

Universidade Estadual de Montes Claros
Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciências Biológicas

**DINÂMICA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM OITO LAGOAS
DO MÉDIO RIO DOCE, MINAS GERAIS, BRASIL**

Maiara Cristina Santana Barbosa

Montes Claros, Minas Gerais
2016

Maiara Cristina Santana Barbosa

**DINÂMICA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM OITO LAGOAS DO
MÉDIO RIO DOCE, MINAS GERAIS, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Montes Claros como requisito necessário para a conclusão do curso de Mestrado em Ciências Biológicas.

Montes Claros, Minas Gerais
2016

AGRADECIMENTOS

Sou grata a todos aqueles que contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais Sueli e Valci, por acreditarem em mim e por terem me apoiado quando resolvi vir para Minas Gerais em busca do mestrado.

Aos meus irmãos Tamiris, Virna e Hugo, por estarem sempre dispostos a ajudar, seja revisando o trabalho comigo ou me fazendo acreditar que daria que tudo certo.

Ao meu noivo Gilmar Jr, por me fazer acreditar que sou capaz, por me compreender e por estar ao meu lado quando nem eu gostaria de estar.

À minha família de Montes Claros, Noeme, Gilmar, Alice, Débora, Sara, Viviane, André e Rafael, por me acolherem, por aguentarem a minha choradeira e me fazerem acreditar que daria tudo certo.

Ao Prof. Dr. Anderson, por me receber tão bem no laboratório, pela orientação, apoio e pela paciência.

Aos membros da banca examinadora, Maurício Faria e Olívia Simões por aceitarem o convite, pela leitura e pelas contribuições.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Biológicas, por terem contribuído para o meu crescimento profissional.

Àqueles que foram meus colegas de laboratório, Fernanda, Patrícia, Renato, Igor e Aldenice.

Aos meus colegas de turma, especialmente Letícia, Bráulio, Joselândio e Sandro, por me ajudarem de diversas formas nessa reta final e pelo companheirismo durante esses dois anos.

À minhas queridas amigas Bárbara e Francine, pelo apoio, pela amizade e cumplicidade verdadeira.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – PPGCB/UNIMONTES.

SUMÁRIO

DINÂMICA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM OITO LAGOAS DO MÉDIO RIO DOCE, MINAS GERAIS, BRASIL.

Resumo.....	09
Abstract.....	10
1. Introdução.....	11
2.2. Área de Estudo.....	13
2.3. Amostragem.....	15
2.4. Análises de Dados.....	16
3. Resultados.....	17
4. Discussão.....	28
5. Conclusão.....	31
6. Bibliografia.....	32

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Imagem de satélite indicando as lagoas estudadas do Médio Rio Doce, MG. Fonte: Google Earth. Acesso em 24/02/2016.....14
- Figura 2:** Desenho esquemático da alocação dos transectos nas lagoas.....15
- Figura 3:** Frequência de ocorrência das espécies nas lagoas amostradas. As demais espécies ocorreram em menos que 5% das amostras e por este motivo não estão listadas.....17
- Figura 4:** Relação entre a distância da margem e o número de espécies de macrófitas aquáticas.....22
- Figura 5:** Relação entre o índice de diversidade Beta -1 e a declividade da região litorânea.....22
- Figura 6:** Relação entre o índice de diversidade Beta -1 e a profundidade média dos estandes de macrófitas aquáticas.....23
- Figura 7:** Teste de Mantel. Relação entre a distância geográfica das lagoas e a composição de espécies.....23
- Figura 8.** Relação entre o número de espécies de macrófitas aquáticas amostradas pelo método de transecto e o número total de espécies coletadas na época de chuva (março) e na época de estiagem (setembro).....24
- Figura 9.** Análise de Variância Unidirecional (Anova One -Way) mostrando a riqueza de macrófitas aquáticas nos meses de Março (chuva) e Setembro (seca) ($p < 0.05$).....25
- Figura 10.** Análise de Componentes Principais Padronizada (PCA) ordenando as lagoas de acordo com a composição florística em cada período amostral.....26

Dinâmica de macrófitas aquáticas em oito lagoas do Médio Rio Doce, Minas Gerais, Brasil

Dynamics of aquatic diversity in eight lakes of Médio Rio Doce, Minas Gerais, Brazil

Barbosa, M.C.S & Santos, A.M

Universidade Estadual de Montes Claros, Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas, Caixa Postal 126, 39401-089 – Campus Darcy Ribeiro, Montes Claros, MG, Brasil.

Autor correspondente: maics.bio@gmail.com

RESUMO

As macrófitas aquáticas desempenham importantes funções ecológicas em ambientes aquáticos, mas a compreensão dos padrões e processos relacionados à biodiversidade desses vegetais ainda representa um desafio à ecologia teórica e aplicada. Diante disso, neste trabalho foi estudada a diversidade de espécies de macrófitas aquáticas em oito lagoas do Médio Rio Doce, visando aumentar conhecimento sobre essas plantas na região. Foram avaliadas: a influência da profundidade e a declividade da região litorânea na sucessão de espécies de macrófitas aquáticas; e como a mudança da estação seca para a chuvosa pode influenciar na composição florística das lagoas. As coletas foram realizadas nos meses de março (período chuvoso) e setembro (período de seca) de 2005. Em cada ambiente foi marcada uma transecção e a cada 2m foram registrados a profundidade e a cobertura de cada espécie de macrófita aquática dentro de um quadrado de 1m². Foram coletadas sessenta e cinco espécies de macrófitas aquáticas. Os resultados mostraram que a declividade da região litorânea está positivamente relacionada com maior *turnover* de espécies, mas não houve relação com a profundidade média dos estandes. Os resultados também demonstraram um forte efeito da seca na composição de espécies das lagoas estudadas, com diminuição da riqueza de espécies. A significativa mudança na composição de espécies entre o período chuvoso e seco apresentada pelas lagoas, especialmente a Lagoa Carioca, pode ser traduzida

em maior diversidade de habitat (diversidade Beta), mecanismo importante para a manutenção da diversidade a longo prazo, o que demonstra a importância de sua conservação.

Palavras - chave: macrófitas; diversidade beta; profundidade; declividade; composição de espécies

ABSTRACT

The macrophytes play important ecological functions in aquatic environments, but the understanding of the patterns and processes related to biodiversity of these plants still represents a challenge to theoretical and applied ecology. Thus, this work was studied the diversity of species of aquatic weeds in eight lagoons of the Middle Rio Doce, to increase knowledge about these plants in the region. They were evaluated: the influence of the littoral area depth and declivity in species succession of aquatic macrophytes; and how changes in the conditions of dry to rain season can affect the species composition in that lakes. The samples were done in March and September of 2005 that is correspond to wet and dry periods. A transect was created for different type of environment where, along it each 2 meters, a plot of 1 m² was established the depth, and the area cover by each species of aquatic macrophyte were measured. Sixty-five species of aquatic macrophytes were collected. The results showed, the declivity of littoral area is positively related to higher species' turnover rates, the same relationship was not found to the variable average depth. The results also showed a strong effect of drought in species composition of the ponds studied, with a decrease in the frequency of less resistant species and increase of more resistant species. The significant change in species composition between the rainy and dry presented by lakes, especially the Lagoa Carioca, can be translated into greater habitat diversity (beta diversity), important mechanism for maintaining long-term diversity, which demonstrates the importance of conservation .

Keyword: macrophytes; beta diversity; depth; declivity; species composition

1.1 INTRODUÇÃO

A comunidade de macrófitas aquáticas é composta por vários grupos de plantas, como angiospermas, pteridófitas, briófitas e alguns grupos de macroalgas que apresentam uma ampla diversidade de características adaptativas morfofisiológicas e são assim chamadas por apresentarem partes fotossinteticamente ativas, permanentemente ou por alguns meses submersas ou flutuantes em água e serem visíveis a olho nu (Pott & Pott, 2000).

