

ÍNDICE

5.2.5 -	Macrófitas aquáticas.....	1/98
5.2.5.1 -	Riqueza e Composição taxonômica.....	1/98
5.2.5.2 -	Cobertura de macrófitas sazonal (Outubro de 2013 a Outubro de 2014).....	18/98
5.2.5.3 -	Densidades numéricas absolutas e relativas sazonais (Outubro de 2013 a Outubro de 2014).....	20/98
5.2.5.4 -	Equitabilidade e Diversidade Específica.....	30/98
5.2.5.5 -	Biomassa absoluta e relativa.....	36/98
5.2.5.6 -	Dominância das populações de macrófitas.....	45/98
5.2.5.7 -	Diversidade beta e gama.....	50/98
5.2.5.7.1 -	Diversidade beta espacial.....	50/98
5.2.5.7.2 -	Diversidade gama.....	52/98
5.2.5.8 -	Análises estatísticas.....	54/98
5.2.5.8.1 -	Análise de ordenação.....	54/98
5.2.5.8.2 -	Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem da riqueza de espécies.....	58/98
5.2.5.8.3 -	Curva de rarefação das espécies de macrófitas.....	63/98
5.2.5.8.4 -	Dissimilaridade (<i>Bray-Curtis</i>).....	64/98
5.2.5.9 -	Ordenação da composição (NMDS).....	66/98
5.2.5.10 -	Avaliação das tendências com relação à densidade, à riqueza, à diversidade e à biomassa das macrófitas.....	68/98
5.2.5.11 -	Composição química.....	70/98
5.2.5.11.1 -	Matéria orgânica, carbono orgânico total e teores de cinzas ...	72/98
5.2.5.11.2 -	Macronutrientes: sódio, potássio, cálcio e magnésio.....	76/98
5.2.5.11.3 -	Elementos-traço.....	83/98
5.2.5.12 -	Discussão.....	94/98

5.2.5 - Macrófitas Aquáticas

5.2.5.1 - Riqueza e Composição taxonômica

A análise das comunidades de macrófitas aquáticas, realizada entre junho de 2009 e outubro de 2014, no rio Madeira, seus tributários e no lago Cuniã evidenciou uma composição taxonômica com 66 espécies pertencentes a 24 famílias de plantas diferentes para todas as campanhas realizadas até o presente momento (Quadro 5.2.5-1).

Quadro 5.2.5-1 - Composição taxonômica e riqueza total de macrófitas aquáticas no rio Madeira, seus tributários e no lago Cuniã na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, entre junho de 2009 e outubro de 2014.

Família	Gênero/Espécie
Alismataceae	<i>Echinodorus</i> sp
Amaranthaceae	<i>Alternanthera aquatica</i>
Araceae	<i>Lemna minor</i>
	<i>Pistia</i> sp
	<i>Pistia stratiotes</i>
	<i>Urospatha sagittifolia</i>
Asteraceae	<i>Enydra radicans</i>
Azollaceae	<i>Azolla caroliniana</i>
	<i>Azolla foliculoides</i>
	<i>Azolla</i> sp
Cyperaceae	<i>Cladium</i> sp
	<i>Cyperus</i> cf <i>mundtii</i>
	<i>Cyperus cubensis</i>
	<i>Cyperus digitatus</i>
	<i>Cyperus podoratus</i>
	<i>Cyperus</i> sp
	<i>Cyperus</i> sp 1
	<i>Cyperus</i> sp 2
	<i>Fuirena umbellata</i>
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus fluitans</i>
Fabaceae	<i>Aeschynomene sensitiva</i>
Hydrocharitaceae	<i>Egeria</i> cf <i>najas</i>
	<i>Limnobium laevigatum</i>
Lamiaceae	<i>Hyptis</i> sp
Lemnaceae	<i>Spirodela intermedia</i>
Lentibulariaceae	<i>Utricularia</i> sp
Melastomataceae	<i>Macairea</i> cf <i>radula</i>

UHE Santo Antônio

2541-00-MLM-RL-0009-00

Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas -
Relatório 9 / Consolidado das Fases de Instalação e Operação

Família	Gênero/Espécie
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea</i> sp
Onagraceae	<i>Ludwigia affinis</i>
	<i>Ludwigia elegans</i>
	<i>Ludwigia helminorrhiza</i>
	<i>Ludwigia leptocarpa</i>
	<i>Ludwigia octovalis</i>
	<i>Ludwigia rigida</i>
	<i>Ludwigia</i> sp
	<i>Ludwigia</i> sp 1
	<i>Ludwigia</i> sp 2
Parkeriaceae	<i>Ceratopteris pteridoides</i>
Plantaginaceae	<i>Bacopa</i> sp
Poaceae	<i>Echinochloa polystachya</i>
	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
	<i>Oryza cf glumaepatula</i>
	<i>Oryza glumaepatula</i>
	<i>Panicum cf. dichotomiflorum</i>
	<i>Panicum dichotomiflorum</i>
	<i>Panicum elephantipes</i>
	<i>Panicum</i> sp
	<i>Paspalum cf repens</i>
	<i>Paspalum fasciculatum</i>
	<i>Paspalum moridialensis</i>
	<i>Paspalum repens</i>
	<i>Paspalum</i> sp
	Poaceae sp1
Polygonaceae	<i>Polygonum acuminatum</i>
	<i>Polygonum hispidum</i>
	<i>Polygonum</i> sp
Pontederiaceae	<i>Eichhornia azurea</i>
	<i>Eichhornia crassipes</i>
	<i>Pontederia rotundifolia</i>
	<i>Pontederia</i> sp
Ricciaceae	<i>Ricciocarpus natans</i>
	<i>Ricciocarpus</i> sp
Salviniaceae	<i>Salvinia auriculata</i>
	<i>Salvinia minima</i>
Schrophulariaceae	<i>Stemodia ericifolia</i>
Sphenocleaceae	<i>Sphenoclea zeylanica</i>
TOTAL	66

Rio Madeira

A análise das comunidades de macrófitas aquáticas, realizada entre junho de 2009 e outubro de 2014, no rio Madeira, evidenciou uma composição taxonômica com 35 espécies pertencentes a 15 famílias de plantas diferentes para todas as campanhas realizadas até o presente momento (Quadro 5.2.5-2).

Quadro 5.2.5-2 - Composição taxonômica e riqueza total de macrófitas aquáticas no rio Madeira na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, entre junho de 2009 e outubro de 2014.

Família	Gênero/Espécie
Alismataceae	<i>Echinodorus</i> sp
Amaranthaceae	<i>Alternanthera aquatica</i>
Araceae	<i>Pistia</i> sp
	<i>Pistia stratiotes</i>
Cyperaceae	<i>Cyperus digitatus</i>
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus fluitans</i>
Fabaceae	<i>Aeschynomene sensitiva</i>
Hydrocharitaceae	<i>Limnobium laevigatum</i>
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea</i> sp
Onagraceae	<i>Ludwigia helmintorrhiza</i>
	<i>Ludwigia leptocarpa</i>
	<i>Ludwigia octovalis</i>
	<i>Ludwigia rigida</i>
	<i>Ludwigia</i> sp
Parkeriaceae	<i>Ceratopteris pteridoides</i>
Plantaginaceae	<i>Bacopa</i> sp
Poaceae	<i>Echinochloa polystachya</i>
	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
	<i>Oryza cf glumaepatula</i>
	<i>Panicum cf. dichotomiflorum</i>
	<i>Panicum elephantipes</i>
	<i>Panicum</i> sp
	<i>Paspalum cf repens</i>
	<i>Paspalum fasciculatum</i>
	<i>Paspalum repens</i>
	<i>Paspalum</i> sp
	Poaceae sp1
Polygonaceae	<i>Polygonum acuminatum</i>
	<i>Polygonum hispidum</i>

Família	Gênero/Espécie
Pontederiaceae	<i>Eichhornia azurea</i>
	<i>Eichhornia crassipes</i>
	<i>Pontederia rotundifolia</i>
	<i>Pontederia</i> sp
Salviniaceae	<i>Salvinia auriculata</i>
	<i>Salvinia minima</i>
TOTAL	35

Ao longo do segundo ano de monitoramento limnológico da fase de operação da UHE Santo Antônio, foram registrados 13 táxons no rio Madeira, sendo em média $6,2 \pm 2,23$ (média \pm DP) por campanha. A riqueza mínima foi de 4 *taxa* em ambos os períodos de águas baixas (outubro de 2013 e 2014) e o máximo de 10 *taxa* registrado em abril/2014 (águas altas).

Dentre os táxons registrados, as macrófitas das famílias Poaceae e Pontederiaceae foram as mais comuns. A família Pontederiaceae apresentou as maiores contribuições para a riqueza total da comunidade de macrófitas no rio Madeira em outubro de 2013 e 2014 (com 50% em cada) e julho de 2014 (30%). Além disso, contribuiu com 33% em janeiro de 2014, sendo a mais representativa juntamente com Poaceae. Poaceae, por sua vez, foi a mais representativa em abril/2014 (30%).

Em outubro/2013, as demais famílias (Poaceae e Salviniaceae) contribuíram com 25% cada uma, para a riqueza total (Figura 5.2.5-1). Em janeiro de 2014, as demais (Araceae e Salviniaceae) contribuíram com 17% cada uma para a riqueza total (Figura 5.2.5-2). Em abril de 2014, as demais famílias (Araceae, Hydrocharitaceae, Onagraceae, Parkeriaceae, Polygonaceae, Pontederiaceae e Salviniaceae) contribuíram com 10% cada uma para a riqueza total (Figura 5.2.5-3). Em julho de 2014, as demais famílias (Araceae, Hydrocharitaceae, Poaceae, Polygonaceae e Salviniaceae) contribuíram com 14% cada uma para a riqueza total (Figura 5.2.5-4). Em outubro de 2014, as demais famílias (Amaranthaceae e Poaceae) contribuíram com 25% cada uma para a riqueza total (Figura 5.2.5-5).

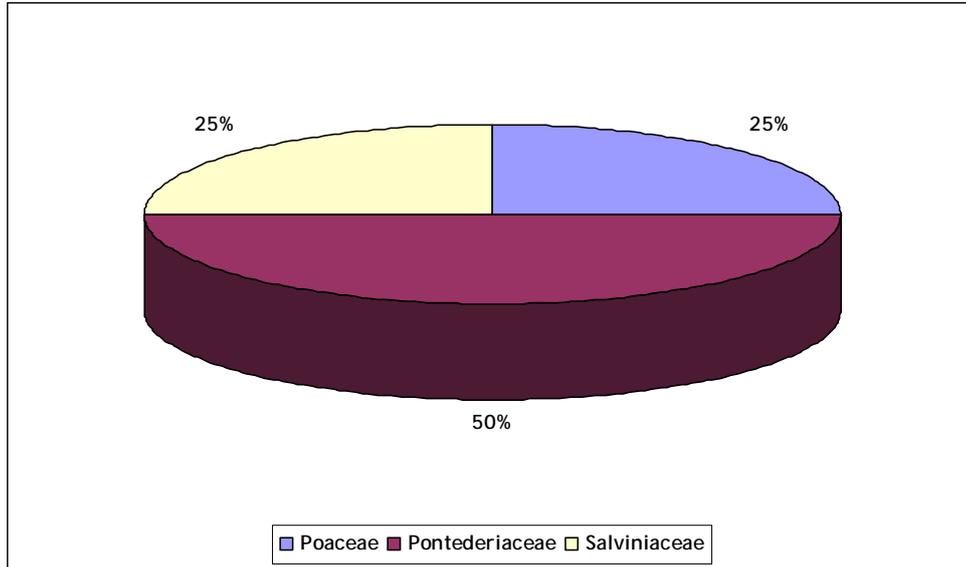


Figura 5.2.5-1 - Representatividade do número de táxons por família, expressa em porcentagem, na riqueza de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

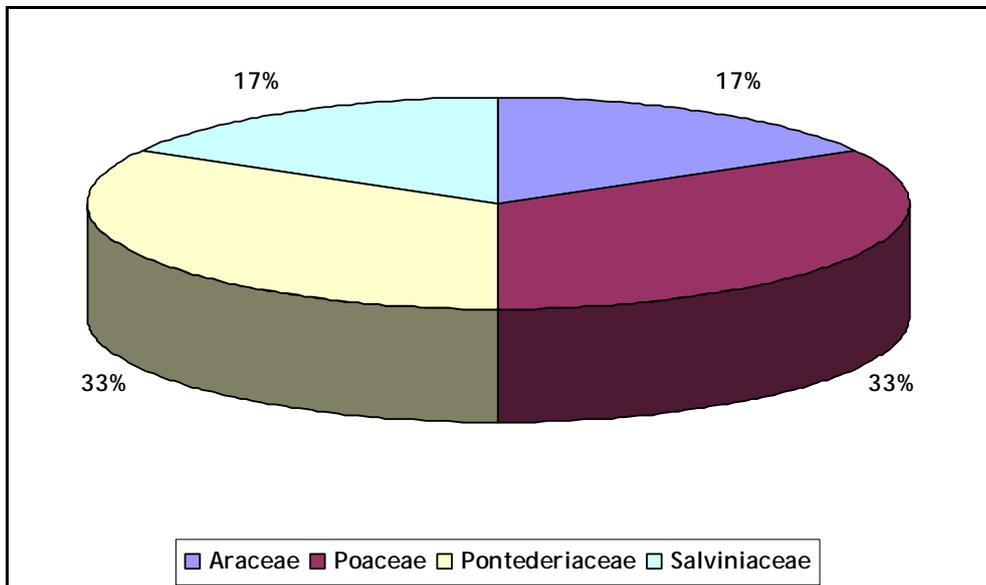


Figura 5.2.5-2 - Representatividade do número de táxons por família, expressa em porcentagem, na riqueza de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro de 2014.

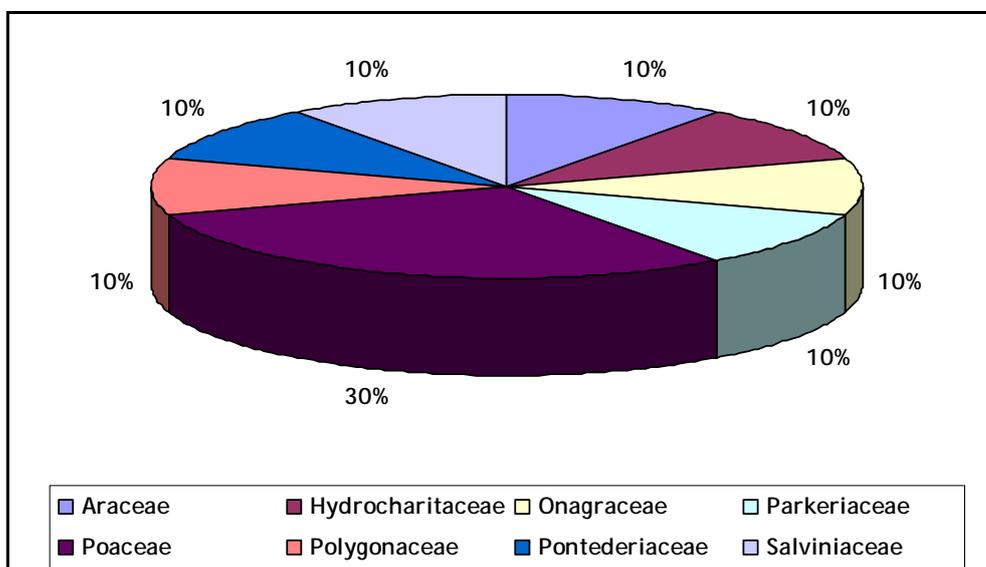


Figura 5.2.5-3 - Representatividade do número de táxons por família, expressa em porcentagem, na riqueza de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em abril de 2014.

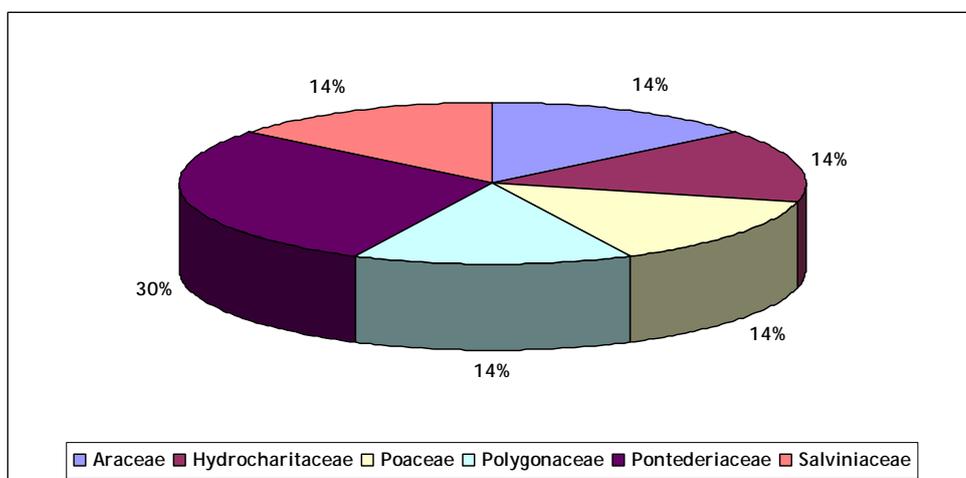


Figura 5.2.5-4 - Representatividade do número de táxons por família, expressa em porcentagem, na riqueza de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em julho de 2014.

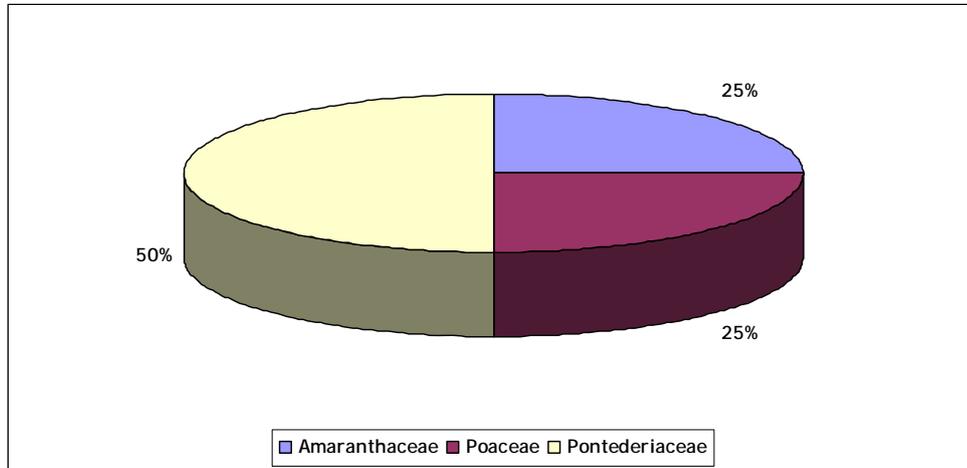


Figura 5.2.5-5 - Representatividade do número de táxons por família, expressa em porcentagem, na riqueza de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2014.

O Quadro 5.2.5-3, Quadro 5.2.5-4, Quadro 5.2.5-5, Quadro 5.2.5-6 e Quadro 5.2.5-7 apresentam a composição taxonômica de macrófitas nas estações do rio Madeira, no período de outubro de 2013, janeiro, abril, julho e outubro de 2014, respectivamente. Ao longo do período, apenas as estações monitoradas a montante do barramento registraram a ocorrência de macrófitas. Destas, MON.01 registrou as maiores riquezas em outubro/2013 (4 táxons), MON.02 em janeiro/2014 (5 táxons) e MON.03 e MON.04 em abril/2014 (6 táxons), MON.03 em julho/2014 (4 táxons) e MON.03 e MON.02 em outubro/2014 (4 táxons).

Quadro 5.2.5-3 - Composição taxonômica (presença ou ausência) das macrófitas no rio Madeira em outubro de 2013.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Poaceae				
<i>Paspalum repens</i>		x	x	x
Pontederiaceae				
<i>Eichhornia crassipes</i>			x	x
<i>Pontederia</i> sp	x			x
Salviniaceae				
<i>Salvinia minima</i>			x	x
TOTAL	1	1	3	4

Quadro 5.2.5-4 - Composição taxonômica (presença ou ausência)
das macrófitas no rio Madeira em janeiro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.05	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Araceae					
<i>Pistia stratiotes</i>			x	x	
Poaceae					
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	x	x			
<i>Paspalum repens</i>		x	x	x	x
Pontederiaceae					
<i>Eichhornia crassipes</i>			x	x	x
<i>Pontederia rotundifolia</i>				x	
Salviniaceae					
<i>Salvinia minima</i>			x	x	x
TOTAL	1	2	4	5	3

Quadro 5.2.5-5 - Composição taxonômica (presença ou ausência)
das macrófitas no rio Madeira em abril de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Araceae				
<i>Pistia stratiotes</i>		x		x
Hydrocharitaceae				
<i>Limnobium laevigatum</i>	x	x		
Onagraceae				
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>	x			
Parkeriaceae				
<i>Ceratopteris pteridoides</i>	x			
Poaceae				
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>			x	
<i>Paspalum repens</i>	x			x
<i>Paspalum sp</i>		x		
Polygonaceae				
<i>Polygonum hispidum</i>	x	x		
Pontederiaceae				
<i>Pontederia rotundifolia</i>		x	x	x
Salviniaceae				
<i>Salvinia minima</i>	x	x	x	x
TOTAL	6	6	3	4

Quadro 5.2.5-6 - Composição taxonômica (presença ou ausência) das macrófitas no rio Madeira em julho de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.03	MON.02	MON.01
Araceae			
<i>Pistia stratiotes</i>	x		
Hydrocharitaceae			
<i>Limnobium laevigatum</i>	x		
Poaceae			
<i>Paspalum repens</i>		x	
Polygonaceae			
<i>Polygonum hispidum</i>		x	
Pontederiaceae			
<i>Eichhornia crassipes</i>	x	x	
<i>Pontederia rotundifolia</i>			X
Salviniaceae			
<i>Salvinia minima</i>	x		
TOTAL	4	3	1

Quadro 5.2.5-7 - Composição taxonômica (presença ou ausência) das macrófitas no rio Madeira em outubro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Amaranthaceae				
<i>Alternanthera aquatica</i>		x	x	
Poaceae				
<i>Paspalum repens</i>	x	x	x	x
Pontederiaceae				
<i>Eichhornia crassipes</i>		x	x	
<i>Pontederia rotundifolia</i>		x	x	
TOTAL	1	4	4	1

Tributários

A análise das comunidades de macrófitas aquáticas nos tributários, realizada entre junho de 2009 e outubro de 2014, evidenciou uma composição taxonômica com 52 espécies pertencentes a 20 famílias de plantas diferentes para todas as campanhas realizadas até o presente momento (Quadro 5.2.5-8).

Quadro 5.2.5-8 - Composição taxonômica e riqueza total de macrófitas aquáticas nos tributários na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, entre junho de 2009 e outubro de 2014.

Família	Gênero/Espécie
Amaranthaceae	<i>Alternanthera aquatica</i>
Araceae	<i>Pistia</i> sp
	<i>Pistia stratiotes</i>
	<i>Urospatha sagittifolia</i>
Asteraceae	<i>Enydra radicans</i>
Azollaceae	<i>Azolla caroliniana</i>
	<i>Azolla foliculoides</i>
	<i>Azolla</i> sp
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> cf <i>mundtii</i>
	<i>Cyperus cubensis</i>
	<i>Cyperus digitatus</i>
	<i>Cyperus podoratus</i>
	<i>Cyperus</i> sp
	<i>Cyperus</i> sp 1
	<i>Cyperus</i> sp 2
	<i>Furiena umbellata</i>
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus fluitans</i>
Hydrocharitaceae	<i>Egeria</i> cf <i>najas</i>
	<i>Limnobium laevigatum</i>
Lamiaceae	<i>Hyptis</i> sp
Lemnaceae	<i>Lemna minor</i>
	<i>Spirodela intermedia</i>
Lentibulariaceae	<i>Utricularia</i> sp
Melastomataceae	<i>Macairea</i> cf <i>radula</i>
Onagraceae	<i>Ludwigia affinis</i>
	<i>Ludwigia elegans</i>
	<i>Ludwigia octovalis</i>
	<i>Ludwigia rigida</i>
	<i>Ludwigia</i> sp
	<i>Ludwigia</i> sp 1
	<i>Ludwigia</i> sp 2

Família	Gênero/Espécie
Parkeriaceae	<i>Ceratopteris pteridoides</i>
Poaceae	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
	<i>Oryza glumaepatula</i>
	<i>Panicum dichotomiflorum</i>
	<i>Panicum elephantipes</i>
	<i>Panicum</i> sp
	<i>Paspalum repens</i>
	<i>Paspalum</i> sp
	Poaceae sp1
Polygonaceae	<i>Polygonum acuminatum</i>
	<i>Polygonum hispidum</i>
	<i>Polygonum</i> sp
Pontederiaceae	<i>Eichhornia azurea</i>
	<i>Eichhornia crassipes</i>
	<i>Pontederia rotundifolia</i>
	<i>Pontederia</i> sp
Ricciaceae	<i>Ricciocarpus natans</i>
Salviniaceae	<i>Salvinia auriculata</i>
	<i>Salvinia minima</i>
Schrophulariaceae	<i>Stemodia ericifolia</i>
Sphenocleaceae	<i>Sphenoclea zeylanica</i>
TOTAL	52

Ao longo do segundo ano de monitoramento limnológico da fase de operação da UHE Santo Antônio, foram registradas nove táxons nos tributários, sendo em média $4,7 \pm 0,6$ (média \pm DP) por campanha. A riqueza máxima foi de 5 *taxa* registrado em janeiro e abril de 2014, ao passo que não houve ocorrência de nenhum táxon de macrófitas nas campanhas de julho e de outubro de 2014 referentes, respectivamente, aos períodos de vazante e águas baixas.

Dentre os táxons registrados, as macrófitas das famílias Poaceae e Pontederiaceae foram mais uma vez as mais comuns. A família Pontederiaceae apresentou a maior contribuição para a riqueza total da comunidade de macrófitas no rio Madeira em abril de 2014 (com 40%). Já a família Poaceae contribuiu com 40% em janeiro e abril de 2014, sendo a mais representativa para o período de enchente/2014 e contribui com 25% em outubro de 2013.

Em outubro/2013, as demais famílias (Cyperaceae, Laminaceae e Onagraceae) contribuíram com 25% cada uma, para a riqueza total (Figura 5.2.5-6). Em janeiro de 2014, as demais (Polygonaceae, Pontederiaceae e Salviniaceae) contribuíram com 20% cada uma para a

riqueza total (Figura 5.2.5-7). Em abril de 2014, a família Salviniaceae contribuiu com 20% a riqueza total (Figura 5.2.5-8).

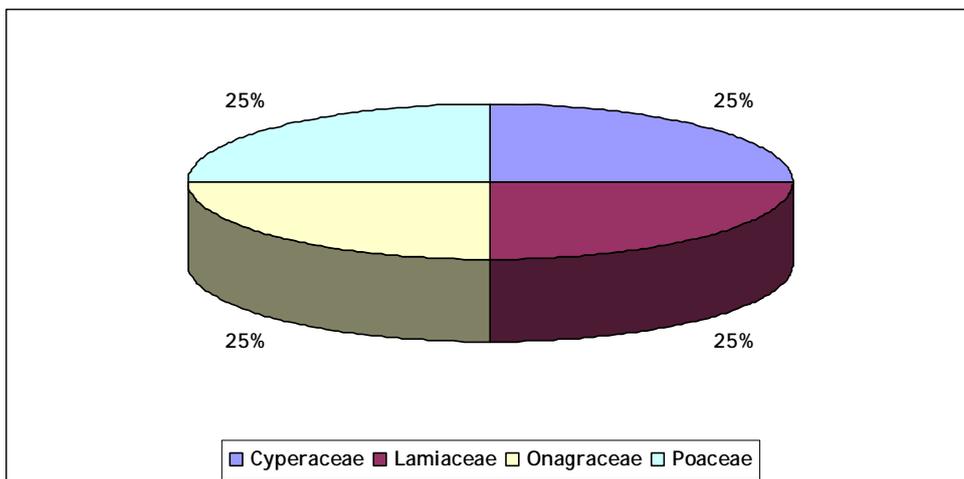


Figura 5.2.5-6 - Representatividade do número de táxons por família, expressa em porcentagem, na riqueza de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

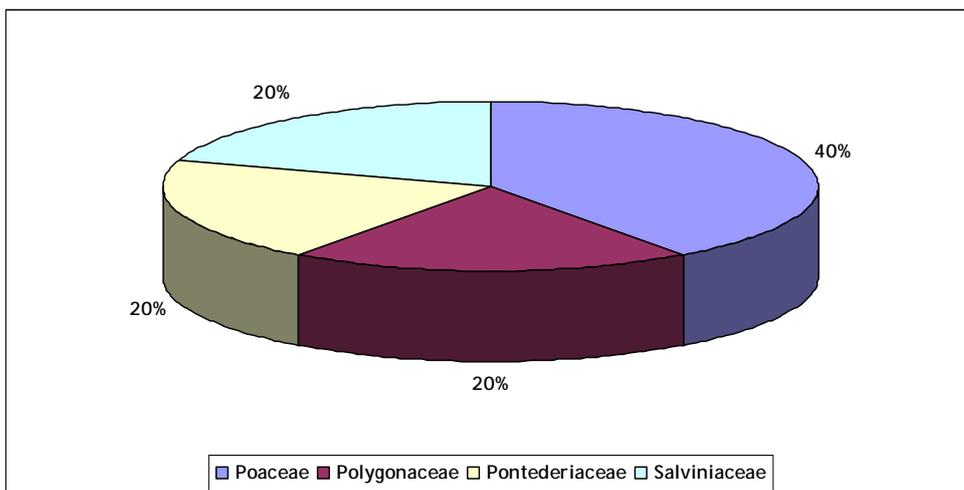


Figura 5.2.5-7 - Representatividade do número de táxons por família, expressa em porcentagem, na riqueza de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro de 2014.

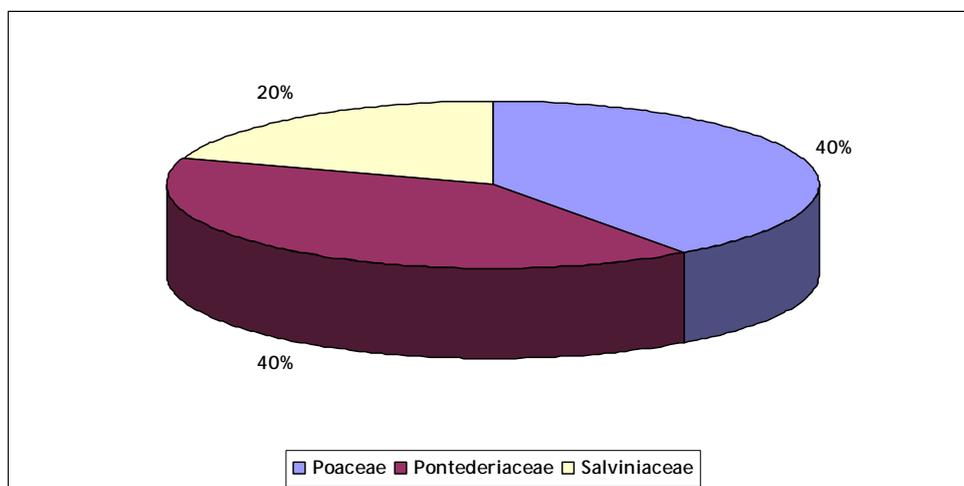


Figura 5.2.5-8 - Representatividade do número de táxons por família, expressa em porcentagem, na riqueza de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em abril de 2014.

O Quadro 5.2.5-9, Quadro 5.2.5-10 e Quadro 5.2.5-11 apresentam a composição taxonômica de macrófitas nas estações dos tributários, no período de outubro de 2013 e janeiro e abril de 2014, respectivamente. Ao longo do período, apenas as estações monitoradas a montante do barramento registraram a ocorrência de macrófitas, destacando-se CEA.01. Em outubro de 2013, CEA.01 foi a única estação que registrou a ocorrência de macrófitas aquáticas, com uma riqueza de quatro táxons, sendo que a espécie *Ludwigia affinis* foi registrada pela primeira vez.

Quadro 5.2.5-9 - Composição taxonômica (presença ou ausência) das macrófitas nos tributários em outubro de 2013.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	CEA.01
Cyperaceae	
<i>Cyperus digitatus</i>	x
Lamiaceae	
<i>Hyptis</i> sp	x
Onagraceae	
<i>Ludwigia affinis</i>	x
Poaceae	
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	x
TOTAL	4

Apenas as estações JAC.02, CRC e CEA.01 nos tributários registraram a ocorrência de macrófitas aquáticas em janeiro de 2014. O Quadro 5.2.5-10 representa a composição taxonômica de macrófitas nestas estações, que apresentaram, conjuntamente, uma riqueza de cinco táxons.

Quadro 5.2.5-10 - Composição taxonômica (presença ou ausência) das macrófitas nos tributários em janeiro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	JAC.02	CRC	CEA.01
Poaceae			
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>		x	
<i>Paspalum repens</i>			x
Polygonaceae			
<i>Polygonum hispidum</i>		x	
Pontederiaceae			
<i>Eichhornia crassipes</i>	x		
Salviniaceae			
<i>Salvinia minima</i>	x		
TOTAL	2	2	1

Apenas as estações CRC e CEA.01 nos tributários registraram a ocorrência de macrófitas aquáticas em abril de 2014. O Quadro 5.2.5-11 representa a composição taxonômica de macrófitas nestas estações, que apresentaram, conjuntamente, uma riqueza de cinco táxons.

Quadro 5.2.5-11 - Composição taxonômica (presença ou ausência) das macrófitas nos tributários em abril de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	CRC	CEA.01
Poaceae		
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>		x
<i>Paspalum repens</i>	x	
Pontederiaceae		
<i>Eichhornia crassipes</i>	x	
<i>Pontederia rotundifolia</i>	x	
Salviniaceae		
<i>Salvinia minima</i>		x
TOTAL	3	2

Não houve ocorrência de nenhum táxon de macrófitas nos tributários nas campanhas de julho e de outubro de 2014 referentes, respectivamente, aos períodos de vazante e águas baixas.

