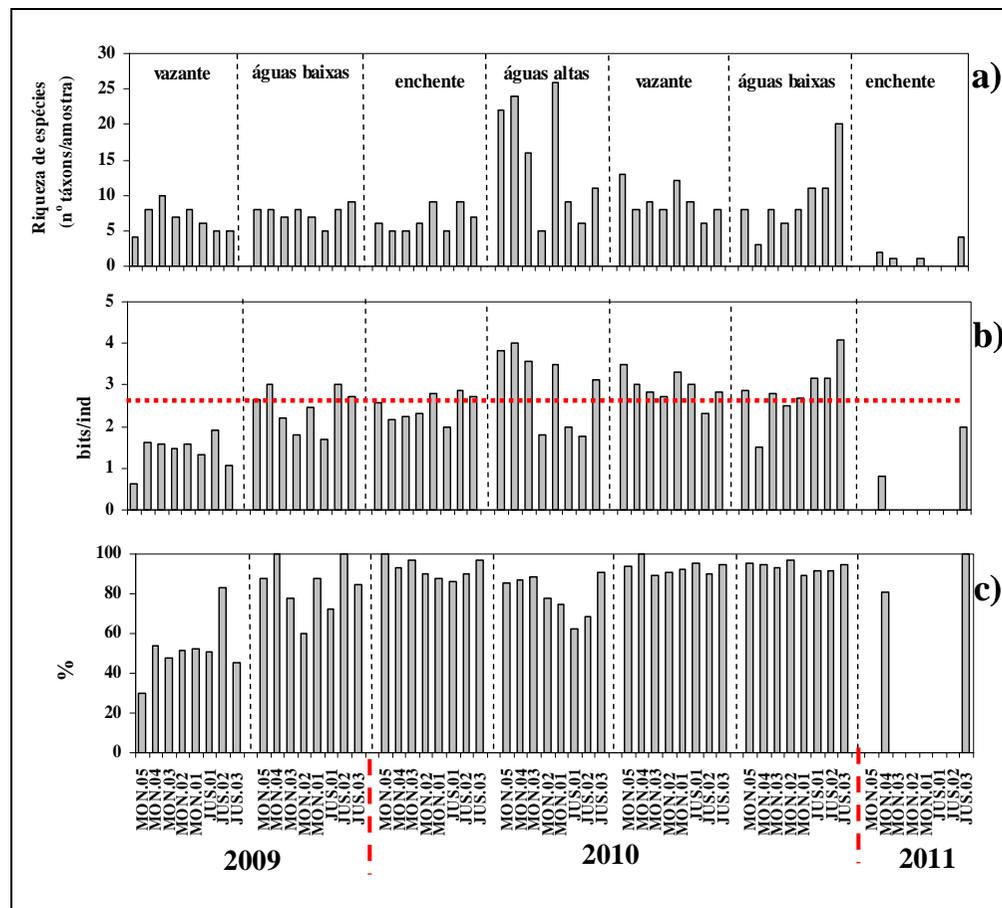


Figura 5.2.1-17 - (a) Riqueza de espécies; (b) Diversidade específica assinalando o limite a partir do qual a diversidade pode ser considerada alta (Margalef 1972) e (c) Equitabilidade no rio Madeira, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

#### e) Tributários

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados a riqueza de espécies nos tributários variou desde ausência de algas BEL na enchente/2010, JAT I nas águas baixas/2010 e CAR-S e CAR-F na enchente/2011, até 24 táxons/amostra em JAM durante a enchente/2011. A riqueza de espécies por estação nos tributários do rio Madeira no período de **enchente/2011**, excetuando-se as amostras com ausência de algas, variou de 3 táxons/amostra em JAT II-S a 24 táxons/amostra em JAM. (Figura 5.2.1-18.a). Em média 10 táxons/amostra foram registrados nos tributários na **enchente/2011**.

A diversidade específica, na série total de dados, variou de zero, sobretudo, durante a enchente/2010 conforme descrito acima e, excetuando-se essas amostras, a diversidade mínima foi de 0,7 bits/ind em MUC na vazante/2010 a 4,0 bits/ind em JAC.02 na enchente/2011. A diversidade de espécies por estação nos tributários no período de **enchente/2011**, excetuando-se as amostras com ausência de algas, variou de 1,6 bits/ind JAT II-F a 3,8 bits/ind em CRC-S. Em média 3,0 bits/ind foram registrados nos tributários na enchente/2011. (Figura 5.2.1-17.b).

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados a equitabilidade nos tributários, excetuando-se as amostras com ausência de algas, variou 51% em CAR durante o período de águas baixas/2011, indicando relativa dominância de poucas espécies a 100%, com total ausência de dominância, em MUC nas águas baixas/2009, JAT II nas enchentes/2010 e 2011 e na vazante/2010, e em JAT II-F durante a enchente/2011 (Figura 5.2.1-15.c).