As macrófitas aquáticas são as principais produtoras de biomassa em ambientes aquáticos continentais (Esteves, 2011). Estas plantas desempenham importantes funções ecológicas, tais como a absorção, acumulação e liberação de nutrientes; e o provimento de abrigo a peixes, insetos e moluscos (Ali *et al.*, 2013; Farias *et al.*, 2016; Magalhães *et al.*, 2014). As macrófitas também propiciam o aumento da estabilidade da região litorânea e a proteção das margens dos ecossistemas aquáticos (Joaquim *et al.*, 2010).

A diversidade e distribuição das macrófitas aquáticas pode estar relacionada a vários fatores, tais como as condições abióticas da água, a ação dos herbívoros e também às ações antrópicas (Esteves & Thomaz, 2011). Além desses, a variação do regime hidrológico também pode interferir na dinâmica dessa comunidade, visto que a sazonalidade hídrica pode determinar a disponibilidade de zonas de colonização, o que afeta a distribuição das espécies (Gomes & Aoki, 2015).

Durante a estação seca, o nível da água reduzido pode aumentar a concorrência por recursos e espaço, fato que pode provocar alterações na composição de espécies, propiciando maior abundância de espécies mais resistentes e a diminuição da frequência de espécies menos resistentes. (Mormul *et al.*, 2015). Assim, a variação no nível da água pode manter elevados os níveis de heterogeneidade de habitat e influenciar a distribuição das plantas.

Apesar de considerada altamente relevante em regiões tropicais, onde a maioria dos ecossistemas aquáticos apresenta pequena profundidade e extensas regiões litorâneas

(Esteves, 1998), a compreensão dos padrões e processos relacionados à biodiversidade desses vegetais ainda representa um desafio à ecologia teórica e aplicada (Pompêo & Moschini-Carlos 2003; Thomaz & Bini 2003; Ferreira *et al.*, 2010). No entanto, para promover a conservação, o controle e o manejo dessas plantas, há necessidade do conhecimento sobre sua distribuição e diversidade (Pott & Pott, 2000).

Diante disso, este trabalho objetivou analisar a dinâmica de macrófitas em oito lagoas do Médio Rio Doce, enriquecendo, desta maneira o conhecimento sobre a biodiversidade desta região. Para tal, foram testadas as seguintes hipóteses; i- em locais mais íngremes ocorre maior substituição de espécies de macrófitas, visto que essas áreas são mais instáveis devido a maior ação da erosão e declínio dos níveis de água, sendo difíceis para o estabelecimento e crescimento de plantas ii - a estação seca provoca grande impacto na composição florística das lagoas, reduzindo a riqueza de espécies, já que durante a estiagem o nível da água reduzido pode aumentar a concorrência por espaço e recursos. Todavia, durante a estação chuvosa a elevação do nível de água amplia e/ou cria novos habitats, resultando em maior heterogeneidade espacial, influenciando no aumento na riqueza de espécies.

2. MÉTODOS

2.2 ÁREA DE ESTUDO

Com cerca de 853 km de extensão, o Rio Doce representa a mais importante bacia hidrográfica totalmente incluída na Região Sudeste do Brasil (ABES, 2015) e a quinta maior do país. No entanto, recentemente o Rio Doce foi alvo do maior desastre ambiental do Brasil, quando sessenta bilhões de litros de rejeitos de mineração de ferro foram despejados ao longo de mais de 500 km na bacia do rio Doce.

Na região do médio rio Doce está localizado um dos maiores complexos lacustres brasileiros, reconhecido mundialmente como peculiar refúgio da vida silvestre e onde está presente o Parque Estadual do Rio Doce (PERD) que contempla cerca de um terço dos corpos d'água presentes no conjunto de ambientes lacustres (Tundisi e Saijo, 1997). O PERD possui uma área de 36.000 hectares e está inserido nos municípios de Marliéria, Dionísio e Timóteo. (Coordenadas 19° 29' 24" - 19° 48' 18" S; 42° 28' 18" - 42° 38' 30" W)

Esta Unidade de conservação representa uma importante contribuição para a manutenção da biodiversidade, considerando-se o grau de devastação da região, especialmente a alta taxa de perda da cobertura vegetal resultando na ameaça de extinção de várias espécies (Fonseca, 1997).

As atividades foram desenvolvidas em distintas áreas da região do Médio Rio Doce, incluindo áreas preservadas no Parque Estadual do Rio Doce, além de áreas de amortecimento. Os ecossistemas aquáticos em estudo incluem 3 lagos naturais localizados dentro do PERD (Carioca, Gambazinho e Dom Helvécio) e cinco localizados fora da área protegida pelo PERD (Jacaré, Águas Claras, Palmeirinha, Amarela e Malba).

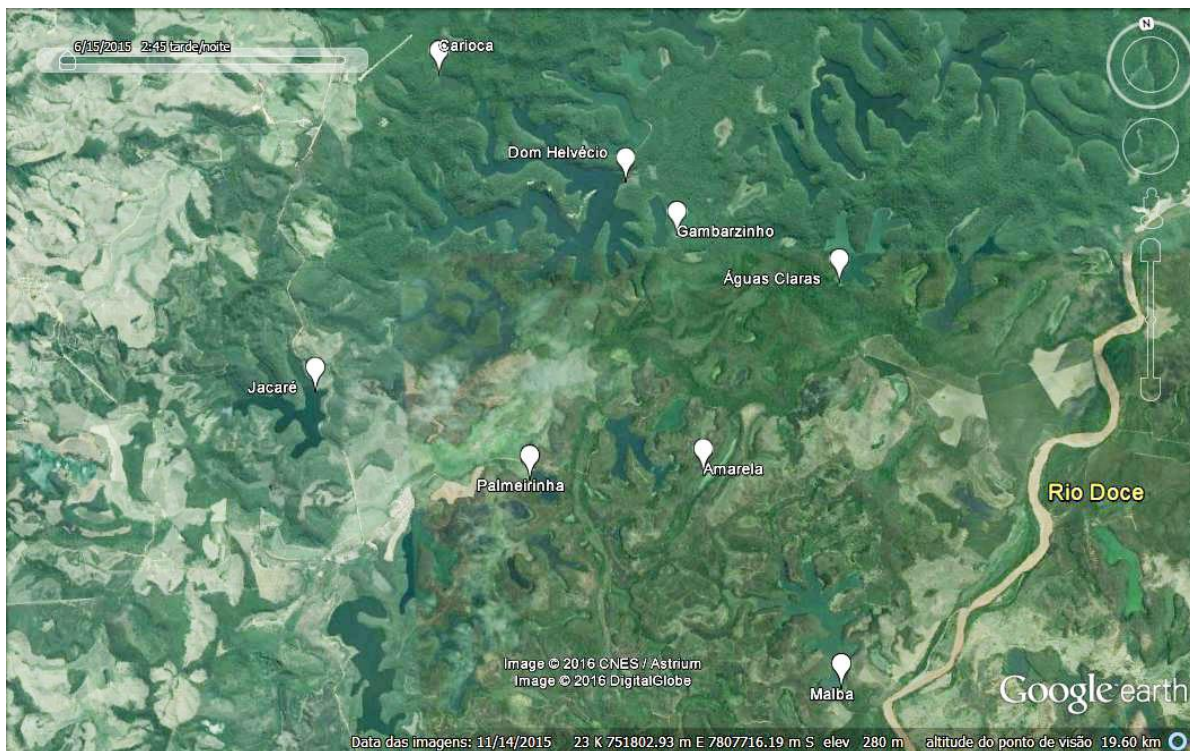


Figura 1: Imagem de satélite indicando as lagoas estudadas do Médio Rio Doce, MG. Fonte:

Google Earth. Acesso em 24/02/2016.