Lago Cuniã

A análise das comunidades de macrófitas aquáticas no lago Cuniã, realizada entre junho de 2009 e outubro de 2014, evidenciou uma composição taxonômica com 26 espécies pertencentes a 14 famílias de plantas diferentes, para todas as campanhas realizadas até o presente momento (Quadro 5.2.5-12).

Quadro 5.2.5-12 - Composição taxonômica e riqueza total de macrófitas aquáticas no lago Cuniã na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, entre junho de 2009 e outubro de 2014.

Família	Gênero/Espécie
Azollaceae	<i>Azolla</i> sp
Cyperaceae	<i>Cladium</i> sp
	<i>Cyperus</i> sp 1
	<i>Furiena umbellata</i>
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus fluitans</i>
Hydrocharitaceae	<i>Egeria</i> cf <i>najas</i>
Lemnaceae	<i>Lemna minor</i>
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea</i> sp
Onagraceae	<i>Ludwigia affinis</i>
	<i>Ludwigia octovalis</i>
	<i>Ludwigia</i> sp 2
Parkeriaceae	<i>Ceratopteris pteridoides</i>
Poaceae	<i>Panicum</i> cf. <i>dichotomiflorum</i>
	<i>Panicum dichotomiflorum</i>
	<i>Panicum elephantipes</i>
	<i>Paspalum fasciculatum</i>
	<i>Paspalum moridialensis</i>
Polygonaceae	<i>Paspalum repens</i>
	<i>Polygonum hispidum</i>
	<i>Polygonum</i> sp
Pontederiaceae	<i>Pontederia rotundifolia</i>
	<i>Pontederia</i> sp
Ricciaceae	<i>Ricciocarpus natans</i>
	<i>Ricciocarpus</i> sp
Salviniaceae	<i>Salvinia minima</i>
Schrophulariaceae	<i>Stemodia ericifolia</i>
TOTAL	26

Ao longo do segundo ano de monitoramento limnológico da fase de operação da UHE Santo Antônio, foram registrados seis táxons no lago Cuniã, sendo em média $4,0 \pm 2,8$ (média \pm DP) por campanha. A riqueza máxima foi de 6 *taxa* registrados em abril de 2014, ao passo que não houve ocorrência de nenhum táxon de macrófitas nas campanhas de outubro de 2013 e 2014 e julho de 2014 referentes, respectivamente, aos períodos de águas baixas e vazante.

No lago Cuniã as macrófitas das famílias Poaceae e Pontederiaceae foram também as mais comuns. A família Pontederiaceae apresentou a maior contribuição para a riqueza total da comunidade de macrófitas no lago Cuniã em janeiro e abril de 2014 com 50 e 32%, respectivamente. Já a família Poaceae contribuiu com 50% em janeiro de 2014 e com 17% em abril de 2014 (Figura 5.2.5-9 e Figura 5.2.5-10).

Em abril de 2014, as demais famílias (Cyperaceae, Onagraceae e Salviniaceae) contribuíram com 17% cada uma, para a riqueza total (Figura 5.2.5-10).

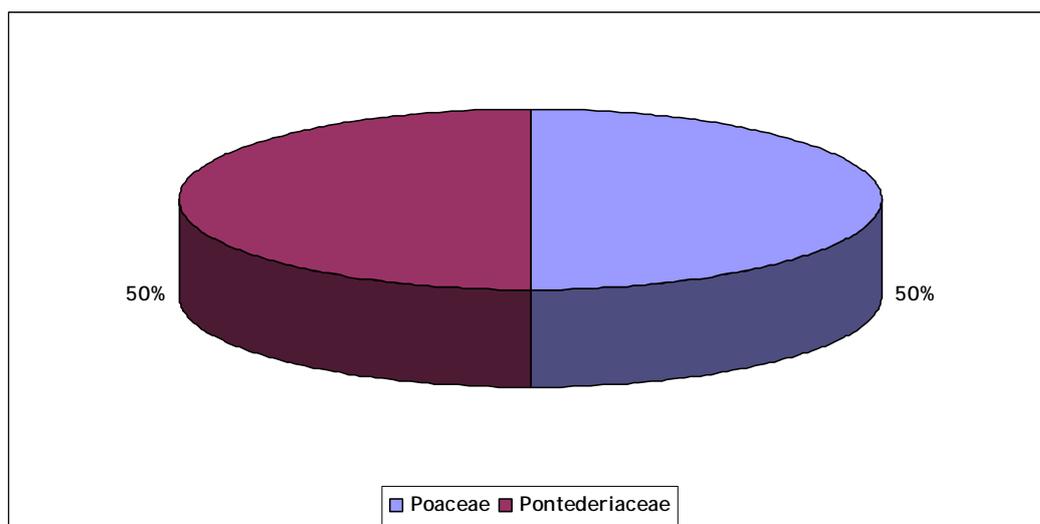


Figura 5.2.5-9 - Representatividade do número de táxons por família, expressa em porcentagem, na riqueza de macrófitas no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro de 2014.

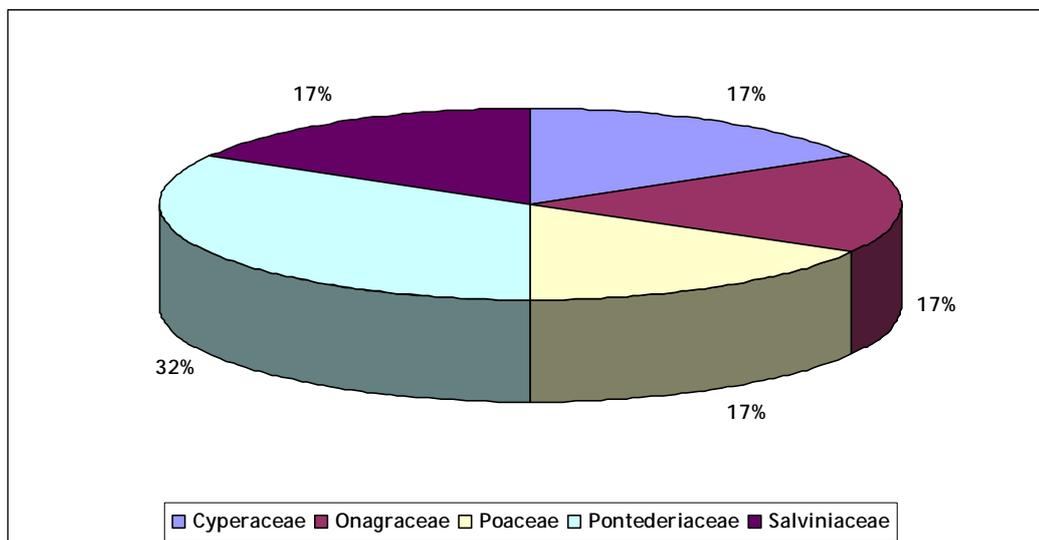


Figura 5.2.5-10 - Representatividade do número de táxons por família, expressa em porcentagem, na riqueza de macrófitas no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em abril de 2014.

O Quadro 5.2.5-13 e Quadro 5.2.5-14 apresentam a composição taxonômica de macrófitas no lago Cuniã, no período de janeiro e abril de 2014. Não houve ocorrência de nenhum táxon de macrófitas no lago Cuniã nas campanhas de julho e de outubro de 2014 referentes, respectivamente, aos períodos de vazante e de águas baixas. A estação LC.01 registrou 2 e 6 táxons para janeiro e abril de 2014, sendo o gênero *Cladium* sp identificado pela primeira vez em abril de 2014.

Quadro 5.2.5-13 - Composição taxonômica (presença ou ausência) das macrófitas no lago Cuniã em janeiro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	LC.01
Poaceae	
<i>Paspalum repens</i>	x
Pontederiaceae	
<i>Eichhornia crassipes</i>	x
TOTAL	2

Quadro 5.2.5-14 - Composição taxonômica (presença ou ausência) das macrófitas no lago Cuniã em abril de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	LC.01
Cyperaceae	
<i>Cladium</i> sp	x

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	LC.01
Onagraceae	
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>	x
Poaceae	
<i>Paspalum repens</i>	x
Pontederiaceae	
<i>Eichhornia crassipes</i>	x
<i>Pontederia rotundifolia</i>	x
Salviniaceae	
<i>Salvinia minima</i>	x
TOTAL	6

5.2.5.2 - Cobertura de macrófitas sazonal (Outubro de 2013 a Outubro de 2014)

Os bancos de macrófitas com ocorrência nas diferentes estações amostradas na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira estão apresentados no Quadro 5.2.5-15, Quadro 5.2.5-16, Quadro 5.2.5-17, Quadro 5.2.5-18 e Quadro 5.2.5-19. A classificação quanto à dominância foi obtida com base em avaliação da extensão e identificação dos táxons, realizada visualmente.

As famílias Poaceae e Pontederiaceae foram as que apresentaram os maiores bancos de macrófitas (> 500 m²) no segundo ano de monitoramento limnológico da fase de operação da UHE Santo Antônio. Uma exceção encontrada foi em abril de 2014, em que um banco maior do que 500 m² foi formado com a espécie *Polygonum hispidum* na estação MON.03.

Quadro 5.2.5-15 - Áreas dos bancos de macrófitas e as respectivas espécies dominantes para cada estação de amostragem no rio Madeira e nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, avaliadas em outubro de 2013.

Outubro de 2013		
	Área do banco (m ²)	Dominância
Rio Madeira		
MON.04	200	<i>Pontederia</i> sp
MON.03	> 500	<i>Paspalum repens</i>
MON.02	> 500	<i>Paspalum repens</i>
MON.01	> 500	<i>Paspalum repens</i>
Tributários		
CEA.01	40	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>

Quadro 5.2.5-16 - Áreas dos bancos de macrófitas e respectivas espécies dominantes para cada estação de amostragem no rio Madeira, nos tributários e no Lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, avaliadas em janeiro de 2014.

Janeiro de 2014		
	Área do banco (m ²)	Dominância
Rio Madeira		
MON.05	200	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
MON.04	> 500	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
MON.03	> 500	<i>Paspalum repens</i>
MON.02	> 500	<i>Paspalum repens</i>
MON.01	> 500	<i>Eichhornia crassipes</i>
Tributários		
JAC.02	> 500	<i>Eichhornia crassipes</i>
CRC	9	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
CEA.01	> 500	<i>Paspalum repens</i>
Lago Cuniã		
LC.01	10	<i>Paspalum repens</i>

Quadro 5.2.5-17 - Áreas dos bancos de macrófitas e respectivas espécies dominantes para cada estação de amostragem no rio Madeira, nos tributários e no Lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, em abril de 2014.

Abril de 2014		
	Área do banco (m ²)	Dominância
Rio Madeira		
MON.04	>500	<i>Paspalum repens</i>
MON.03	> 500	<i>Polygonum hispidum</i>
MON.02	> 500	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
MON.01	> 500	<i>Paspalum repens</i>
Tributários		
CRC	> 500	<i>Eichhornia crassipes</i>
CEA.01	> 500	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
Lago Cuniã		
LC.01	9	<i>Eichhornia crassipes</i>

Quadro 5.2.5-18 - Áreas dos bancos de macrófitas e respectivas espécies dominantes para cada estação e amostragem no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira em julho de 2014.

Julho de 2014		
	Área do banco (m ²)	Dominância
Rio Madeira		
MON.03	15	<i>Eichhornia crassipes</i>
MON.02	> 500	<i>Eichhornia crassipes</i>
MON.01	150	<i>Pontederia</i> sp

Quadro 5.2.5-19 - Áreas dos bancos de macrófitas e respectivas espécies dominantes para cada estação e amostragem no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira em outubro de 2014.

Não houve ocorrência de macrófitas nos tributários e no Lago Cuniã nesta campanha.

Outubro de 2014		
	Área do banco (m ²)	Dominância
Rio Madeira		
MON.04	> 500	<i>Paspalum repens</i>
MON.03	> 500	<i>Paspalum repens</i>
MON.02	> 500	<i>Paspalum repens</i>
MON.01	60	<i>Paspalum repens</i>

5.2.5.3 - Densidades numéricas absolutas e relativas sazonais (Outubro de 2013 a Outubro de 2014)

Rio Madeira

No rio Madeira a densidade total de macrófitas ao longo da fase de operação da UHE Santo Antônio variou entre 484 ind.m⁻², registrada em MON.04 em abril de 2014 (águas altas) a 4 ind.m⁻² em MON.01 em julho/2014 (vazante) (Figura 5.2.5-11).

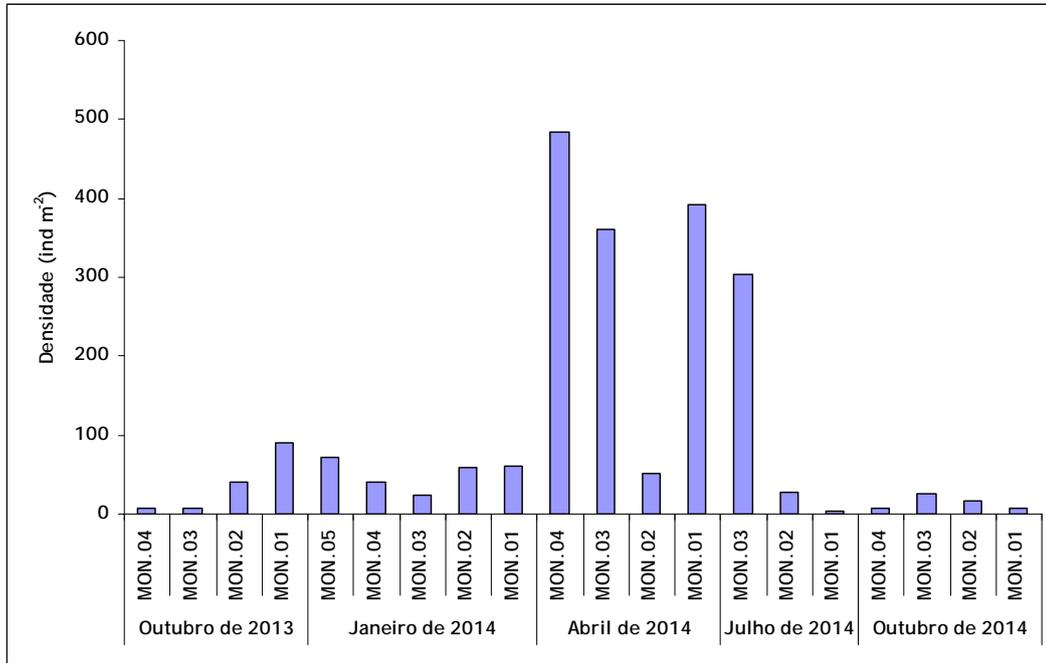


Figura 5.2.5-11 - Densidade numérica absoluta (ind.m⁻²) dos táxons de macrófitas registrados no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013, janeiro de 2014, abril de 2014, julho de 2014 e outubro de 2014.

As famílias Salviniaceae, Pontederiaceae e Poaceae apresentaram as maiores contribuições para a densidade total da comunidade de macrófitas no rio Madeira durante o segundo ano de operação do empreendimento UHE de Santo Antônio do Madeira. Algumas outras famílias, tais como Parkeriaceae, Hydrocharitaceae, Onagraceae e Amarantaceae também foram responsáveis por contribuírem com a elevação da densidade total em alguns pontos de amostragem (Figura 5.2.5-12).

UHE Santo Antônio

2541-00-MLM-RL-0009-00

Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas -
Relatório 9 / Consolidado das Fases de Instalação e Operação

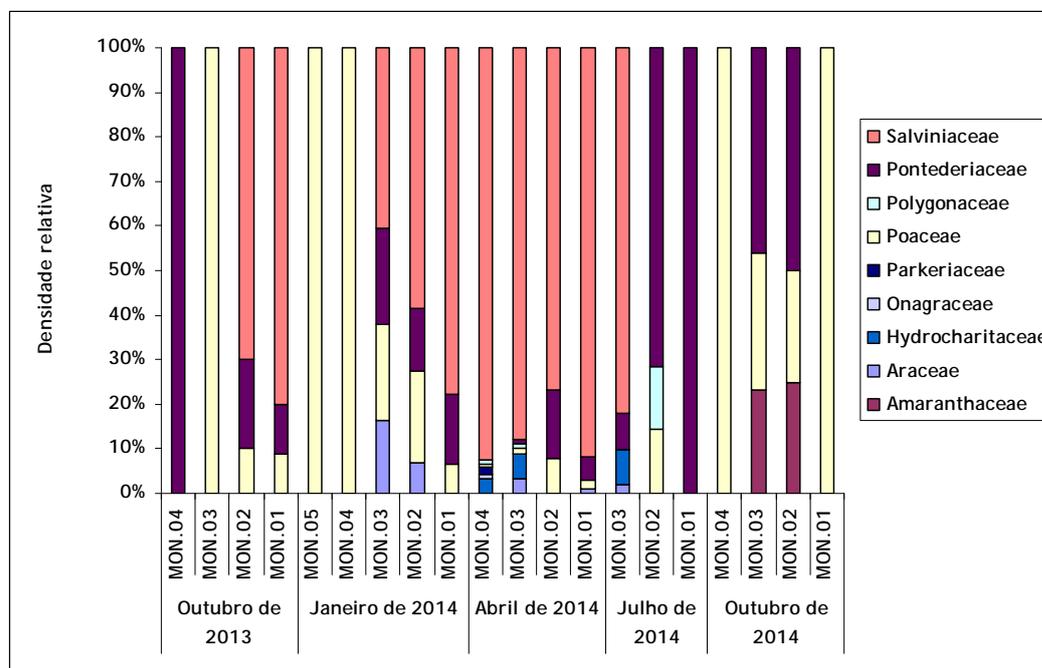


Figura 5.2.5-12 - Densidade relativa (%) dos representantes das diferentes famílias de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013, janeiro de 2014, abril de 2014, julho de 2014 e outubro de 2014.

Em outubro/2013, a espécie *Salvinia minima*, com ocorrência nas estações de amostragem MON.01 e MON.02, foi a mais abundante, sendo as densidades absolutas de 72 e 28 ind.m⁻², respectivamente (Quadro 5.2.5-20). Em janeiro de 2014, a espécie *Hymenachne amplexicaulis*, com ocorrência nas estações de amostragens MON.05 e MON.04, e a espécie *Salvinia minima*, com ocorrência nas estações de amostragem MON.03, MON.02 e MON.01, foram as mais abundantes (Quadro 5.2.5-21). Em abril de 2014, a espécie *Salvinia minima* foi a mais abundante e frequente, com ocorrência em todas as estações de amostragem (Quadro 5.2.5-22). Em julho de 2014, a família Pontederiaceae foi a única com ocorrência em todas as estações de amostragem (Quadro 5.2.5-23) e em outubro de 2014, não houve ocorrência de nenhuma família de macrófitas que se destacasse para a sua contribuição na densidade total (Quadro 5.2.5-24).

Quadro 5.2.5-20 - Densidade absoluta (ind.m⁻²) das macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Poaceae				
<i>Paspalum repens</i>		8	4	8

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Pontederiaceae				
<i>Eichhornia crassipes</i>			8	4
<i>Pontederia</i> sp	8			6
Salviniaceae				
<i>Salvinia minima</i>			28	72
TOTAL	8	8	40	90

Quadro 5.2.5-21 - Densidade absoluta (ind.m⁻²) das macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, em janeiro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.05	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Araceae					
<i>Pistia stratiotes</i>			4	4	
Poaceae					
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	71	20			
<i>Paspalum repens</i>		20	5	12	4
Pontederiaceae					
<i>Eichhornia crassipes</i>			5	4	9
<i>Pontederia rotundifolia</i>				4	
Salviniaceae					
<i>Salvinia minima</i>			10	34	47
TOTAL	71	40	24	58	60

Quadro 5.2.5-22 - Densidade absoluta (ind.m⁻²) das macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, em abril de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Araceae				
<i>Pistia stratiotes</i>		12		4
Hydrocharitaceae				
<i>Limnobium laevigatum</i>	16	20		
Onagraceae				
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>	4			
Parkeriaceae				
<i>Ceratopteris pteridoides</i>	8			
Poaceae				
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>			4	
<i>Paspalum repens</i>	4			8
<i>Paspalum</i> sp		4		
Polygonaceae				
<i>Polygonum hispidum</i>	4	4		
Pontederiaceae				
<i>Pontederia rotundifolia</i>		4	8	20

UHE Santo Antônio

2541-00-MLM-RL-0009-00

Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas -
Relatório 9 / Consolidado das Fases de Instalação e Operação

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Salviniaceae				
<i>Salvinia minima</i>	448	316	40	360
TOTAL	484	360	52	392

Quadro 5.2.5-23 - Densidade absoluta (ind.m⁻²) das macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, em julho de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.03	MON.02	MON.01
Araceae			
<i>Pistia stratiotes</i>	6		
Hydrocharitaceae			
<i>Limnobium laevigatum</i>	24		
Poaceae			
<i>Paspalum repens</i>		4	
Polygonaceae			
<i>Polygonum hispidum</i>		4	
Pontederiaceae			
<i>Eichhornia crassipes</i>	24	20	
<i>Pontederia rotundifolia</i>			4
Salviniaceae			
<i>Salvinia minima</i>	249		
TOTAL	303	28	4

Quadro 5.2.5-24 - Densidade absoluta (ind.m⁻²) das macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, em outubro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Amaranthaceae				
<i>Alternanthera aquatica</i>		6	4	
Poaceae				
<i>Paspalum repens</i>	8	8	4	8
Pontederiaceae				
<i>Eichhornia crassipes</i>		8	4	
<i>Pontederia rotundifolia</i>		4	4	
TOTAL	8	26	16	8

Tributários

Nos tributários, a densidade total de macrófitas ao longo da fase de operação da UHE Santo Antônio variou entre 1424 ind.m⁻², registrada em CEA.01 em abril de 2014 (águas altas) a 12 ind.m⁻² em CRC e CEA.01 em janeiro/2014 (enchente) (Figura 5.2.5-13).

Não houve ocorrência de nenhum táxon de macrófitas nos tributários para as campanhas de julho e de outubro de 2014 referentes, respectivamente, aos períodos de vazante e de águas baixas.

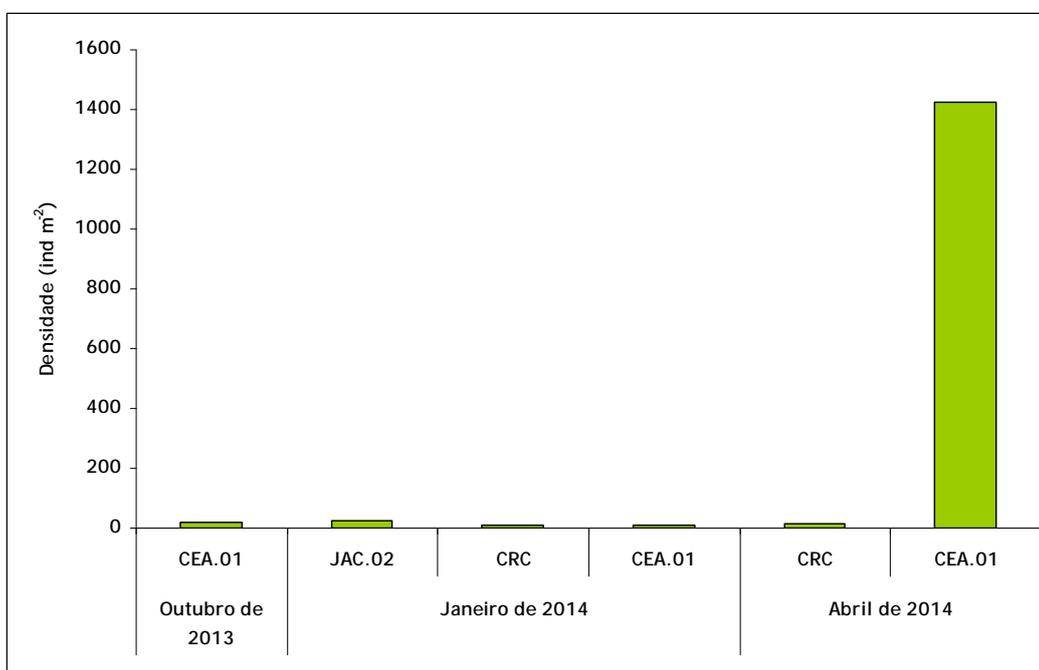


Figura 5.2.5-13 - Densidade numérica absoluta (ind.m⁻²) dos táxons de macrófitas registrados nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013, em janeiro de 2014 e abril de 2014.

As famílias Salviniaceae, Pontederiaceae e Poaceae apresentaram as maiores contribuições para a densidade total da comunidade de macrófitas nos tributários durante o segundo ano de operação do empreendimento UHE de Santo Antônio do Madeira. Algumas outras famílias, tais como Lamiaceae, Cyperaceae e Onagraceae na estação CEA.01 (outubro/2013) e Polygonaceae na estação CRC (janeiro/2014) também foram responsáveis por contribuírem com a elevação da densidade total (Figura 5.2.5-14).

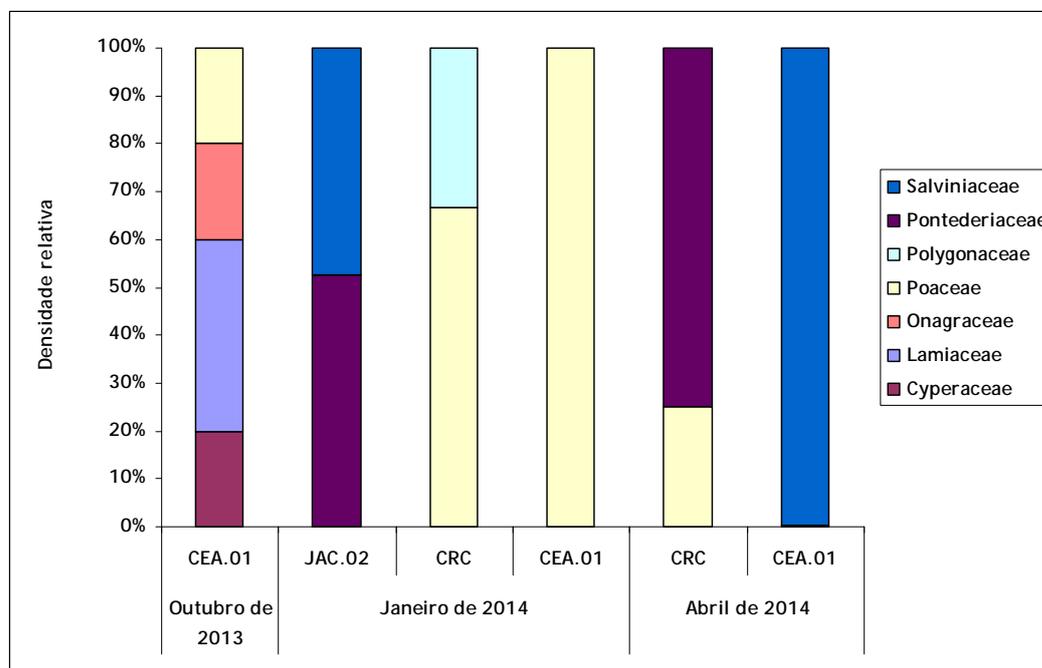


Figura 5.2.5-14 - Densidade relativa (%) dos representantes das diferentes famílias de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013, janeiro de 2014 e abril de 2014.

Em outubro/2013, todas as espécies registradas contribuíram com densidades individuais bastante próximas (Quadro 5.2.5-25). Em janeiro de 2014, a espécie *Paspalum repens*, com ocorrência na estação de amostragem CEA.01 e as espécies *Eichhornia crassipes* e *Salvinia minima*, com ocorrência na estação de amostragem JAC.02, foram as que mais contribuíram para a densidade total (Quadro 5.2.5-26). Por fim, em abril de 2014, a espécie *Salvinia minima* foi a mais abundante de todas as estações amostradas (Quadro 5.2.5-27).

Quadro 5.2.5-25 - Densidade absoluta (ind.m⁻²) das macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	CEA.01
Cyperaceae	
<i>Cyperus digitatus</i>	4
Lamiaceae	
<i>Hyptis</i> sp	8
Onagraceae	
<i>Ludwigia affinis</i>	4
Poaceae	
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	4
TOTAL	20

Quadro 5.2.5-26 - Densidade absoluta (ind.m⁻²) das macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	JAC.02	CRC	CEA.01
Poaceae			
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>		8	
<i>Paspalum repens</i>			12
Polygonaceae			
<i>Polygonum hispidum</i>		4	
Pontederiaceae			
<i>Eichhornia crassipes</i>	13		
Salviniaceae			
<i>Salvinia minima</i>	12		
TOTAL	25	12	12

Quadro 5.2.5-27 - Densidade absoluta (ind.m⁻²) das macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em abril de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	CRC	CEA.01
Poaceae		
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>		4
<i>Paspalum repens</i>	4	
Pontederiaceae		
<i>Eichhornia crassipes</i>	8	
<i>Pontederia rotundifolia</i>	4	
Salviniaceae		
<i>Salvinia minima</i>		1420
TOTAL	16	1424

Lago Cuniã

No lago Cuniã, a densidade total de macrófitas ao longo da fase de operação da UHE Santo Antônio foi de 6258 ind.m⁻² em abril de 2014 (águas altas) a 23 ind.m⁻² registrada em janeiro/2014 (enchente) (Figura 5.2.5-15).

Não houve ocorrência de nenhum táxon de macrófitas no lago Cuniã para as campanhas de outubro/2013, julho e outubro/2014.

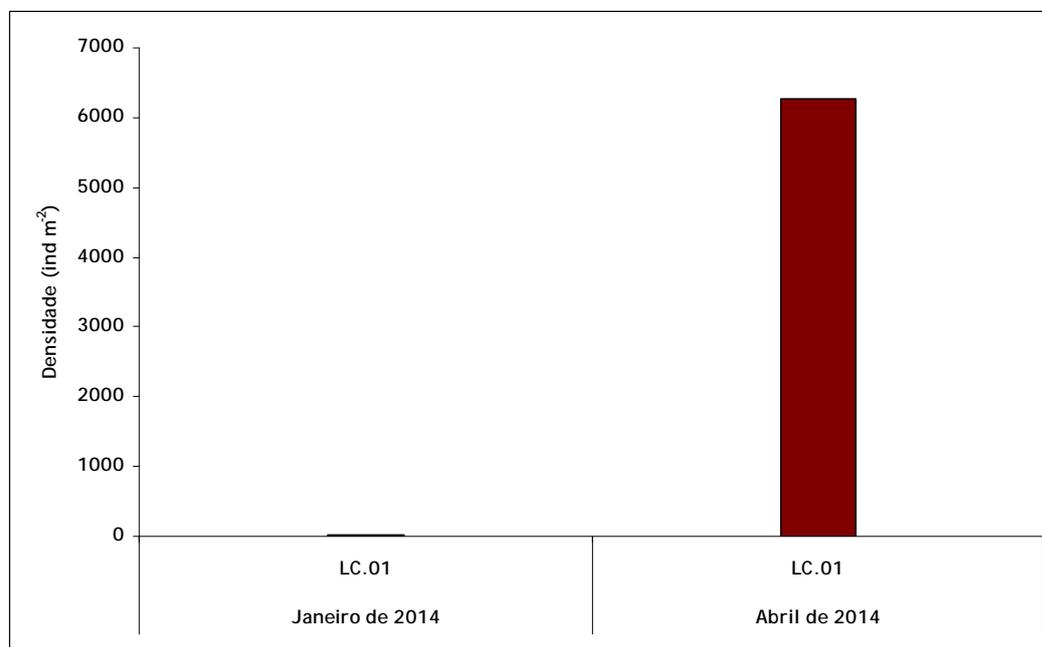


Figura 5.2.5-15 - Densidade numérica absoluta (ind.m⁻²) dos táxons de macrófitas registrados no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro de 2014 e abril de 2014.

As famílias Poaceae (janeiro/2014) e Salviniaceae (abril/2014) apresentaram as maiores contribuições para a densidade total da comunidade de macrófitas nos tributários durante o segundo ano de operação do empreendimento UHE de Santo Antônio do Madeira. A família Pontederiaceae em janeiro/2014 também foi responsável por contribuir com a elevação da densidade total (Figura 5.2.5-16).

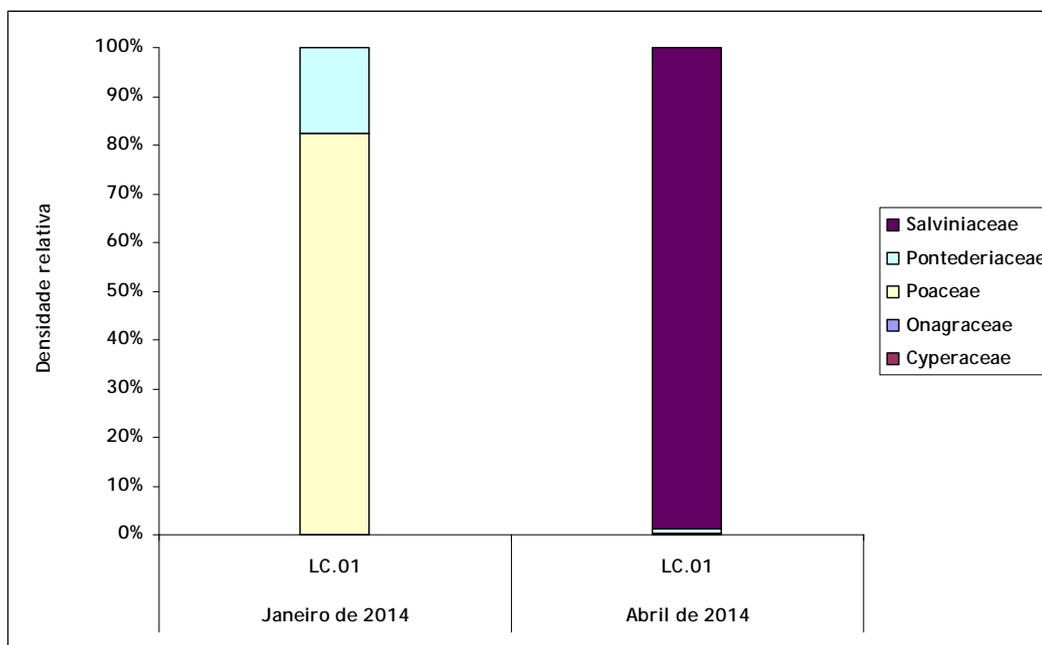


Figura 5.2.5-16 - Densidade relativa (%) dos representantes das diferentes famílias de macrófitas no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em abril de 2014.