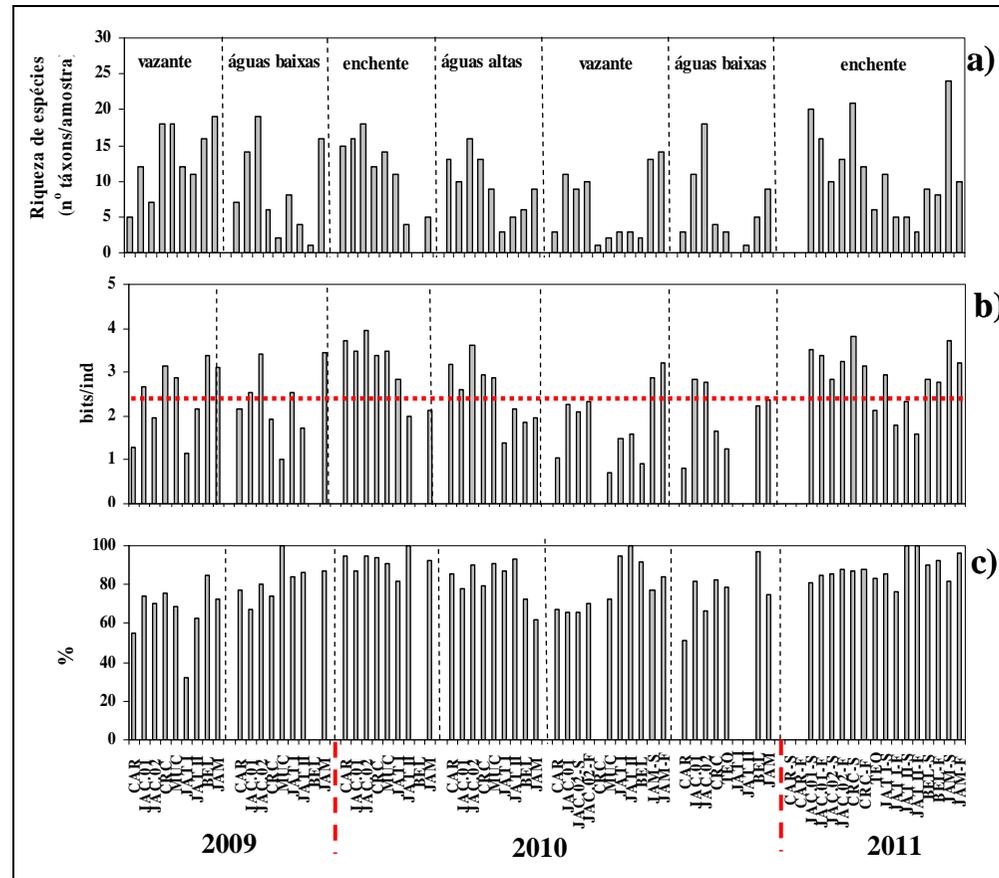


Figura 5.2.1-18 - (a) Riqueza de espécies; (b) Diversidade específica assinalando o limite considerado como alta diversidade (Margalef 1972) e (c) Equitabilidade nos Tributários do rio Madeira, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

#### f) Lagos e canais

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados, a riqueza de espécies nos Lagos e canais excetuando-se as amostras com ausência de algas, variou de 1 táxon/amostra em LC.02-F na enchente/2011 a 31 táxons/amostra em LC.03 na vazante/2010. A riqueza de espécies por estação nos Lagos e canais durante o período de **enchente/2011**, excetuando-se as amostras com ausência de algas, variou de 1 táxon/amostra em LC.02-F a 25 táxons/amostra em LC.01-S. Em média 12 táxons/amostra foram registrados nos Lagos e canais na **enchente/2011**.

No conjunto total de dados, a diversidade específica excetuando-se as amostras com ausência de algas, variou de 0,2 bits/ind em LC.03 na enchente/2010 a 4,2 bits/ind em LC.01-S na enchente/2011. A diversidade de espécies por estação dos Lagos e canais no período de **enchente/2011**, excetuando-se as amostras com ausência de algas, variou de 1,0 bit/ind em LC.01-6 m a 3,8 bits/ind em CC.02 e LC.03. Em média 3,0 bits/ind foram registrados nos Lagos e canais durante o período de enchente/2011.

Considerando todos os períodos hidrológicos amostrados, a equitabilidade nos Lagos e canais excetuando-se as amostras com ausência de algas, variou de 9% em LC.02 na enchente/2010 a 100% em CC.02 nas águas baixas/2009 e em LC.01-6 m na enchente/2011 (**Figura 5.2.1-15.c**).

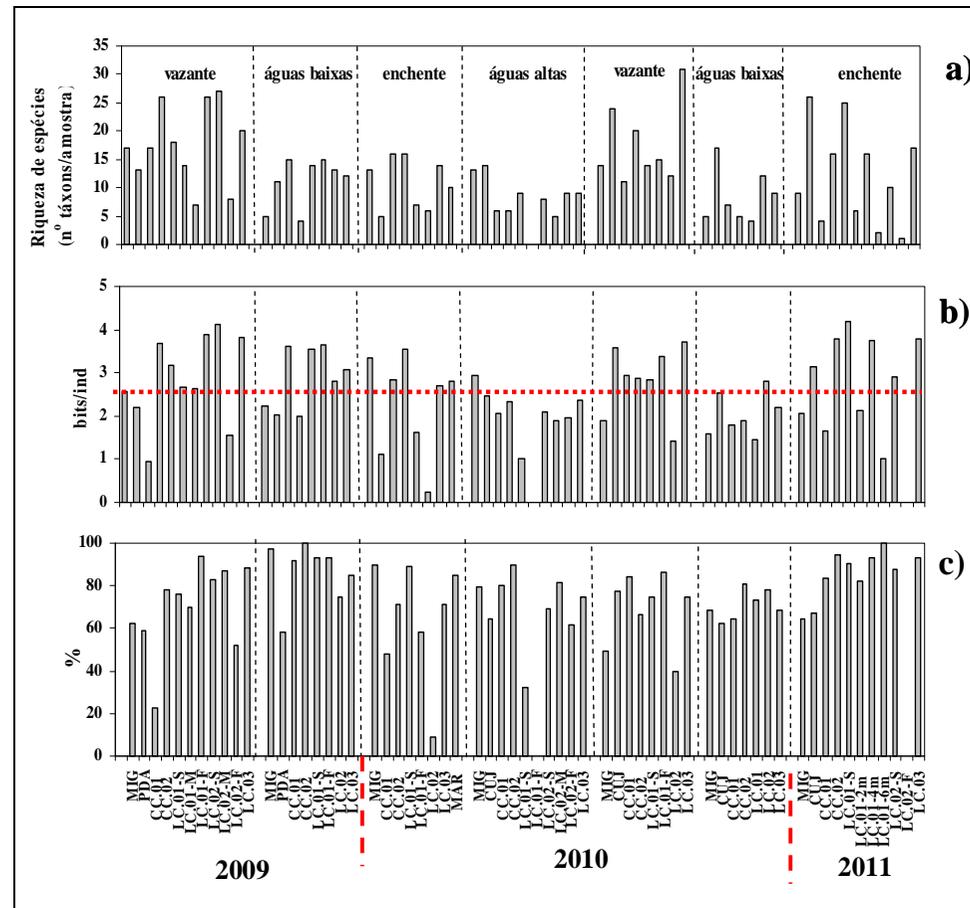


Figura 5.2.1-19 - (a) Riqueza de espécies; (b) Diversidade específica assinalando o limite a partir do qual a diversidade pode ser considerada alta (Margalef 1972) e (c) Equitabilidade nos Lagos e canais, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

### 5.2.1.8 - Diversidade alfa, beta e gama no conjunto total de dados

Se levadas em conta apenas as amostras quantitativas, a gama diversidade foi de 263 algas, distribuídas em 10 classes taxonômicas, sendo 46 cianobactérias, 12 criptofíceas, 06 dinoflagelados, 35 crisofíceas, 03 xantofíceas, 38 diatomáceas, 16 euglenóides, 03 rafidofíceas, 09 zignematofíceas e 95 clorofíceas. Essas amostras quantitativas foram utilizadas para analisar as várias expressões de diversidade, por serem metodologicamente comparáveis (ver Seção Métodos), apresentadas a seguir.