2.2 PONTOS DE COLETA

- **Lagoa Águas Claras** - Apresenta cerca de 0.62km² de superfície e 9.1m de profundidade média. Coordenadas: S: 19° 49' 1,7'' W: 42° 35' 47,5''
- **Lagoa Amarela** - A menor e mais rasa contando com cerca de 0,20 km² de superfície e 1.9m de profundidade máxima. Coordenadas: S: 19° 49' 38'' W: 42° 34' 51''
- **Lagoa Carioca** - Apresenta 0,13 km² de superfície 11,8 m de profundidade máxima. Não é aberta a visitantes. Coordenadas: S: 19° 45' 26,3'' W: 42° 37' 6,2''
- **Lagoa Dom Helvécio** - A maior lagoa do sistema (6,87 km² de superfície, 32,5 m de profundidade máxima), é aberto a turistas para pesca desportiva, banho e passeios de barco. Coordenadas: S: 19° 46' 56,7'' W: 42° 35' 29,1''
- **Lagoa Gambazinho** - Não é aberta para visitação. Apresenta 0.09km² de superfície e 3.9m de profundidade máxima. Coordenadas: S: 19° 47' 10,6'' W: 42° 34' 48,3''
- **Lagoa Jacaré** - Apresenta 1,03 km² de superfície, 10 m de profundidade máxima, além de circundadas por monoculturas de *Eucalyptus* spp., está em região de fácil acesso ao longo da estrada, abrigando clubes de pesca e recebe ainda lançamentos intermitentes de efluentes domésticos não tratados. Coordenadas: S: 19° 48' 4,1'' W: 42° 35' 56,5''

2.3 AMOSTRAGEM

As coletas foram realizadas em março e setembro de 2005, compreendendo épocas de chuva (março) e seca (setembro). Em cada ambiente foi marcada uma transecção (sentido margem-lagoa). A cada 2m foram registrados a profundidade e a cobertura de cada espécie de macrófita aquática, de acordo com a escala de Domin-Krajina (1= <20; 2= 21-40; 3= 41-60; 4= 61-80; 5= 81-100% de cobertura) dentro de um quadrado de 1m². O número de quadrados em cada transecção foi dependente do tamanho do estande de macrófitas aquáticas. Um número adicional de quadrados foi coletado aleatoriamente em cada ambiente com o objetivo de verificar a diversidade total de macrófitas aquáticas.

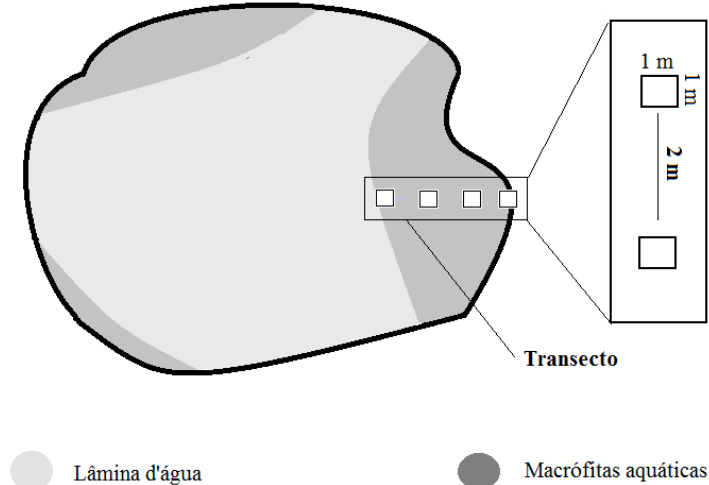


Figura 2: Desenho esquemático da alocação dos transectos nas lagoas.

2.4 ANÁLISE DE DADOS

Teste de Mantel (Mantel, 1967) foi utilizado para identificar uma possível relação na composição de espécies de macrófitas aquáticas e a distância geográfica entre as lagoas.

O índice de diversidade *Beta -1* (Harrison *et al.*, 1992) foi aplicado para quantificar modificações na composição de espécies. Este índice permite a comparação direta entre os índices de diversidade, tendo em conta o número de amostras de cada transecção, onde R é diversidade regional, $\bar{\alpha}$ é o número médio de espécies por amostra e N o número de amostras. $Beta-1 = [(R/\bar{\alpha}) - 1]/(N-1) \times 100$.

A relação entre o índice de diversidade *Beta-1* e a profundidade foi acessada através de GLM utilizando a família *Gaussian*. O mesmo ocorreu para verificar a relação entre o índice de diversidade *Beta-1* e a declividade da região litorânea.

Para avaliar o efeito do período de chuvas e de seca na riqueza de espécies de macrófitas aquáticas foi realizada Análise de Variância Unidirecional (ANOVA One-Way), considerando a variação temporal. O teste de Tukey (a posteriori) foi utilizado quando detectou-se diferença significativa ($p < 0,05$).

Uma Análise de Componentes Principais Padronizada - PCA (Greig -Smith , 1983) foi utilizada para verificar a dimensão das alterações na composição florística dos ambientes estudados entre a estação seca (setembro) e a estação chuvosa (março).

Os softwares PCord versão 6 e R versão 3.1.1 foram utilizados para a realização das análises estatísticas.

3. RESULTADOS

Foram coletadas sessenta e cinco espécies de macrófitas aquáticas nos oito lagos estudados (Tabela 1). Os lagos com maior número de espécies foram Amarela (25), Malba (21), Carioca (18), Jacaré (17), Águas Claras (16), Dom Helvécio e Palmeirinha (14) e Gambazinho (10). A lagoa Carioca apresentou o maior número de espécies exclusivas: *Asteraceae* sp2, *Dioclea* sp., *Elodea* sp., *Hyptis microphyla*, *Nitella* sp., *Poaceae* sp2, *Poaceae* sp5, *Scirpus* sp3., e foi a única lagoa com a ausência de *Salvinia* spp.

A espécie mais freqüente foi *Eleocharis interstincta*, encontrada em 50,8% das amostras. *Utricularia* sp. esteve presente em 41,3% das amostras, seguida por *Nymphaea* sp. (28,0%), *Salvinia* spp. (23,12%) e *Chara* sp. (12,1%) (Fig. 3). Representantes de quase todas as formas biológicas (Pott & Pott, 2000) foram encontrados, exceto epífita. A forma emergente foi mais representativa.

A riqueza de espécies mostrou-se negativamente relacionada com a distância da margem das lagoas, o que indica uma mudança do ecossistema terrestre para o ecossistema aquático ($p < 0.05$) (Fig.4). Vale ressaltar que a grande maioria das espécies encontradas apresentam hábito estritamente aquático.