Em janeiro de 2014, a maior densidade absoluta registrada no lago Cuniã foi da espécie *Paspalum repens* com 19 ind.m⁻². A espécie *Eichhornia crassipes* teve uma densidade absoluta de 4 ind.m⁻², perfazendo uma densidade absoluta total de 23 ind.m⁻² (Quadro 5.2.5-28), enquanto que, em abril de 2014, a maior densidade absoluta registrada no lago Cuniã foi da espécie *Salvinia minima* com 6192 ind.m⁻², seguida pela espécie *Eichhornia crassipes* que teve uma densidade absoluta de 52 ind.m⁻² (Quadro 5.2.5-29).

Quadro 5.2.5-28 - Densidade absoluta (ind.m⁻²) das macrófitas no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	LC.01
Poaceae	
<i>Paspalum repens</i>	19
Pontederiaceae	
<i>Eichhornia crassipes</i>	4
TOTAL	23

Quadro 5.2.5-29 - Densidade absoluta (ind.m⁻²) das macrófitas no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em abril de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	LC.01
Cyperaceae	
<i>Cladium</i> sp	12
Onagraceae	
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>	4
Poaceae	
<i>Paspalum repens</i>	4
Pontederiaceae	
<i>Eichhornia crassipes</i>	52
<i>Pontederia rotundifolia</i>	4
Salviniaceae	
<i>Salvinia minima</i>	6192
TOTAL	6268

5.2.5.4 - Equitabilidade e Diversidade Específica

Rio Madeira

No rio Madeira, a maior diversidade específica obtida durante o segundo ano da fase de operação da UHE Santo Antônio foi de 1,39 bits.ind⁻¹ em outubro de 2014 (vazante) na estação MON.02 e a menor diversidade foi de 0,00 bits.ind⁻¹ registrada em algumas estações de amostragem ao longo de todo o ano (Figura 5.2.5-17).

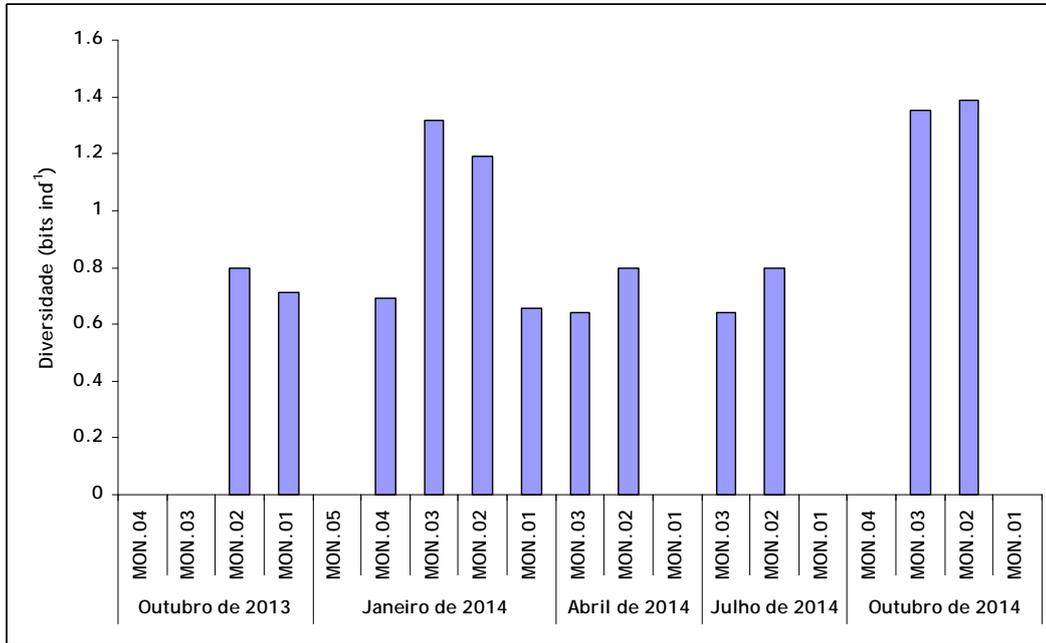


Figura 5.2.5-17 - Valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener para as espécies da comunidade de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013, em janeiro de 2014, em abril de 2014, em julho de 2014 e em outubro de 2014.

Já com relação à equitabilidade, o maior valor apresentado no rio Madeira durante o segundo ano da fase de operação da UHE Santo Antônio foi de 1,00 em janeiro de 2014 (enchente) na estação MON.04 e em outubro de 2014 (vazante) na estação MON.02. O menor valor de equitabilidade foi de 0,00 em algumas estações de amostragem ao longo de todo o ano (Figura 5.2.5-18).

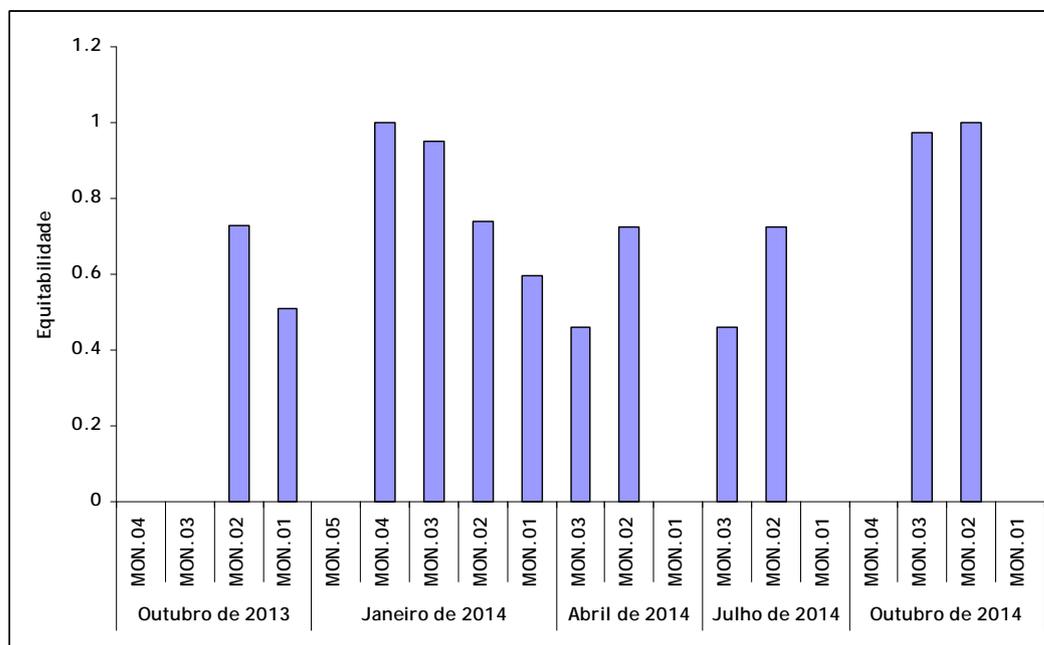


Figura 5.2.5-18 - Valores de equitabilidade para as espécies da comunidade de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013, em janeiro de 2014, em abril de 2014, em julho de 2014 e em outubro de 2014.

Tributários

Nos tributários, a maior diversidade específica obtida durante o segundo ano da fase de operação da UHE Santo Antônio foi de 1,34 bits.ind⁻¹ em outubro de 2013 (vazante) na estação CEA.01 e a menor diversidade foi de 0,00 bits.ind⁻¹ registrada em janeiro de 2014 (enchente) na estação CEA.01 (Figura 5.2.5-19).

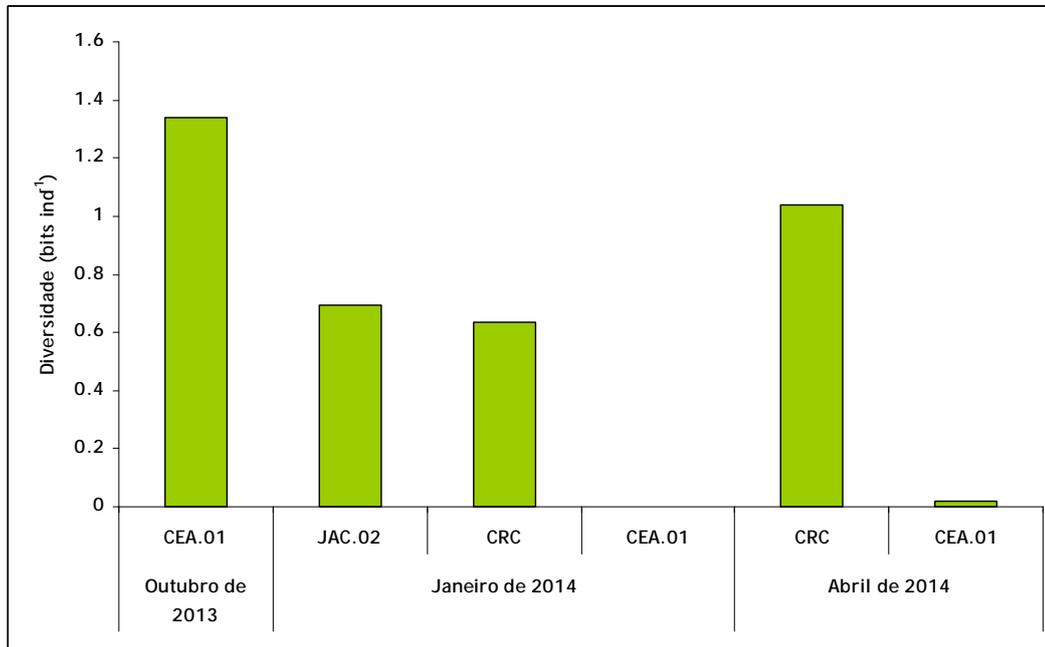


Figura 5.2.5-19 - Valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener para as espécies da comunidade de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013, janeiro de 2014 e abril de 2014.

O maior valor de equitabilidade apresentado nos tributários durante o segundo ano da fase de operação da UHE Santo Antônio foi de 0,99 em janeiro de 2014 (enchente) na estação JAC.02 e o menor valor foi de 0,00 também em janeiro de 2014 na estação CEA.01 (Figura 5.2.5-20).

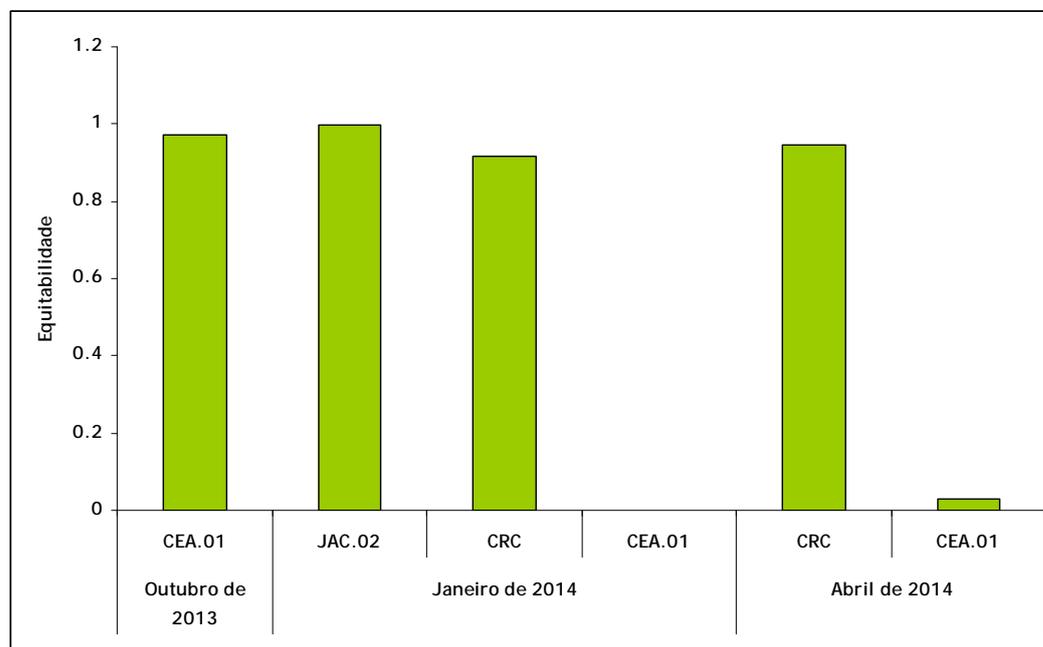


Figura 5.2.5-20 - Valores de equitabilidade para as espécies da comunidade de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013, janeiro de 2014 e abril de 2014.

Lago Cuniã

No Lago Cuniã, a maior diversidade específica obtida durante o segundo ano da fase de operação da UHE Santo Antônio foi de 0,46 bits.ind⁻¹ em janeiro de 2014 (enchente) e a menor diversidade foi de 0,08 bits.ind⁻¹ em abril de 2014 (águas altas) (Figura 5.2.5-21).

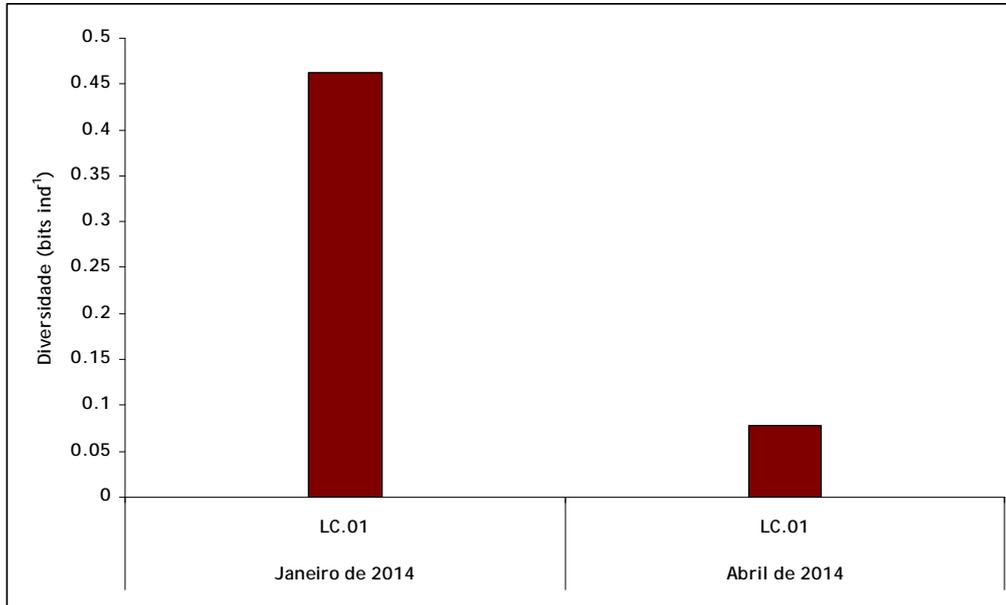


Figura 5.2.5-21 - Valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener para as espécies da comunidade de macrófitas no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro de 2014 e em abril de 2014.

O maior valor de equitabilidade apresentado no lago Cuniã durante o segundo ano da fase de operação da UHE Santo Antônio foi de 0,66 em janeiro de 2014 (enchente) e o menor valor foi de 0,043 também em abril de 2014 (água altas) (Figura 5.2.5-22).

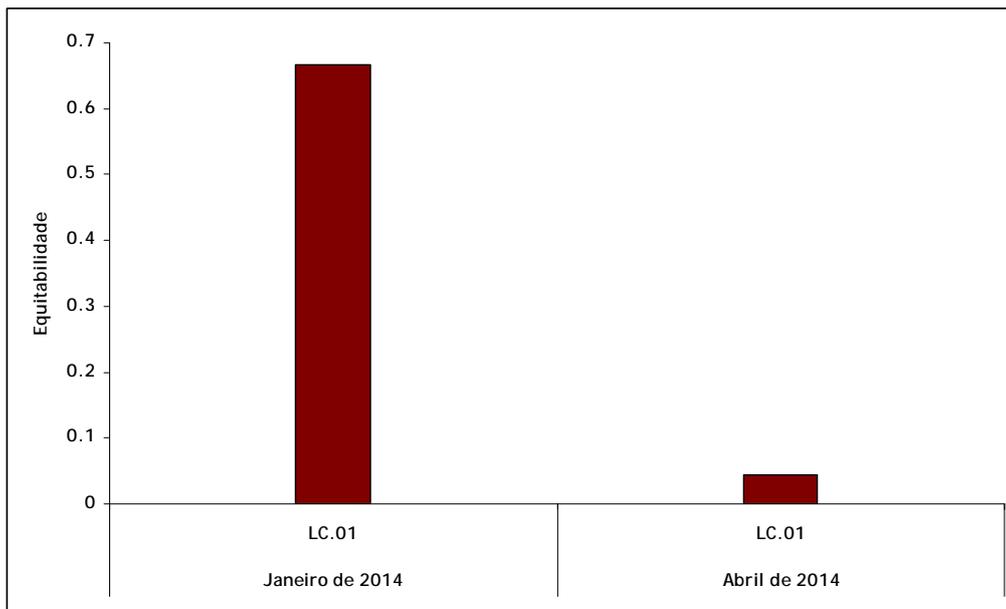


Figura 5.2.5-22 - Valores de equitabilidade para as espécies da comunidade de macrófitas no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro de 2014 e em abril de 2014.

5.2.5.5 - Biomassa absoluta e relativa

Rio Madeira

No rio Madeira, a biomassa total de macrófitas ao longo da fase de operação da UHE Santo Antônio foi caracterizada por apresentar valores elevados, principalmente nos períodos de enchente, águas altas e vazante. A biomassa total variou entre 749,77 g PS.m⁻², registrada em MON.02 em julho de 2014 (vazante) a 171,2 g PS.m⁻² em MON.03 em outubro de 2013 (águas baixas) (Figura 5.2.5-23).

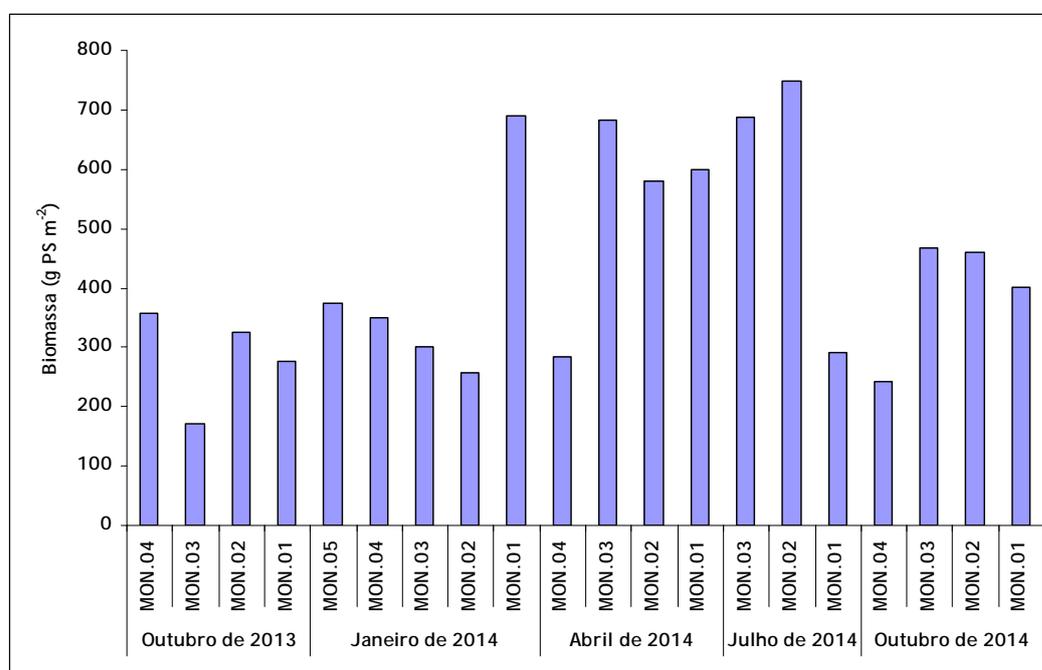


Figura 5.2.5-23 - Biomassa absoluta (g PS.m⁻²) dos táxons de macrófitas registrados no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira em outubro de 2013, em janeiro de 2014, em abril de 2014, em julho de 2014 e em outubro de 2014.

As famílias Pontederiaceae e Poaceae apresentaram as maiores contribuições para a biomassa total da comunidade de macrófitas no rio Madeira durante o segundo ano de operação do empreendimento UHE de Santo Antônio do Madeira. Algumas outras famílias, tais como Polygonaceae e Salviniaceae em abril de 2014 (MON.04 e MON.03) e Amaranthaceae em outubro de 2014 (MON.02) também foram responsáveis por contribuírem com a elevação da biomassa total em alguns pontos de amostragem (Figura 5.2.5-24).

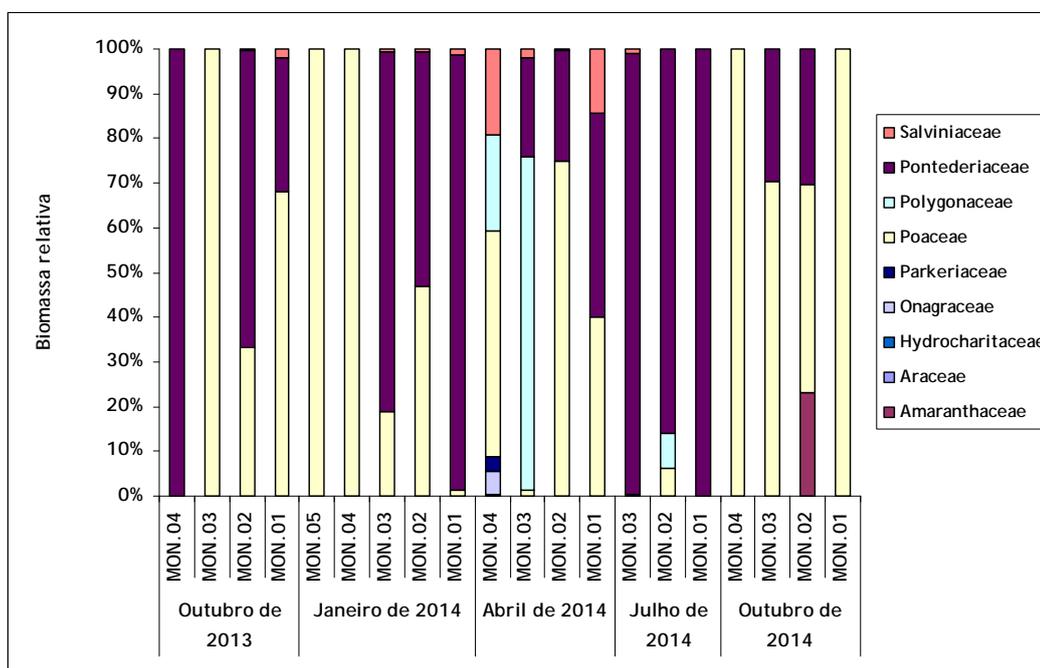


Figura 5.2.5-24 - Biomassa relativa (%) dos representantes das diferentes famílias de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013 a outubro de 2014.

Em outubro/2013, as espécies *Pontederia* sp, *Eichhornia crassipes* e *Paspalum repens* foram as que mais contribuíram para a biomassa com peso seco superior a 100 g PS.m⁻² (Quadro 5.2.5-30). As espécies *Hymenachne amplexicaulis*, *Paspalum repens* e *E. crassipes* apresentaram as maiores biomassas em janeiro de 2014 (Quadro 5.2.5-31). Em abril de 2014, novamente as famílias Pontederiaceae e Poaceae apresentaram as maiores biomassas, com destaque para a espécie *Hymenachne amplexicaulis* que teve uma biomassa de 435,84 g PS.m⁻² na estação MON.02. Também, como exceção, foi registrada uma biomassa de 509,08 de *Polygonum hispidum* na estação MON.03 (Quadro 5.2.5-32). Em julho de 2014, a família Pontederiaceae foi a única que apresentou os maiores registros de biomassa, com destaque para *E. crassipes* com biomassas de 678,59 g PS.m⁻² em MON.03 e 644,31 g PS.m⁻² em MON.02 (Quadro 5.2.5-33) e em, outubro

de 2014, a espécie *P. repens* foi a macrófita que deu a maior contribuição para a biomassa total, com biomassas maiores do que 200 gPS.m⁻² (Quadro 5.2.5-34).

Quadro 5.2.5-30 - Biomassa absoluta (g PS.m⁻²) dos táxons de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Poaceae				
<i>Paspalum repens</i>		171,2	107,6	188
Pontederiaceae				
<i>Eichhornia crassipes</i>			216,8	10,3
<i>Pontederia</i> sp	356,4			72
Salviniaceae				
<i>Salvinia minima</i>			0,76	5,2
TOTAL	356,4	171,2	325,2	275,5

Quadro 5.2.5-31 - Biomassa absoluta (g PS.m⁻²) dos táxons de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, em janeiro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.05	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Araceae					
<i>Pistia stratiotes</i>			0,16	0,20	
Poaceae					
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	374,56	185,52			
<i>Paspalum repens</i>		165,40	56,80	120,16	9,76
Pontederiaceae					
<i>Eichhornia crassipes</i>			243,04	56,52	672,00
<i>Pontederia rotundifolia</i>				78,5	
Salviniaceae					
<i>Salvinia minima</i>			2,02	1,48	9,12
TOTAL	374,56	350,92	302,02	256,84	690,88

Quadro 5.2.5-32 - Biomassa absoluta (g PS.m⁻²) dos táxons de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, em abril de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Araceae				
<i>Pistia stratiotes</i>		0,16		0,68
Hydrocharitaceae				
<i>Limnobium laevigatum</i>	0,76	0,24		
Onagraceae				
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>	14			
Parkeriaceae				
<i>Ceratopteris pteridoides</i>	31,84			

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Poaceae				
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>			435,84	
<i>Paspalum repens</i>	130,96			238,92
<i>Paspalum</i> sp		8,48		
Polygonaceae				
<i>Polygonum hispidum</i>	55,92	509,08		
Pontederiaceae				
<i>Pontederia rotundifolia</i>		150,16	142,36	273,56
Salviniaceae				
<i>Salvinia minima</i>	49,96	14	2,56	86,68
TOTAL	283,44	682,12	580,76	599,84

Quadro 5.2.5-33 - Biomassa absoluta (g PS.m⁻²) dos táxons de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, em julho de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.03	MON.02	MON.01
Araceae			
<i>Pistia stratiotes</i>	0,54		
Hydrocharitaceae			
<i>Limnobium laevigatum</i>	0,84		
Poaceae			
<i>Paspalum repens</i>		46,12	
Polygonaceae			
<i>Polygonum hispidum</i>		59,34	
Pontederiaceae			
<i>Eichhornia crassipes</i>	678,59	644,31	
<i>Pontederia rotundifolia</i>			290,75
Salviniaceae			
<i>Salvinia minima</i>	6,76		
TOTAL	686,73	749,77	290,7

Quadro 5.2.5-34 - Biomassa absoluta (g PS.m⁻²) dos táxons de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, em outubro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	MON.04	MON.03	MON.02	MON.01
Amaranthaceae				
<i>Alternanthera aquatica</i>			105,72	
Poaceae				
<i>Paspalum repens</i>	241,08	327,80	215,12	401,92
Pontederiaceae				
<i>Eichhornia crassipes</i>		127,72		
<i>Pontederia rotundifolia</i>		10,84	139,04	
TOTAL	241,08	466,36	459,88	401,92

Tributários

A biomassa total de macrófitas ao longo da fase de operação da UHE Santo Antônio foi caracterizada por apresentar valores um pouco menores do que os apresentados no rio Madeira, com exceção da estação JAC.02 que apresentou uma biomassa total de 888,32 g PS.m⁻² em janeiro de 2014 (enchente). A menor biomassa total apresentada foi de 273,32 g PS.m⁻² em CRC, também em janeiro de 2014 (Figura 5.2.5-25).

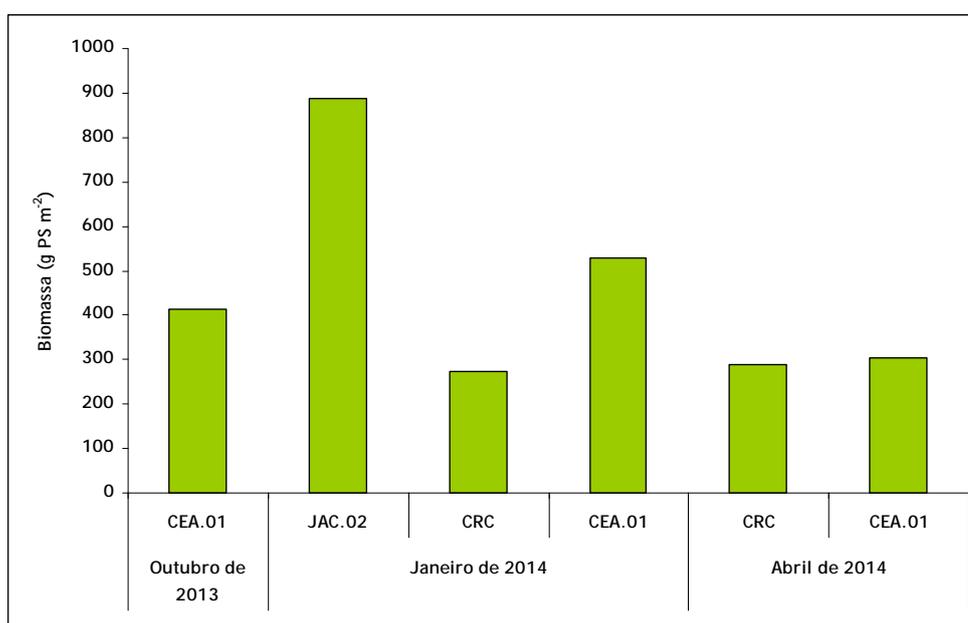


Figura 5.2.5-25 - Biomassa absoluta (g PS.m⁻²) dos táxons de macrófitas registrados nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013, em janeiro de 2014, em abril de 2014, em julho de 2014 e em outubro de 2014.

De forma geral, as famílias Pontederiaceae e Poaceae apresentaram as maiores contribuições para a biomassa total da comunidade de macrófitas no rio Madeira durante o segundo ano de operação do empreendimento UHE de Santo Antônio do Madeira. Algumas exceções foram encontradas nas estações CEA.01 em outubro de 2013 e CRC em janeiro de 2014, nas quais as famílias Lamiaceae e Polygonaceae, respectivamente, contribuíram para a elevação da biomassa total (Figura 5.2.5-26).

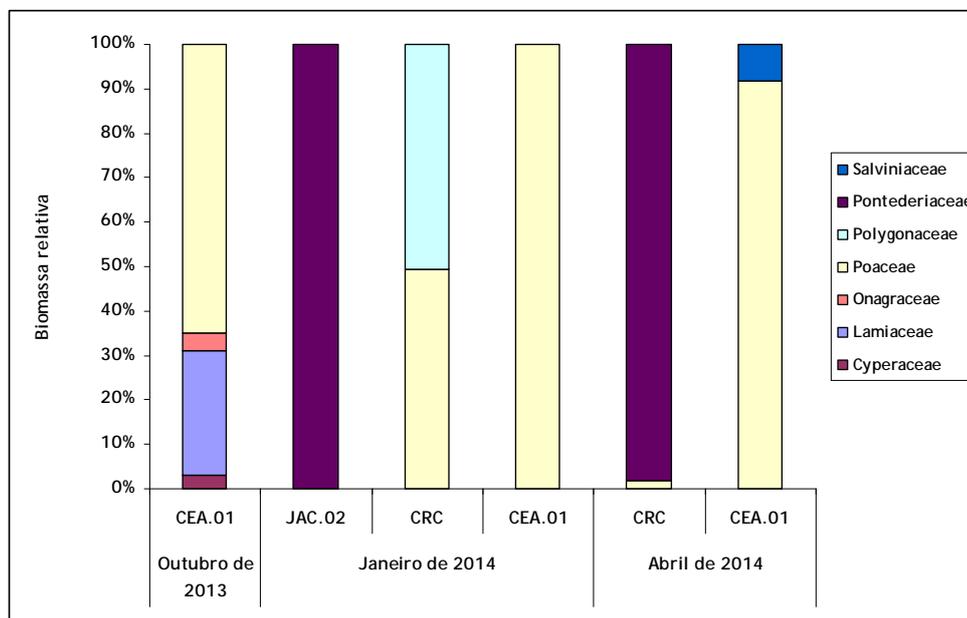


Figura 5.2.5-26 - Biomassa relativa (%) dos representantes das diferentes famílias de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013, janeiro e abril de 2014.

Em outubro/2013, a espécie *Hymenachne amplexicaulis* foi a que mais contribuiu para a biomassa de 268,3 g PS.m⁻² (Quadro 5.2.5-35). As espécies *Eichhornia crassipes* e *Paspalum repens* apresentaram as maiores biomassas em janeiro de 2014, com destaque para a *E. crassipes* que teve uma biomassa de 888,28 gPS.m⁻² (Quadro 5.2.5-36). Em abril de 2014, novamente a espécie *P. repens* teve uma biomassa de 264,96 g PS.m⁻² na estação CRC (Quadro 5.2.5-37).