Considerando todas as estações de coleta no trecho estudado da bacia hidrográfica do rio Madeira em cada período hidrológico, a menor **gama diversidade** foi registrada no período de águas altas (62 espécies), devido ao potencial processo de diluição das populações fitoplanctônicas. A maior gama diversidade ocorreu nas águas baixas/2009 (161 espécies), tanto pelo processo de concentração dos organismos como pelo menor fluxo da água nessa época (Quadro 5.2.1).

A **diversidade alfa**, expressa como a média do número de espécies por período, no conjunto de sistemas, foi baixa, variando de 7 (águas altas/2010) a 13 espécies (vazante/2009 Quadro 5.2.1).

Quadro 5.2.1 - Diversidade alfa, beta e gama gerais, considerando os três compartimentos (rio Madeira, Tributários e Lagos e canais), nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

Geral	Vazante/09	Águas baixas/09	Enchente/10	Águas altas/10	Vazante/10	Águas baixas/10	Enchente/11
Gama	106	161	77	62	130	81	120
Alfa média	13	9	9	7	11	8	9
Beta	30	70	30	28	43	41	37

O intercâmbio de espécies levando em conta todas as estações de amostragem nos três compartimentos e períodos hidrológicos, evidenciou uma **beta diversidade** relativamente baixa nos períodos de vazante/2009, enchente/2010 e águas altas/2010 (28 a 30%). O isolamento dos sistemas do rio principal durante as águas baixas, no entanto, levou a uma diferença acentuada na composição de espécies resultando em uma elevada beta diversidade (70%) (Quadro 5.2.1). A baixa beta diversidade mostra o grau de similaridade entre as estações de coleta durante o período de águas altas/2010 devido à inundação da bacia e consequente conectividade entre os sistemas. Isso também é verdade quando analisados os sistemas separadamente (rio, tributários, lagos e canais). Em contrapartida o período de águas baixas/2009 apresentou as maiores gama e

beta diversidade e evidenciou o grau de dissimilaridade entre as estações de coleta durante esse período. A heterogeneidade entre as estações durante o período de águas baixas/2009, evidenciado através da alta beta diversidade se deu provavelmente pela falta de conectividade entre os sistemas durante aquele período.

#### a) Rio Madeira

Considerando todos os períodos hidrológicos e as estações de coleta no rio Madeira a maior **gama diversidade** foi registrada durante o período de vazante/2010 (48 espécies) e a menor durante o período de enchente/2011 (7 espécies). A maior gama diversidade durante o período de vazante pode ser explicada pelo fato de, nesse período hidrológico, muitas espécies não planctônicas poderem ser deslocadas de seus substratos e passarem a contribuir com a diversidade no rio. Durante o período de enchente também ocorre o aumento do volume de água e conseqüente diluição da comunidade fitoplanctônica (Quadro 5.2.1-12).

A **diversidade alfa**, expressa como a média do número de espécies por período, no conjunto de estações, foi baixa e variou de 1 espécie durante a enchente/2011 a 9 espécies na vazante/2010 e nas águas baixas/2010.

A **beta diversidade** foi maior durante a enchente/2011, evidenciando uma maior dissimilaridade entre as estações amostrais durante esse período. A menor beta diversidade ocorreu durante a vazante/2009. O período de enchente/2011 correspondeu aos menores valores de gama e alfa diversidade e maior beta diversidade já registradas (Quadro 5.2.1-12).

Quadro 5.2.1-12 - Diversidade alfa, beta e gama no rio Madeira, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

Rio Madeira	Vazante/09	Águas baixas/09	Enchente/10	Águas altas/10	Vazante/10	Águas baixas/10	Enchente/11
Gama	18	30	25	28	48	39	7
Alfa média	7	8	7	8	9	9	1
Beta	25	43	41	35	62	45	86

#### b) Tributários

Considerando todos os períodos hidrológicos e as estações de coleta nos tributários do rio Madeira a **gama diversidade** foi menor nas águas altas/2010 e maior durante na enchente/2011 (87 espécies). A **diversidade alfa** foi menor nas águas baixas/2010 e maior na

vazante/2009. A **beta diversidade** foi menor nas águas altas/2010 (29%) e maior nas águas baixas/2010 (63%) evidenciando que, assim como no rio Madeira, em seus tributários também ocorre o efeito de diluição e concentração das espécies de algas refletindo numa maior e menor conexão entre os sistemas e conseqüentemente menores e maiores valores de beta diversidade, o que leva a um maior intercâmbio de espécies durante o período de águas altas (Quadro 5.2.1-13).

Quadro 5.2.1-13 - Diversidades alfa, beta e gama nos tributários do rio Madeira, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

Tributários	Vazante/09	Águas baixas/09	Enchente/10	Águas altas/10	Vazante/10	Águas baixas/10	Enchente/11
Gama	45	45	40	30	39	36	87
Alfa média	13	9	11	9	7	6	10
Beta	30	53	35	29	46	63	47

### c) Lagos e canais

Considerando todos os períodos hidrológicos e as estações de coleta nos lagos e canais, a **gama diversidade** foi menor durante as águas altas/2010 (39 espécies) e maior durante a vazante/2009 (87 espécies). A **diversidade alfa** foi menor durante as águas baixas/2010 (8 espécies) e maior durante as vazantes/2009 e 2010 (18 espécies). A **beta diversidade** foi menor durante o período de águas altas/2010 (29 espécies) e maior durante o período de águas baixas/2010 (64%) (Quadro 5.2.1-14).

