



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA



GEYSA KELLY OLIVEIRA VELOSO

**Comunidades de macrófitas aquáticas nos reservatórios da UHE Belo
Monte, Xingu**

BELÉM

2024

GEYSA KELLY OLIVEIRA VELOSO

**Comunidades de macrófitas aquáticas nos reservatórios da UHE Belo
Monte, Xingu**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ecologia.

Área de concentração: Ecologia.

Linha de pesquisa: Ecologia de ecossistemas

Orientadora:

Profa. Dra. Karina Dias da Silva
UFPA/Altamira

BELÉM
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O48c Oliveira Veloso, Veloso Geysa Kelly Oliveira.
Comunidades de macrófitas aquáticas nos reservatórios da UHE
Belo Monte, Xingu / Veloso Geysa Kelly Oliveira Oliveira Veloso.
— 2025.
50 f. : il. color.

Orientador(a): Profª. Dra. Karina Dias da Silva Dias-silva
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de
Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia,
Belém, 2025.

1. Ambiente aquático. 2. Características funcionais. 3.
Escala temporal. 4. Gradiente ambiental. I. Título.

CDD 577.09811

GEYSA KELLY OLIVEIRA VELOSO

**Comunidades de macrófitas aquáticas nos reservatórios da UHE Belo
Monte, Xingu**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ecologia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dra. Karina Dias da Silva
Universidade Federal do Pará (Presidente)

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior
Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Leandro Schlemmer Brasil
Universidade Federal do Mato Grosso

Prof. Dra. Priscilla de Carvalho
Universidade Federal de Goiás.

Prof. Dr. Vinicius Neres de Lima
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Aprovado em: 07/02/2025

Banca por parecer remoto

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e a Universidade Federal do Pará pelas disciplinas ofertadas que me proporcionaram conhecimentos e técnicas para que essa pesquisa fosse desenvolvida. Agradeço também a CAPES pela bolsa de estudo que me possibilitou me dedicar a este trabalho. E a Norte Energia S. A. que possibilitou parte do desenvolvimento logístico das minhas coletas. Agradeço a minha orientadora Karina Dias da Silva, por toda parceria e ensinamento ao longo desses quase sete anos juntas na vida acadêmica. Apesar da minha personalidade e das suas inúmeras tarefas diárias sempre esteve disponível para tirar minhas dúvidas e até mesmo para conversas pessoais que possibilitavam recarregar as energias e seguir no doutorado e na vida. Karina é sem dúvidas uma das pessoas mais responsáveis por eu chegar até aqui. Eu estou feliz e realizada com tudo que alcançamos! Agradeço aos colegas do LeiaX, pela ajuda durante as coletas de campo e também ao Dilaison e André pelos momentos de ajuda e trocas sobre análises estatísticas, escrita dos manuscritos e parceria nos resumos. Foi bom estar com vocês! Agradeço também a Lidia e Liziane parceiras no projeto Xingu, pela ajuda, disponibilidade, paciência, acolhimento e a dose de diversão que eu tanto precisava. Vocês foram incríveis! Agradeço imensamente a minha família (pai, mãe, irmãos, cunhadas e minha vó), que sempre se fizeram presente me apoiando em todos os sentidos para que eu pudesse continuar ir em busca dos meus sonhos. Em especial a minha mãe que cuidou com todo amor e carinho do meu filho para que eu fosse tranquila aos trabalhos de campo. Faço um agradecimento especial, ao meu marido, meu melhor amigo e parceiro de vida, idealizamos e enfrentamos essa jornada juntos, não só me dando apoio e colo quando eu mais precisava, mas também auxiliando e sendo parte importante para as logísticas de campo. Estou finalizando esse ciclo que vocês nunca deixaram que eu desistisse. Essa tese não é só minha, com toda certeza ela é mérito nosso! E claro sem dúvidas, agradeço aos meus filhos (Guilherme e Helloísa), por serem a razão de tudo isso, é por eles que enfrentei e enfrentarei tudo e todos para lhes dar a melhor qualidade de vida e a possibilidade de sonhar com um futuro sempre melhor. Vocês são a razão da minha vida! Por fim, agradeço a Deus, que foi a quem eu mais recorri em toda essa jornada. Obrigada por me fazer forte, resiliente e capaz de chegar até aqui.