Quadro 5.2.5-35 - Biomassa absoluta (g PS.m⁻²) dos táxons de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	CEA.01
Cyperaceae	
<i>Cyperus digitatus</i>	13,1
Lamiaceae	
<i>Hyptis</i> sp	115,2
Onagraceae	
<i>Ludwigia affinis</i>	15,7
Poaceae	
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	268,3
TOTAL	412,4

Quadro 5.2.5-36 - Biomassa absoluta (g PS m⁻²) dos táxons de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	JAC.02	CRC	CEA.01
Poaceae			
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>		135,32	
<i>Paspalum repens</i>			528,8
Polygonaceae			
<i>Polygonum hispidum</i>		138,00	
Pontederiaceae			
<i>Eichhornia crassipes</i>	888,28		
Salviniaceae			
<i>Salvinia minima</i>	0,04		
TOTAL	888,32	273,32	528,8

Quadro 5.2.5-37 - Biomassa absoluta (g PS.m⁻²) dos táxons de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em abril de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	CRC	CEA.01
Poaceae		
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>		280
<i>Paspalum repens</i>	5,04	
Pontederiaceae		
<i>Eichhornia crassipes</i>	18,68	
<i>Pontederia rotundifolia</i>	264,96	
Salviniaceae		
<i>Salvinia minima</i>		25,16
TOTAL	288,68	305,16

Lago Cuniã

No lago Cuniã, a biomassa total de macrófitas ao longo da fase de operação da UHE Santo Antônio foi caracterizada por apresentar valores bem diferentes entre as campanhas de janeiro de 2014 (enchente) e abril de 2014 (águas altas). Durante as águas altas, a biomassa foi cerca de 7,3 vezes maior (1409,32 gPS.m⁻²) do que aquela durante o período de enchente (193,56 gPS.m⁻²) (Figura 5.2.5-27).

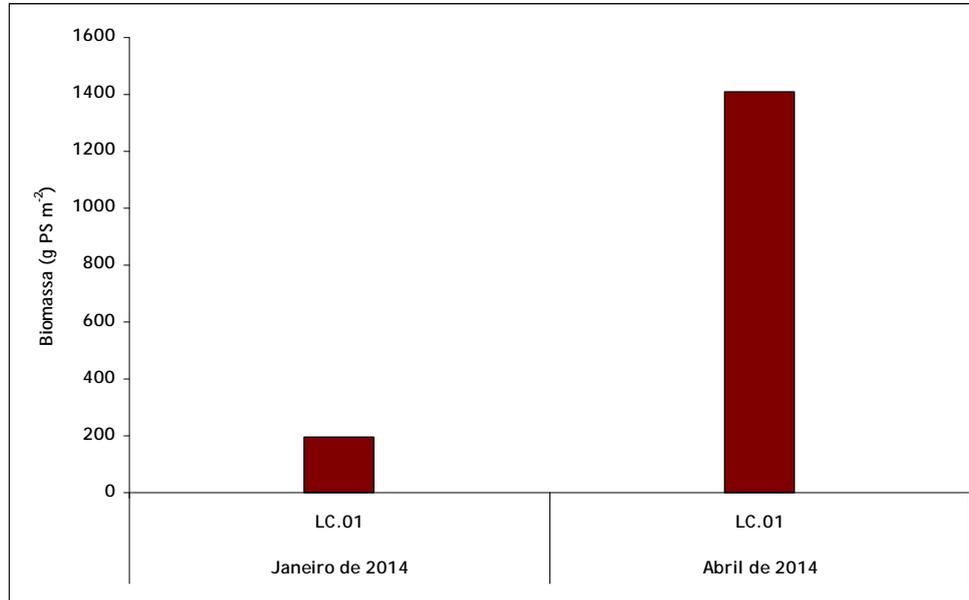


Figura 5.2.5-27 - Biomassa absoluta (g PS.m-2) dos táxons de macrófitas registrados no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro e abril de 2014.

Mais uma vez, as famílias Pontederiaceae e Poaceae apresentaram as maiores contribuições para a biomassa total da comunidade de macrófitas no lago Cuniã durante o segundo ano de operação do empreendimento UHE de Santo Antônio do Madeira. Em janeiro de 2014, a família que mais contribuiu foi a Poaceae e durante abril de 2014 a família que mais contribuiu foi Pontederiaceae (Figura 5.2.5-28).

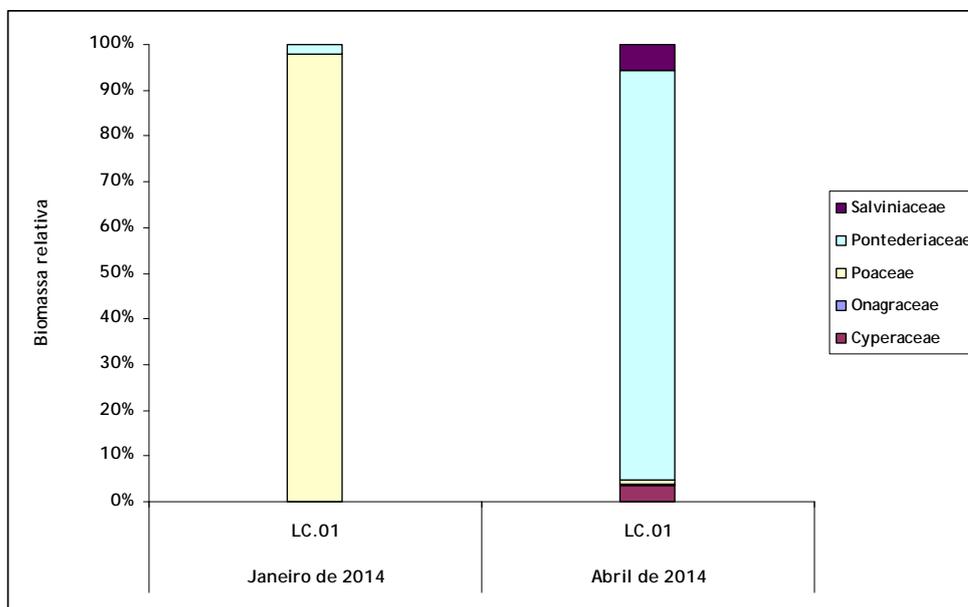


Figura 5.2.5-28 - Biomassa relativa (%) dos representantes das diferentes famílias de macrófitas no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro e abril de 2014.

A espécie *Paspalum repens* apresentou a maior biomassa em janeiro de 2014 (Quadro 5.2.5-38) e, em abril de 2014, as maiores biomassas foram dadas pelas espécies *E. crassipes* (428,72 g PS.m⁻²) e *Pontederia rotundifolia* (832,28 g PS.m⁻²) (Quadro 5.2.5-39).

Quadro 5.2.5-38 - Biomassa absoluta (g PS.m⁻²) dos táxons de macrófitas no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	LC.01
Poaceae	
<i>Paspalum repens</i>	191,44
Pontederiaceae	
<i>Eichhornia crassipes</i>	2,12
TOTAL	193,56

Quadro 5.2.5-39 - Biomassa absoluta (g PS.m⁻²) dos táxons de macrófitas no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em abril de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	LC.01
Cyperaceae	
<i>Cladium</i> sp	48,36
Onagraceae	
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>	8

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	LC.01
Poaceae	
<i>Paspalum repens</i>	11,2
Pontederiaceae	
<i>Eichhornia crassipes</i>	428,72
<i>Pontederia rotundifolia</i>	832,28
Salviniaceae	
<i>Salvinia minima</i>	80,76
TOTAL	1409,32

5.2.5.6 - Dominância das populações de macrófitas

Rio Madeira

De uma forma geral, a dominância das populações de macrófitas no segundo ano de operação do empreendimento UHE de Santo Antônio do Madeira foi dada pelas famílias Poaceae e Pontederiaceae com base na abundância relativa estimada a partir dos valores de biomassa.

Em outubro de 2013 (Quadro 5.2.5-40) e outubro de 2014 (Quadro 5.2.5-44), a dominância foi dada pela família Poaceae, enquanto que para janeiro (Quadro 5.2.5-41) e julho de 2014 (Quadro 5.2.5-43), a dominância foi dada pela família Pontederiaceae. Em abril de 2014, não houve nenhuma macrófita que foi dominante sobre as demais (Quadro 5.2.5-42).

Quadro 5.2.5-40 - Valores de abundância relativa e classificação com relação à dominância (com base na biomassa) das espécies de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	Abund rel (%)	Dominância
Poaceae		
<i>Paspalum repens</i>	41,4	Abundante
Pontederiaceae		
<i>Eichhornia crassipes</i>	20,1	Pouco Abundante
<i>Pontederia</i> sp	38,0	Pouco Abundante
Salviniaceae		
<i>Salvinia minima</i>	0,5	Rara

Quadro 5.2.5-41 - Valores de abundância relativa e classificação com relação à dominância (com base na biomassa) das espécies de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, em janeiro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	Abundância relativa (%)	Dominância
Araceae		
<i>Pistia stratiotes</i>	0,018	Rara
Poaceae		
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	28,4	Pouco Abundante
<i>Paspalum repens</i>	17,8	Pouco Abundante
Pontederiaceae		
<i>Eichhornia crassipes</i>	49,2	Abundante
<i>Pontederia rotundifolia</i>	4,0	Rara
Salviniaceae		
<i>Salvinia minima</i>	0,6	Rara

Quadro 5.2.5-42 - Valores de abundância relativa e classificação com relação à dominância (com base na biomassa) das espécies de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, em abril de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	Abundância relativa (%)	Dominância
Araceae		
<i>Pistia stratiotes</i>	0,04	Rara
Hydrocharitaceae		
<i>Limnobium laevigatum</i>	0,05	Rara
Onagraceae		
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>	0,65	Rara
Parkeriaceae		
<i>Ceratopteris pteridoides</i>	1,48	Rara
Poaceae		
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	20,31	Pouco Abundante
<i>Paspalum repens</i>	17,23	Pouco Abundante
<i>Paspalum sp</i>	0,40	Rara
Polygonaceae		
<i>Polygonum hispidum</i>	26,33	Pouco Abundante
Pontederiaceae		
<i>Pontederia rotundifolia</i>	26,38	Pouco Abundante
Salviniaceae		
<i>Salvinia minima</i>	7,14	Rara

Quadro 5.2.5-43 - Valores de abundância relativa e classificação com relação à dominância (com base na biomassa) das espécies de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, em julho de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	Abundância relativa (%)	Dominância
Araceae		
<i>Pistia stratiotes</i>	0,03	Rara
Hydrocharitaceae		
<i>Limnobium laevigatum</i>	0,05	Rara
Poaceae		
<i>Paspalum repens</i>	2,67	Rara
Polygonaceae		
<i>Polygonum hispidum</i>	3,44	Rara
Pontederiaceae		
<i>Eichhornia crassipes</i>	76,59	Abundante
<i>Pontederia rotundifolia</i>	16,83	Pouco abundante
Salviniaceae		
<i>Salvinia minima</i>	0,39	Rara

Quadro 5.2.5-44 - Valores de abundância relativa e classificação com relação à dominância (com base na biomassa) das espécies de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, em outubro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	Abundância relativa (%)	Dominância
Amaranthaceae		
<i>Alternanthera aquatica</i>	6,74	Rara
Poaceae		
<i>Paspalum repens</i>	75,57	Dominante
Pontederiaceae		
<i>Eichhornia crassipes</i>	8,14	Rara
<i>Pontederia rotundifolia</i>	9,55	Rara

Tributários

A dominância das populações de macrófitas nos tributários para o segundo ano de operação do empreendimento UHE de Santo Antônio do Madeira foi dada pelas famílias Poaceae e Pontederiaceae com base na abundância relativa estimada a partir dos valores de biomassa.

Em outubro de 2013 (Quadro 5.2.5-45) e abril de 2014 (Quadro 5.2.5-47), a dominância foi dada pela família Poaceae, enquanto que para janeiro de 2014 (Quadro 5.2.5-46), a dominância foi dada pela família Pontederiaceae.

Quadro 5.2.5-45 - Valores de abundância relativa e classificação com relação à dominância (com base na biomassa) das espécies de macrófitas no rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	Abundância relativa(%)	Dominância
Cyperaceae		
<i>Cyperus digitatus</i>	3,2	Rara
Lamiaceae		
<i>Hyptis</i> sp	27,9	Pouco Abundante
Onagraceae		
<i>Ludwigia affinis</i>	3,8	Rara
Poaceae		
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	65,1	Abundante

Quadro 5.2.5-46 - Valores de abundância relativa e classificação com relação à dominância (com base na biomassa) das espécies de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	Abundância relativa (%)	Dominância
Poaceae		
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	8,0	Rara
<i>Paspalum repens</i>	31,3	Pouco Abundante
Polygonaceae		
<i>Polygonum hispidum</i>	8,2	Rara
Pontederiaceae		
<i>Eichhornia crassipes</i>	52,5	Abundante
Salviniaceae		
<i>Salvinia minima</i>	0,002	Rara

Quadro 5.2.5-47 - Valores de abundância relativa e classificação com relação à dominância (com base na biomassa) das espécies de macrófitas nos tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em abril de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	Abundância relativa (%)	Dominância
Poaceae		
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	47,2	Abundante
<i>Paspalum repens</i>	0,8	Rara
Pontederiaceae		
<i>Eichhornia crassipes</i>	3,1	Rara
<i>Pontederia rotundifolia</i>	44,6	Abundante
Salviniaceae		
<i>Salvinia minima</i>	4,2	Rara

Lago Cuniã

A dominância das populações de macrófitas no lago Cuniã para o segundo ano de operação do empreendimento UHE de Santo Antônio do Madeira também foi dada pelas famílias Poaceae e Pontederiaceae com base na abundância relativa estimada a partir dos valores de biomassa.

Em janeiro de 2014 (Quadro 5.2.5-48) e abril de 2014 (Quadro 5.2.5-49), a dominância foi dada pela família Poaceae e Pontederiaceae, respectivamente.

Quadro 5.2.5-48 - Valores de abundância relativa e classificação com relação à dominância (com base na biomassa) das espécies de macrófitas no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em janeiro de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	Abundância relativa (%)	Dominância
Poaceae		
<i>Paspalum repens</i>	98,90	Dominante
Pontederiaceae		
<i>Eichhornia crassipes</i>	1,10	Rara

Quadro 5.2.5-49 - Valores de abundância relativa e classificação com relação à dominância (com base na biomassa) das espécies de macrófitas no lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em abril de 2014.

COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	Abundância relativa (%)	Dominância
Cyperaceae		
<i>Cladium</i> sp	3,43	Rara
Onagraceae		
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>	0,57	Rara
Poaceae		
<i>Paspalum repens</i>	0,79	Rara
Pontederiaceae		
<i>Eichhornia crassipes</i>	30,42	Pouco Abundante
<i>Pontederia rotundifolia</i>	59,06	Abundante
Salviniaceae		
<i>Salvinia minima</i>	5,73	Rara

5.2.5.7 - Diversidade beta e gama

5.2.5.7.1 - Diversidade beta espacial

A beta diversidade, que expressa uma estimativa do grau de intercâmbio das espécies entre habitats e que varia de 1% (alto intercâmbio e homogeneidade na composição de espécies) a 100% (baixo intercâmbio e total heterogeneidade na composição de espécies), foi calculada levando-se em conta o intercâmbio entre os sistemas.

Para todo o período de amostragem no empreendimento Santo Antônio do Madeira (junho de 2009 a outubro de 2014), a diversidade beta entre os sistemas avaliados mostrou que os sistemas rio Madeira e tributários são os que compartilham mais espécies em comum, enquanto que os sistemas tributários e lago Cuniã são os mais dissimilares entre si. Os sistemas rio Madeira e lago Cuniã apresentaram um valor intermediário de diversidade beta, compartilhando algumas espécies em comum (Figura 5.2.5-29).

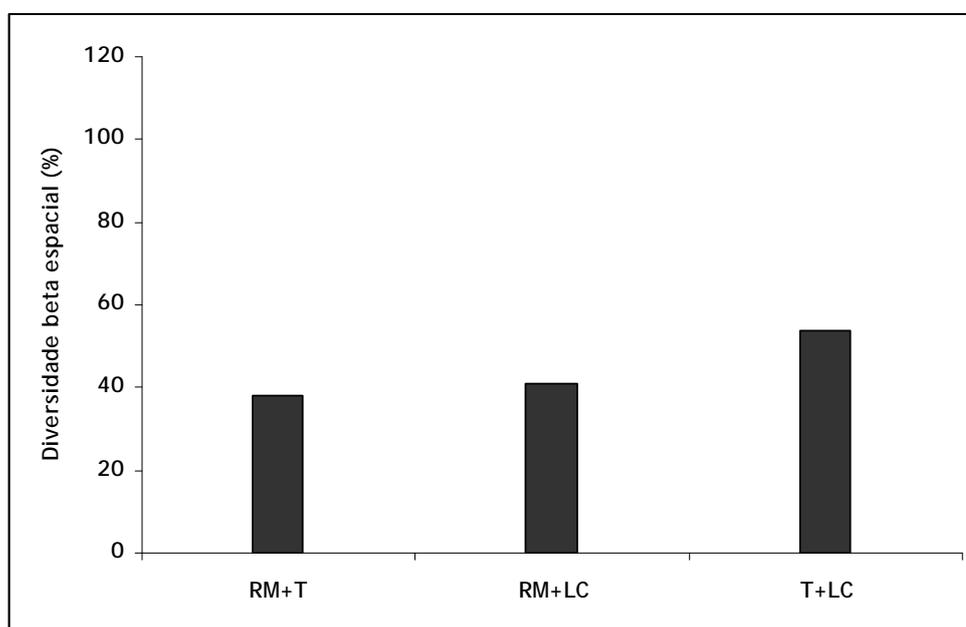


Figura 5.2.5-29 - Diversidade beta espacial (%) entre as comunidades de macrófitas dos sistemas monitorados na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, entre junho de 2009 e outubro de 2014. RM - Rio Madeira; T - Tributários; LC - lago Cuniã.

Com relação ao segundo ano de operação do empreendimento UHE Santo Antônio do rio Madeira, diferentes padrões foram observados ao longo do ano. Em outubro de 2013, a diversidade beta da comunidade de macrófitas entre o rio Madeira e os tributários foi de 100%, evidenciando nenhum intercâmbio de espécies e total heterogeneidade na composição das espécies. Este período corresponde ao período de águas baixas e, portanto, fica evidente o não compartilhamento de espécies entre esses sistemas (**Figura 5.2.5-30**).

Quando as chuvas começam a ficar mais abundantes e as águas dos sistemas começam a ficar mais volumosa, a diversidade beta da comunidade tornou-se mais homogênea ao longo dos períodos de enchente e águas altas, resultando em um maior compartilhamento de espécies entre os sistemas. Mais especificamente, a diversidade beta da comunidade de macrófitas em janeiro de 2014 entre o rio Madeira e os tributários foi de 27,27%, evidenciando um considerável intercâmbio e homogeneidade na composição das espécies. Entre os tributários e o lago Cuniã, a diversidade beta da comunidade de macrófitas foi de 42,86%, evidenciando um intercâmbio e uma homogeneidade na composição de espécies um pouco menor do que na situação anterior. Já para o rio Madeira e o lago Cuniã, a diversidade beta da comunidade de macrófitas foi de 50%, o que demonstrou relativamente um intercâmbio intermediário. Em abril de 2014, a diversidade beta da comunidade de macrófitas entre o rio Madeira e os tributários foi de 46,67%, evidenciando um intercâmbio e uma homogeneidade intermediária na composição das espécies. Entre os tributários e o lago Cuniã, a diversidade beta da comunidade de macrófitas foi de 50%, evidenciando um intercâmbio e uma homogeneidade intermediária na composição de espécies, apenas um pouco menor do que na situação anterior. Já para o rio Madeira e o lago Cuniã, a diversidade beta da comunidade de macrófitas foi de 27,27%, o que demonstrou um intercâmbio e uma homogeneidade maior de espécies (**Figura 5.2.5-30**).

Em julho e outubro de 2014, as diversidades beta das comunidades de macrófitas (entre o rio Madeira e os tributários, entre os tributários e o lago Cuniã e entre o rio Madeira e o lago Cuniã) não foram possíveis serem determinadas devido à ocorrência de macrófitas somente ter sido observada no rio Madeira.

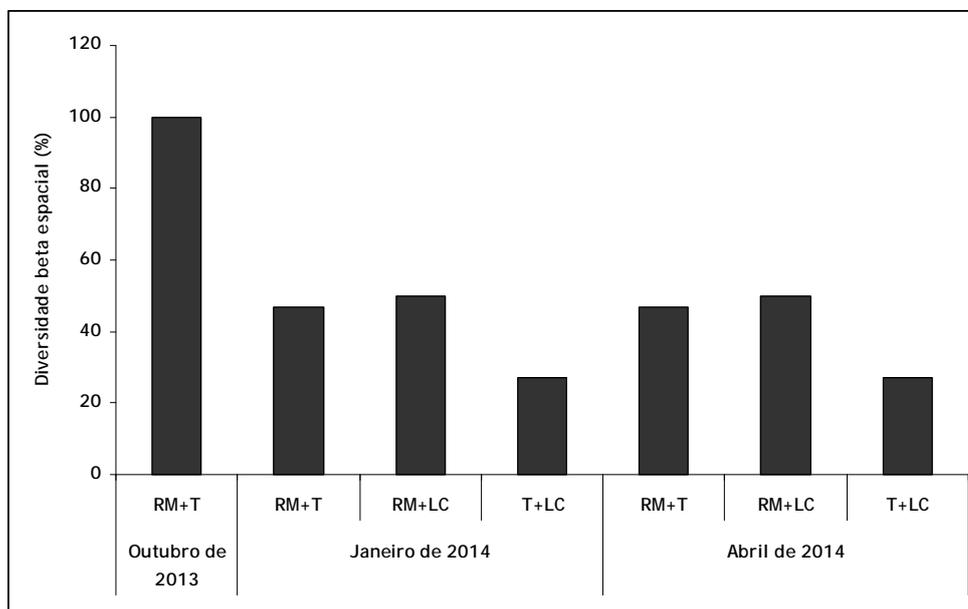


Figura 5.2.5-30 - Diversidade beta espacial (%) entre as comunidades de macrófitas dos sistemas monitorados na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, em outubro de 2013, em janeiro de 2014 e em abril de 2014. RM - Rio Madeira; T - Tributários; LC - lago Cuniã.

5.2.5.7.2 - Diversidade gama

Para todo o período de amostragem no empreendimento Santo Antônio do Madeira (junho de 2009 a outubro de 2014), a diversidade gama entre os sistemas avaliados mostrou uma diversidade de 66 espécies no total (Figura 5.2.5-31).

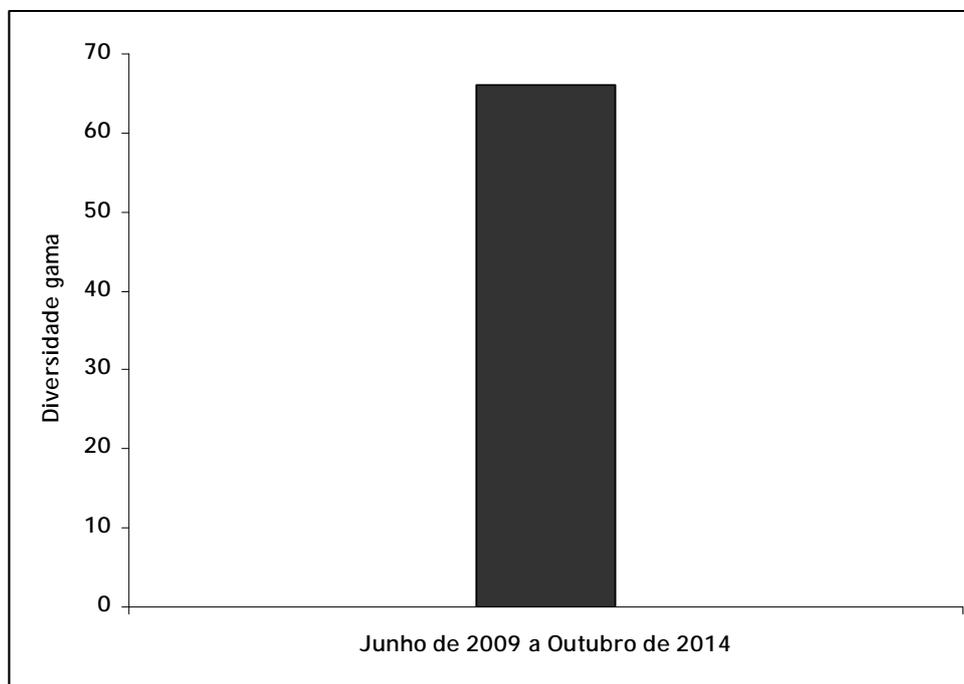


Figura 5.2.5-31 - Diversidade gama das comunidades de macrófitas dos sistemas monitorados na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira entre junho de 2009 e outubro de 2014.

Com relação ao segundo ano de operação do empreendimento UHE Santo Antônio do rio Madeira, a diversidade gama das macrófitas em todos os sistemas avaliados foi de 8 espécies em outubro de 2013, 7 espécies em janeiro e julho de 2014, 12 espécies em abril de 2014 e 4 espécies em outubro de 2014 (Figura 5.2.5-32).

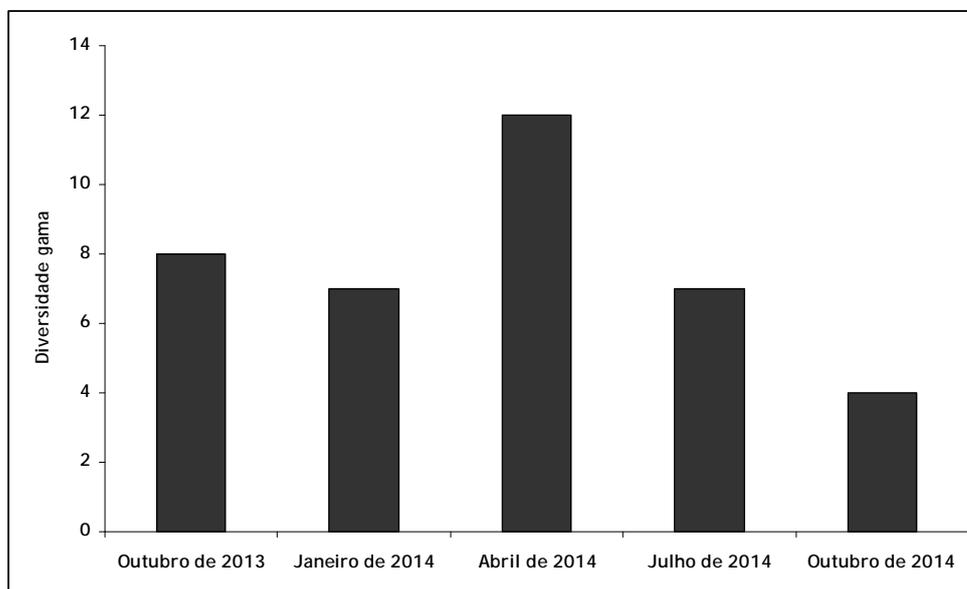


Figura 5.2.5-32 - Diversidade gama das comunidades de macrófitas dos sistemas monitorados na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira em outubro de 2013, em janeiro de 2014, em abril de 2014, em julho de 2014 e em outubro de 2014.

5.2.5.8 - Análises estatísticas

5.2.5.8.1 - Análise de ordenação

Rio Madeira

A análise de correspondência canônica dos fatores abióticos evidenciou que as variáveis turbidez e condutividade elétrica foram significativas ($p < 0,05$) e estiverem correlacionadas positivamente, respectivamente, com as famílias Poaceae e Amaranthaceae (Figura 5.2.5-33). Na análise de ordenação canônica dos elementos presentes na água, a concentração de cálcio (Ca) foi significativa ($p < 0,05$) e esteve associada com as famílias Poaceae e Araceae (Figura 5.2.5-33). Na análise de ordenação canônica dos metais contidos nas macrófitas foram observadas associações significativas ($p < 0,05$) entre as espécies *Pontederia* sp e *Hymenachene amplicaulis* e o elemento silício (Si), entre a espécie *Eichhornia crassipes* e o elemento bário (Ba) e a espécie *Polygonum hispidum* e o elemento níquel (Ni) (Figura 5.2.5-33).

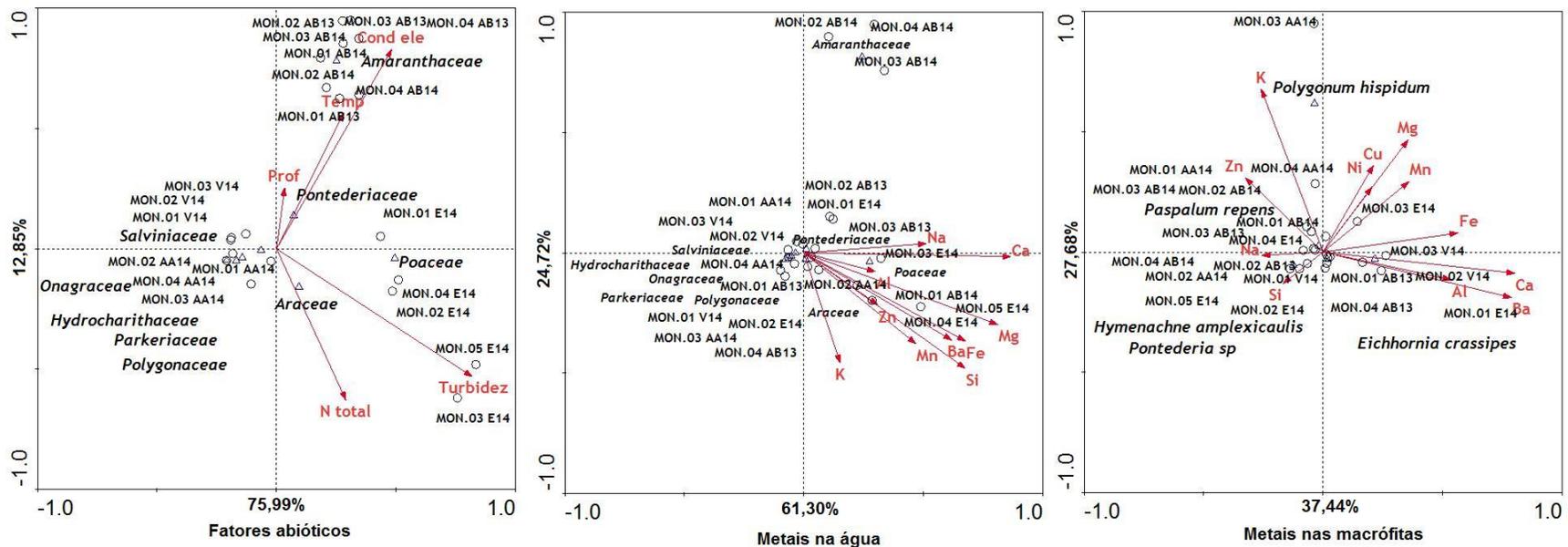


Figura 5.2.5-33 - Posição das estações de coleta do rio Madeira de acordo com os fatores abióticos, metais contidos na água e metais contidos nas macrófitas em outubro de 2013, janeiro, abril, julho e outubro de 2014. A explicabilidade dos dois primeiros eixos dos fatores abióticos foi de 88,84% (Eixo 1: 75,99%; Eixo 2: 12,85%), dos metais contidos na água foi de 86,02% (Eixo 1: 61,30%; Eixo 2: 24,72%) e dos metais contidos nas macrófitas foi de 65,12% (Eixo 1: 37,44% e Eixo 2: 27,68%).

Tributários

A análise de correspondência canônica dos fatores abióticos evidenciou que a variável nitrogênio total foi significativa ($p < 0,05$) e esteve correlacionada positivamente a família Salviniaceae (Figura 5.2.5-34), enquanto que na análise de ordenação canônica para os metais presentes na água foram observadas associações significativas ($p < 0,05$) entre as famílias Cyperaceae, Lamiaceae e Onagraceae e o elemento alumínio (Al) e entre a família Salviniaceae e os elementos potássio (K) e sódio (Na) (Figura 5.2.5-34).