Quadro 5.2.1-14 - Diversidades alfa, beta e gama nos Lagos e canais, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

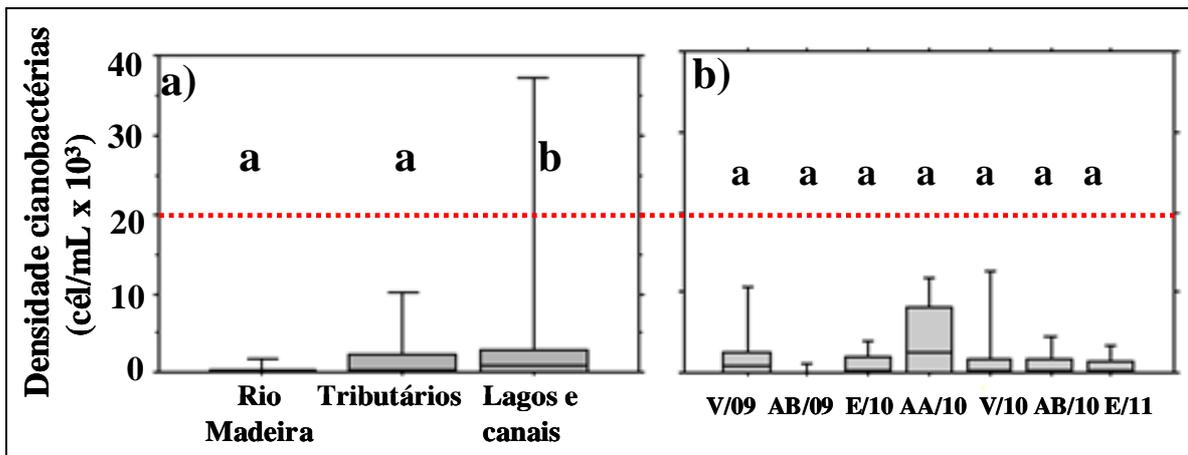
Lagos e canais	Vazante/09	Águas baixas/09	Enchente/10	Águas altas/10	Vazante/10	Águas baixas/10	Enchente/11
Gama	87	54	48	39	82	41	74
Alfa média	18	11	11	11	18	8	12
Beta	49	55	49	29	51	64	52

Quando o nível hidrométrico do rio Madeira aumenta e suas águas inundam a bacia hidrográfica, aumenta a conectividade entre os sistemas adjacentes (tributários, lagos e canais) e suas águas ficam mais homogêneas, inclusive no que diz respeito às populações planctônicas. A baixa beta diversidade, nesse caso, mostra o grau de similaridade entre as estações de coleta dos sistemas. Quanto menor a beta diversidade, mais homogêneas são as estações em relação à composição de espécies. Lagos e canais refletem bem a beta diversidade, pois os períodos de conectividade e não conectividade com o curso de água principal é visivelmente diferenciado através da baixa beta diversidade no período de águas altas.

### 5.2.1.9 - Cianobactérias e cianotoxinas

A lista das espécies de cianobactérias e suas respectivas densidades expressas em céls./mL em cada sistema e nos sete períodos de estudo encontra-se nos Anexos 22, 23, 24, 25, 26, 27 e 28.

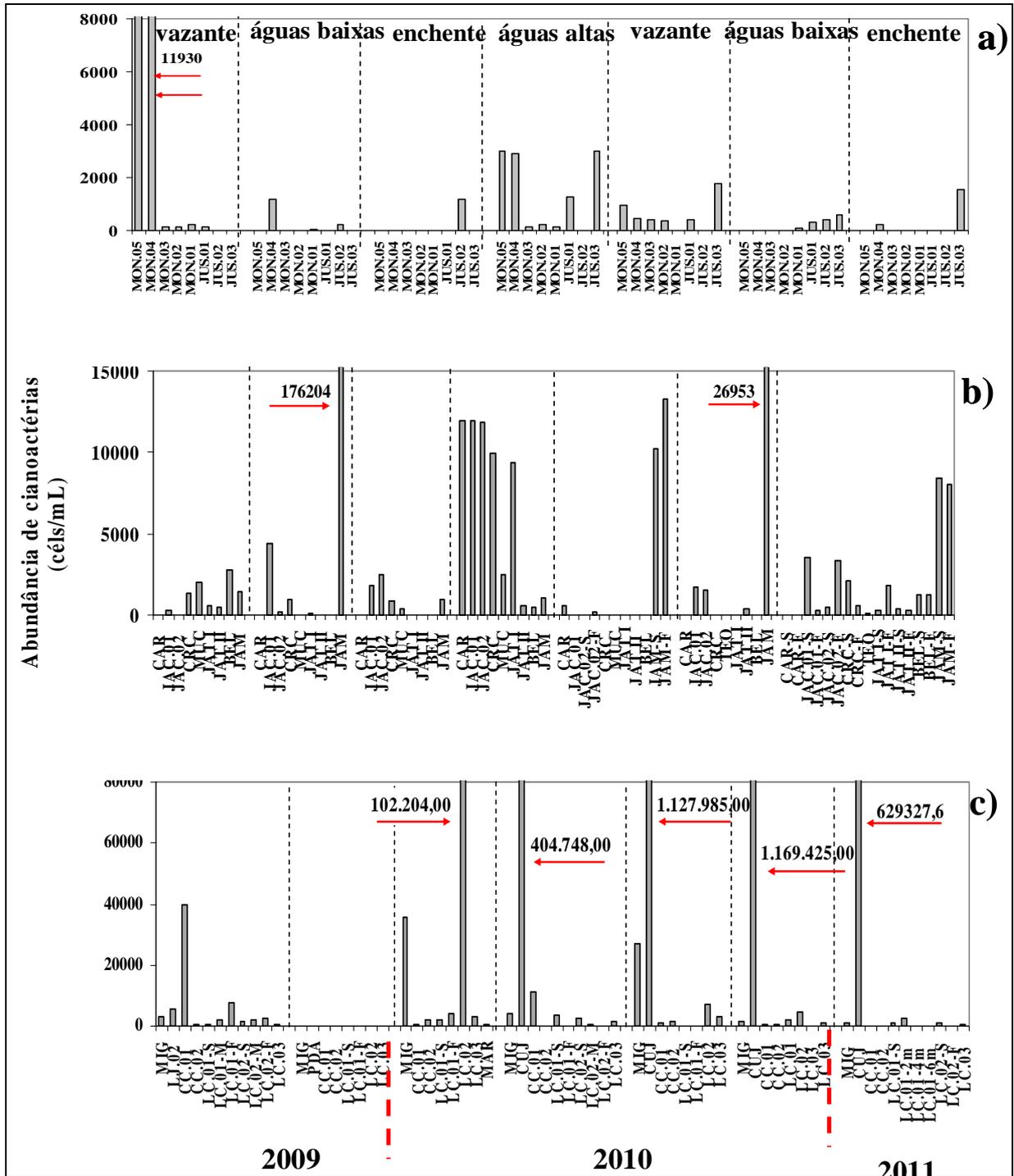
As densidades médias de cianobactérias no rio Madeira variaram de 149 céls./mL durante a enchente/2010 a 3.057 céls./mL durante a vazante/2009. Nos tributários essa média variou de 725 céls./mL na enchente/2010 a 20.214 céls./mL nas águas baixas/2009. Nos lagos e canais a média da densidade foi bem maior e, excetuando-se o período de águas baixas/2009 quando houve ausência desse grupo de algas, a densidade média variou de 6.006 céls./mL na vazante/2009 a 147.399 céls./mL nas águas baixas/2010. A densidade de cianobactérias nos lagos e canais foi significativamente maior que no rio Madeira e seus tributários ( $p=0,01$ ; Figura 5.2.1-20.a. No entanto, não ocorreram diferenças significativas nas densidades de cianobactérias durante os períodos hidrológicos ( $p>0,05$ ) (Figura 5.2.1-20.b.