Comunidades de macrófitas aquáticas nos reservatórios da UHE Belo Monte, Xingu

RESUMO

Macrófitas aquáticas são importantes componentes do ecossistema aquático, possuem variabilidade de formas e funções podendo se desenvolver bem em diversos tipos de ambiente. Com a criação de reservatórios hidrelétricos as alterações nas características físico-químicas da água, pode favorecer a colonização de diversas espécies macrófitas aquáticas. A diversidade beta funcional tem sido um dos principais alvos das pesquisas ecológicas para o entendimento das respostas das comunidades ecológicas aos gradientes ambientais. Por avaliar os aspectos da biodiversidade relacionada com as características funcionais. A presente tese tem por objetivo avaliar a variação espacial e temporal da diversidade beta e funcional das comunidades de macrófitas aquáticas nos Reservatórios da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, implantada no rio Xingu, estado do Pará e por último levantar informações científicas sobre as comunidades de macrófitas aquáticas, a fim de medir e mapear as atividades científicas e tecnológicas desenvolvidas nos últimos anos. Para os dois primeiros capítulos, foram selecionadas 34 unidades amostrais ao longo dos reservatórios, totalizando 52 km percorridos via água. Foram observadas e coletadas macrófitas aquáticas em um perímetro de 100 metros, e em cada ponto, foram avaliadas a composição e traços funcionais de macrófitas aquáticas. Com isso serão propostos dois artigos com os seguintes objetivos: 1) Avaliar a variação espacial e temporal da comunidade de macrófitas aquáticas em reservatórios 2) avaliar padrões de diversidade beta funcional que auxiliam nessa variação de espécies ao longo do tempo. Com a hipótese de que existem diferenças na composição de macrófitas aquáticas no total em relação a grupos específicos entre o período chuvoso e seco.

Palavras-chave: Ambiente aquático, Características funcionais, Escala temporal, Gradiente ambiental.

Aquatic macrophyte communities in the reservoirs of UHE Belo Monte, Xingu

ABSTRACT

Aquatic macrophytes are important components of the aquatic ecosystem, they have variability of forms and functions and can develop well in different types of environment. With the creation of hydroelectric reservoirs, alterations in the physicochemical characteristics of the water may favor the colonization of several aquatic macrophyte species. Functional beta diversity has been one of the main targets of ecological research to understand the responses of ecological communities to environmental gradients. For evaluating aspects of biodiversity related to functional characteristics. This thesis aims to evaluate the spatial and temporal variation of the beta and functional diversity of aquatic macrophyte communities in the Reservoirs of the Belo Monte Hydroelectric Power Plant, located on the Xingu River, state of Pará, and finally to gather scientific information about the macrophyte communities activities, in order to measure and map the scientific and technological activities developed in recent years. For the first two chapters, 34 sampling units were selected along the reservoirs, totaling 52 km covered by water. Aquatic macrophytes were observed and collected in a perimeter of 100 meters, and at each point, the composition and functional traits of aquatic macrophytes were evaluated. With that, two articles will be proposed with the following objectives: 1) Evaluate the spatial and temporal variation of the community of aquatic macrophytes in reservoirs 2) evaluate patterns of functional beta diversity that help in this variation of species over time. With the hypothesis that there are differences in the composition of aquatic macrophytes in total in relation to specific groups between the rainy and dry periods.

Keywords: Aquatic environment, Functional characteristics, Time scale, Environmental gradient.

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL	9
REFERÊNCIAS (INTRODUÇÃO GERAL).....	11
CAPÍTULO I.....	13
Resumo	14
Introdução	15
Material e métodos.....	16
Descrição da área de estudo	16
Amostragem	17
Resultados	18
Composição florística.....	18
Descrição da ocorrência das famílias por período.....	19
Discussão.....	22
Referências (Capítulo I)	25
CAPÍTULO II	28
Variação temporal da composição da comunidade de macrófitas aquáticas em reservatórios no Xingu.....	28
Resumo	29
INTRODUÇÃO (Capítulo II)	30
MATERIAL E MÉTODOS	31
Área de estudo.....	31
Descrição da área de estudo	31
Amostragem	32
Análise de dados	33
Resultados	34
Composição florística.....	34
Período sazonal x Composição	36
Discussão.....	41
Referências (Capítulo II).....	43
Conclusão Geral	48