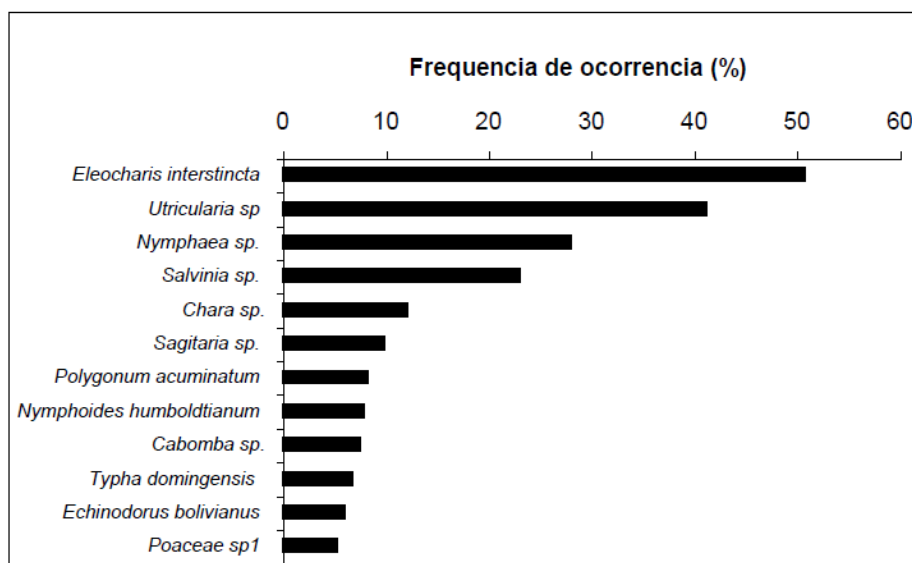


Figura 3: Frequência de ocorrência das espécies nas lagoas amostradas. As demais espécies ocorreram em menos que 5% das amostras e por este motivo não estão listadas.

Tabela 1. Lista de taxa encontrados nas lagoas Carioca (C), Gambarzinho (G), Dom Helvécio (DH), Jacaré (J), Águas Claras (AC), Palmeirinha (P), Amarela (A) e Malba (M).

Taxons	Lagoas							
	C	G	DH	J	AC	P	A	M
ALISMATACEAE								
<i>Sagittaria</i> sp.			X				X	
<i>Achinodorus cf tenellus</i>					X	X		
ASTERACEAE								
<i>Asteraceae</i> sp1				X				
<i>Asteraceae</i> sp2		X						
CABOMBACEAE								
<i>Cabomba</i> sp.						X	X	X
CHARACEAE								
<i>Nitella</i> sp.	X							
<i>Chara</i> sp.			X	X	X	X		X
COMMELINACEAE								
<i>Comelina</i> sp.					X	X		
CYPERACEAE								
<i>Eleocharis interstincta</i>	X	X	X	X	X	X		
<i>Eleocharis maculosa</i>				X			X	X
<i>Rhymchospora cf tenuis</i>			X					X
<i>Scirpus</i> sp1							X	
<i>Scirpus</i> sp3	X							
<i>Scirpus</i> sp4							X	
<i>Scleria mitis</i>		X						
<i>Cyperus haspan</i>				X				
<i>Fiurena umbellata</i>				X		X		

Táxons	C	G	DH	J	AC	P	A	M
<i>Scirpus sp.</i>							X	
<i>Cyperaceae sp2</i>							X	
EUPHORBIACEAE								
<i>Caperonia sp.</i>			X	X				
FABACEAE								
<i>Dioclea sp.</i>	X							
<i>Aechynomene fluminenses</i>			X					
HYDROCHARITACEAE								
<i>Elodea sp.</i>	X							
LAMIACEAE								
<i>Hyptis microphyla</i>	X							
<i>Hyptis leptostachys</i>				X				
<i>Hyptis sp.</i>								X
LEMNACEAE								
<i>Wolfiela sp.</i>							X	
LENTIBULARIACEAE								
<i>Utricularia sp.</i>		X	X		X	X	X	X
MALVACEAE								
<i>Abutilon cf peltatum</i>							X	X
MENYANTHACEAE								
<i>Nymphoideshumboldtianum</i>	X		X					
NYMPHAEACEAE								
<i>Nymphaea sp.</i>	X			X	X	X	X	
ONAGRACEAE								
<i>Ludwigia cf erecta</i>		X		X				
<i>Ludwigia cf sedoides</i>		X			X			

Táxons	C	G	DH	J	AC	P	A	M
<i>Ludwigia cf jussiaenoides</i>				X	X			
<i>Ludwigia sp1</i>							X	
<i>Ludwigia sp2</i>		X						X
PIPERACEAE								
<i>Piper sp.</i>								X
POACEAE								
<i>Andropogon bicornis</i>	X	X						
<i>Hymenachne Amplexicaulis</i>					X	X		
<i>Poaceae sp1</i>	X						X	X
<i>Poaceae sp2</i>	X							
<i>Poaceae sp3</i>					X			
<i>Poaceae sp4</i>			X	X				
<i>Poaceae sp5</i>	X							
<i>Poaceae sp6</i>					X	X		
<i>Poaceae sp7</i>						X		
POLYGONACEAE								
<i>Polygonum acuminatum</i>		X	X	X				
PONTEDERIACEAE								
<i>Pontederia sp.</i>			X					
<i>Eichhornia azurea</i>								X
RICIACEAE								
<i>Ricciocarpus sp.</i>							X	X
RUBIACEAE								X
<i>Borreria cf capitata</i>								
SALVINIACEAE								
<i>Salvinia spp.</i>		X	X	X	X	X	X	X

SCROPHULARIACEAE								
<i>Scoparia dulces</i>						X		
<i>Scrophulariaceae sp1</i>							X	
THELYPTERIDACEAE								
<i>Thelypteris interrupta</i>				X			X	X
TYPHACEAE								
<i>Typha dominguensis</i>				X				X
URTICACEAE								
<i>Bohemeria sp.</i>				X				X
VIVITACEA								
<i>Cissus sp.</i>				X	X			

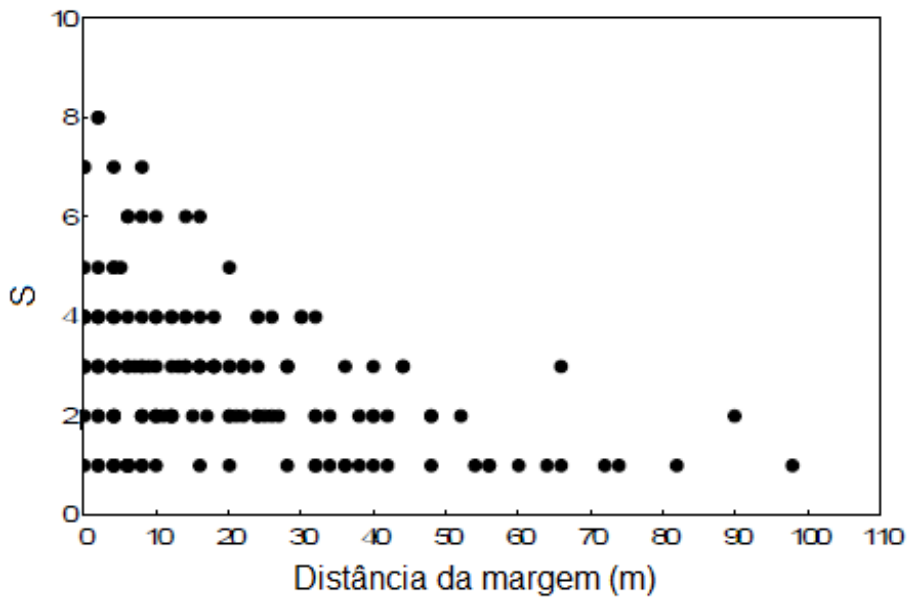


Figura 4: Relação entre a distância da margem e o número de espécies de macrófitas aquáticas.

O índice Beta-1, foi correlacionado positivamente com a declividade (Fig.5), indicando que regiões litorâneas mais íngremes apresentam uma maior taxa de substituição de espécies. Este índice não apresentou uma relação significativa com a profundidade média dos transectos (Fig. 6).