(a) nos compartimentos rio Madeira, Tributários e Lagos e canais; e (b) nos quatro períodos hidrológicos (V) vazante, (AB) águas baixas, (E) enchente e (AA) águas altas nos anos de 2009=09, 2010=10 e 2011=11. A linha dentro das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. Letras diferentes significam diferenças significativas (Fisher test  $p>0,05$ ). A linha tracejada em vermelho representa o limite da resolução CONAMA-2005 para águas da classe 2.

Figura 5.2.1-20 - "Box-plots" das densidades de cianobactérias (céls./mL)

Em todas as estações em todos os períodos as densidades de cianobactérias variaram entre zero durante o período de águas baixas/2009 a 1.169.425 céls./mL durante as águas baixas/2010 (Figura 5.2.1-21). No entanto apenas em três estações de amostragem esses valores superaram o limite de 50.000 céls/mL: i) em JAM nas águas baixas/2009 (176.204 céls/mL) com dominância de *Aphanocapsa delicatissima* e *Merismopedia marsonii*; ii) em LC.02 na enchente/2010 (102.204 céls/mL) com dominância de *Synechocystis aquatilis* e iii) em CUJ nas águas altas/2010 (404.748 céls./mL) com dominância de *Cyanodictyon* sp. e *Planktolyngbya punctata*; na vazante/2010 (1.127.985 céls./mL) com dominância de *Planktolyngbya circumcreta*; nas águas baixas/2010 (1.169.425 céls/mL) com dominância de *Cylindrospermopsis* sp. e *Planktolyngbya circumcreta*; e durante a enchente/2011 (629.328 céls/mL) com dominância de *Aphanocapsa delicatissima*. Além disso, em três estações de amostragem esses valores superaram o limite de 20.000 céls/mL: i) em MIG na vazante/2010 (27.065 céls/mL) com dominância de *Merismopedia tenuissima*; ii) em JAM nas águas baixas/2010 (26.953 céls/mL) com dominância de *Aphanocapsa holsatica*; e iii) em CC.01 na vazante/2009 (39.608 céls/mL) com dominância de *Synechocystis aquatilis*.



(a) rio Madeira; (b) Tributários e (c) Lagos e canais, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.

Figura 5.2.1-21 - Densidade de cianobactérias.

A Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água em função dos usos previstos, inclui as densidades de cianobactérias (cél./mL) como um dos parâmetros a ser analisado, sendo Classe 1: até 20.000 células./mL; classe 2 até 50.000 células./mL; e classe 3 até 100.000 células./mL.

Dessa forma, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, 97% das 196 amostras analisadas apresentaram concentrações inferiores a 50.000 células./mL e estão compatíveis a condição de qualidade das águas doces de Classe 2, e 95%, compatíveis a Classe 1, as quais apresentaram concentrações inferiores a 20.000 células./mL. A maioria das águas analisadas pode, portanto, ser destinada a diversos usos, como ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Vale ressaltar que para as águas do rio Madeira, Tributários e Lagos e canais não existe enquadramento específico aprovado pelo órgão gestores de recursos hídricos competente, devendo, portanto, ser consideradas Classe 2 - Resolução CONAMA 357/2005, Art. 42. Além disso, o limite de 50.000 células/mL foi excedido em apenas 3% do total de 196 amostras analisadas.

Nas águas baixas e enchente de 2011 foram realizadas análises de cianotoxinas (cilindrospermopsina, microcistinas e saxitoxinas) apenas em CUJ, sistema que apresentou maior densidade de cianobactérias e dominância de espécies potencialmente tóxicas (ver parágrafo acima para detalhes de densidade e espécies dominantes). Os resultados das análises de cianotoxinas estiveram abaixo do limite de detecção do método, ou seja, foram inferiores aos limites estabelecidos na Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, para água para consumo humano, conforme Quadro 5.2.1-15 e Anexos 29 e 30.

Quadro 5.2.1-15 - Concentrações de cianotoxinas no lago Cujubim (CUJ) nas águas baixas de 2010 e enchente de 2011.

Valor Máximo Permitido - (Portaria MS 518/2004)							
Amostra	Data Coleta	Unidade	Cilindrospermopsina	Microcistinas	Saxitoxinas (totais)	Microcistina	Saxitoxinas (totais)
CUJ	27/09/10	µg.L-1	< 1,2	< 0,1	< 3,0	1,0	3,0
CUJ	14/01/11	µg.L-1	< 1,2	< 0,1	< 3,0	1,0	3,0

Nas 14 amostras em que as densidades foram >10.000 células/mL (93% do total de amostras), das nove espécies mais importantes de cianobactérias encontradas, apenas duas (*Cylindrospermopsis* sp. e *Synechocystis aquatilis*) são potencialmente tóxicas (Sant'Anna & Azevedo, 2008). Além

disso, apenas uma espécie (*Cylindrospermopsis* sp.) é formadora de florações. Todas as demais correspondem a espécies isoladas ou coloniais de células de tamanho reduzido, o que corresponde a biovolumes muito baixos ( $<2 \text{ mm}^3/\text{L}$ ). Apenas em cinco amostras dos lagos e canais (LC02-enchente/2010 e CUJ-águas altas, vazante, águas baixas/2010 e enchente/2011) o biovolume de cianobactérias foi  $> 2 \text{ mm}^3/\text{L}$ .