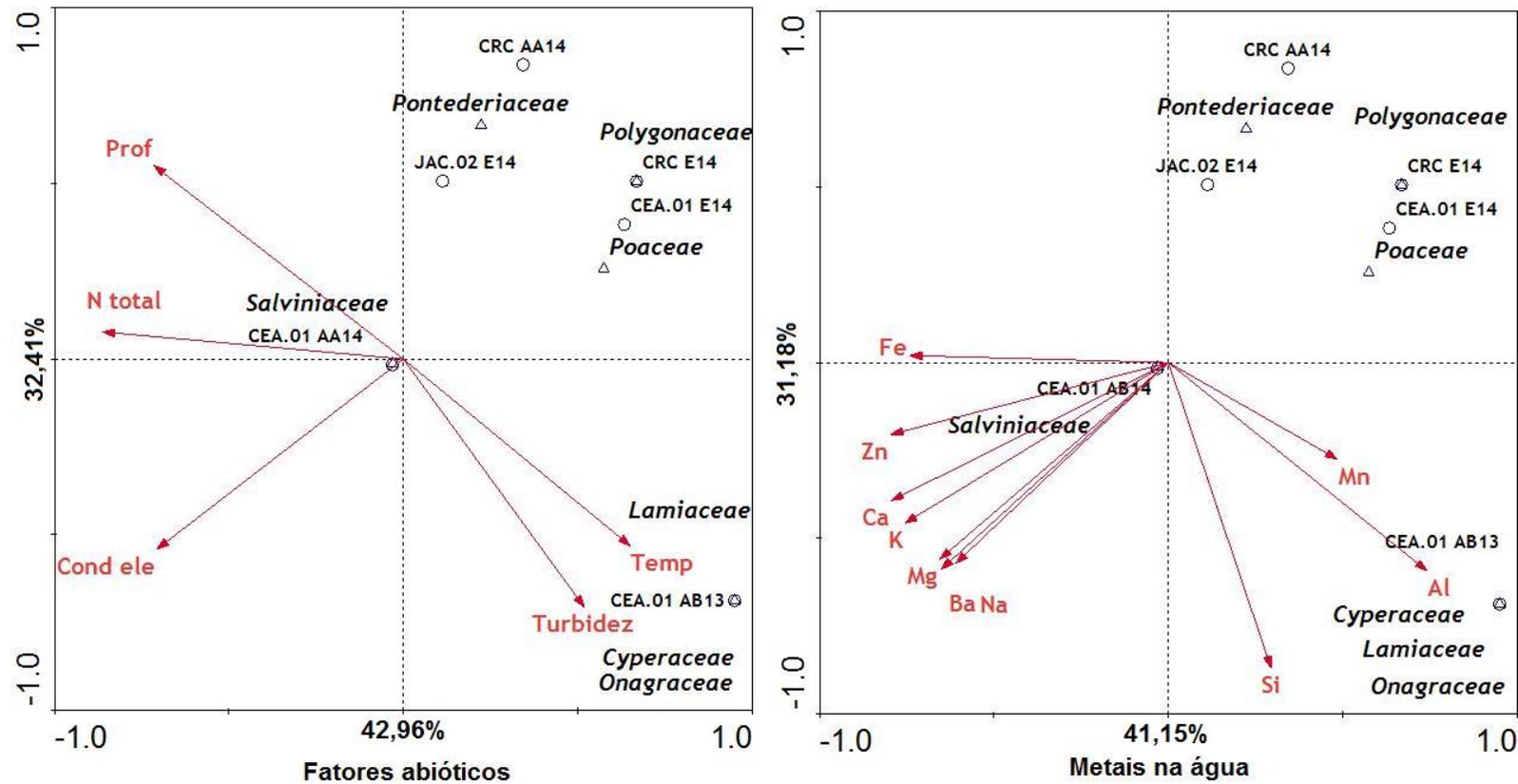


Figura 5.2.5-34 - Posição das estações de coleta dos tributários de acordo com os fatores abióticos e os metais contidos na água em outubro de 2013, janeiro, abril, julho e outubro de 2014. A explicabilidade dos dois primeiros eixos dos fatores abióticos foi de 75,37% (Eixo 1: 42,96%; Eixo 2: 32,41%) e dos metais contidos na água foi de 72,33% (Eixo 1: 41,15%; Eixo 2: 31,18%).

Lago Cuniã

Não houve ocorrência de nenhum táxon de macrófitas no lago Cuniã nas campanhas de outubro de 2013, julho e de outubro de 2014, referentes, aos períodos de águas baixas, vazante e de águas baixas, respectivamente. Em janeiro e em abril de 2014, as análises de correspondência canônica dos fatores abióticos, dos metais contidos na água e dos metais contidos nas macrófitas não puderam ser obtidas para o lago Cuniã, dada a ocorrência de poucas macrófitas e em apenas uma estação de amostragem (LC.01).

5.2.5.8.2 - Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem da riqueza de espécies

Rio Madeira

Em outubro de 2013, no rio Madeira, as riquezas máximas de espécies estimadas pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem foram de quatro espécies (Figura 5.2.5-35). Ambos os estimadores tenderam a superestimar a riqueza esperada nos ambientes aquáticos. No entanto, o valor encontrado corresponde ao registrado nas estações do rio Madeira, o que se deve a baixa riqueza registrada nessa campanha. As riquezas máximas de espécies estimadas pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem foram de sete táxons e seis táxons, respectivamente, em janeiro de 2014 (Figura 5.2.5-35). O valor encontrado corresponde ao registrado nas estações do rio Madeira (Sobs), evidenciando a baixa riqueza registrada nessa campanha. Em abril de 2014, as riquezas máximas de espécies estimadas pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem foram de 13 táxons e 11 táxons, respectivamente (Figura 5.2.5-35). Os valores encontrados são próximos ao valor registrado nas estações do rio Madeira (10 táxons). Em julho de 2014, as riquezas máximas de espécies estimadas pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem foram de 11 táxons e 10 táxons, respectivamente (Figura 5.2.5-35). Os valores encontrados foram superiores ao valor registrado nas estações do rio Madeira (7 táxons). Finalmente em outubro de 2014, as riquezas máximas de espécies estimadas pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem foram de 6 táxons e 4 táxons, respectivamente (Figura 5.2.5-35). Os valores encontrados são próximos ao valor registrado nas estações do rio Madeira (4 táxons).

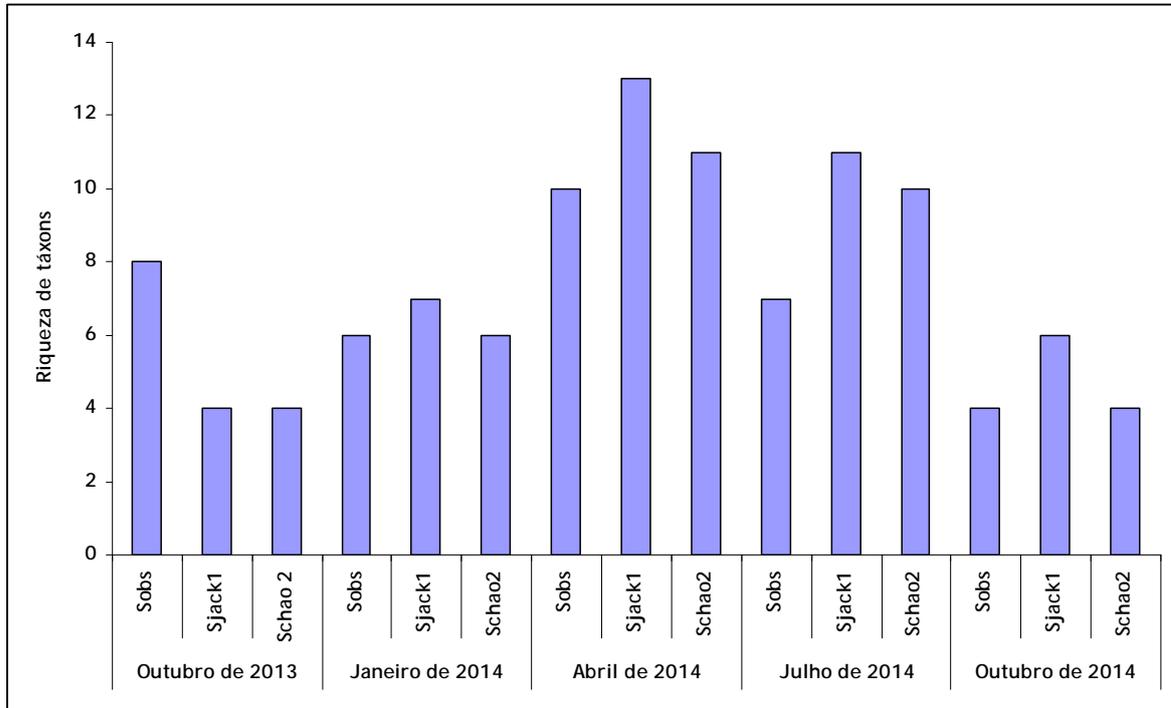


Figura 5.2.5-35 - Estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem para a riqueza de espécies no rio Madeira na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira em outubro de 2013, em janeiro de 2014, em abril de 2014, em julho de 2014 e em outubro de 2014.

A riqueza de táxons de macrófitas aquáticas acumulada para o rio Madeira, considerando-se os dados das campanhas entre junho de 2009 e outubro de 2014 foi de 35 táxons. O valor obtido é inferior aos valores de riqueza previstos pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem, que são da ordem de 72 e 58 táxons, respectivamente (Figura 5.2.5-36).

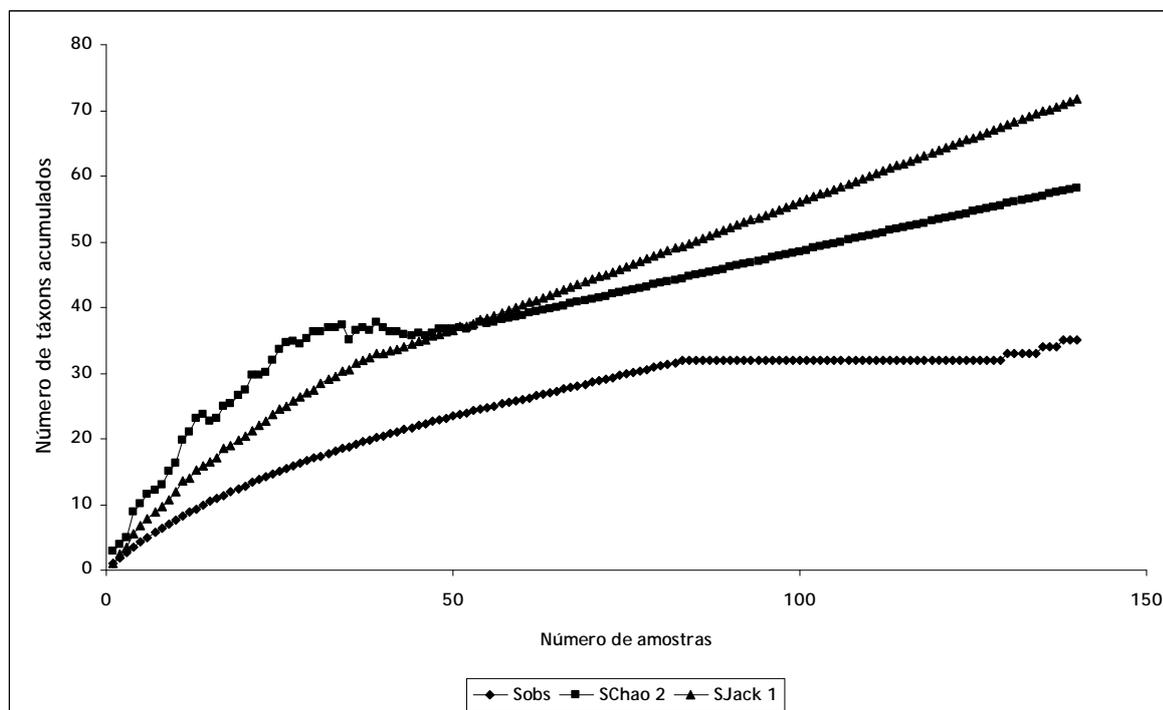


Figura 5.2.5-36 - Curvas de riqueza obtidas por meio do acúmulo de táxons de macrófitas observados e aqueles previstos pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem para o rio Madeira, na área de influência da UHE Santo Antônio. O número de amostras corresponde às estações de coleta avaliadas entre junho de 2009 e outubro de 2014.

Tributários

Em outubro de 2013, nos tributários, as riquezas máximas de espécies estimadas pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem não puderam ser obtidas, dada a ocorrência de macrófitas em apenas uma estação de amostragem (CEA.01). Em janeiro de 2014, as riquezas máximas de espécies estimadas pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem foram de oito táxons e cinco táxons, respectivamente (Figura 5.2.5-37). O valor encontrado corresponde ao registrado nas estações dos tributários (Sobs), evidenciando a baixa riqueza registrada nessa campanha. Em abril de 2014, as riquezas máximas de espécies estimadas pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem foram de oito táxons e cinco táxons, respectivamente (Figura 5.2.5-37). Os valores encontrados são próximos ao valor registrado nas estações dos tributários (5 táxons).

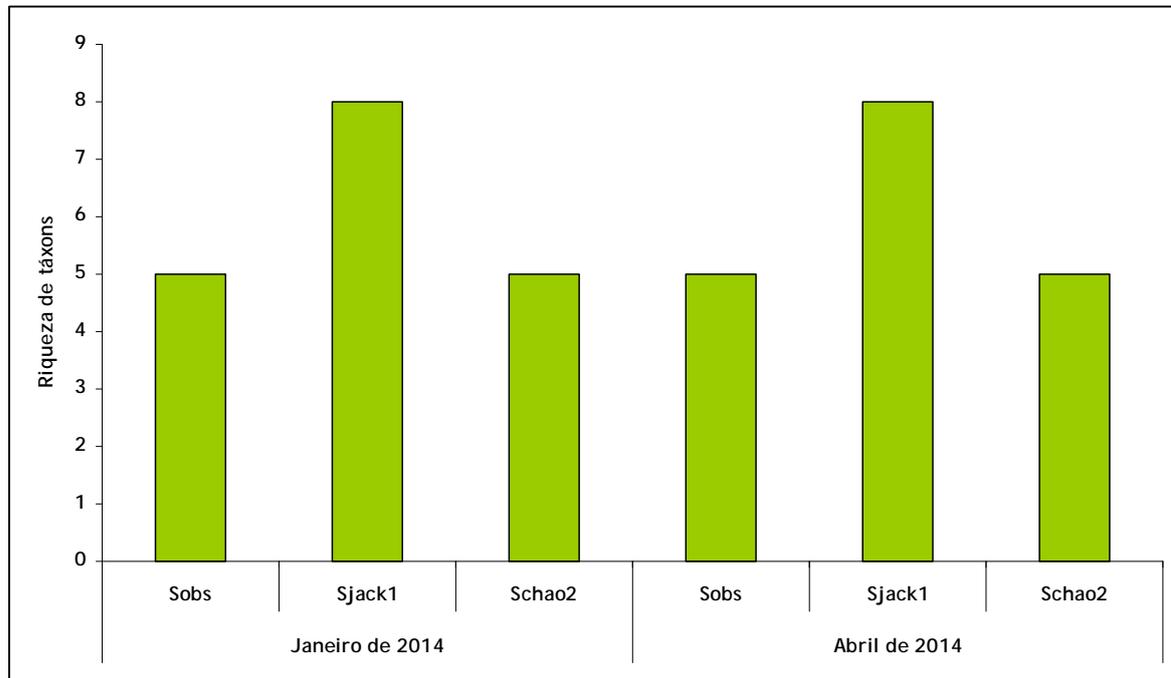


Figura 5.2.5-37 - Estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem para a riqueza de espécies nos tributários na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira em janeiro de 2014.

A riqueza de táxons de macrófitas aquáticas acumulada para os tributários, considerando-se os dados das campanhas entre junho de 2009 e outubro de 2014 foi de 52 táxons. O valor obtido é inferior aos valores de riqueza previstos pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem que são de 80 e 87 táxons, respectivamente (Figura 5.2.5-38).

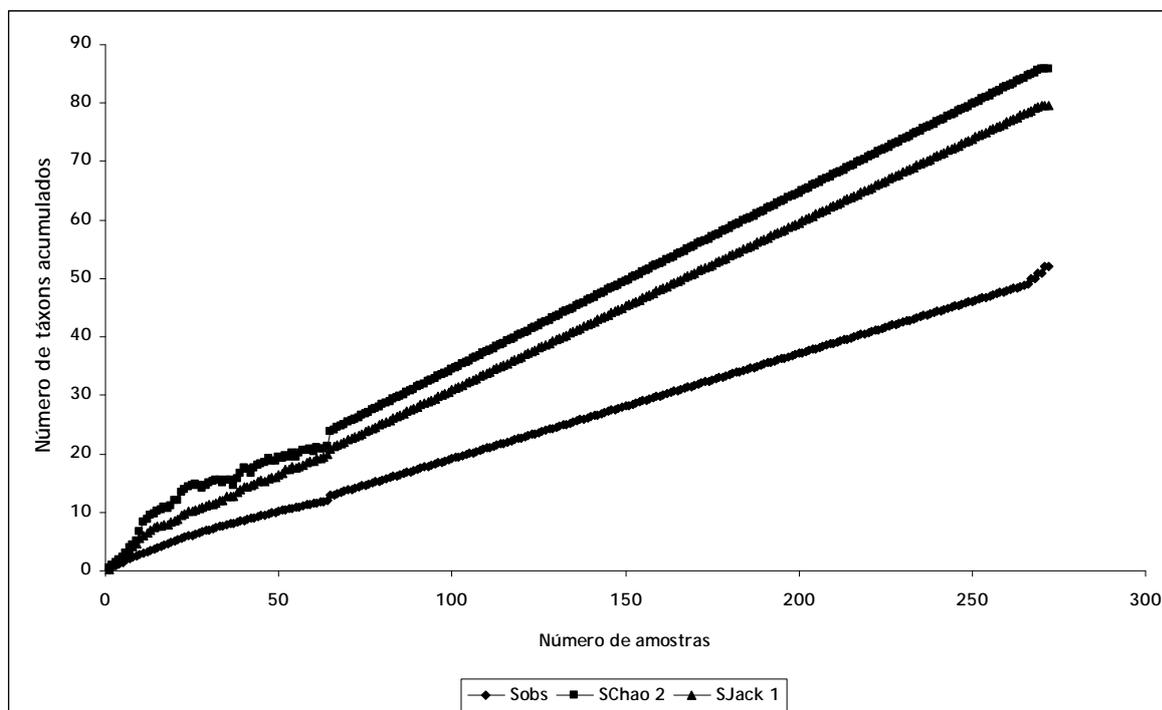


Figura 5.2.5-38 - Curvas de riqueza obtidas por meio do acúmulo de táxons de macrófitas observados e aqueles previstos pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem para os tributários, na área de influência da UHE Santo Antônio. O número de amostras corresponde às estações de coleta avaliadas entre junho de 2009 e outubro de 2014.

Lago Cuniã

Em janeiro e abril de 2014, no lago Cuniã, as riquezas máximas de espécies estimadas pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem não puderam ser obtidas, dada a ocorrência de macrófitas em apenas uma estação de amostragem (LC.01).

A riqueza de táxons de macrófitas aquáticas acumulada para o lago Cuniã, considerando-se os dados das campanhas entre junho de 2009 e outubro de 2014 foi de 26 táxons. O valor obtido é inferior aos valores de riqueza previstos pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem, que são de 40 e 50 táxons, respectivamente (Figura 5.2.5-39).

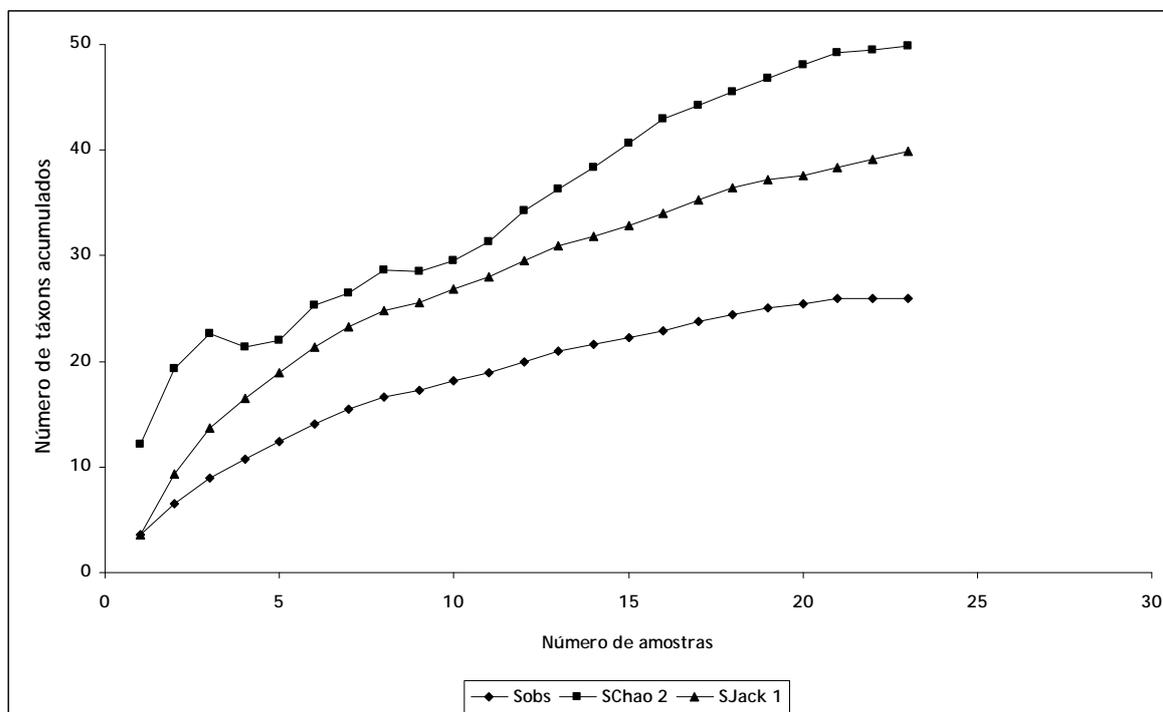


Figura 5.2.5-39 - Curvas de riqueza obtidas por meio do acúmulo de táxons de macrófitas observados e aqueles previstos pelos estimadores Jackknife de primeira ordem e Chao de segunda ordem para o lago Cuniã, na área de influência da UHE Santo Antônio. O número de amostras corresponde às estações de coleta avaliadas entre junho de 2009 e outubro de 2014.

5.2.5.8.3 - Curva de rarefação das espécies de macrófitas

A rarefação é uma técnica que permite a comparação de riqueza de espécies de comunidades diferentes, pois equivale aos dados amostrais das comunidades, permitindo estimar o esforço para amostrar um mesmo número de indivíduos em cada uma (Magurran, 2004). A curva de rarefação gera o número de espécies encontrado numa comunidade à medida que se amostra. Ela é estimada a partir de uma curva de acumulação correspondente, que é a curva confeccionada com o total de espécies reveladas durante a coleta dos dados (Gotelli & Colwell, 2001). A curva de rarefação é gerada a partir de permutações envolvendo todas as espécies, aleatoriamente. Cada ponto da curva representa a média dessas permutações (1000).

Considerando-se apenas as estações de amostragem com presença de macrófitas na confecção da curva de rarefação por amostra, e tendo por base uma mesma unidade de esforço amostral, a riqueza a riqueza máxima registrada, até o momento, foi maior nos tributários (52 táxons), seguida do rio Madeira (35 táxons) e, por fim, do lago Cuniã (26 táxons). Nas campanhas entre junho de 2009 e outubro de 2014, todas as curvas de acumulação de espécies indicaram uma

tendência à estabilização, sendo esta, porém, menos pronunciada nos tributários e no lago Cuniã (Figura 5.2.5-40).

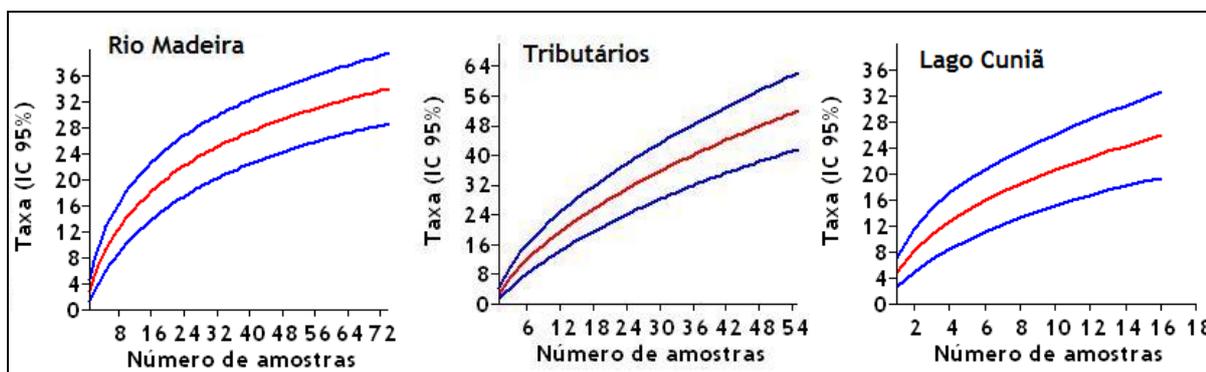


Figura 5.2.5-40 - Curva de rarefação das espécies de macrófitas dada por amostra para o rio Madeira, tributários e os lagos e canais adjacentes, na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, entre junho de 2009 e outubro de 2014. A linha vermelha indica a tendência no número acumulado de táxons à medida que se aumenta o esforço de amostragem; a linha azul corresponde ao intervalo de confiança.

5.2.5.8.4 - Dissimilaridade (*Bray-Curtis*)

No segundo ano de operação do empreendimento UHE Santo Antônio do rio Madeira pode-se observar que não houve um agrupamento das estações por período de amostragem. As estações mais similares foram MON.03 e CEA.01 durante o período de enchente de 2014, com cerca de 71,1% de similaridade, enquanto que as estações mais dissimilares foram as estações MON.01 do período de vazante de 2014 e LC.01 do período de águas altas de 2014 (Figura 5.2.5-41).

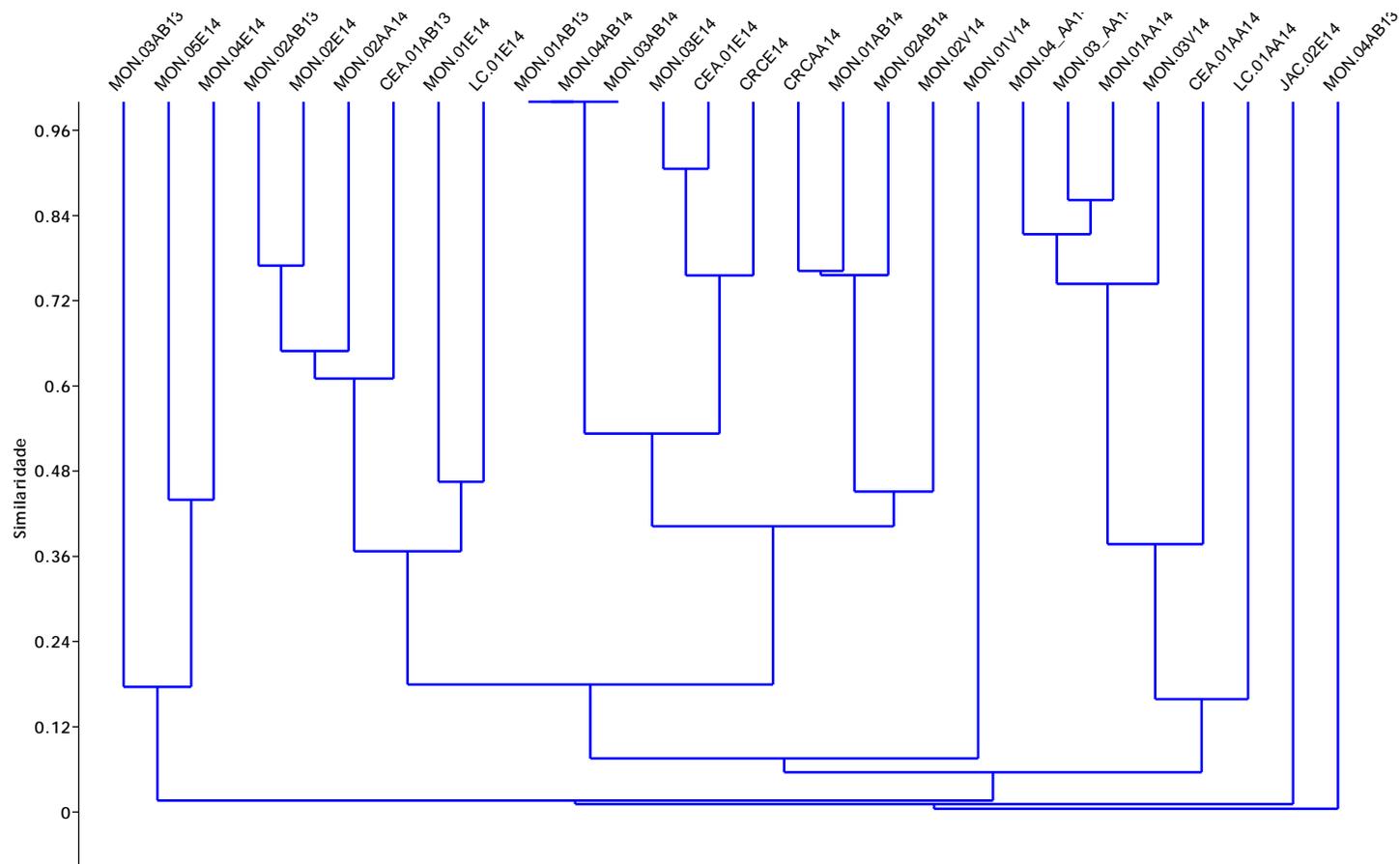


Figura 5.2.5-41 - Dendrograma de similaridade/dissimilaridade entre as comunidades de macrófitas amostradas na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira em outubro de 2013 e janeiro, abril, julho e outubro de 2014 (coeficiente copenético = 0,9124).

5.2.5.9 - Ordenação da composição (NMDS)

Para todo o período de monitoramento na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira, compreendido entre junho de 2009 a outubro de 2014, os resultados da NMDS (stress = 0,0568) mostraram que a composição e abundância das macrófitas aquáticas foram separadas em três grupos distintos: 1) RM Pré-enchimento e T Pré-enchimento; 2) LC Pré-enchimento; e 3) RM Pós-enchimento, T Pós-enchimento e LC Pós-enchimento (Figura 5.2.5-42).

Para o rio Madeira, a composição da comunidade na fase de pré-enchimento teve uma similaridade de 38,4% com a fase de pós-enchimento. Para os tributários, a composição da comunidade na fase de pré-enchimento teve uma similaridade de 27,5% com a fase de pós-enchimento e, finalmente, para o lago Cuniã, a composição da comunidade na fase de pré-enchimento teve uma similaridade de 5,22% com a fase de pós-enchimento.

Tanto o diagrama quanto o dendograma de ordenação gerado pela análise de agrupamento Cluster (Coph.corr = 0,95; Figura 5.2.5-42) indicam que, para o período avaliado compreendido entre junho de 2009 e outubro de 2014, houve uma baixa similaridade entre os táxons que compunham os sistemas rio Madeira, tributários e lago Cuniã na fase de pré-enchimento, mostrando uma maior diversidade entre os ambientes avaliados. Após o enchimento do reservatório, a similaridade entre os sistemas aumentou, em média, para cerca de 60 a 70%, sendo que a similaridade entre o rio Madeira e os tributários foi de 76,8%. Essas maiores similaridades denotam uma diminuição da diversidade entre os ambientes avaliados.

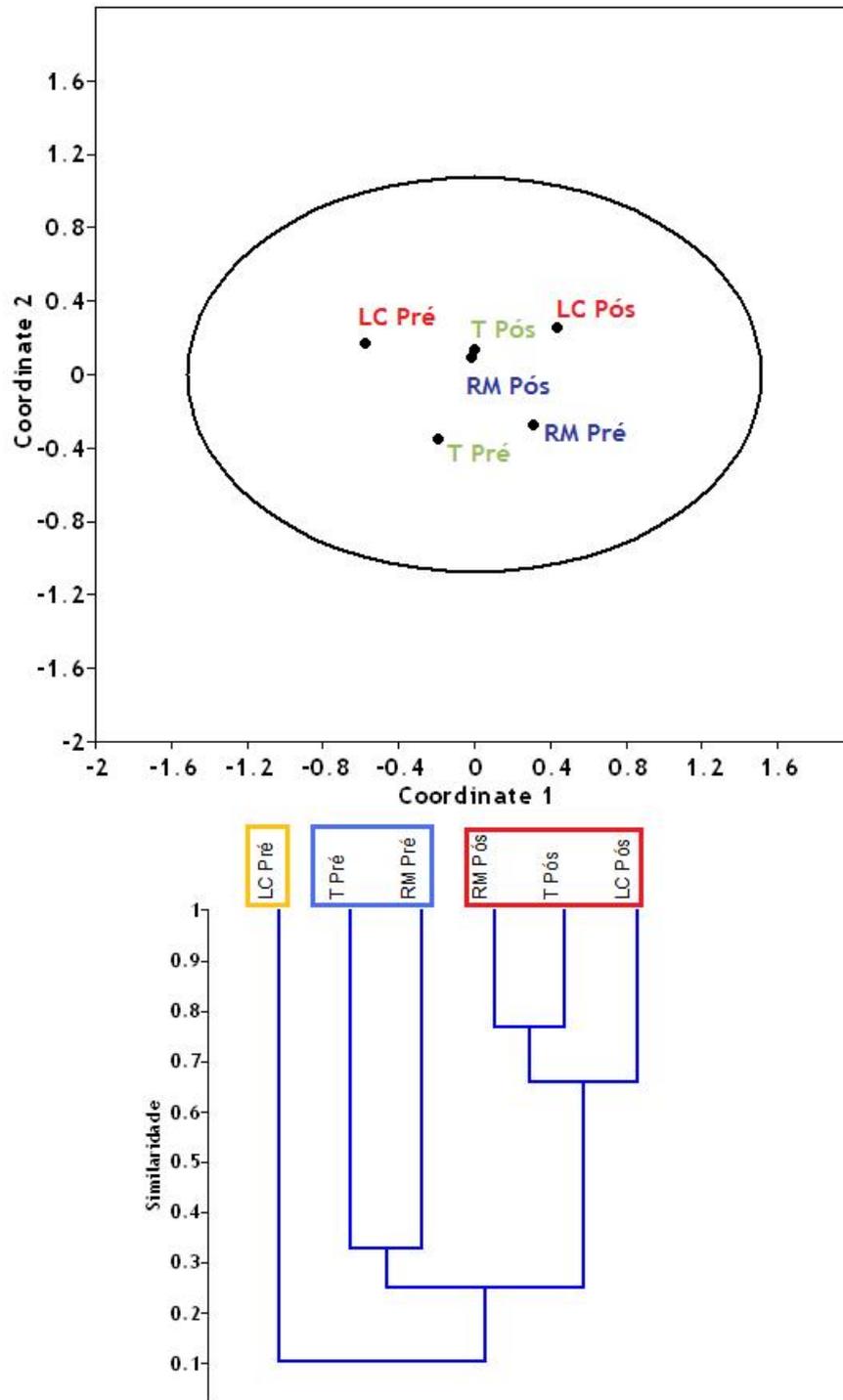


Figura 5.2.5-42 - Diagrama de Ordenação da similaridade NMDS e dendrograma de similaridade, índice de Bray-Curtis da composição de macrófitas aquáticas no rio Madeira (RM), seus tributários (T) e lago Cuniã (LC) no período compreendido entre junho de 2009 a outubro de 2014 para as duas fases do empreendimento: 1) Pré-enchimento e 2) Pós-enchimento.