1 INTRODUÇÃO GERAL

2
3 Macrófitas aquáticas são vegetais visíveis a olho nu, possuem partes
4 fotossintéticas ativas permanentemente ou por diversos meses presentes em água,
5 podendo estar parcial ou totalmente submersas (Chambers et al., 2008). Devido a essa
6 variabilidade de formas e funções, as macrófitas aquáticas são classificadas em
7 diferentes grupos de acordo com suas características morfológicas e disposição ao meio
8 aquático (Pompêo, 2017). São cinco as principais formas de vida de macrófitas
9 aquáticas: emersas, flutuantes, enraizadas, submersas livres e enraizadas com folhas
10 flutuantes, conferindo a esses organismos grande amplitude ecológica (Pedralli, 1990),
11 podendo se desenvolver bem em variados tipos de ambientes, a exemplo, reservatórios
12 hidrelétricos.

13 Reservatórios hidrelétricos são ecossistemas artificiais importantes, pois alteram
14 as características hidrológicas, limnológicas e ecológicas do ambiente aquático
15 (Martins; Batalha, 2011). O funcionamento desses sistemas depende das taxas de
16 entrada e saída de água, de materiais e de organismos oriundos de outras áreas da bacia
17 (Odum, 1988). Ainda que possua grande importância econômica, sendo utilizados para
18 diversos fins, como a produção de energia elétrica, reservatórios ocasionam, direta ou
19 indiretamente, alterações significativas na dinâmica dos ecossistemas aquáticos
20 (Agostinho et al., 2007).

21 Um exemplo é que, um ambiente que antes era lótico torna-se lêntico,
22 aumentando a deposição de matéria orgânica e inorgânica, favorecendo a colonização
23 de macrófitas aquáticas (Moura et al. 2009). Esta colonização irá depender das
24 características do reservatório, fatores físico-químicos associados a coluna d'água,
25 sedimentação, mecanismos de dispersão, interações interespecíficas e alterações no
26 nível de água durante ciclos sazonais (Holmroos et al., 2015; Morandeira et al., 2016).
27 Em escala temporal, as condições climáticas sazonais podem impor um limite para a
28 dispersão e determinar a composição das comunidades devido as tolerâncias fisiológicas
29 das espécies (Hoffmann et al., 2013).

30 Atualmente, as pesquisas com enfoque em macrófitas aquáticas têm investigado
31 como os fatores ambientais e espaciais interferem na riqueza e na composição da
32 assembleia de macrófitas aquáticas (Trindade et al. 2018; Schneider et al., 2019).

Os trabalhos com efeito temporal têm mostrado que os reservatórios tem sido um dos principais fatores responsáveis pela diminuição de biodiversidade em ecossistemas aquáticos (Castello & Macedo, 2016; Wu et al., 2019). Atingindo grandes áreas, e alterando a geomorfologia dos canais e das áreas adjacentes com a criação de grandes reservatórios artificiais (Grill et al., 2019). A biodiversidade está em crise, e é especialmente grave nos ecossistemas de água doce, que, apesar de serem alguns dos mais biodiversos do mundo, estão entre os mais ameaçados (Tickner et al., 2020).

Neste sentido, visamos avaliar como a variação sazonal atuam sobre as comunidades de macrófitas aquáticas, nos reservatórios da Usina Hidroelétrica de Belo Monte, (Pará), e assim direcionar futuros esforços de pesquisa na área, principalmente para reservatórios hidrelétricos. Assim, a pergunta e questionamento que embasam este trabalho: Considerando que os fatores responsáveis pela estruturação das comunidades biológicas nos ecossistemas podem ser de natureza intrínseca (características ecológicas e evolutivas, competição) e/ou extrínseca (clima) (Ricklefs, 1996), como as espécies de macrófitas aquáticas se comportam ao longo de um ciclo sazonal?

No capítulo 1, intitulado “Descrição da comunidade de macrófitas aquáticas em um reservatório a fio d’água em período seco e chuvoso”, verificamos se existem diferenças nas comunidades de macrófitas aquáticas no total em relação a grupos específicos entre o período chuvoso e seco. Com a hipótese de que existem diferenças na composição de macrófitas aquáticas no total em relação a grupos específicos entre o período chuvoso e seco. E no capítulo 2, intitulado “Variação espacial e temporal da comunidade de macrófitas aquáticas em reservatórios, no Xingu”, verificamos a substituição de espécies ao longo de um gradiente espacial.