A legislação brasileira, na Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Conforme o Artigo 19, § 1º, compete ao Estado realizar o monitoramento das cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, com periodicidade mensal quando o número de células for inferior a 10.000 células/mL ou  $1 \text{ mm}^3/\text{L}$ , e semanal, quando o número de cianobactérias exceder este valor. A Portaria 518 não faz referência ao número de células de cianobactérias na água tratada. No entanto, análise semanal de cianotoxinas (= toxinas produzidas pelas cianobactérias) na água tratada será exigida sempre que o número de células de cianobactérias exceder 20.000 células/mL ou  $2 \text{ mm}^3/\text{L}$  na água do manancial, no ponto de captação (Artigo 18, § 5º). Além disso, o §2 do artigo 19 diz: *“É vedado o uso de algicidas para o controle do crescimento de cianobactérias ou qualquer intervenção no manancial que provoque a lise das células desses microrganismos, quando a densidade das cianobactérias exceder 20.000 células/mL (ou  $2 \text{ mm}^3/\text{L}$  de biovolume), sob pena de comprometimento da avaliação de riscos à saúde associados às cianotoxinas.”*

Avalia-se, desta forma, que o controle da qualidade da água para consumo humano é de responsabilidade de instâncias governamentais e de companhias de abastecimento público, e restrita às imediações do ponto de captação de água. No âmbito do Programa de Monitoramento Limnológico, não há na malha amostral estações de coleta localizadas em pontos de captações de água para abastecimento público; além disso, a realização de análise de cianotoxinas se justifica quando identificadas espécies potencialmente tóxicas em quantidade absolutas representativas, isto é, quanto há dominância dessas espécies.

Portanto, o critério de presença de espécies potencialmente tóxicas para realização de análise de cianotoxinas nas amostras de água não compromete a consistência dos dados quanto ao monitoramento de qualidade da água no sentido de mensurar a condição pré-enchimento e prognosticar as modificações na dinâmica limnológica decorrentes da construção e operação da UHE Santo Antônio, objetivo deste programa.

## Relações fitoplâncton e ambiente

Por ser o fósforo, o elemento comumente mais limitante em lagos e reservatórios de regiões temperadas, fortes correlações positivas e significativas têm sido encontradas entre as concentrações de P-total e clorofila-a (Mazumder 1994, Nürnberg et al. 1996). Em regiões tropicais e subtropicais, no entanto, essas relações são mais fracas indicando que para uma mesma unidade de P, menores concentrações de clorofila são produzidas e, portanto, outros fatores regulam a biomassa fitoplanctônica (Huszar et al. 2006). Em rios, de um modo geral, a relação entre PT e clorofila-a pelágica é muito mais tênue, dado o intenso escoamento hidráulico, que dificulta a manutenção das populações em suspensão (Ha et al. 2002). Essas relações são mais fortes entre as concentrações de PT e comunidades fixas como o perifíton (Dodds et al. 2006). De fato, no caso do rio Madeira, seus Tributários e Lagos e canais adjacentes, essa relação foi fraca e significativa,  $R^2=0,04$ ,  $p < 0,0001$ ), mas foi negativa ao contrário do esperado (Figura 5.2.1-22). O escoamento hidráulico de sistemas submetidos ao pulso de inundação não permite a manutenção de biomassa fitoplanctônica, mesmo em concentrações elevadas de P como as registradas, sobretudo, no rio Madeira.

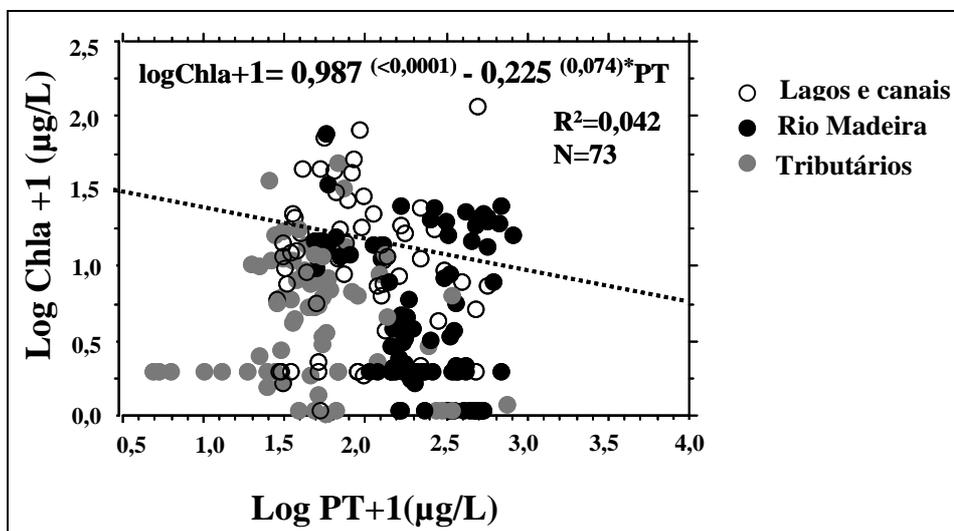


Figura 5.2.1-22 - Correlação entre fósforo total (Log PT + 1) e o log da clorofila a (Log Chla + 1) considerando o conjunto dos dados (sete períodos hidrológicos) nos três compartimentos.

Uma análise mais detalhada sobre as relações entre a biomassa do fitoplâncton expressa em biovolume e o ambiente revelou cenários diferentes entre os três compartimentos. Os quatro primeiros eixos da análise de componentes principais, usando 10 variáveis abióticas e o biovolume total do fitoplâncton foram significativos (autovetores  $> 1,0$ ) e explicaram 74,3%,

66,2% e 65,9% da variabilidade dos dados no rio Madeira, seus tributários e lagos e canais, respectivamente (Quadro 5.2.1-16). De um modo geral o eixo 1 revelou um gradiente de nível hidrométrico agrupando as amostras dos períodos de enchente e águas altas separadamente das amostras dos períodos de vazante e águas baixas e o eixo 2 revelou um gradiente de enriquecimento por nutrientes sobretudo o fósforo (Figura 5.2.1-23).