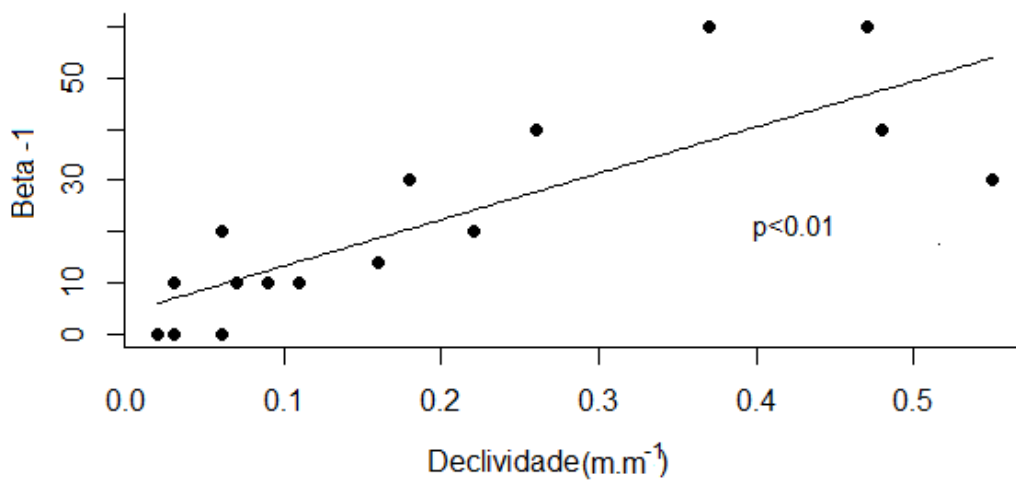


Figura 5: Relação entre o índice de diversidade Beta -1 e a declividade da região litorânea.

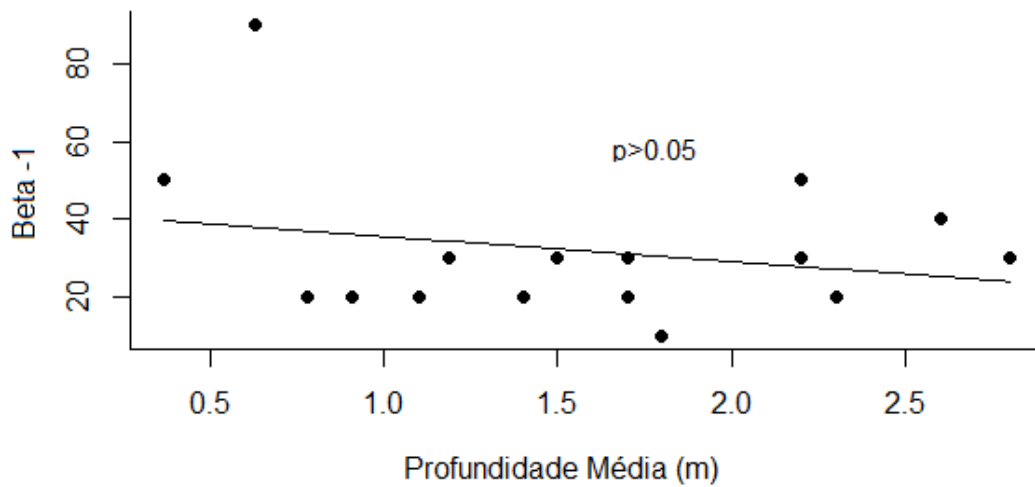


Figura 6: Relação entre o índice de diversidade Beta -1 e a profundidade média dos estandes de macrófitas aquáticas.

O Teste de Mantel apresentou resultados (Mantel, r : -0.02291; p = 0.545) que sugerem que a similaridade na composição de espécies não está relacionada com a distância geográfica entre as lagoas estudadas.

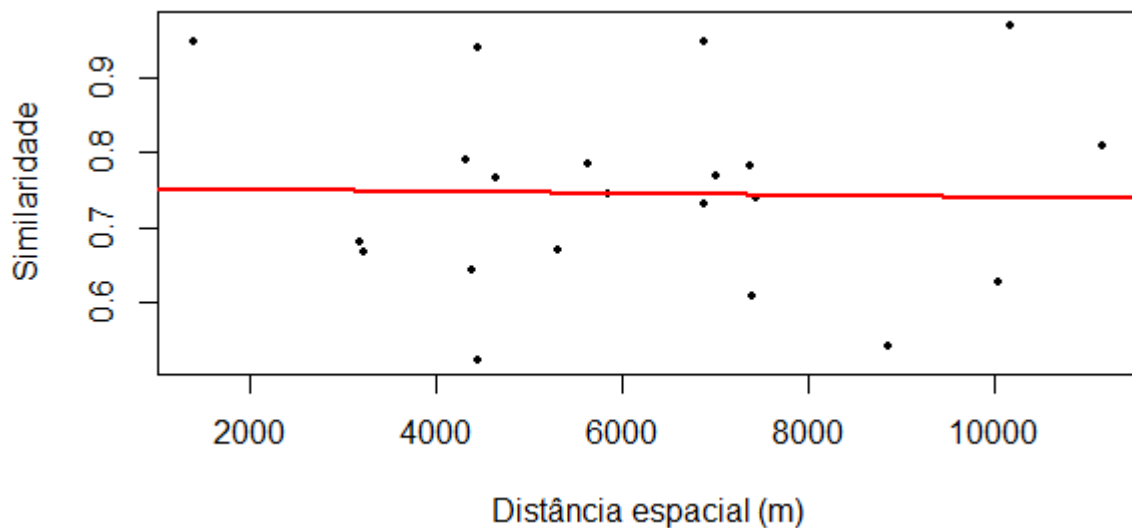


Figura 7. Teste de Mantel. Relação entre a distância geográfica das lagoas e a composição de espécies.

A figura 8 mostra a relação entre o número de espécies de macrófitas aquáticas amostradas pelo na estação chuvosa (março) e na estação seca (setembro). Esses resultados demonstram que, com exceção da Lagoa Gambazinho, uma maior riqueza de espécies foi encontrada em todas as lagoas durante o período de chuvas.