REFERÊNCIAS (INTRODUÇÃO GERAL)

- Agostinho, A.A., Gomes, L.C. & Pelicice, F.M. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Eduem, Maringá, 501p.2007.
- Castello, L., & Macedo, M.N. Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. *Glob. Change Biol.* 22(3):990-1007.2016.
- Chambers, P.A.; Lacoul, P.; Murphy, K.J.; Thomaz, S.M. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hidrobiologia*, Bruxelas, v. 595, n. 1, p. 9-26. 2008.
- Hoffmann, A. A.; Chown, S. L.; Clusella-Trullas, S. Upper thermal limits in terrestrial ectotherms: how constrained are they? *Functional Ecology*, v. 27, n. 4, p. 934–949, 2013.
- Grill, G., Lehner, B., Thieme, M., Geenen, B., Tickner, D., Antonelli, F., Babu, S., Borrelli, P., Cheng, L., Crochetiere, H., Ehalt Macedo, H., Filgueiras, R., Goichot, M., Higgins, J., Hogan, Z., Lip, B., McClain, M.E., Meng, J., Mulligan, M., Nilsson, C., Olden, J.D., Opperman, J.J., Petry, P., Reidy Liermann, C., Sáenz, L., Salinas-Rodríguez, S., Schelle, P., Schmitt, R.J.P., Snider, J., Tan, F., Tockner, K., Valdujo, P.H., Van Soesbergen, A. And Zarfl, C. Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature*, vol. 569, no. 7755, pp. 215- 221. <http://doi.org/10.1038/s41586-019-1111-9>. PMID:31068722.2019.
- Holmroos, H.; Horpilla, J.; Niemistö, J.; Nurminen, L.; Hietanen, S. Dynamics of dissolved nutrients among different macrophyte stands in a shallow lake. ***Limnology***, v.16, p.31-39, 2015.
- Moura, M. A. M.; Franco, D. A. S.; Matallo, M. B. Manejo integrado de macrófitas aquáticas. *Divulgação Técnica Biológico*, p. 77-82, 2009.
- Odum, E.P. Ecologia 1º ED. Editora Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. 1988
- Pedralli, G. Macrófitas aquáticas: técnicas e métodos de estudos. ***Estudos de Biologia*** 26: 5-24. 1990.
- Pompêo, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros. São Paulo: Instituto de Biociências da USP, p. 138, 2017.
- Ricklefs, R. E.A economia da natureza. 3. ed. Tradução de Cecília Bueno. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

- 91 Schneider, F., Jochum, M., LeProvost, G., Ostrowski, A., Penone, C., & Simons, N. K.
 92 Ecological Trait-data Standard Vocabulary (v0.10) (Version v0.10).
 93 2019.[https://terminologies.gfbio.org/terms/ets/pages/https://doi.org/10.5281/zenodo.260](https://terminologies.gfbio.org/terms/ets/pages/https://doi.org/10.5281/zenodo.2605377)
 94 [5377](https://doi.org/10.5281/zenodo.2605377).
- 95 Tickner, D., Opperman, J. J., Abell, R., Acreman, M., Arthington, A. H., Bunn, S. E.,
 96 Cooke, S. J., Dalton, J., Darwall, W., Edwards, G., Harrison, I., Hughes, K., Jones, T.,
 97 Leclère, D., Lynch, A. J., Leonard, P., McClain, M. E., Muruven, D., Olden, J. D., ...
 98 Young, L. Bending the curve of global freshwater biodiversity loss: An emergency
 99 recovery plan. *Bioscience*, 70, 330–342.2020.
- 100
- 101 Trindade, C. R. T., V. L. Landeiro & F. Schneck. Macrophyte functional groups
 102 elucidate the relative role of environmental and spatial factors on species richness and
 103 assemblage structure. *Hydrobiologia* 823: 217–230. 2018.
 104 <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3709-6>.
- 105
- 106 X. Wu, S. Liu, S. Zhao, X. Hou, J. Xu, S. Dong, G. Liu Quantification and driving force
 107 analysis of ecosystem services supply, demand and balance in China. *Sci. Total*
 108 *Environ.*, 652 (2019), pp. 1375-1386