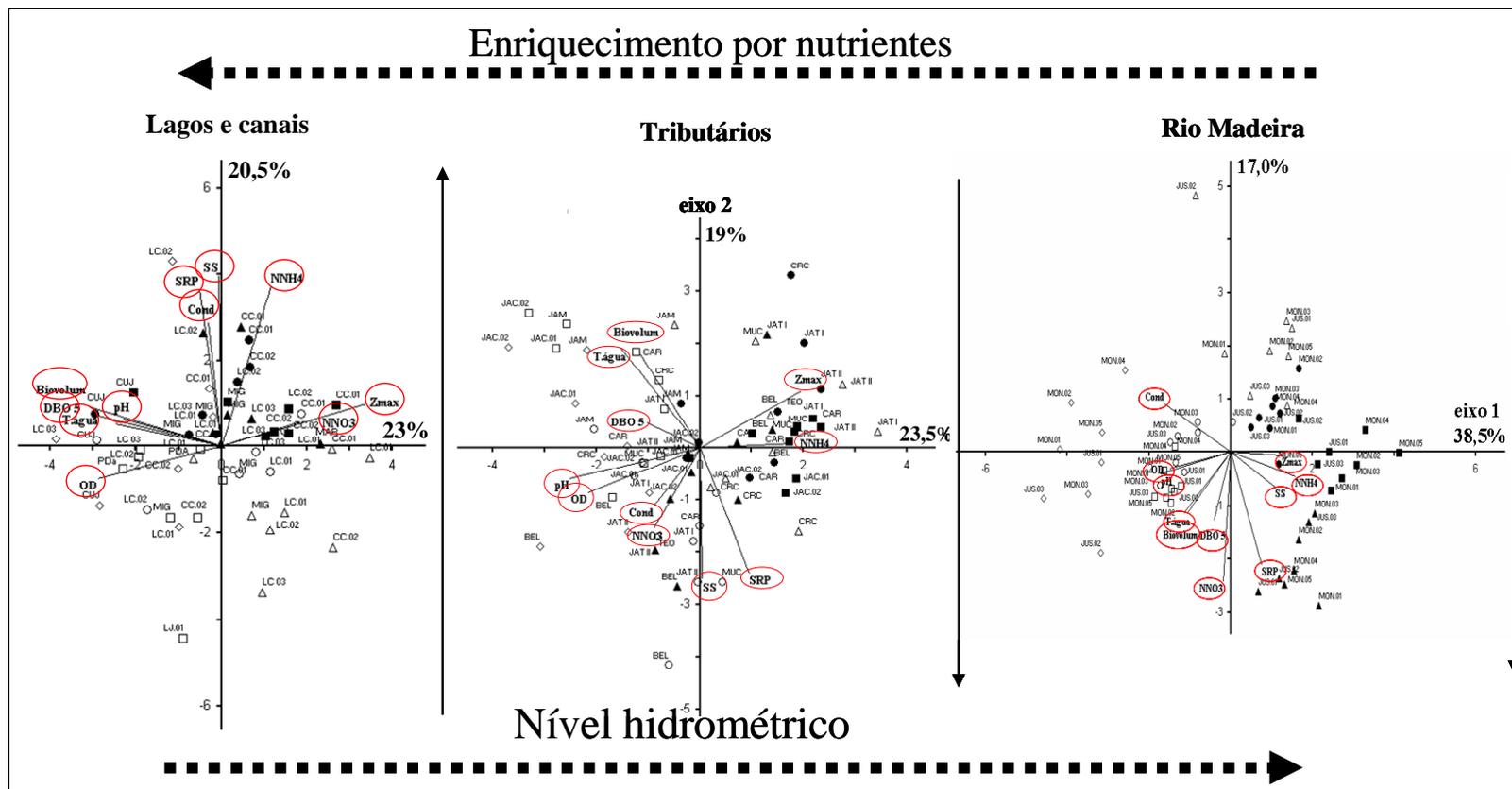
As variáveis mais importantes que se correlacionaram positivamente ao eixo 1 foram: i) no rio Madeira:  $z_{máx}$  (0,63),  $NH_4^+$  (0,80) e SS (0,55); ii) nos tributários -  $z_{máx}$  (0,62) e  $NH_4^+$  (0,57) e iii) nos lagos e canais:  $z_{máx}$  (0,72). As variáveis mais importantes que se correlacionaram negativamente ao eixo 1 foram: i) no rio Madeira - T. água (-0,58), pH (-0,88), OD (-0,76) e biovolume (-0,54); ii) nos tributários - pH (-0,81) e OD (-0,69); e iii) nos lagos e canais - T. água (-0,53), pH (-0,40), OD (-0,62) e DBO<sub>5</sub> (-0,64). As variáveis mais importantes que se correlacionaram positivamente ao eixo 2 foram: i) no rio Madeira não ocorreram variáveis positivamente correlacionadas a esse eixo; ii) nos tributários - T. água (0,52) e biovolume (0,55); ii) nos lagos e canais - SS (0,80), Cond (0,58),  $NH_4^+$  (0,75) e SRP (0,74). As variáveis mais importantes que se correlacionaram negativamente ao eixo 2 foram: i) no rio Madeira - DBO<sub>5</sub> (-0,43),  $NO_3^-$  (-0,82) e SRP (-0,72); ii) nos tributários - SS (-0,72),  $N_3^-$  (-0,44) e SRP (-0,69); e iii) nos lagos e canais não ocorreram variáveis negativamente correlacionadas a esse eixo (Figura 5.2.1-23).

As maiores profundidades ( $z_{máx}$ ) nos três compartimentos reveladas pelo gradiente do eixo 1, estiveram associadas a elevadas concentrações de  $N NH_4^+$  no rio Madeira e nos tributários. Ainda no rio Madeira as altas profundidades ( $z_{máx}$ ) estiveram associadas às altas concentrações de sólidos em suspensão (SS). O enriquecimento por nutrientes, sobretudo fósforo nos três compartimentos, revelado pelo gradiente do eixo 2 esteve associado ao  $N NO_3^-$  no rio Madeira e tributários e ao  $N NH_4^+$  nos lagos e canais. Ainda nos tributários e lagos e canais esse enriquecimento por nutrientes esteve associado aos sólidos em suspensão. Nos três compartimentos o biovolume do fitoplâncton esteve associado às amostras dos períodos de vazante e águas baixas, às altas temperaturas e maiores DBO<sub>5</sub> e inversamente correlacionado aos sólidos em suspensão principalmente no rio Madeira e seus tributários do que nos lagos e canais onde somente a  $z_{máx}$  esteve inversamente correlacionada ao biovolume do fitoplâncton.

Além disso, os gradientes revelados pelos eixos 1 e 2 da análise de componentes principais tiveram porcentagem de variância explicada gradativamente maior (eixo 1) e menor (eixo 2) na sequência rio Madeira, tributários e lagos e canais. Esse resultado revela a maior importância do nível hidrométrico como fator ambiental no rio Madeira, assim como o enriquecimento por nutrientes nos lagos e canais (Setas pontilhadas na Figura 5.2.1-23).