5.2.5.10 - Avaliação das tendências com relação à densidade, à riqueza, à diversidade e à biomassa das macrófitas

Com o objetivo de avaliar possíveis mudanças na densidade, na biomassa, na riqueza e na diversidade de espécies das macrófitas durante todo o período de monitoramento na área de influência da UHE Santo Antônio do rio Madeira, compreendido entre junho de 2009 a outubro de 2014, foram comparados períodos hidrológicos (águas baixas, enchente, águas altas e vazante) entre as duas diferentes fases do empreendimento (Fase de pré-enchimento e Fase de pós-enchimento) por meio de testes de distribuição das médias.

Densidade

O rio Madeira ($F_{5,16} = 0,628$, $p = 0,683$), os tributários ($H = 9,5$, $p = 0,219$) e o lago Cuniã ($H = 9,478$, $p = 0,220$) (Figura 5.2.5-43) não apresentaram diferenças significativas em relação à densidade quando as fases de pré-enchimento e pós-enchimento do empreendimento foram comparadas.

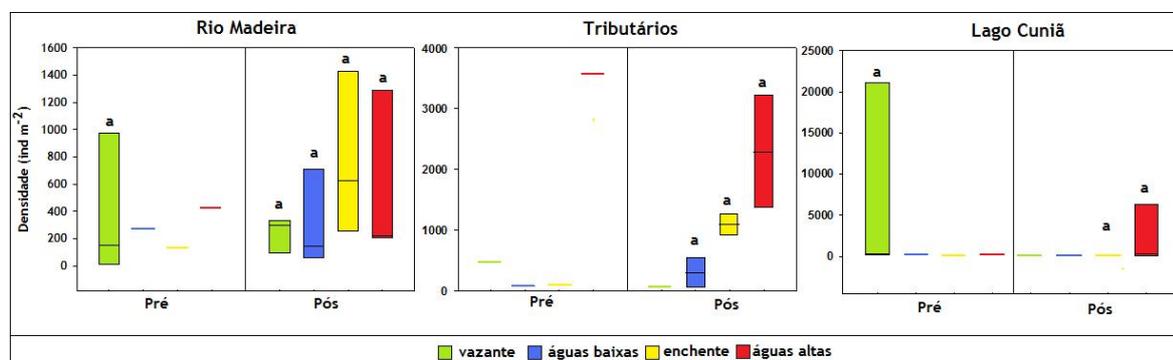


Figura 5.2.5-43 - "Box-plot" da densidade (ind m^{-2}) no rio Madeira, tributários e lago Cuniã durante as fases de pré-enchimento e pós-enchimento. A linha no interior das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. As letras acima das caixas, quando diferentes, indicam a ocorrência de diferenças significativas entre os conjuntos de dados ($p < 0,05$).

Biomassa

O rio Madeira ($F_{5,16} = 0,059$, $p = 0,997$), os tributários ($F_{2,8} = 3,921$, $p = 0,081$) e o lago Cuniã ($H = 4,132$, $p = 0,764$) (Figura 5.2.5-44) não apresentaram diferenças significativas em relação à biomassa quando as fases de pré-enchimento e pós-enchimento do empreendimento foram comparadas.

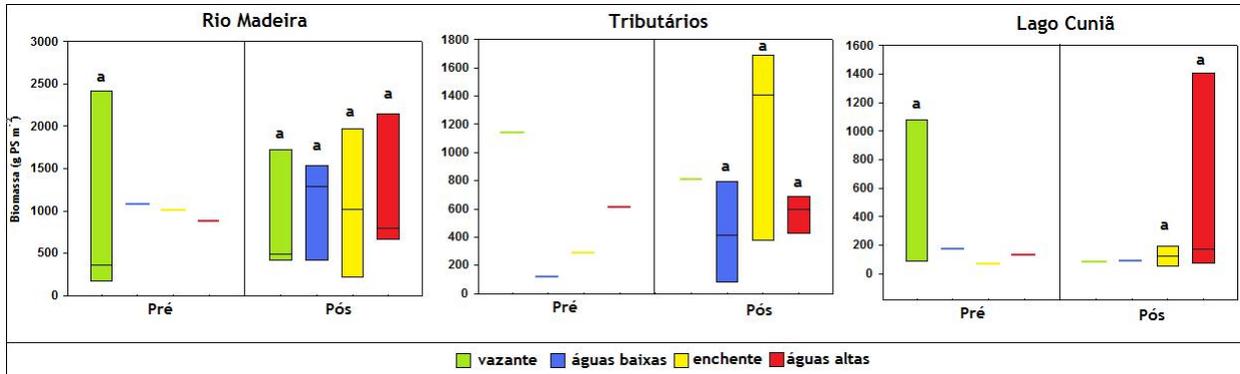


Figura 5.2.5-44 - “Box-plot” da biomassa (g PS m⁻²) no rio Madeira, tributários e lago Cuniã durante as fases de pré-enchimento e pós-enchimento. A linha no interior das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. As letras acima das caixas, quando diferentes, indicam a ocorrência de diferenças significativas entre os conjuntos de dados (p < 0,05).

Riqueza

Os tributários ($F_{3,10} = 1,177$, $p = 0,385$) e o lago Cuniã ($H = 10,546$, $p = 0,160$) (Figura 5.2.5-45) não apresentaram nenhuma diferença estatística significativa em relação à riqueza quando as fases de pré-enchimento e pós-enchimento do empreendimento foram comparadas. No entanto, para o rio Madeira ($F_{5,17} = 9,008$, $p < 0,001$), o período de águas baixas da fase de pré-enchimento foram maiores do que os períodos de vazante, águas baixas e enchente da fase de pós-enchimento.

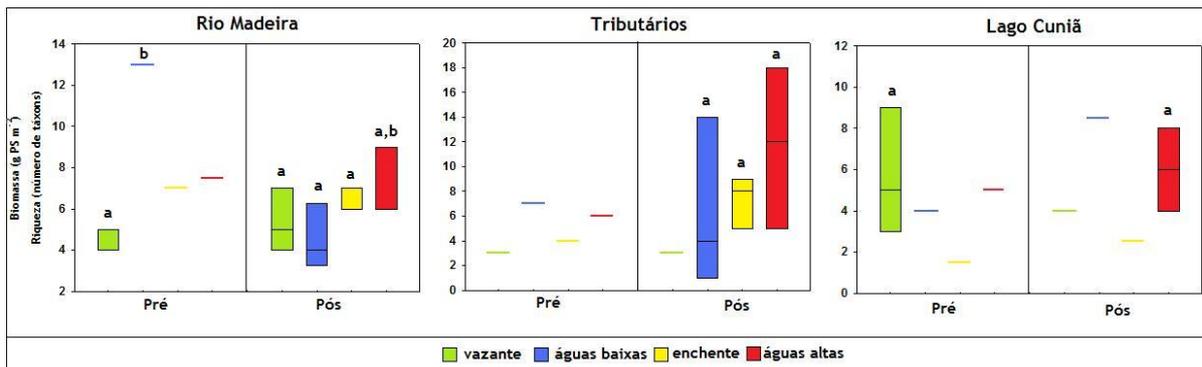


Figura 5.2.5-45 - “Box-plot” da riqueza (número de táxons) no rio Madeira, tributários e lago Cuniã durante as fases de pré-enchimento e pós-enchimento. A linha no interior das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. As letras acima das caixas, quando diferentes, indicam a ocorrência de diferenças significativas entre os conjuntos de dados (p < 0,05).

Diversidade específica

O rio Madeira ($F_{5,17} = 0,412$, $p = 0,831$), os tributários ($F_{2,6} = 8,277$, $p = 0,062$) e o lago Cuniã ($H = 3,505$, $p = 0,835$) (Figura 5.2.5-46) não apresentaram diferenças significativas em relação à biomassa quando as fases de pré-enchimento e pós-enchimento do empreendimento foram comparadas.

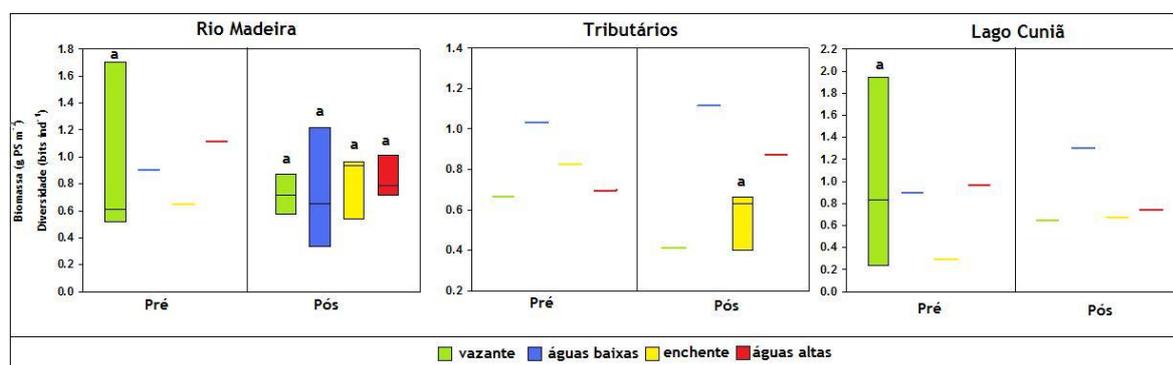


Figura 5.2.5-46 - "Box-plot" da diversidade (bits ind^{-1}) no rio Madeira, tributários e lago Cuniã durante as fases de pré-enchimento e pós-enchimento. A linha no interior das caixas representa a mediana, o limite das caixas e os traços abrangem 75 e 95% dos dados, respectivamente. As letras acima das caixas, quando diferentes, indicam a ocorrência de diferenças significativas entre os conjuntos de dados ($p < 0,05$).

5.2.5.11 - Composição química

Diversos estudos sobre macrófitas aquáticas enfatizam sua elevada produtividade e importância na ciclagem de nutrientes (MENEZES, 1984). Ainda com relação à sua fisiologia, como resposta à exposição a ambientes poluídos, algumas macrófitas aquáticas podem apresentar alterações na sua composição química, podendo ser utilizadas como bioindicadores da qualidade da água.

Outro papel importante desempenhado pelas macrófitas aquáticas é o de agentes fitodepuradores. Segundo Pescod (1992), o aguapé é utilizado em vários países com esse intuito, sendo umas das alternativas ecológicas mais usadas no tratamento primário da água. Este fato se deve a grande velocidade de desenvolvimento desta espécie em águas poluídas, à alta capacidade de absorver metais pesados, grande eficiência na redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e à alta demanda por nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo (MANFRINATO, 1989).

Em respostas aos diversos estímulos do meio ambiente, as macrófitas desenvolveram diferentes estratégias de sobrevivência. Como resultado, a composição química de cada espécie difere em

função da disponibilidade dos elementos químicos no ambiente e também, da necessidade o que, por sua vez, é determinado pelo estágio de desenvolvimento e grupo funcional da planta. De acordo com Joyce (1993), as plantas aquáticas possuem em média (em base de massa seca) 41% de carbono, 14% de cinzas, 2,26% de nitrogênio e 0,25% de fósforo.

Este relatório apresenta os resultados dos períodos de outubro de 2013 (águas baixas) e janeiro de 2014 (enchente), abril de 2014 (águas altas), julho de 2014 (vazante) e outubro de 2014 (águas baixas). As análises da composição química das macrófitas foram feitas nos taxóns dominantes. O Quadro 5.2.5-50 apresenta as macrófitas dominantes nessas estações de monitoramento.

Foi realizada uma comparação entre as fases do empreendimento, que são pré-enchimento (julho de 2009 a julho de 2011) e pós-enchimento (outubro de 2011 a outubro de 2014) nos parâmetros mais relevantes. Foram aplicados testes não paramétricos de Kruskal-Wallis, seguidos de pós-teste de Dunn, para o ambiente rio Madeira e tributários considerando as plantas de acordo com o nicho (enraizada ou flutuante). Nos tributários, no pré-enchimento, não foram observadas espécies enraizadas que justificassem a comparação. A hipótese nula foi de que os valores eram iguais entre as diferentes fases. Um nível de significância (p) de 0,05 foi adotado para rejeição das hipóteses. Isso significa que sempre que o p foi inferior a 0,05 a hipótese foi rejeitada. A rejeição da hipótese indica haver diferença entre os períodos.

Quadro 5.2.5-50 - Lista com as macrófitas dominantes nas estações onde foi registrada presença dessas plantas.

Período	Estação	Macrófitas
Águas baixas		
Águas baixas 2013	MON.04	<i>Eichhornia azurea</i>
Águas baixas 2013	MON.03	<i>Paspalum sp.</i>
Águas baixas 2013	MON.02	<i>Paspalum sp.</i>
Águas baixas 2013	MON.01	<i>Paspalum sp.</i>
Águas baixas 2013	CEA.01	<i>hymenachne sp.</i>
Enchente		
Enchente 2014	MON.05	<i>hymenachne sp.</i>
Enchente 2014	MON.04	<i>hymenachne sp.</i>
Enchente 2014	MON.03	<i>Paspalum sp.</i>
Enchente 2014	MON.02	<i>Paspalum sp.</i>
Enchente 2014	MON.01	<i>Eichhornia sp.</i>
Enchente 2014	CRC	<i>Eichhornia sp.</i>
Enchente 2014	JAC.02	<i>hymenachne sp.</i>

Período	Estação	Macrófitas
Enchente 2014	CEA.01	<i>hymenachne sp.</i>
Enchente 2014	LC.01	<i>Paspalum sp.</i>
Águas altas		
Águas altas 2014	MON.04	<i>Paspalum repens</i>
Águas altas 2014	MON.03	<i>Polygonum hispidum</i>
Águas altas 2014	MON.02	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
Águas altas 2014	MON.01	<i>Paspalum repens</i>
Águas altas 2014	CRC	<i>Eichhornia crassipes</i>
Águas altas 2014	CEA.01	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
Águas altas 2014	LC.01	<i>Eichhornia crassipes</i>
Vazante		
Vazante 2014	MON.03	<i>Eichhornia crassipes</i>
Vazante 2014	MON.02	<i>Eichhornia crassipes</i>
Vazante 2014	MON.01	<i>Pontederia sp</i>
Águas baixas		
Águas baixas 2014	MON.04	<i>Paspalum sp.</i>
Águas baixas 2014	MON.03	<i>Paspalum sp.</i>
Águas baixas 2014	MON.02	<i>Paspalum sp.</i>
Águas baixas 2014	MON.01	<i>Panicum sp.</i>

5.2.5.11.1 - Matéria orgânica, carbono orgânico total e teores de cinzas

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, a matéria orgânica nas macrófitas oscilou entre 7,48% p/p na estação MON.03 nas águas baixas/2013 e 44% p/p nas águas altas/2014 na estação (CEA.01) (Figura 5.2.5-47).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de matéria orgânica nas macrófitas flutuantes e enraizadas no rio Madeira foi, respectivamente, de $12 \pm 12\%$ p/p (média \pm DP) e de $16 \pm 11\%$ p/p (média \pm DP) no pré-enchimento enquanto no pós-enchimento foi de $11 \pm 10\%$ p/p (média \pm DP) e $16 \pm 8\%$ p/p (média \pm DP). Nos tributários as concentrações de matéria orgânica nas macrófitas flutuantes no pré-enchimento foi de $10 \pm 6\%$ p/p (média \pm DP) e no pós-enchimento foi de $12 \pm 7\%$ p/p (média \pm DP) (Figura 5.2.5-48).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de matéria orgânica não diferiu entre as fases do empreendimento considerando os grupos

funcionais registrados, entretanto no pós-enchimento houve diferença entre as flutuantes e enraizadas com incremento nas enraizadas (Figura 5.2.5-48).

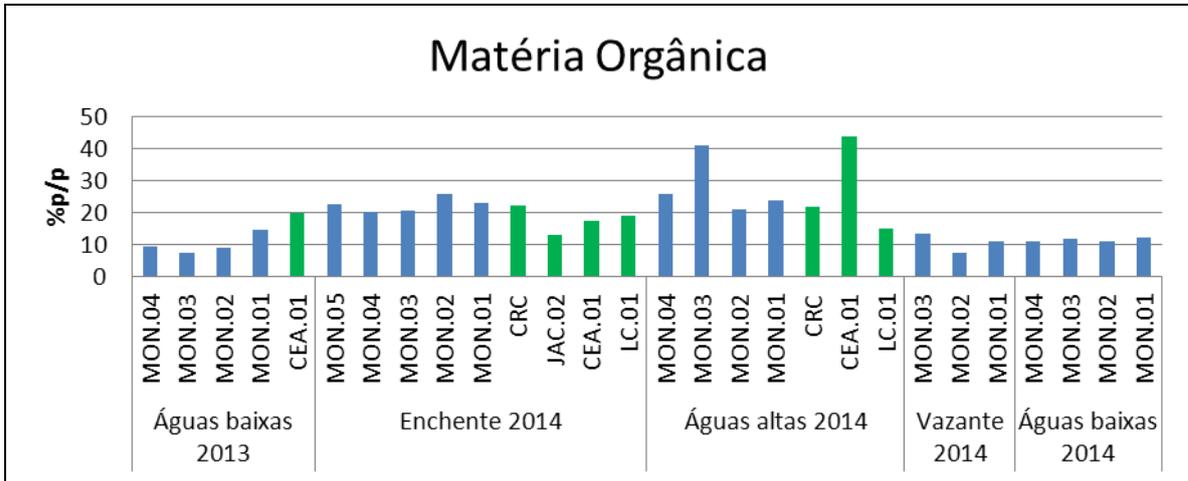


Figura 5.2.5-47 - Teores de matéria orgânica nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

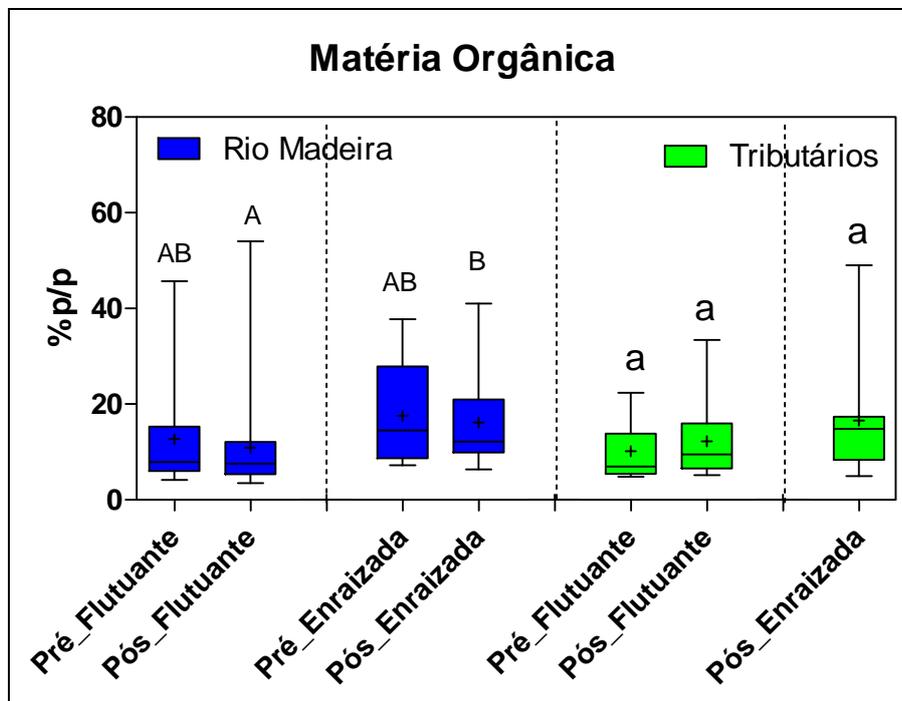


Figura 5.2.5-48 - Box-plot das concentrações de matéria orgânica nas macrófitas amostradas nos tributários e no rio Madeira nas fases pré e pós-enchimento kW = nível de significância (p) do teste de Kruskal-Wallis.

Nos períodos avaliados, o teor de carbono orgânico total (COT) nas macrófitas variou de 4,1%p/p na estação MON.04 nas águas baixas/2013 a 24,2%p/p na estação CEA.01 nas águas altas/2014 (Figura 5.2.5-49).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de carbono orgânico no rio Madeira nas macrófitas flutuantes e enraizadas foi, respectivamente, de $7 \pm 7\%$ p/p (média \pm DP) e de $7 \pm 7\%$ p/p (média \pm DP) no pré-enchimento enquanto no pós-enchimento foi de $7 \pm 6\%$ p/p (média \pm DP) e $10 \pm 5\%$ p/p (média \pm DP). Nos tributários as concentrações de COT nas macrófitas flutuantes no pré-enchimento foi de $4 \pm 4\%$ p/p (média \pm DP) e no pós-enchimento foi de $7 \pm 4\%$ p/p (média \pm DP) Figura 5.2.5-50).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de carbono orgânico não diferiu entre as fases do empreendimento considerando os grupos funcionais registrados, entretanto no pós-enchimento houve diferença entre as flutuantes e enraizadas com incremento nas enraizadas (Figura 5.2.5-50).

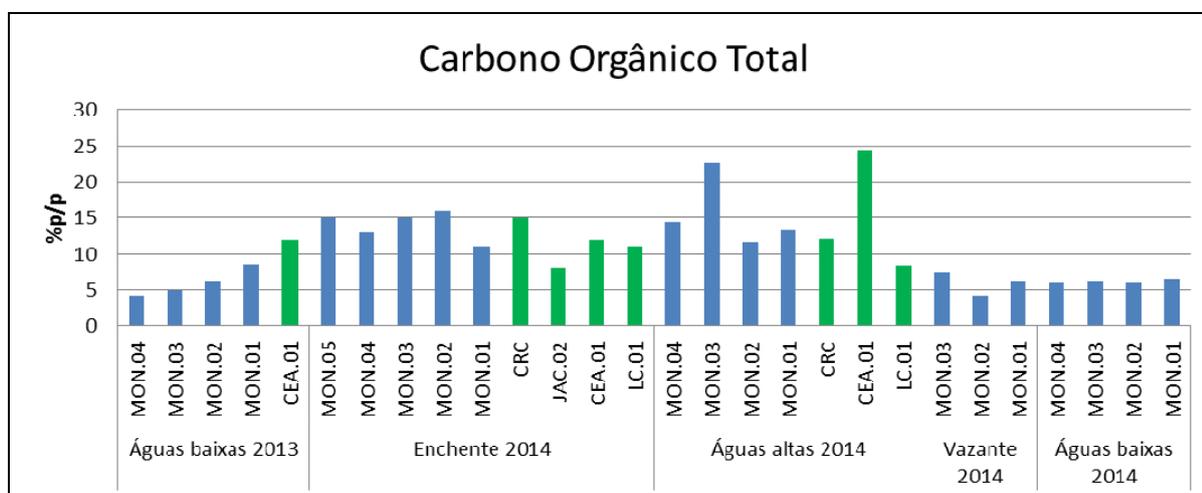


Figura 5.2.5-49 - Teores de carbono orgânico total nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014 durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

Carbono Orgânico

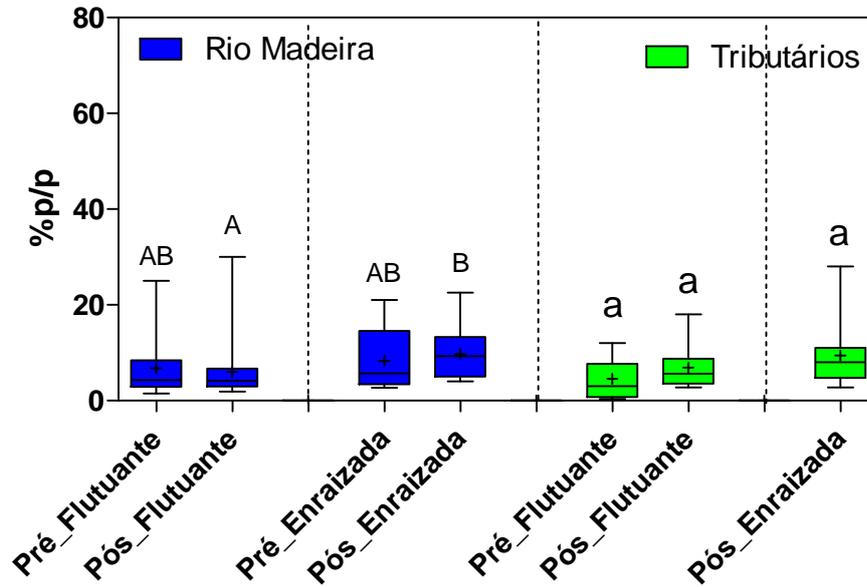


Figura 5.2.5-50 - Box-plot das concentrações de carbono orgânico total nas macrófitas amostradas nos tributários e no rio Madeira nas fases pré e pós-enchimento. KW = nível de significância (p) do teste de Kruskal-Wallis.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, o teor de cinzas (base seca) nas macrófitas oscilou entre 0,56%p/p na estação CEA.01 na enchente/2014 e 23,7%p/p nas águas baixas/2013 na estação (MON.03) (Figura 5.2.5-51).

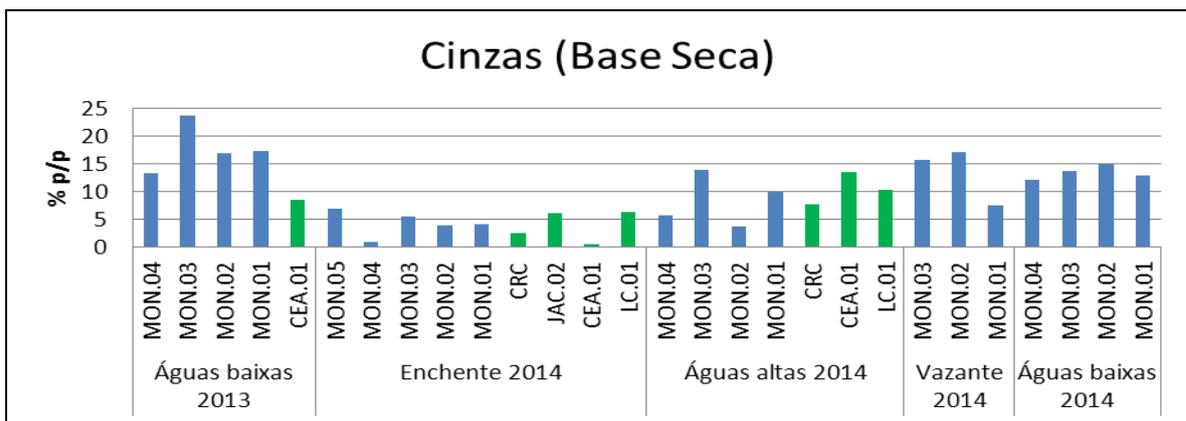


Figura 5.2.5-51 - Teor de cinzas (base seca) nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014 durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

Nos períodos avaliados, o teor de cinzas (base úmida) nas macrófitas amostradas variou entre 0,1% p/p na estação CEA.01 na enchente/2014 e 14,9% p/p na águas baixas/2014 na estação MON.02 (Figura 5.2.5-52).

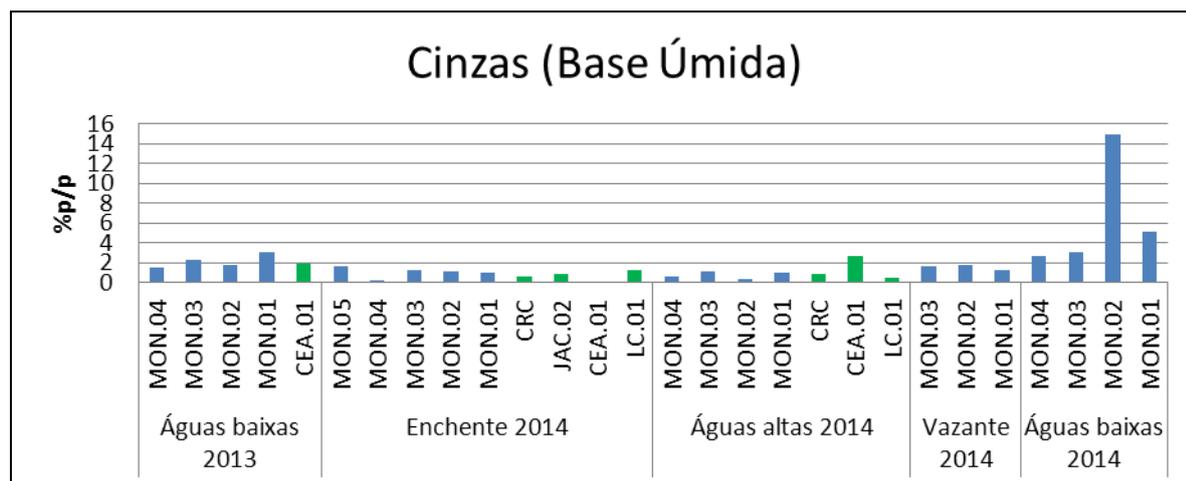


Figura 5.2.5-52 - Teor de cinzas (base úmida) nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

5.2.5.11.2 - Macronutrientes: sódio, potássio, cálcio e magnésio

As macrófitas são plantas que crescem livremente na água ou mesmo em ambientes de transição entre sistemas aquáticos e terrestres, e que produzem quantidades expressivas de matéria seca, com elevado teor de nutrientes (Ferreira *et al.*, 2003; Mazzola, 2005; Mannarino *et al.*, 2006). Os elementos minerais são adquiridos pelas plantas na forma de íons inorgânicos, predominantemente através da área superficial de suas raízes.

Somente certos elementos são essenciais ao crescimento e desenvolvimento do ciclo de vida das plantas. Esses elementos são classificados, de acordo com a quantidade necessária para o vegetal, em macronutrientes (N, K, Ca, Mg, P, S e Si) e micronutrientes (Cl, Fe, B, Mn, Na, Zn, Cu, Ni e Mo).

Sódio, potássio, cálcio e magnésio aparecem em maiores concentrações e podem atingir até 5% do peso seco. Por outro lado, os micronutrientes são encontrados em quantidades reduzidas dentro do corpo do vegetal, constituindo menos de 0,01% de sua massa (EPSTEIN, 1975).

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de sódio oscilaram entre 57 mg/kg na vazante/2014 e 990 mg/kg na enchente/2014, ambos registrados na estação MON.01 (Figura 5.2.5-53).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de sódio no rio Madeira nas macrófitas flutuantes e enraizadas foi, respectivamente, de 398 ± 369 mg/kg (média \pm DP) e de 346 ± 229 mg/kg (média \pm DP) no pré-enchimento enquanto no pós-enchimento foi de 782 ± 1035 mg/kg (média \pm DP) e 258 ± 201 mg/kg (média \pm DP). Nos tributários as concentrações de sódio nas macrófitas flutuantes no pré-enchimento foi de 624 ± 724 mg/kg (média \pm DP) e no pós-enchimento foi de 508 ± 542 mg/kg (média \pm DP) (Figura 5.2.5-54).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de sódio não diferiu entre as fases do empreendimento assim como entre os grupos funcionais registrados (Figura 5.2.5-54).

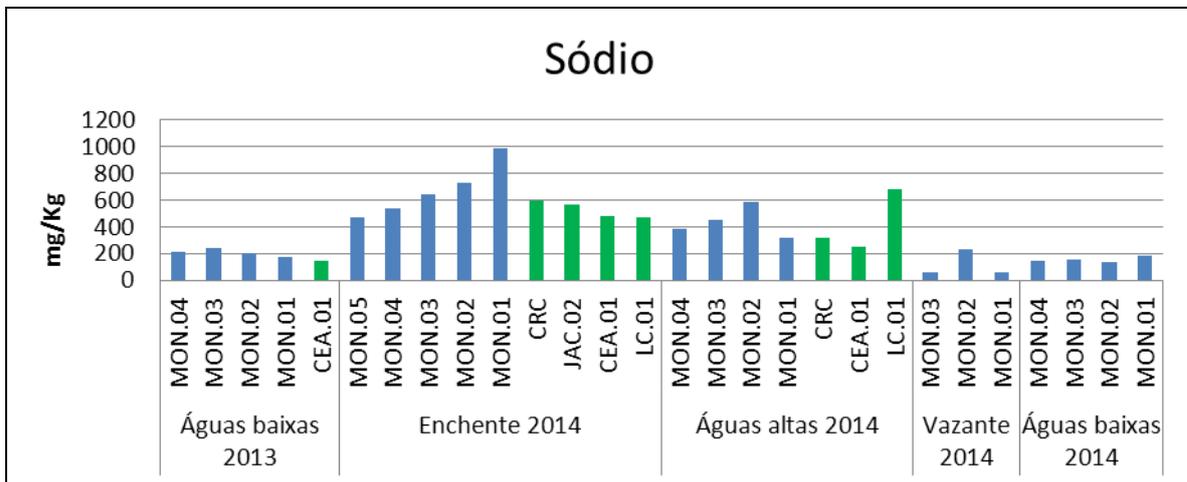


Figura 5.2.5-53 - Concentrações de sódio nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013 e enchente/2014 e águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

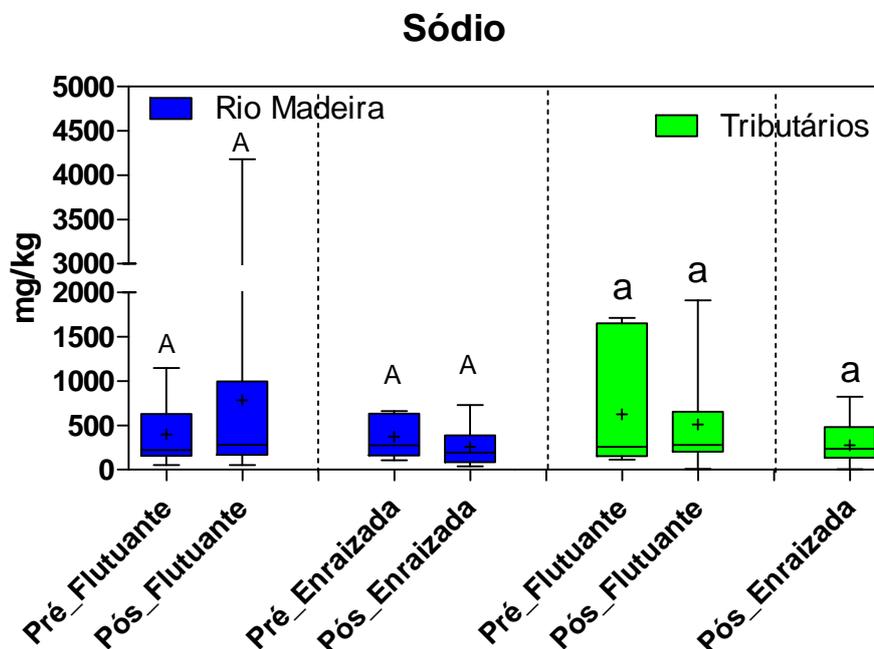


Figura 5.2.5-54 - Box-plot das concentrações de sódio nas macrófitas amostradas nos tributários e no rio Madeira nas fases pré e pós-enchimento.
KW = nível de significância (p) do teste de Kruskal-Wallis.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de potássio oscilaram entre 20404 mg/kg na estação CEA.01 nas águas baixas/2013 e 61099 mg/kg nas águas altas/2014 na estação MON.03 (Figura 5.2.5-55).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de potássio no rio Madeira nas macrófitas flutuantes e enraizadas foi, respectivamente, de 25122 ± 15089 mg/kg (média \pm DP) e de 33853 ± 18006 mg/kg (média \pm DP) no pré-enchimento enquanto no pós-enchimento foi de 33348 ± 12035 mg/kg (média \pm DP) e 32613 ± 10714 mg/kg (média \pm DP). Nos tributários as concentrações de potássio nas macrófitas flutuantes no pré-enchimento foi de 35524 ± 11778 mg/kg (média \pm DP) e no pós-enchimento foi de 34165 ± 17471 mg/kg (média \pm DP) (Figura 5.2.5-56).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de potássio não diferiu entre as fases do empreendimento assim como entre os grupos funcionais registrados. (Figura 5.2.5-56).