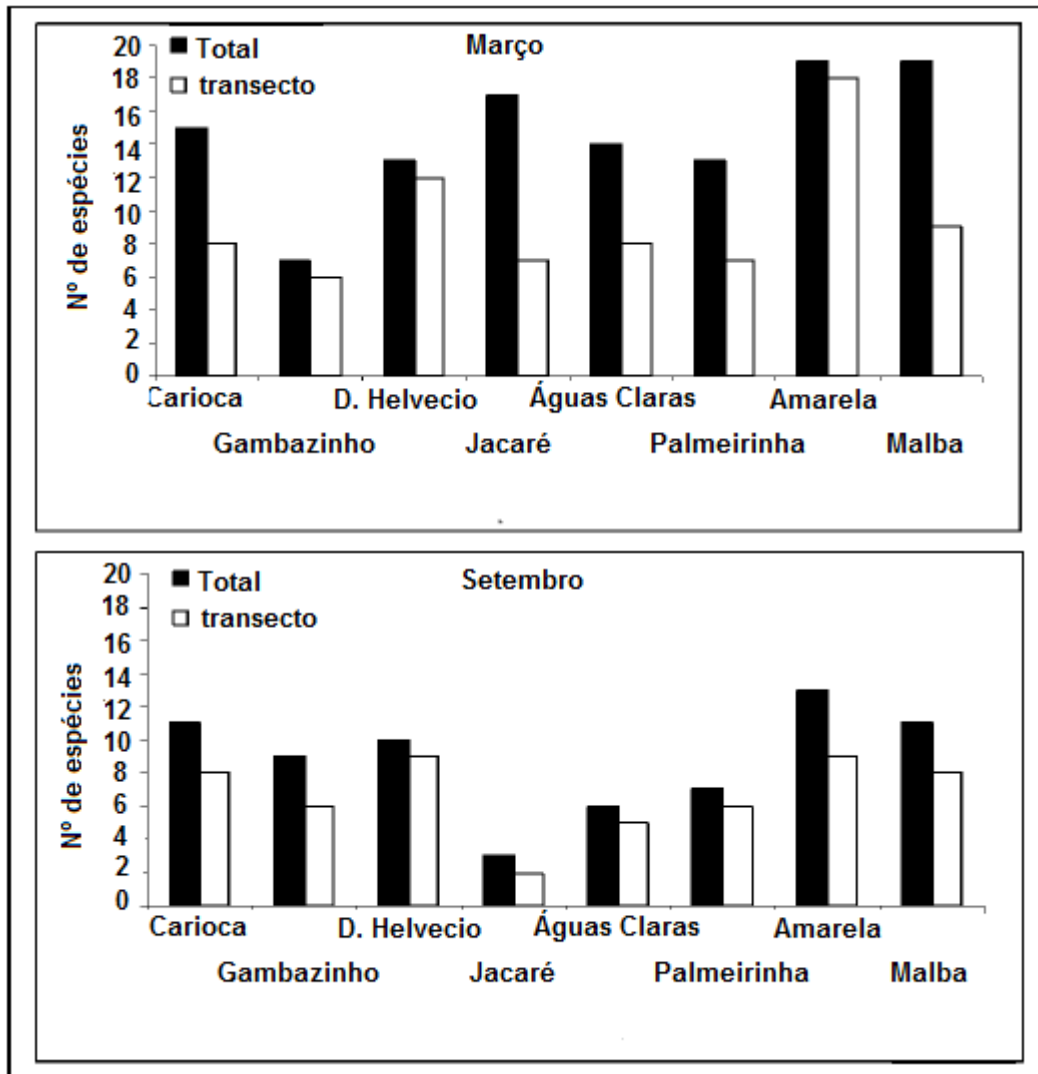


Figura 8. Relação entre o número de espécies de macrófitas aquáticas amostradas pelo método de transecto e o número total de espécies coletadas na época de chuva (março) e na época de estiagem (setembro).

A figura 9 demonstra que a riqueza de espécies de macrófitas foi maior no mês Março, período de chuvas. O teste de Tukey comprovou que o a riqueza de espécies difere entre os meses amostrados ($p_{adj} < 0.05$).

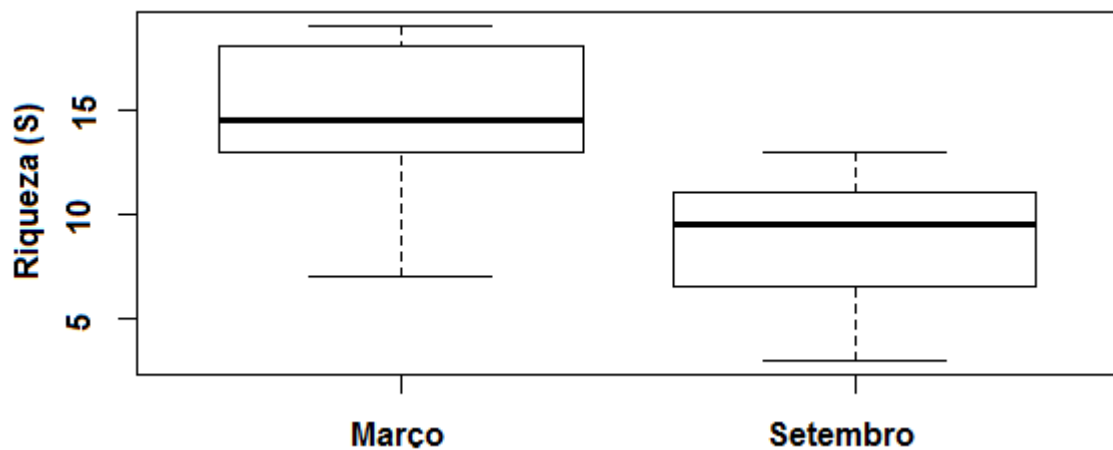


Figura 9. Análise de Variância Unidirecional (ANOVA One-Way) mostrando a riqueza de macrófitas aquáticas nos meses de Março (chuva) e Setembro (seca) ($p < 0.05$).

A Análise de Componentes Principais (PCA) (Fig.10) mostrou como a composição florística variou da estação chuvosa para a estação seca. As setas indicam a direção da mudança e o comprimento é equivalente à magnitude da mudança. As espécies raras estão localizadas nas extremidades do plano factorial e no centro, as espécies mais abundantes. A lagoa Carioca mostrou as maiores mudanças na composição florística, seguida das lagoas Amarela e Malba. Os lagos Dom Helvécio, Águas Claras, Palmeirinha e Jacaré obtiveram alterações da mesma magnitude. O Lago Gambazinho manteve a mesma composição florística entre os dois períodos.