**Quadro 5.2.1-16 - Matriz de correlação entre os autovetores (variáveis) e os quatro primeiros eixos e porcentagem da variância explicada das análises de componentes principais nos três diferentes compartimentos considerando todo o período amostrado.**

Compartimentos Variáveis/Eixos	Rio Madeira				Tributários				Lagos e canais			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Profundidade máxima (m)	0,63	-0,02	-0,30	0,30	0,62	-0,31	0,52	-0,05	0,72	0,20	0,32	0,21
Temperatura da água (°C)	-0,58	-0,39	-0,10	-0,49	0,38	0,52	-0,47	0,08	-0,53	0,11	-0,02	0,07
Sólidos em suspensão (mg / L)	0,55	-0,23	-0,48	-0,03	-0,01	-0,72	0,05	0,04	-0,01	0,80	-0,03	-0,15
Condutividade ( $\mu$ S / cm)	-0,83	0,31	0,08	0,26	0,29	0,32	0,74	-0,21	-0,07	0,58	0,10	0,59
pH	-0,88	-0,14	-0,04	0,09	-0,81	0,17	0,26	-0,33	-0,49	0,13	0,66	0,09
Oxigênio dissolvido (mg / L)	-0,76	-0,11	-0,32	0,35	-0,69	0,24	-0,32	-0,17	-0,62	-0,15	0,21	-0,62
DBO 5	-0,21	-0,43	-0,72	-0,10	-0,33	-0,13	0,28	0,78	-0,64	0,15	0,30	0,17
NNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ( $\mu$ g/ L)	0,80	-0,16	-0,05	0,29	0,57	-0,02	0,44	-0,18	0,25	0,75	-0,07	-0,22
NNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\mu$ g/ L)	-0,09	-0,82	0,32	-0,12	0,29	-0,44	0,35	0,36	0,39	0,12	0,73	-0,22
SRP ( $\mu$ g/ L)	0,39	-0,72	0,34	0,21	-0,30	-0,69	0,20	-0,04	-0,11	0,74	-0,25	-0,36
Biovolume (mm <sup>3</sup> / L)	-0,54	-0,38	0,07	0,45	0,49	0,55	0,14	-0,08	-0,66	0,18	-0,19	0,31
% da variância	38,52	17,07	10,68	8,05	23,46	18,85	15,09	8,74	22,81	20,52	11,98	10,55
% da variância aculada	38,52	55,59	66,27	74,32	23,46	42,32	57,41	66,15	22,81	43,33	55,31	65,86
Autovalores	3,02	2,02	1,52	1,19	3,02	2,02	1,52	1,19	3,02	2,02	1,52	1,19



As setas horizontais pontilhadas indicam o aumento gradativo da porcentagem da variância explicada pelo eixo 1 (seta inferior) e pelo eixo 2 (seta superior). As setas verticais indicam a direção do gradiente de enriquecimento por nutrientes em relação ao eixo 2 e em cada compartimento. O equivalente a essas setas no eixo 1 é o mesmo representado pela seta horizontal inferior em cada compartimento. Gradiente T. água= temperatura da água, OD= oxigênio dissolvido, Cond= condutividade, CO2= dióxido de carbono livre, NNO3= nitrato, NNH4+= íon amônio, SS= sólidos em suspensão, zmax=profundidade máxima, SRP=fósforo solúvel reativo e DBO 5= demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias.

Figura 5.2.1-23 - Diagramas de ordenação derivados das Análises de Componentes Principais (ACP) aplicadas às variáveis ambientais e o biovolume total do fitoplâncton no rio Madeira, seus Tributários e Lagos e canais separadamente, nos períodos hidrológicos ocorridos entre junho de 2009 e janeiro de 2011.



## ANEXOS

- Anexo 5.2.1-1 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de vazante (junho 2009)
- Anexo 5.2.1-2 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de águas baixas (outubro 2009)
- Anexo 5.2.1-3 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de enchente (janeiro 2010)
- Anexo 5.2.1-4 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de águas altas (abril 2010)
- Anexo 5.2.1-5 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de vazante (julho 2010)
- Anexo 5.2.1-6 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de águas baixas (setembro 2010)
- Anexo 5.2.1-7 - Lista de espécies fitoplanctônicas no período de águas altas (janeiro 2011)
- Anexo 5.2.1-8 - Densidade fitoplanctônica no período de vazante (junho 2009)
- Anexo 5.2.1-9 - Densidade fitoplanctônica no período de águas baixas (outubro 2009)
- Anexo 5.2.1-10 - Densidade fitoplanctônica no período de enchente (janeiro 2010)
- Anexo 5.2.1-11 - Densidade fitoplanctônica no período de águas altas (abril 2010)
- Anexo 5.2.1-12 - Densidade fitoplanctônica no período de vazante (julho 2010)
- Anexo 5.2.1-13 - Densidade fitoplanctônica no período de águas baixas (setembro 2010)
- Anexo 5.2.1-14 - Densidade fitoplanctônica no período de enchente (janeiro 2011)
- Anexo 5.2.1-15 - Biovolume fitoplanctônico no período de vazante (junho 2009)
- Anexo 5.2.1-16 - Biovolume fitoplanctônico no período de águas baixas (outubro 2009)
- Anexo 5.2.1-17 - Biovolume fitoplanctônico no período de enchente (janeiro 2010)
- Anexo 5.2.1-18 - Biovolume fitoplanctônico no período de águas altas (abril 2010)
- Anexo 5.2.1-19 - Biovolume fitoplanctônico no período de vazante (julho 2010)
- Anexo 5.2.1-20 - Biovolume fitoplanctônico no período de águas baixas (setembro 2010)
- Anexo 5.2.1-21 - Biovolume fitoplanctônico no período de enchente (janeiro 2011)
- Anexo 5.2.1-22 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de vazante (junho 2009)
- Anexo 5.2.1-23 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de águas baixas (outubro 2009)
- Anexo 5.2.1-24 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de enchente (janeiro 2010)
- Anexo 5.2.1-25 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de águas altas (abril 2010)
- Anexo 5.2.1-26 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de vazante (julho 2010)
- Anexo 5.2.1-27 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de águas baixas (setembro 2010)
- Anexo 5.2.1-28 - Abundância de espécies de cianobactérias no período de enchente (janeiro 2011)
- Anexo 5.2.1-29 - Resultados da análise de cianotoxinas no Lago Cujubim nas águas baixas de 2010
- Anexo 5.2.1-30 - Resultados da análise de cianotoxinas no Lago Cujubim na enchente de 2011