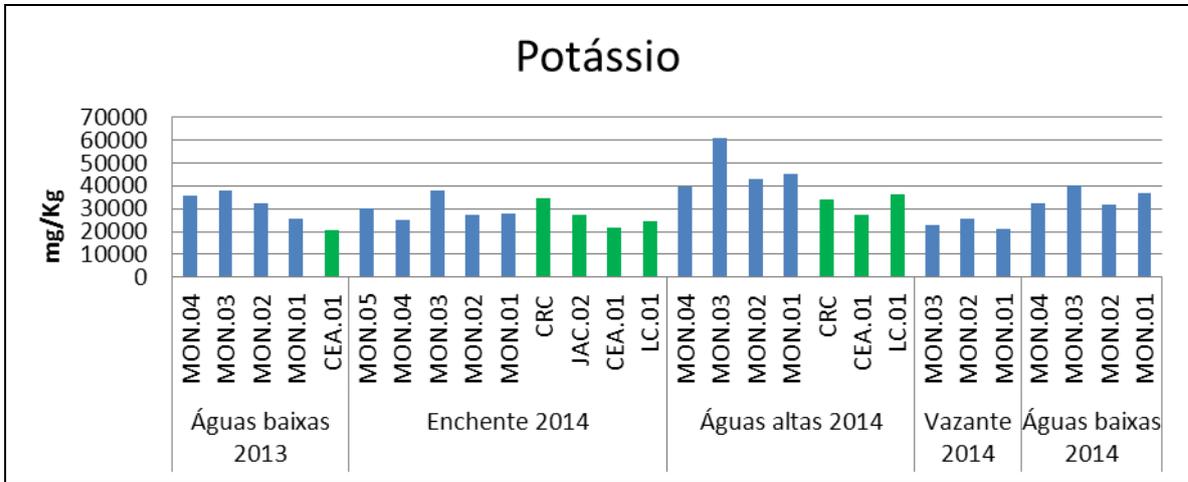


Figura 5.2.5-55 - Concentrações de potássio nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

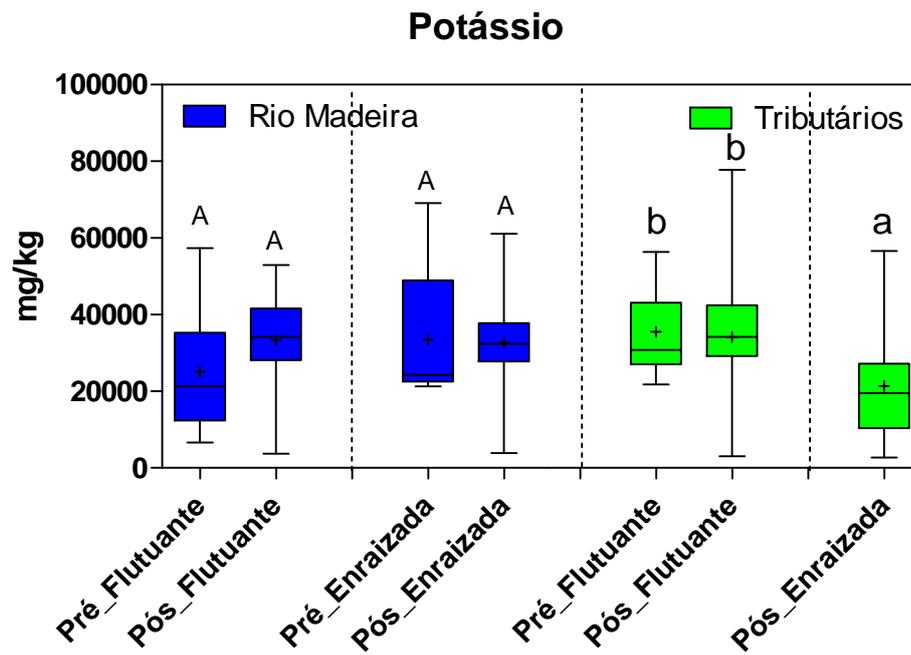


Figura 5.2.5-56 - Box-plot das concentrações de potássio nas macrófitas amostradas nos tributários e no rio Madeira nas fases pré e pós-enchimento. kW = nível de significância (p) do teste de Kruskal-Wallis.

Nos períodos avaliados durante a fase de operação, o cálcio variou entre 1042 na enchente/2014 na estação CEA.01 e 21994 no mesmo período na estação MON.01 (Figura 5.2.5-57).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de cálcio no rio Madeira nas macrófitas flutuantes e enraizadas foi, respectivamente, de 11305 ± 12497 mg/kg (média \pm DP) e de 8242 ± 5635 mg/kg (média \pm DP) no pré-enchimento enquanto no pós-enchimento foi de 13704 ± 5229 mg/kg (média \pm DP) e 3567 ± 1621 mg/kg (média \pm DP). Nos tributários as concentrações de cálcio nas macrófitas flutuantes no pré-enchimento foi de 8729 ± 3831 mg/kg (média \pm DP) e no pós-enchimento foi de 12191 ± 6431 mg/kg (média \pm DP) (Figura 5.2.5-58).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de cálcio não diferiu entre as fases do empreendimento considerando os grupos funcionais registrados, entretanto na fase de pós-enchimento houve diferença entre as flutuantes e enraizadas, com incremento nas flutuantes (Figura 5.2.5-58).

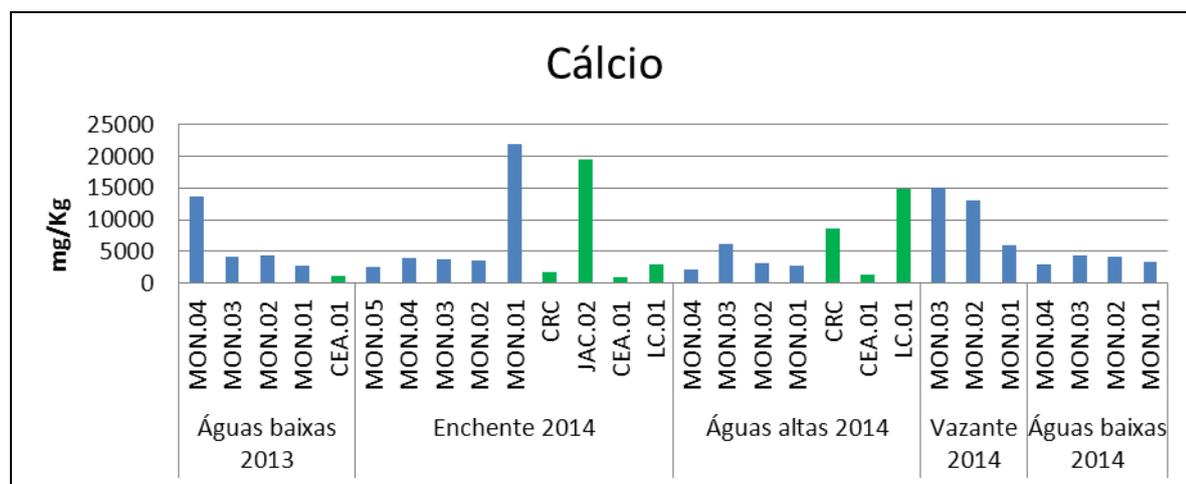


Figura 5.2.5-57 - Concentrações de cálcio nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2013, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

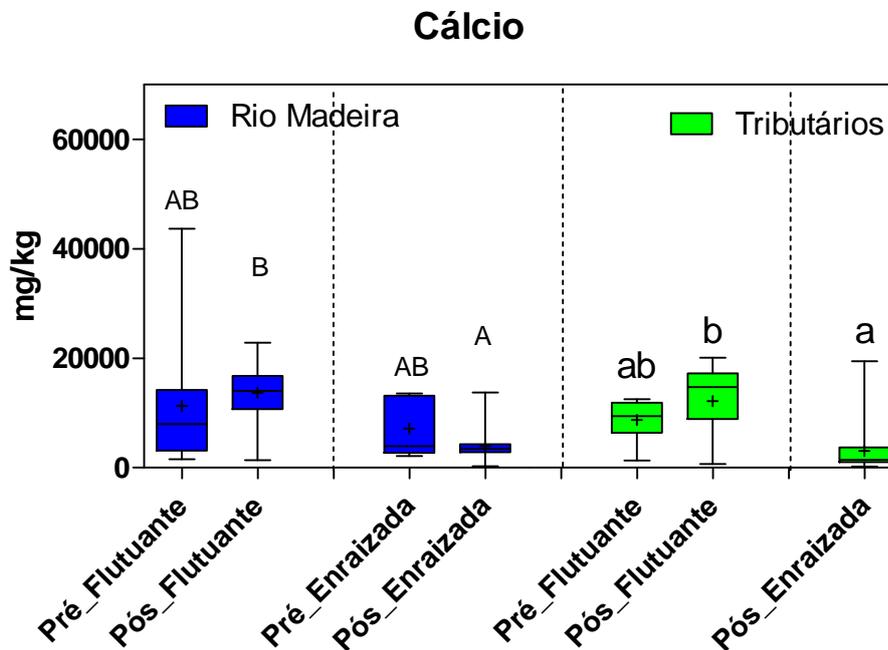


Figura 5.2.5-58 - Box-plot das concentrações de cálcio nas macrófitas amostradas nos tributários e no rio Madeira nas fases pré e pós-enchimento. kW = nível de significância (p) do teste de Kruskal-Wallis.

Na fase hidrológica avaliada, as concentrações de magnésio oscilaram entre 1434 mg/kg na estação CEA.01 na enchente/2014 e 6809 mg/kg nas águas altas/2014 na estação MON.03 (Figura 5.2.5-59).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de magnésio no rio Madeira nas macrófitas flutuantes e enraizadas foi, respectivamente, de 2648 ± 1588 mg/kg (média \pm DP) e de 2953 ± 1851 mg/kg (média \pm DP) no pré-enchimento enquanto no pós-enchimento foi de 3054 ± 1131 mg/kg (média \pm DP) e 2505 ± 1142 mg/kg (média \pm DP). Nos tributários as concentrações de magnésio nas macrófitas flutuantes no pré-enchimento foi de 3026 ± 2016 mg/kg (média \pm DP) e no pós-enchimento foi de 3049 ± 1540 mg/kg (média \pm DP) (Figura 5.2.5-60).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de magnésio não diferiu entre as fases do empreendimento assim como entre os grupos funcionais registrados. (Figura 5.2.5-60).

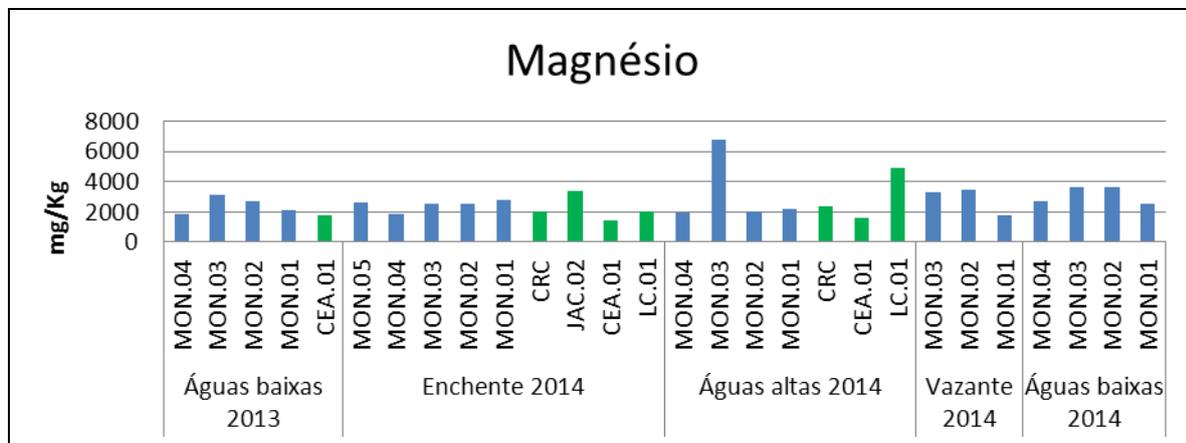


Figura 5.2.5-59 - Concentrações de magnésio nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

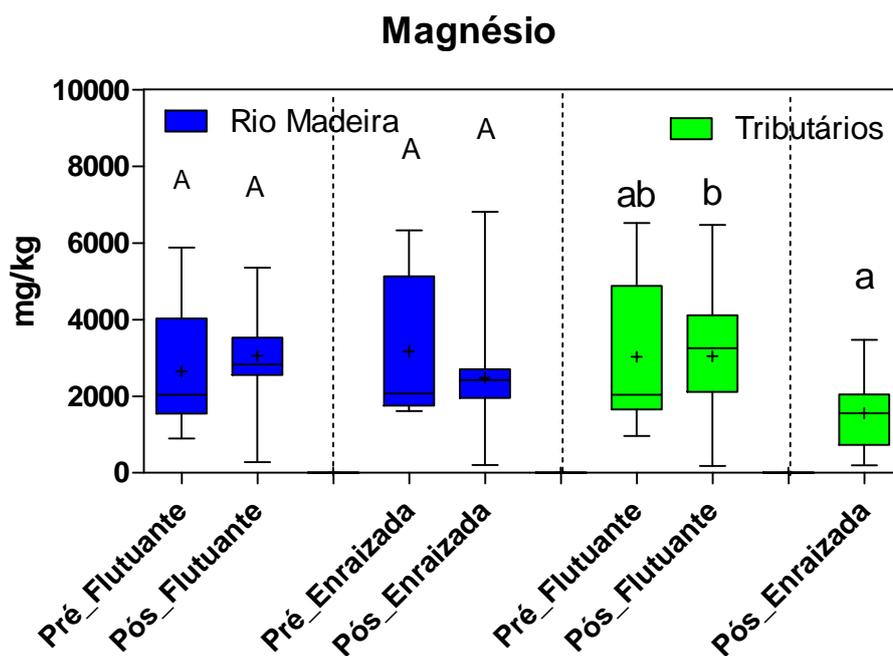


Figura 5.2.5-60 - Box-plot das concentrações de magnésio nas macrófitas amostradas nos tributários e no rio Madeira nas fases pré e pós-enchimento. KW = nível de significância (p) do teste de Kruskal-Wallis.

5.2.5.11.3 - Elementos-traço

Nos meses avaliados na fase de operação, as concentrações de cádmio e mercúrio nas macrófitas amostradas no rio Madeira, tributários e no lago Cuniã ficaram abaixo do limite de quantificação do método, em todas as estações avaliadas (Anexo 5.a). Outros elementos como o cobalto e chumbo foram quantificados sem uma regularidade temporal, em períodos distintos, inviabilizando uma abordagem estatística para avaliação de sua dinâmica.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de alumínio nas macrófitas oscilaram entre 19 mg/kg na estação CEA.01 nas águas altas/2014 e 580 mg/kg na vazante/2014 na estação MON.02 (Figura 5.2.5-61).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de alumínio no rio Madeira nas macrófitas flutuantes e enraizadas foi, respectivamente, de 1291 ± 1435 mg/kg (média \pm DP) e de 160 ± 152 mg/kg (média \pm DP) no pré-enchimento enquanto no pós - enchimento foi de 527 ± 731 mg/kg (média \pm DP) e 132 ± 134 mg/kg (média \pm DP). Nos tributários as concentrações de alumínio nas macrófitas flutuantes no pré-enchimento foi de 505 ± 586 mg/kg (média \pm DP) e no pós-enchimento foi de 266 ± 428 mg/kg (média \pm DP) (Figura 5.2.5-62).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de alumínio não diferiu entre as fases do empreendimento considerando os grupos funcionais registrados, entretanto no pós-enchimento houve diferença entre as flutuantes e enraizadas, com incremento nas flutuantes (Figura 5.2.5-62).

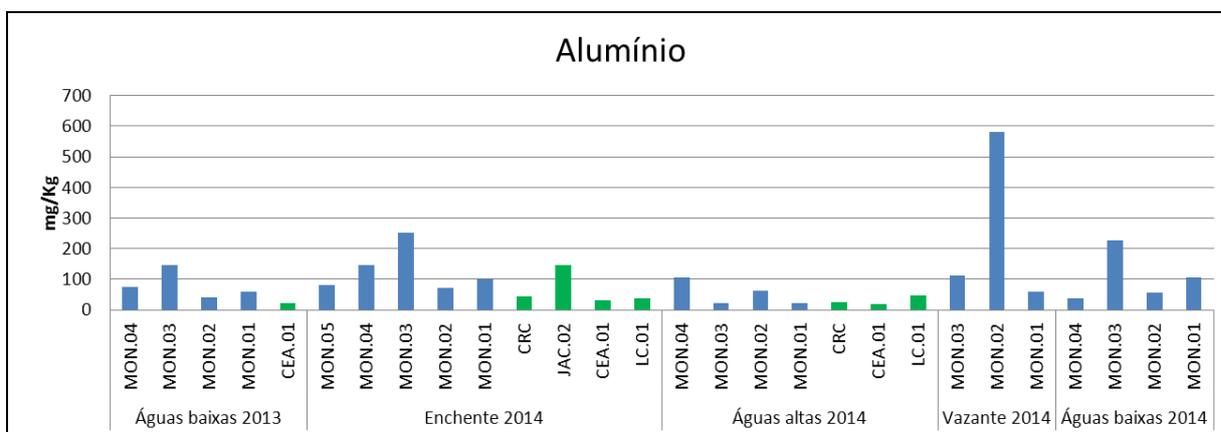


Figura 5.2.5-61 - Concentrações de alumínio nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014 durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

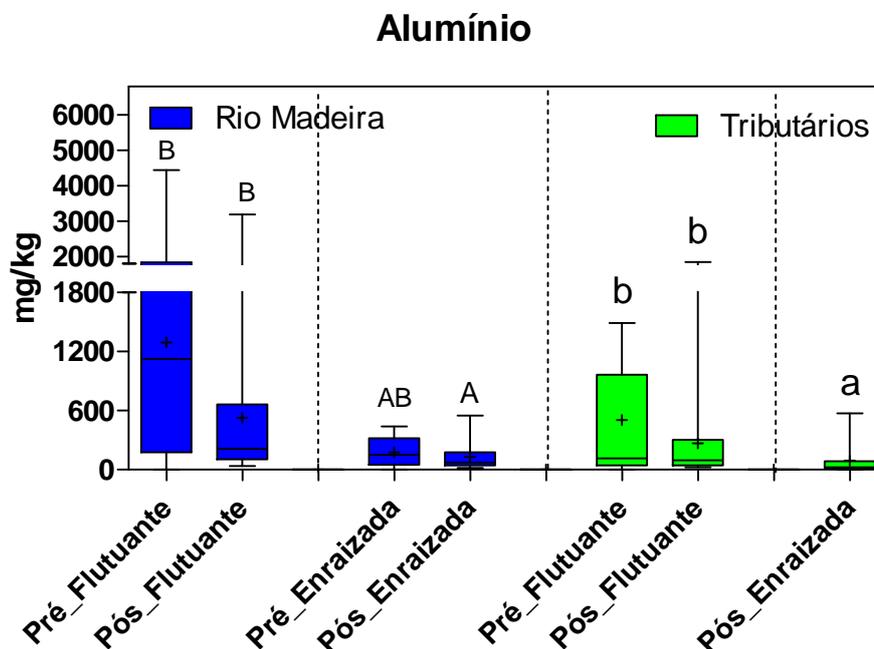


Figura 5.2.5-62 - Box-plot das concentrações de alumínio nas macrófitas amostradas nos tributários e no rio Madeira nas fases pré e pós-enchimento. kW = nível de significância (p) do teste de Kruskal-Wallis.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de bário oscilaram entre 5,14 mg/kg na estação MON.01 nas águas baixas/2013 e 291 mg/kg na enchente/2014 na estação JAC.02 (Figura 5.2.5-63).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de bário no rio Madeira nas macrófitas flutuantes e enraizadas foi, respectivamente, de 64 ± 44 mg/kg (média \pm DP) e de 31 ± 27 mg/kg (média \pm DP) no pré-enchimento enquanto no pós - enchimento foi de 77 ± 28 mg/kg (média \pm DP) e 16 ± 12 mg/kg (média \pm DP). Nos tributários as concentrações de bário nas macrófitas flutuantes no pré-enchimento foi de 182 ± 106 mg/kg (média \pm DP) e no pós-enchimento foi de 145 ± 134 mg/kg (média \pm DP) (Figura 5.2.5-64).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de bário não diferiu entre as fases do empreendimento considerando os grupos funcionais registrados, entretanto no pós-enchimento houve diferença entre as flutuantes e enraizadas, com incremento nas flutuantes (Figura 5.2.5-64).

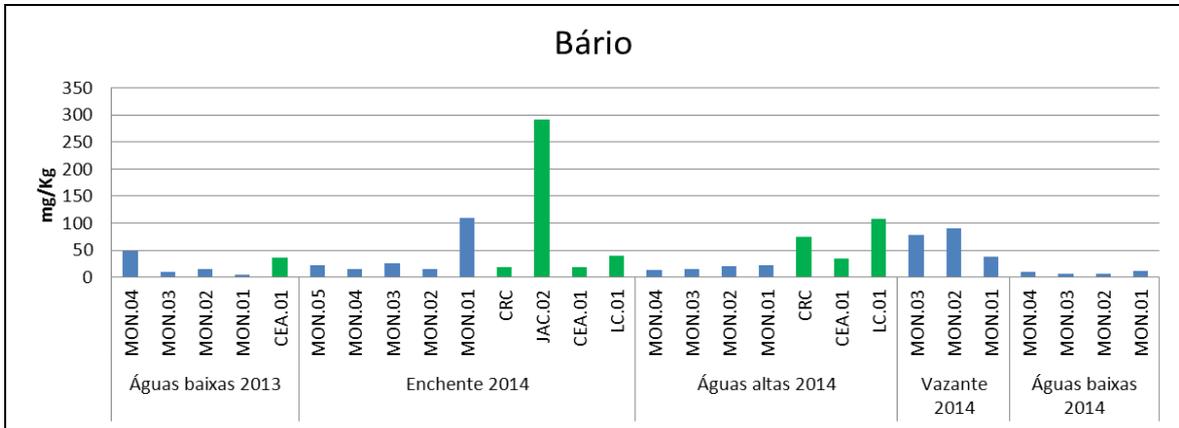


Figura 5.2.5-63 - Concentrações de bário nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

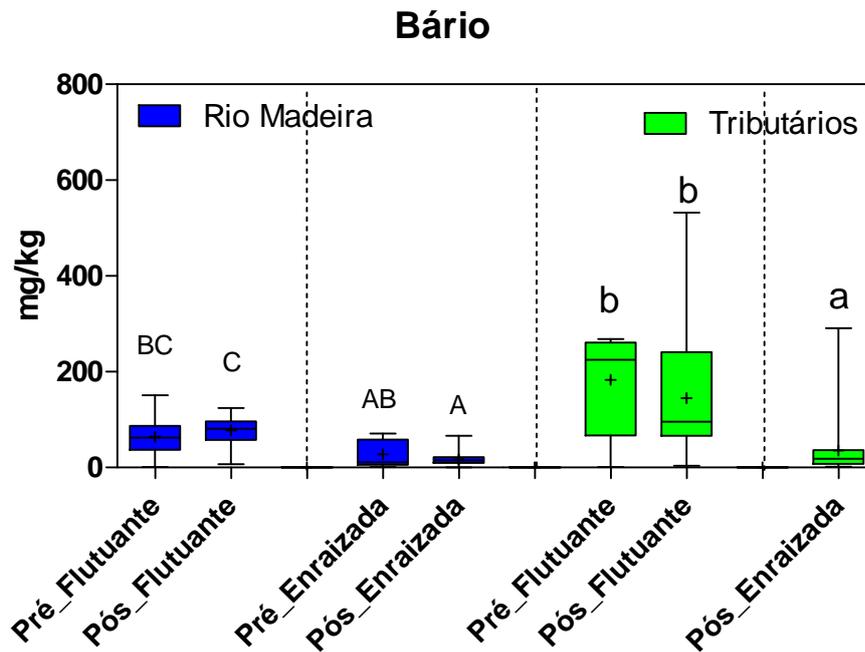


Figura 5.2.5-64 - Box-plot das concentrações de bário nas macrófitas amostradas nos tributários e no rio Madeira nas fases pré e pós-enchimento. KW = nível de significância (p) do teste de Kruskal-Wallis.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de cobre oscilaram entre abaixo do limite de quantificação do método (<LQ) de 1 mg/kg em MON.04, JAC.02 e CEA.01 na enchente/2014 e 22 mg/kg na estação MON.03 no mesmo período (Figura 5.2.5-65).

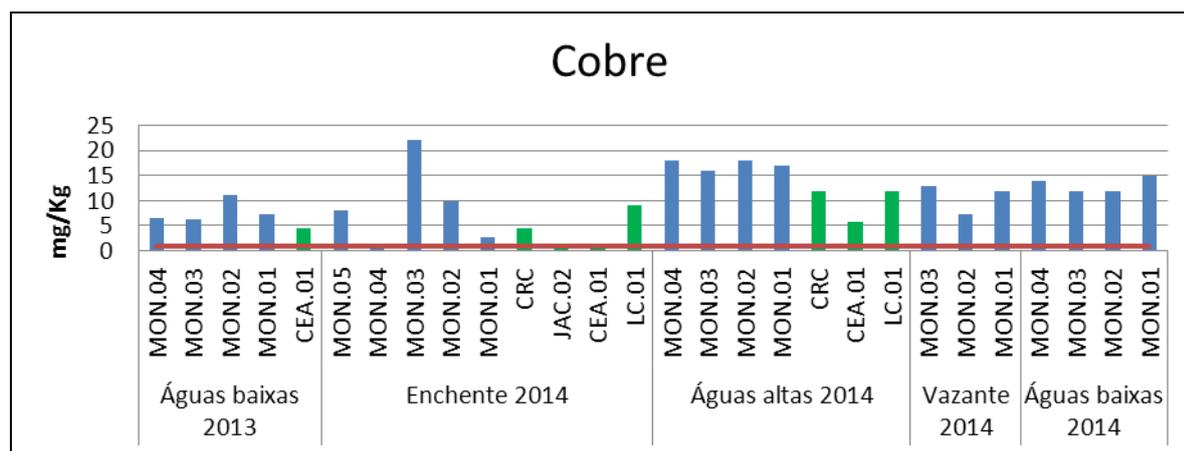


Figura 5.2.5-65 - Concentrações de cobre nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira. A linha vermelha representa o limite de quantificação do cobre.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de cromo oscilaram entre abaixo do limite de quantificação do método (<LQ) de 1 mg/kg em MON.01 na vazante/2014 e 18 mg/kg na estação MON.03 nas águas baixas/2014 (Figura 5.2.5-66).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de cromo no rio Madeira nas macrófitas flutuantes e enraizadas foi, respectivamente, de $5,8 \pm 6,2$ mg/kg (média \pm DP) e de $2,5 \pm 2,0$ mg/kg (média \pm DP) no pré-enchimento enquanto no pós-enchimento foi de $1,6 \pm 1,3$ mg/kg (média \pm DP) e 132 ± 134 mg/kg (média \pm DP). Nos tributários as concentrações de cromo nas macrófitas flutuantes no pré-enchimento foi de $3,7 \pm 3,8$ mg/kg (média \pm DP) e no pós-enchimento foi de $0,98 \pm 3,84$ mg/kg (média \pm DP) (Figura 5.2.5-67).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de cromo diferiu entre as fases do empreendimento com decréscimo nas macrófitas flutuantes no rio Madeira e nos tributários no pós-enchimento (Figura 5.2.5-67).

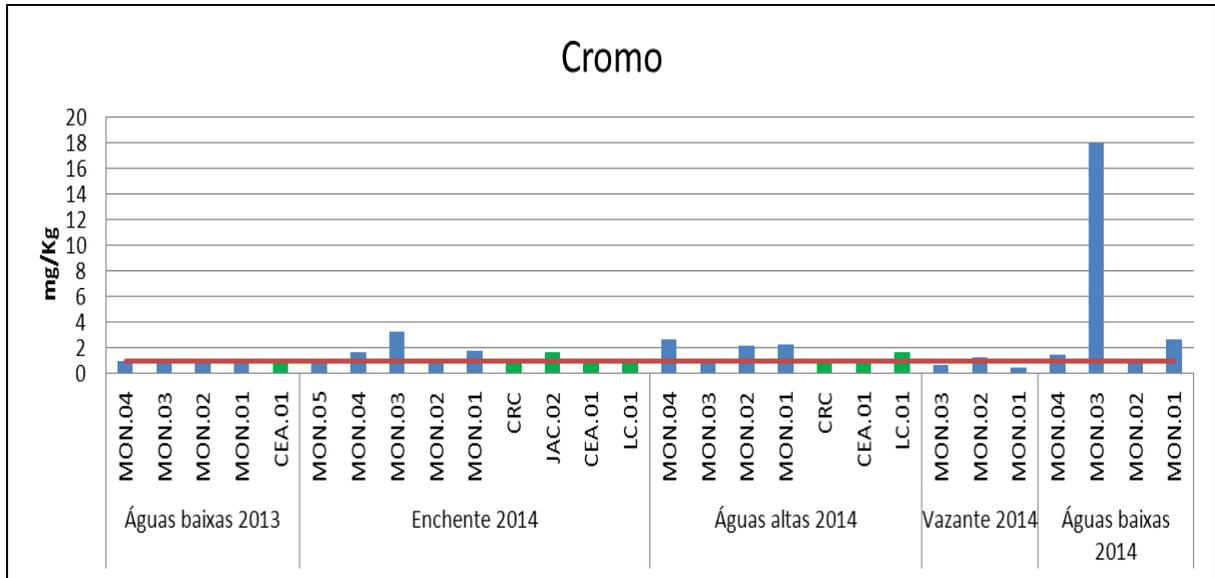


Figura 5.2.5-66 - Concentrações de cromo nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira. A linha vermelha representa o limite de quantificação do cobre.

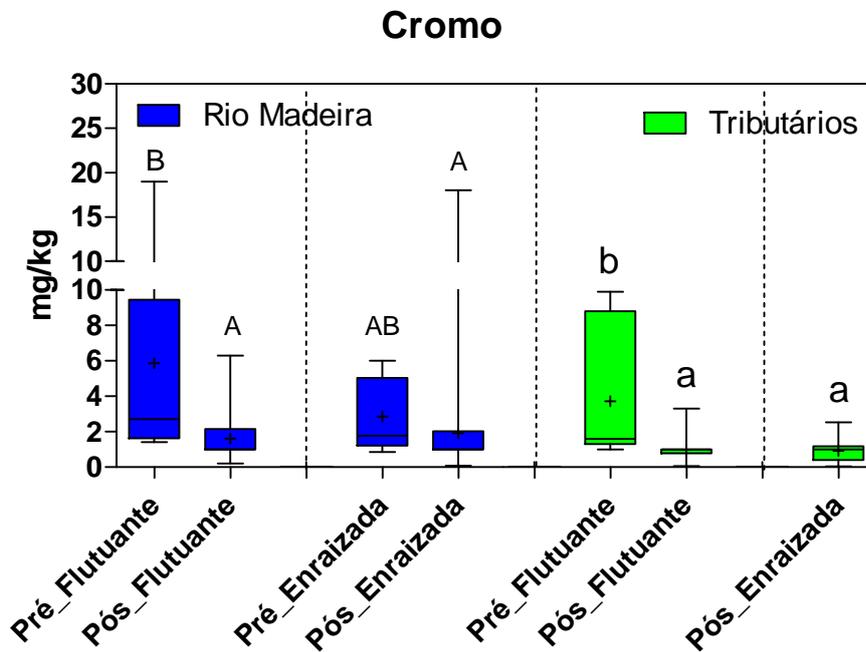


Figura 5.2.5-67 - Box-plot das concentrações de cromo nas macrófitas amostradas nos tributários e no rio Madeira nas fases pré e pós-enchimento. kW = nível de significância (p) do teste de Kruskal-Wallis.