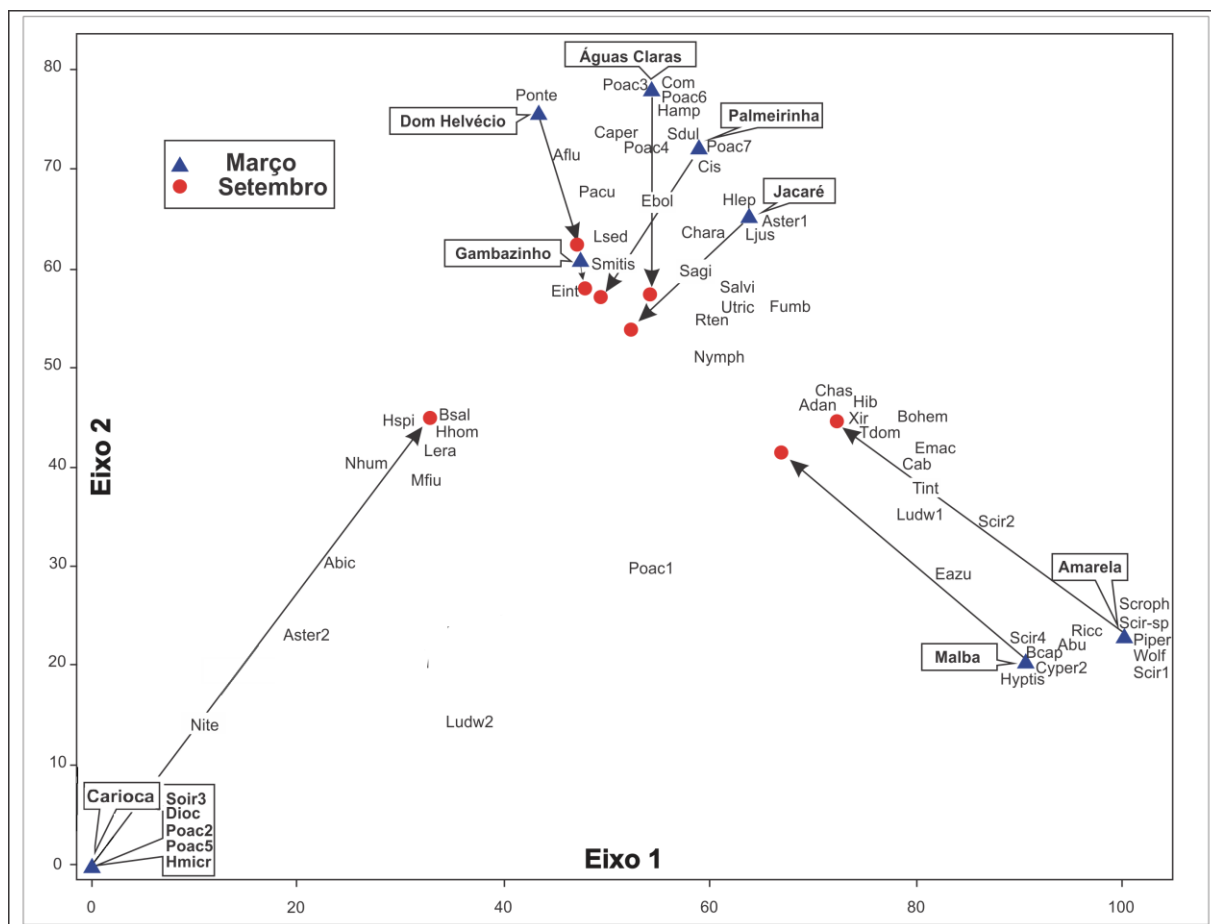


Figura 10: Análise de Componentes Principais Padronizada (PCA) ordenando as lagoas de acordo com a composição florística em cada período amostral. Escores das espécies calculado pelo método das médias ponderadas (weighted averaging): Abic (*Andropogon bicornis*); Abu (*Abutilon cf peltatum*); Adan (*Acrostichum danaeifolium*); Aflu (*Aeschynomene fluminensis*); Aster1 (*Asteraceae sp1*); Aster2 (*Asteraceae sp2*); Bcap (*Borreria cf capitata*); Bohem (*Bohemeria sp.*); Bsal (*Bacopa salzmanii*); Cab (*Cabomba sp.*); Caper (*Caperonia sp.*); Chara (*Chara sp.*); Chas (*Cyperus haspan*); Cis (*Cissus sp.*); Com (*Comelina sp.*); Cyper2 (*Cyperaceae sp2*); Dioc (*Dioclea sp.*); Eazu (*Eichhornia azurea*); Ebol (*Echinodorus bolivianus*); Eint (*Eleocharis interstincta*); Emac (*Eleocharis maculosa*); Fumb (*Fuirena umbellata*); Hamp (*Hymenachne cf amplexicaulis*); Hhom (*Hyptis cf homalophyla*); Hib (*Hibiscus sp.*); Hlep (*Hyptis leptostachys*); Hmicr (*Hyptis microphyla*); Hspi (*Hydrolea cf spinosa*); Hyptis (*Hyptis sp.*); Lera (*Ludwigia cf erecta*); Ljus (*Ludwigia cf jussaenoides*); Lsed (*Ludwigia cf sedoides*); Ludw1 (*Ludwigia sp1*); Ludw2 (*Ludwigia sp2*); Mflu (*Mayaca cf fluviatilis*); Nhum (*Nymphoides humboldtianum*); Nite (*Nitella sp.*); Nymph (*Nymphaea sp.*); Pacu (*Polygonum acuminatum*); Piper (*Piper sp.*); Poac1 (*Poaceae sp1*); Poac2 (*Poaceae sp2*); Poac3 (*Poaceae sp3*); Poac4 (*Poaceae sp4*); Poac5 (*Poaceae*

sp5); Poac6 (*Poaceae sp6*); Poac7 (*Poaceae sp7*); Ponte (*Pontederia sp.*); Ricc (*Ricciocarpus sp.*); Rten (*Rhynchospora cf tenuis*); Sagi (*Sagittaria sp.*); Salvi (*Salvinia sp.*); Scir1 (*Scirpus sp1*); Scir2 (*Scirpus sp2*); Scir3 (*Scirpus sp3*); Scir4 (*Scirpus sp4*); Scir-sp (*Scirpus sp*); Scroph (*Scrophulariaceae sp1*); Sdul (*Scoparia dulces*); Smitis (*Scleria mitis*); Tdom (*Typha domingensis*); Tint (*Thelypteris interrupta*); Utric (*Utricularia sp*); wolf (*Wolfiela sp.*); Xir (*Xiris sp.*).

4. DISCUSSÃO

A ocorrência de 65 espécies de macrófitas aquáticas nas oito lagoas estudadas pode ser considerada um número expressivo, tendo como base as coletas realizadas por outros estudos em lagoas do sistema lacustre do médio Rio Doce. Como o inventário de espécies elaborado por Pivari (2011), que, realizado através de revisão de identificações provenientes de pesquisas anteriores, visitas a herbários e coletas em 150 lagoas e brejos do Médio Rio Doce, identificou 184 espécies de macrófitas aquáticas.

A predominância de macrófitas aquáticas emergentes já foi descrita em ambientes tropicais por vários autores (Mormul *et al.*, 2010; Pott & Pott, 1997; Rolon *et al.*, 2010). A baixa profundidade e o caráter intermitente ou com frequentes variações no nível da água são fatores importantes para a maior representatividade de espécies emergentes na comunidade de macrófitas aquáticas (Pott & Pott, 1997; Neves *et al.*, 2006; Costa Neto *et al.*, 2007).

A lagoa Carioca forma uma unidade peculiar, apresentando o maior número de espécies exclusivas. Este dado pode estar relacionado às características morfométricas e físico-químicas diferenciadas, uma vez que essas características podem ter uma relação direta nos processos de estruturação das comunidades aquáticas afetando a diversidade e abundância das comunidades (Panosso *et al.*, 1995; Bianchini Jr, 2003).

A riqueza de espécies foi maior nas regiões mais rasas. (Fig. 4). Resultado que também foi encontrado em outros estudos (Collot *et al.*, 1983; Fortney *et al.*, 2004; Ferreira *et al.*, 2009). As margens das lagoas são consideradas ecótonos, ou seja, locais de transição entre ecossistemas, neste caso, entre o ecossistema aquático e terrestre (Barreto, 1999).

Ecótonos que se desenvolvem em lagoas são, presumidamente, produtivos (Wetzel, 1990), pois estes não são limitados por luz e gases e podem retirar nutrientes diretamente do compartimento sedimentar, que normalmente apresenta maior conteúdo de nutrientes em relação aos demais compartimentos do ambiente aquático. E devido a sua elevada diversidade

de espécies necessitam abordagens de manejo e conservação, a fim de evitar a perda da biodiversidade.

Os resultados da figura 6 não indicam qualquer relação entre a substituição de espécies e a profundidade média dos estandes de macrófitas ($p > 0.05$). Mas indicaram um maior *turnover* de espécies em locais mais íngremes ($p < 0.05$) (Fig. 5), o que pode ser explicado pela maior ação da erosão e transporte de sedimentos nestas áreas, além disso, o declínio dos níveis de água acarreta a morte da biomassa exposta, por dessecação. Dessa forma, essas regiões são consideradas instáveis e conseqüentemente difíceis para o estabelecimento e crescimento de plantas (Duarte & Calff, 1986; Thomaz & Bini, 2003).

Os resultados relacionados a mudanças florísticas entre a estação seca e chuvosa (Fig. 9) mostram um forte efeito da seca reduzindo o número de espécies nos lagos estudados. Este resultado também foi relatado por outros autores (Fernandez-Aláez *et al.*, 1999; Pott & Pott 2003; Tundisi & Tundisi, 2008). Durante a estação seca, o nível da água reduzido pode aumentar a concorrência de recursos nutricionais (como fósforo e nitrogênio) e espaço, fato que pode provocar alterações na composição de espécies, propiciando maior abundância de espécies mais resistentes e a diminuição da frequência de espécies menos resistentes (Mormul *et al.*, 2015).

Em contrapartida, durante o período chuvoso ocorre significativo aumento no número de espécies de macrófitas aquáticas (Fig. 9). Tal fato pode estar relacionado ao aumento da profundidade, o que constitui um bom preditor da riqueza de espécies, uma vez pode ampliar ou criar novos habitats, resultando em maior heterogeneidade espacial e influenciando no aumento da riqueza de espécies de macrófitas (Maltchik *et al.*, 2007).