Nos períodos avaliados, o teor médio de ferro nas macrófitas amostradas variou entre abaixo do limite de quantificação do método (<LQ) de 1 mg/kg em MON.05 e MON.02 na enchente/2014 e 937 mg/kg na estação MON.02 na vazante/2014 (Figura 5.2.5-68).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de ferro no rio Madeira nas macrófitas flutuantes e enraizadas foi, respectivamente, de 796 ± 804 mg/kg (média \pm DP) e de 296 ± 254 mg/kg (média \pm DP) no pré-enchimento enquanto no pós - enchimento foi de 1135 ± 1557 mg/kg (média \pm DP) e 300 ± 333 mg/kg (média \pm DP). Nos tributários as concentrações de ferro nas macrófitas flutuantes no pré-enchimento foi de 323 ± 292 mg/kg (média \pm DP) e no pós-enchimento foi de 642 ± 1060 mg/kg (média \pm DP) (Figura 5.2.5-69).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de ferro não diferiu entre as fases do empreendimento assim como entre os grupos funcionais registrados (Figura 5.2.5-69).

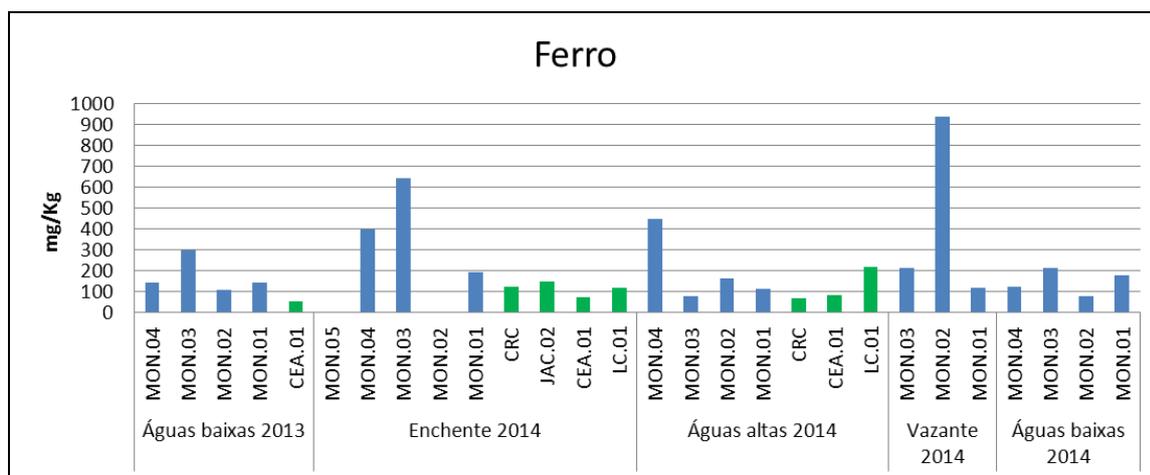


Figura 5.2.5-68 - Concentrações de ferro nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

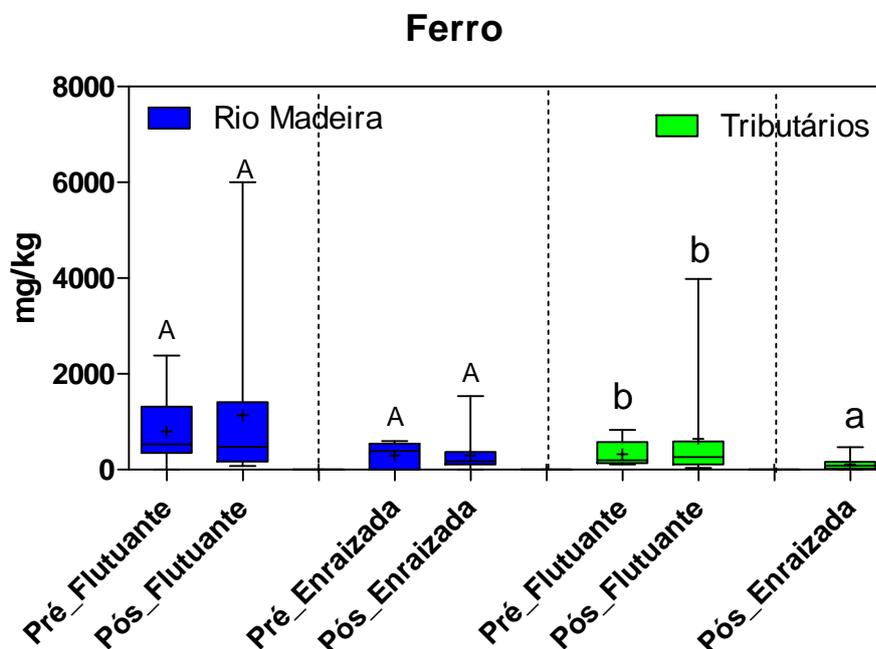


Figura 5.2.5-69 - Box-plot das concentrações de ferro nas macrófitas amostradas nos tributários e no rio Madeira nas fases pré e pós-enchimento. kW = nível de significância (p) do teste de Kruskal-Wallis.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de manganês oscilaram entre 40 mg/kg na estação MON.01 nas águas baixas/2013 e 2244 mg/kg na enchente/2014 na estação JAC.02 (Figura 5.2.5-70).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de manganês no rio Madeira nas macrófitas flutuantes e enraizadas foi, respectivamente, de 884 ± 552 mg/kg (média \pm DP) e de 501 ± 373 mg/kg (média \pm DP) no pré-enchimento enquanto no pós - enchimento foi de 595 ± 276 mg/kg (média \pm DP) e 367 ± 304 mg/kg (média \pm DP). Nos tributários as concentrações de manganês nas macrófitas flutuantes no pré-enchimento foi de 801 ± 418 mg/kg (média \pm DP) e no pós-enchimento foi de 756 ± 602 mg/kg (média \pm DP) (Figura 5.2.5-71).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de manganês não diferiu entre as fases do empreendimento assim como entre os grupos funcionais registrados (Figura 5.2.5-71).

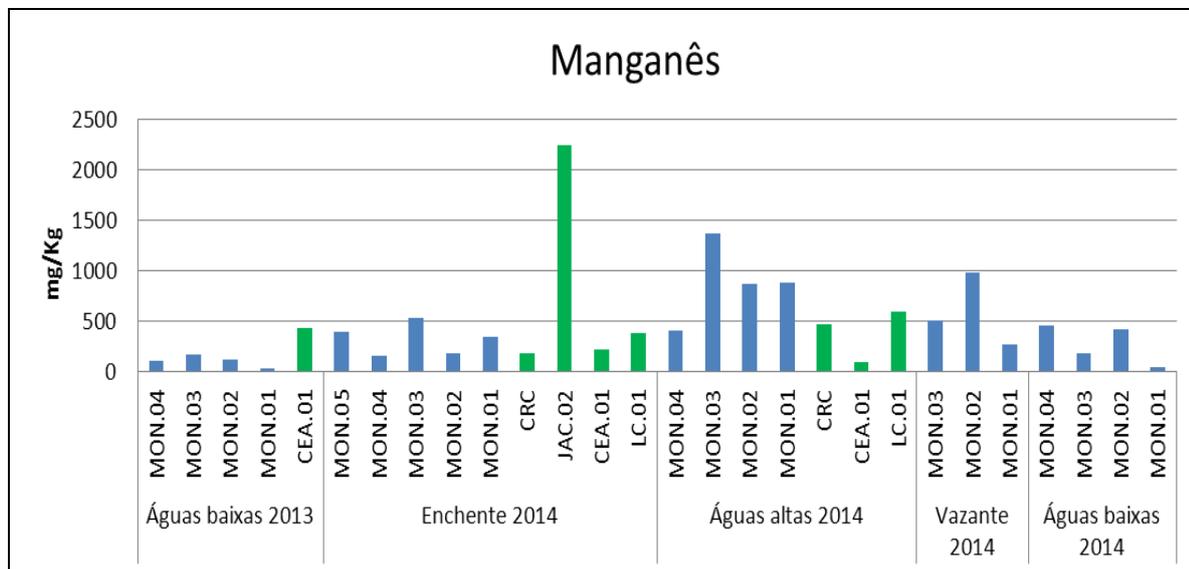


Figura 5.2.5-70 - Concentrações de manganês nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

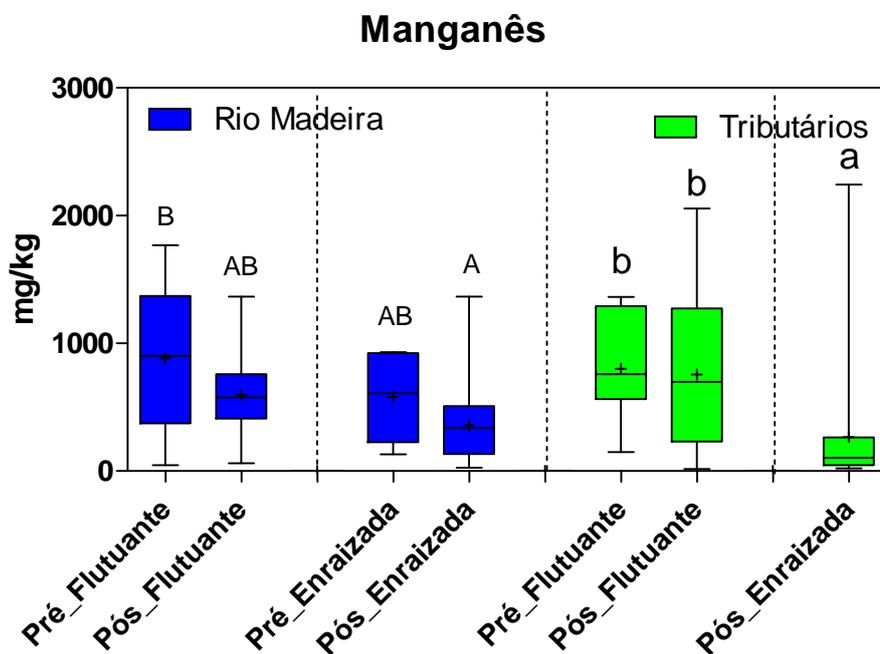


Figura 5.2.5-71 - Box-plot das concentrações de manganês nas macrófitas amostradas nos tributários e no rio Madeira nas fases pré e pós-enchimento. KW = nível de significância (p) do teste de Kruskal-Wallis.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de níquel oscilaram entre abaixo do limite de quantificação do método (<LQ) de 1 mg/kg e 20 mg/kg na águas baixas/2014 na estação MON.03 (Figura 5.2.5-72).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de níquel no rio Madeira nas macrófitas flutuantes e enraizadas foi, respectivamente, de $7,1 \pm 7,6$ mg/kg (média \pm DP) e de $2,9 \pm 1,7$ mg/kg (média \pm DP) no pré-enchimento enquanto no pós-enchimento foi de $3,4 \pm 2,0$ mg/kg (média \pm DP) e $5,9 \pm 4,1$ mg/kg (média \pm DP). Nos tributários as concentrações de níquel nas macrófitas flutuantes no pré-enchimento foi de $4,5 \pm 4,0$ mg/kg (média \pm DP) e no pós-enchimento foi de $2,2 \pm 3,8$ mg/kg (média \pm DP) (Figura 5.2.5-73).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de níquel diferiu nos tributários entre as fases do empreendimento, com decréscimo nas espécies flutuantes no pós-enchimento (Figura 5.2.5-73).

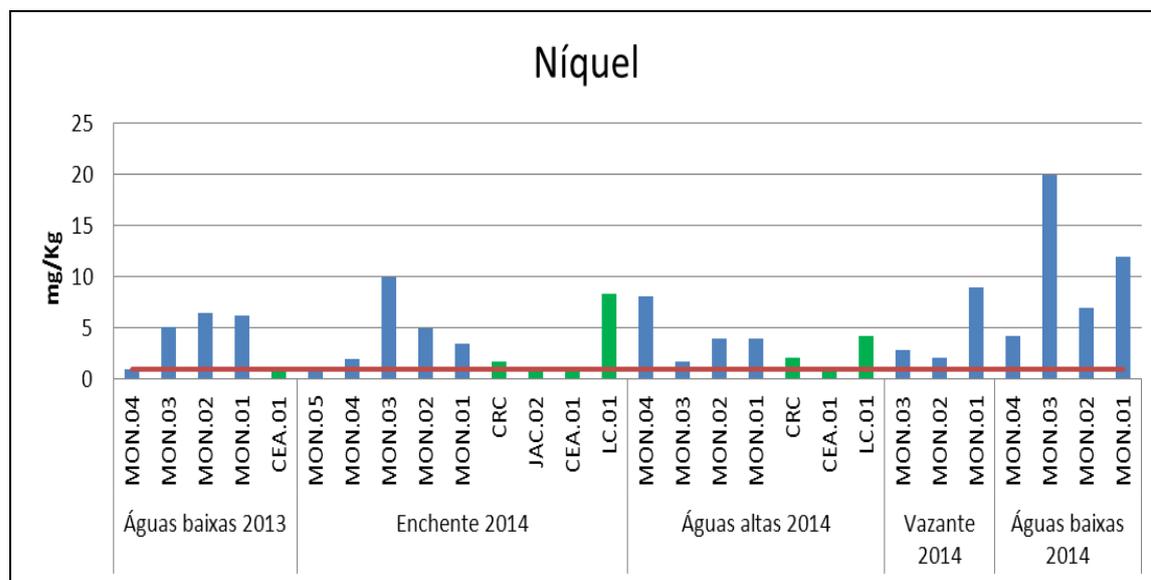


Figura 5.2.5-72 - Concentrações de níquel nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira. A linha vermelha representa o limite de quantificação do níquel.

Níquel

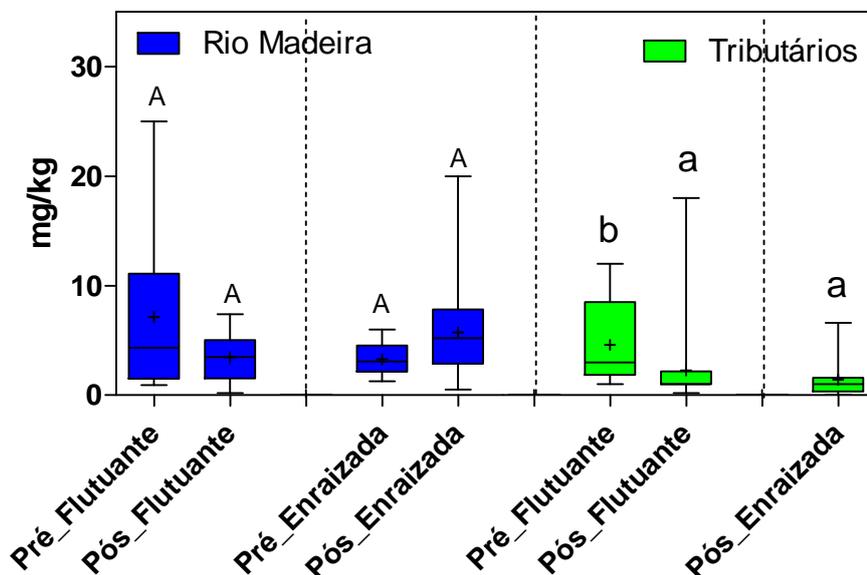


Figura 5.2.5-73 - Box-plot das concentrações de níquel nas macrófitas amostradas nos tributários e no rio Madeira nas fases pré e pós-enchimento. kw = nível de significância (p) do teste de Kruskal-Wallis.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de silício oscilaram entre 50 mg/kg na estação MON.03 nas águas altas/2014 e 329 mg/kg na águas baixas/2013 na estação MON.01 (Figura 5.2.5-74).

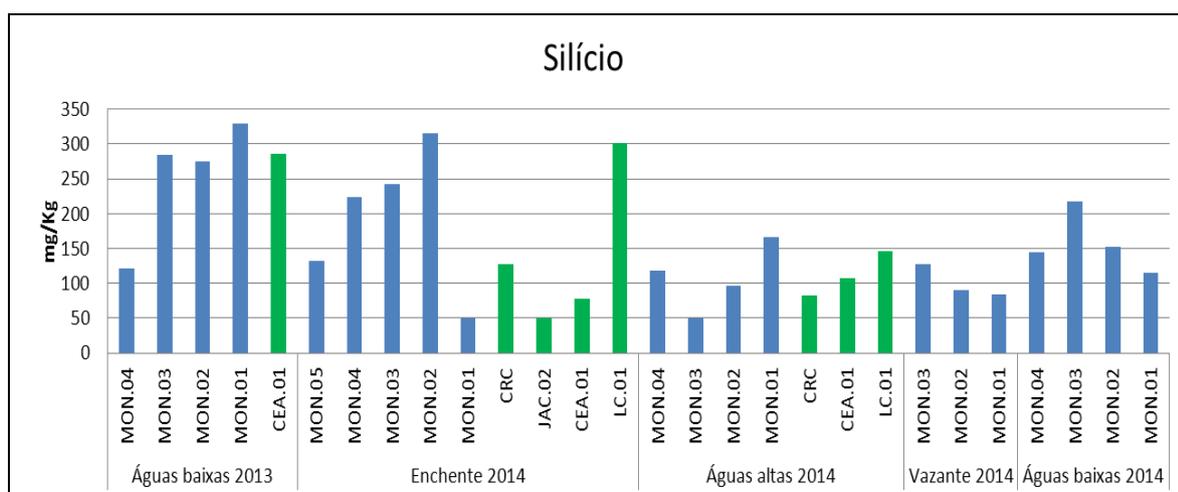


Figura 5.2.5-74 - Concentrações de silício nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

Na fase hidrológica avaliada por estação de monitoramento, as concentrações de zinco oscilaram entre 11 mg/kg na estação MON.04 nas águas baixas/2013 e 89 mg/kg na águas altas/2014 na estação MON.02 (Figura 5.2.5-75).

Considerando todos os períodos avaliados, o teor de zinco no rio Madeira nas macrófitas flutuantes e enraizadas foi, respectivamente, de 36 ± 6 mg/kg (média \pm DP) e de 27 ± 15 mg/kg (média \pm DP) no pré-enchimento enquanto no pós - enchimento foi de 26 ± 8 mg/kg (média \pm DP) e 47 ± 21 mg/kg (média \pm DP). Nos tributários as concentrações de zinco nas macrófitas flutuantes no pré-enchimento foi de 50 ± 15 mg/kg (média \pm DP) e no pós-enchimento foi de 39 ± 27 mg/kg (média \pm DP) (Figura 5.2.5-76).

Avaliando os sistemas (rio Madeira e tributários) separadamente, pode-se observar que o teor de zinco não diferiu entre as fases do empreendimento considerando os grupos funcionais registrados, entretanto no pós-enchimento houve diferença entre as flutuantes e enraizadas, com incremento nas flutuantes (Figura 5.2.5-76).

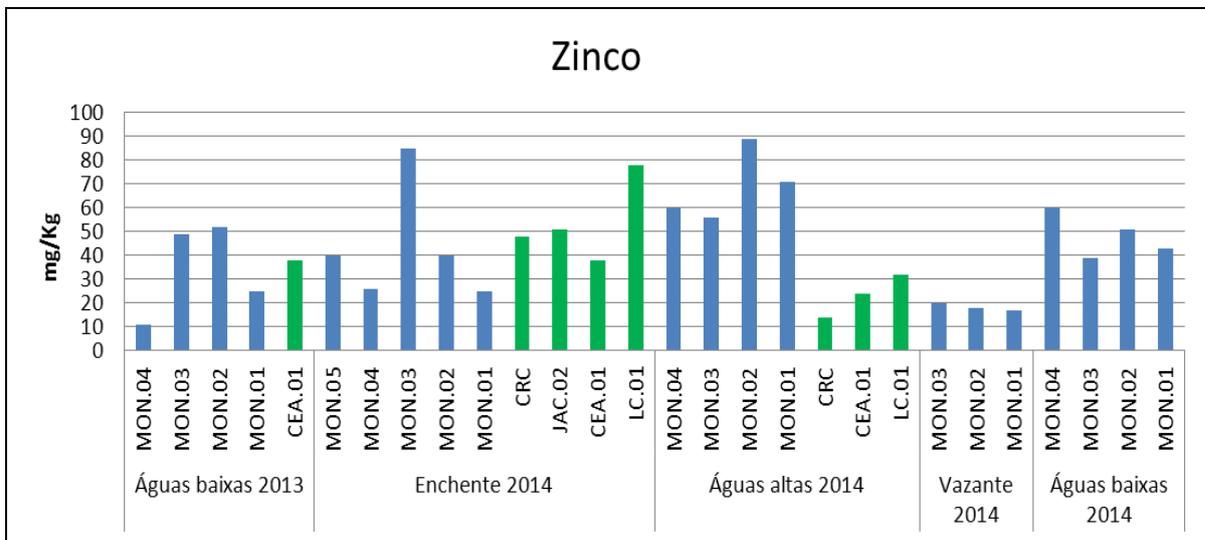


Figura 5.2.5-75 - Concentrações de zinco nas macrófitas amostradas nos períodos de águas baixas/2013, enchente/2014, águas altas/2014, vazante/2014 e águas baixas/2014, durante a fase de operação da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

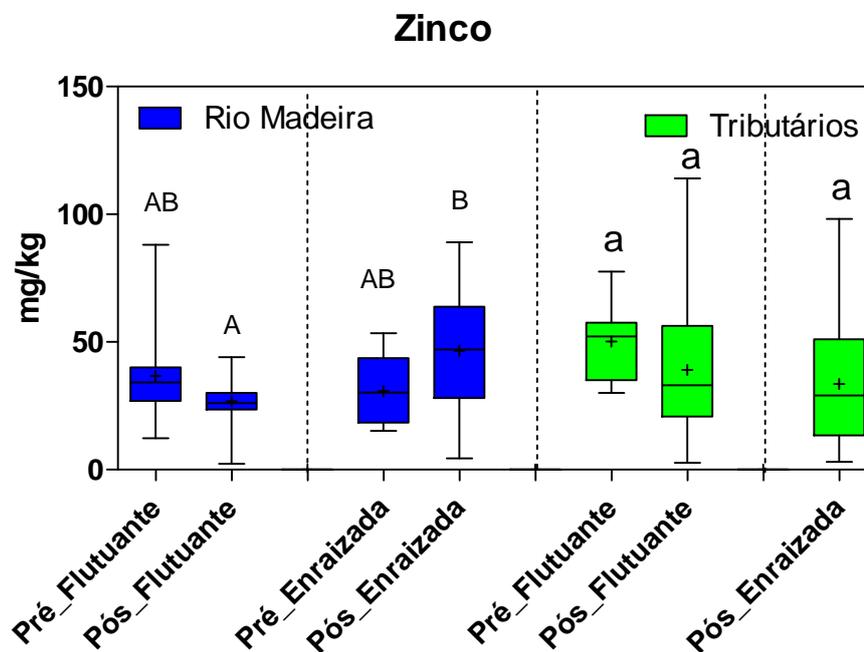


Figura 5.2.5-76 - Box-plot das concentrações de zinco nas macrófitas amostradas nos tributários e no rio Madeira nas fases pré e pós-enchimento. KW = nível de significância (p) do teste de Kruskal-Wallis.

5.2.5.12 - Discussão

Ao longo do segundo ano de operação, os valores de riqueza total registrados em cada campanha foram baixos quando comparados com outras campanhas nos seus respectivos períodos hidrológicos. Para o período de enchente do segundo ano de operação foram registrados 7 táxons, ao passo que as campanhas de janeiro de 2011 (pré-enchimento), dezembro de 2011, janeiro de 2013 (pós-enchimento) registraram 14 táxons, 26 táxons e 20 táxons, respectivamente. Para o período de águas altas do segundo ano de operação foram registrados 12 táxons, ao passo que as campanhas de abril de 2010, abril de 2011 (pré-enchimento), abril de 2012 e abril de 2013 (pós-enchimento) registraram 47 táxons, 19 táxons, 32 táxons e 17 táxons, respectivamente. Para o período de vazante do segundo ano de operação foram registrados 7 táxons, ao passo que as campanhas de junho de 2009, julho de 2010, agosto de 2011 (pré-enchimento) e junho de 2012 (pós-enchimento) registraram 15 táxons, 22 táxons, 19 táxons e 12 táxons, respectivamente; no entanto ela foi semelhante quando comparada com a campanha de vazante anterior, de julho de 2013 (pós-enchimento), a qual registrou 6 táxons. Para os períodos de águas baixas do segundo ano de operação foram registrados 4 táxons em outubro de 2013 e

2014, ao passo que as campanhas de outubro de 2009, setembro de 2010 e outubro de 2011 (pré-enchimento) e novembro de 2012 (pós-enchimento) registraram 35 táxons, 6 táxons, 11 táxons e 22 táxons, respectivamente. Apesar da tendência a redução na riqueza geral da comunidade de macrófitas ao longo do segundo ano de operação, quando comparados em separado, os sistemas não apresentam tendência à redução na riqueza entre as fases de pré e pós-enchimento.

Nas últimas cinco campanhas avaliadas (outubro de 2013 a outubro de 2014), as diversidades específicas foram consideradas baixas para os sistemas avaliados, padrão semelhante às demais campanhas realizadas em anos anteriores. De uma forma geral, a alta dominância de alguns táxons como *Pontederia* sp (MON.04), *Paspalum repens* (MON.03, MON.02 e MON.01) e *Salvinia minima* (MON.02 e MON.01) em outubro de 2013, *Hymenachne amplexicaulis* (MON.05), *Salvinia minima* (MON.02 e MON.01) e *Paspalum repens* (CEA.01 e LC.01) em janeiro de 2014, *Salvinia minima* (MON.04, MON.03, MON.01, CEA.01 e LC.01) em abril de 2014, *Pontederia rotundifolia* (MON. 01) em julho de 2014 contribuíram notadamente para a diminuição do valor do índice de diversidade específica, por meio da diminuição na equitabilidade, o componente que avalia o grau de uniformidade na contribuição proporcional de indivíduos ou em biomassa, das espécies de uma comunidade.

Com relação à densidade, nenhuma espécie ocorreu em altas densidades nas campanhas de outubro de 2013, janeiro de 2014, julho de 2014 e outubro de 2014. A única campanha em que se registrou altas densidades de macrófitas foi a de águas altas (abril de 2014), em que foram registradas elevadas densidades de *S. minima*. Isto se deu em várias estações de amostragem, sendo a maior densidade registrada no lago Cuniã com 6192 ind m⁻². *S. minima* ainda destaca-se pelas elevadas densidades na estação MON.01 (72 ind m⁻²) em outubro de 2013 e MON.03 (249 ind m⁻²) em julho de 2014, nas quais também apresentaram os maiores valores de densidade. Também merecem destaque as elevadas densidades da espécie *Hymenachne amplexicaulis* no rio Madeira com 71 ind m⁻², dominante na estação MON.05 em janeiro de 2014.

Por sua vez, em termos de biomassa, as espécies *Eichhornia crassipes*, *Pontederia* sp, *Hymenachne amplexicaulis* e *Paspalum repens* destacaram-se e recorrentemente foram classificadas, em termos de dominância, como abundantes ou pouco abundantes ao longo do segundo ano de operação. As densidades e biomassas das espécies *Paspalum repens* e *Hymenachne amplexicaulis* estão associadas à ocupação das margens e locais mais rasos do reservatório, o que precisa ser monitorado, pois seu crescimento gradual pode gerar condições de estabilidade para outras plantas com elevado potencial de proliferação. As densidades e

biomassas das espécies *Salvinia auriculata*, *S. minima*, *Eichhornia crassipes* e *Pontederia rotundifolia* podem ser um alerta para a possibilidade de crescimento das populações de macrófitas flutuantes. *Salvinia auriculata* e *S. minima* são macrófitas livres e flutuantes, popularmente conhecida como orelha de onça, sendo uma erva aquática anual ou perene. Sob condições favoráveis, elas são rapidamente disseminadas por propagação vegetativa, colonizando extensas superfícies dos corpos d'água em um tempo reduzido e apresentando ampla distribuição geográfica. As elevadas taxas de crescimento e a sensibilidade dessas plantas as concentrações lânticas e com razoável disponibilidade de nutrientes justificam a sua utilização como bioindicadores de poluição em ecossistemas aquáticos. Outras espécies com semelhante potencial são *Eichhornia crassipes* e *Pontederia* sp. Embora elas sejam úteis para depuração dos nutrientes da água, a decomposição delas diminui o oxigênio dissolvido e aumenta a DBO. É possível notar que a ocorrência das macrófitas está restrita as estações de montante do barramento, tanto para o rio Madeira quanto para os tributários, padrão que já era registrado anteriormente ao enchimento do reservatório. A produção de grande biomassa destas espécies em reservatórios pode ter como consequências, problemas de caráter ambiental (como sombreamento e supressão das algas planctônicas o enriquecimento das águas com nutrientes provindos da sua decomposição e a depleção do oxigênio dissolvido da água), de saúde pública (facilitação a proliferação de vetores) e de estrutura/gestão das usinas (como o entupimento de turbinas). A elevada abundância, dominância e biomassa dessas espécies pode ser um alerta para a possibilidade de expansão da ocorrência de espécies potencialmente infestantes, o que precisa ser monitorado de modo a ser alvo de intervenção ainda na fase inicial da proliferação.

As curvas de rarefação avaliadas por amostra nos três sistemas (rio Madeira, seus tributários e lago Cuniã) indicaram uma tendência à estabilização, que foi, no entanto, menos pronunciada no lago Cuniã e nos tributários. Isto pode estar associado ao fato das mudanças na hidrodinâmica destes últimos serem mais recentes do que nas demais, ao passo que no lago Cuniã, a não-estabilização da curva pode estar associada ao baixo número de amostras coletadas até o momento. Esses resultados indicam que a inclusão de novos táxons tende a ser cada vez menos frequente à medida que se amostra. A curva de rarefação indicou que, com base em um mesmo esforço amostral, uma diversidade mais alta é esperada no lago Cuniã e nos tributários, seguido pelo rio Madeira.

Em relação aos resultados da NMDS e da similaridade, as análises indicaram que, para o período avaliado compreendido entre junho de 2009 e outubro de 2014, houve uma considerável

distinção entre os táxons que compunham os sistemas rio Madeira, tributários e lago Cuniã na fase de pré-enchimento, denotando também uma maior diversidade entre os ambientes avaliados. Após o enchimento, a similaridade entre os três sistemas aumentou, em média, para cerca de 60 a 70%, sendo que a similaridade entre o rio Madeira e os tributários foi de 76,8%. Isso sugere que: 1) as condições hidrodinâmicas e/ou físico-químicas desses sistemas ficaram mais semelhantes após o enchimento; e/ou 2) houve um aumento das trocas entre os sistemas, assim como esperado para a dinâmica das águas. Como consequência desta maior similaridade, houve diminuição da diversidade entre os ambientes avaliados, com maior dominância de táxons favorecidos nessas condições.

Comparações quanto a densidade, riqueza, diversidade e biomassa para as duas fases do empreendimento (pré-enchimento e pós-enchimento) em cada sistema amostrado (rio Madeira, tributários e lago Cuniã) no período compreendido entre junho de 2009 e outubro de 2014, indicaram que os parâmetros descritores da dinâmica da comunidade não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Apenas para o rio Madeira houve uma redução na biomassa do período de águas baixas da fase de pré-enchimento em relação aos períodos de vazante, águas baixas e enchente da fase de pós-enchimento. Por outro lado, tendências apontam que os períodos de águas altas passaram a ser mais favoráveis para o registro de maiores riquezas e biomassas de macrófitas. Em geral, a não ocorrência de diferenças na densidade, na riqueza, na diversidade e na biomassa indicam pouca influência das alterações advindas do empreendimento na dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas, embora a análise de ordenação NMDS tenha revelado uma mudança na composição das espécies após o enchimento, tornando os sistemas mais similares entre si.

Apesar de não ser preocupante, visto que não houve uma diferença significativa com relação a outras campanhas realizadas, atenção especial deve ser dada as elevadas densidades de *Salvinia minima* e a biomassa das espécies *Eichhornia crassipes*, *Pontederia rotundifolia*, *Hymenachne amplexicaulis* e *Paspalum repens*.

No que diz respeito à composição química das macrófitas aquáticas, a concentração de nutrientes varia muito de espécie para espécie, de indivíduo para indivíduo de uma mesma espécie e mesmo, em fases diferentes do ciclo de vida de um único indivíduo (Hessen & Anderson, 2008). Portanto, essas aproximações dificilmente podem ser exploradas na escala deste estudo, sendo mais importante aqui ressaltar somente que a vegetação aquática apresenta grande variabilidade quanto à composição nutricional.

A presença de elementos-traço em concentrações variadas nas plantas pode estar associada à disposição de suas raízes, em contato com a água ou com o sedimento, a partir de onde as plantas retêm esses elementos. Outros fatores também podem estar relacionados a esses padrões, como, por exemplo, a morfologia (grupo funcional a que pertencem, por exemplo) e fisiologia (fase do ciclo de vida) das plantas analisadas e a dinâmica desses elementos dentro dos ambientes avaliados.

A comparação estatística das fases do empreendimento mostrou resultados bastante variados para os diferentes parâmetros avaliados. Foram observados menores valores de Matéria Orgânica e Carbono Orgânico nas espécies flutuantes no rio Madeira no pós-enchimento em relação as enraizadas. Em relação aos macronutrientes não houve alteração no sistema rio Madeira; entretanto, observou-se maiores valores para K, Ca e Mg nas espécies flutuantes dos tributários em relação às enraizadas. Dentre os elementos-traço avaliados, somente Al e Ba apresentaram incremento nas espécies flutuantes no período de pós-enchimento.