A lagoa Carioca apresentou as maiores mudanças na composição florística (Fig. 10) entre a estação seca e chuvosa, o que traduz em maior diversidade de habitat em escala temporal. Isto também pode estar relacionado ao fato desta lagoa diferir das demais quanto à

composição de espécies. A substituição de espécies e as grandes mudanças na densidade dos organismos que ocorrem devido as fases hidrológicas constituem um mecanismo importante para a manutenção da diversidade a longo prazo (Neif, 2003; Mormul *et al.*, 2015).

As lagoas Malba e Amarela também apresentaram significativas mudanças na composição de espécies entre o período seco e chuvoso. Neste sentido, demonstra-se a necessidade de que medidas de conservação e manejo sejam aplicadas nestes ambientes, especialmente nas lagoas Carioca, Amarela e Malba, devido à importância destas na manutenção da biodiversidade.

5. CONCLUSÃO

Foram coletadas sessenta e cinco espécies de macrófitas aquáticas nos oito lagos estudados. Os dados sobre substituição de espécies indicaram que a profundidade média dos estandes de macrófitas não tem relação com a substituição de espécies das lagoas estudadas, mas um maior *turnover* de espécies foi observado em regiões mais íngremes, já que estas regiões propiciam instabilidade do sedimento, evitando a permanência de macrófitas a longo prazo. Os resultados também demonstraram um forte efeito da seca na composição de espécies das lagoas estudadas, com diminuição na riqueza de espécies. As lagoas também apresentaram significativa mudança na composição de espécies entre o período chuvoso e seco, especialmente a Lagoa Carioca, o que pode ser traduzido em maior diversidade de habitat (diversidade Beta) em escala temporal, mecanismo importante para a manutenção da diversidade a longo prazo, o que demonstra a importância de sua conservação.

6.BIBLIOGRAFIA

- ALI, H; KHAN, E; SAJAD, M A. Phytoremediation of heavy metals. Concepts and application. *Chemosphere*, v.91, p.869-881, 2013.
- AZZELA, M.M; BOLPAGNI, R; OGGIONI, A. (2014). A preliminary evaluation of lake morphometric traits influence on the maximum colonization depth of aquatic plants. . *Limnol.*, 2: 400-406.
- COSTA NETO, S.V.; SENNA, C.S.F.; TOSTES L.C.L; SILVA, S.R.M. (2007). Macrófitas aquáticas das Regiões dos Lagos do Amapá, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 5: 618-620
- DINIZ, D.R; CEBALLOS, B.S.O; BARBOSA, J.E.L; KONIG, A. (2005). Uso de macrófitas aquáticas como solução ecológica para melhoria da qualidade de água ecológica para melhoria da qualidade de água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9: 226-230.
- DUARTE, C.M & KALFF, J. (1986). Littoral slope as a predictor of the maximum biomass of submerged macrophyte communities. *Limnology and Oceanography* 31: 1072-1080.
- ESTEVES, F.A. (2011). *Fundamentos de Limnologia*. 3ªEd. Interciência – FINEP, Rio de Janeiro.
- FARIAS, W M.; ANDRADE, L.A; DIAS, B O; ALBUQUERQUE, M B; CUNHA, J R. (2016). Propriedades físicas e químicas de substratos produzidos utilizando macrófitas aquáticas. *Brazilian Journal of Forestry Research*, 26 : 25-30.
- FERNÁNDEZ-ALÁEZ, C; FERNÁNDEZ-ALÁEZ, M., BÉCARES, E. (1999). Influence of water level fluctuation on the structure and composition of the macrophyte vegetation in two small temporary lakes in the northwest of Spain. *Hydrobiologia* 415: 155–162.
- FERREIRA, F.A; MORMUL, R.P; PEDRALLI, G; POTT, V.J; POTT, A. (2010). Estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Hoehnea* 37: 43-52.
- FORTNEY, R.H; BENEDICT, M; GOTTGENS, J.F; WALTERS, T.L; LEADY, B.S; RENTCH, J. (2004). Aquatic plant community composition and distribution along an

- inundation gradient at two ecologically-distinct sites in the Pantanal region of Brazil. *Wetl. Ecol. Manag.* 12: 575-585.
- GOMES, AC; AOKI, C. (2015) Efeito da sazonalidade hídrica sobre a fitossociologia de macrófitas aquáticas em uma lagoa no Pantanal, Brasil.
- HARISON, S; ROSS, S.J; LAWTON, J.H. (1992). Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology*, 62: 151-158.
- JOAQUIM, W M; ONO, E O; SALATINO, M L F.; RODRIGUES, J D.(2010). Year season on epicuticular waxes in leaves of *Echinodorus grandiflorus* (Cham & Schltld.) Micheli (Alismataceae). *Naturalia*, 33: 8-19.
- MAGALHÃES ER; YAMAMOTO KC; ANJOS HDB. (2015). Bancos de macrófitas aquáticas em lago de várzea: alimentação de duas espécies de peixes na região de Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta of Fisheries and Aquatic Resource*. 1:25-40.
- MALTCHIK, L.; ROLON AS; SCHOTTt, P. (2007). Effects of hydrological variation on the aquatic plant community in a floodplain palustrine wetland of southern Brazil. *Limnology* 8: 23-28.
- MORMUL, R.P; ESTEVES, R.A; FARJALLA, V.F; BOZELLI, R.L. (2015). Space and seasonality effects on the aquatic macrophyte community of temporary Neotropical upland lakes. *Aquatic Botany*. 126: 54–59.
- MORMUL, R.P; FERREIRA, F.A; MICHEL, T.S; CARVALHO, P; SILVEIRA, M J. THOMAZ, S.M. (2010). Aquatic macrophytes in the large, sub-tropical Itaipu Reservoir, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*, 58:1437-1452.
- MORMUL, R.P; THOMAZ, S.M; VIEIRA, L.J.S. (2013). Richness and composition of macrophyte assemblages in four Amazonian lakes. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* v. 35: 343-350.
- NEIFF, J.J. (2003). Planícies de inundação são ecótonos? In: Raoul H. *Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos* - Editora: RIMA 31: 47.
- NEVES, E.L.; LEITE, K.R.B.; FRANÇA, F; MELO, E. (2006). Plantas aquáticas vasculares em uma lagoa de planície costeira no município de Candeias, Bahia, Brasil. *Sitientibus Série Ciências Biológicas* 6: 24-29.

- PIVARI, M.O; OLIVEIRA, V.B; COSTA, F.C; FERREIRA, R.M; SALINO, A. (2011). Macrófitas aquáticas do sistema lacustre do Vale do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 62: 759-770.
- POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. (2003). Macrófitas aquáticas e perifiton, aspectos ecológicos e metodológicos. 1ª Ed., São Carlos SP, Editora Rima.
- POTT, V.J; POTT, A. (1997). Checklist das macrófitas aquáticas do Pantanal, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 11:215-227.
- POTT, V.J; POTT, A. (2000). *Plantas aquáticas do Pantanal. Brasília*, Embrapa, 404.
- POTT, A; POTT, V.J; MOREIRA, S.N; FERREIRA, S.A. (2012). Macrófitas do Pantanal e de outras áreas úmidas em Mato Grosso do Sul. *Heringeriana*. 6: 72-75.
- ROLON, A.S; HOMEM, H.F; MALTACHILK, K.L. (2010). Aquatic macrophytes in natural and managed wetlands of Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22:133-146.
- THOMAZ, S.M; BINI, L.M. (2003). Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. In: S.M. Thomaz & L.M. Bini (eds.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 19-38.
- TUNDISI, J.G.; SAIJO, Y. (1997) Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil. *Brazilian Academy of Science*. 513.
- TUNDISI, J.G; MATSUMURA-TUNDISI, T. (2008). *Limnologia*, São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- WETZEL, R.G. (1990). Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. Verhandlungen International Ver. *Limnology*. 24: 6-24.