CAPÍTULO I

Descrição da comunidade de macrófitas aquáticas em um reservatório a fio d'água em período seco e chuvoso

Capítulo será submetido à revista científica
'International Journal of Limnology',
disponível em: <https://www.limnology-journal.org/>

Resumo

A estrutura e composição de comunidades de macrófitas aquáticas desempenham um papel essencial nos ecossistemas aquáticos. Em regiões tropicais, onde fatores como a sazonalidade são particularmente pronunciados, é comum observar oscilações na composição e na cobertura de macrófitas ao longo do ciclo hidrológico. Esses padrões sazonais podem ser especialmente importantes em sistemas de reservatório. Reservatórios a fio d'água, em particular, são caracterizados pela manutenção de um fluxo constante. Essa estabilidade no nível da água pode criar condições ambientais menos variáveis para as comunidades de macrófitas. O efeito da sazonalidade sobre a composição de macrófitas nesses ambientes permanece pouco estudado. Em ecossistemas tropicais, onde a sazonalidade é marcada por contrastes entre períodos de cheia e seca, essas descrições oferecem insights valiosos sobre a resiliência e estabilidade das comunidades ao longo de ciclos naturais. Ao documentar as respostas das macrófitas aquáticas durante períodos críticos, pode identificar tendências de longo prazo. Neste sentido, buscamos caracterizar e descrever a comunidade de macrófitas aquáticas em um reservatório a fio d'água na Amazônia durante os períodos de seca e cheia, com o intuito de identificar a influência da sazonalidade sobre a estrutura dessa comunidade. Selecionados 34 pontos amostrais, na UHE Belo Monte. O levantamento florístico foi realizado através da identificação das espécies em cada ponto amostral nos períodos de seca e chuva durante três anos. Durante os três anos de coleta foram identificadas 43 espécies, distribuídas em 27 gêneros, 19 famílias e cinco formas de vida. Constatou-se que as condições ambientais da chuva foram mais favoráveis ao desenvolvimento das comunidades. Concluiu-se que a riqueza e composição mudaram fortemente entre os períodos sazonais e que, a disponibilidade de luz e de nutrientes, foram as variáveis ambientais mais associadas às mudanças estruturais da comunidade durante o período de estudo.

Palavras-chave: Ambiente aquático, Escala temporal, Gradiente ambiental, Distúrbios.

Introdução

A estrutura e composição de comunidades de macrófitas aquáticas desempenham um papel essencial nos ecossistemas aquáticos, contribuindo para o equilíbrio de nutrientes, a estabilização de sedimentos e a provisão de habitat para uma diversidade de organismos (Thomaz, S.M. & Cunha, E.R., 2010). Em regiões tropicais, onde fatores como a sazonalidade são particularmente pronunciados, é comum observar oscilações na composição e na cobertura de macrófitas ao longo do ciclo hidrológico (Cunha-Santino e Biachini, 2011). Esses padrões sazonais podem ser especialmente importantes em sistemas de reservatório na Amazônia, que frequentemente apresentam variações periódicas nos níveis de água devido às dinâmicas de enchentes e secas regionais (Schongart et al., 2004).

Reservatórios a fio d'água, em particular, são caracterizados pela manutenção de um fluxo constante, o que pode reduzir a amplitude das variações sazonais em comparação com reservatórios convencionais (Csiki & Rhoads, 2014). Essa estabilidade no nível da água pode criar condições ambientais menos variáveis para as comunidades de macrófitas, resultando em uma estrutura comunitária mais resiliente e menos influenciada pela sazonalidade (Bianchini Jr., 2003). No entanto, o efeito da sazonalidade sobre a composição de macrófitas nesses ambientes permanece pouco estudado, especialmente em reservatórios situados na bacia amazônica, onde a pressão antrópica e as mudanças climáticas aumentam a complexidade do cenário ecológico (Mormul et al., 2006).

Estudos descritivos sazonais são fundamentais para aprofundar o conhecimento sobre como as comunidades aquáticas respondem a variações naturais e antrópicas em diferentes períodos do ano. Em ecossistemas tropicais, onde a sazonalidade é marcada por contrastes entre períodos de cheia e seca, essas descrições oferecem insights valiosos sobre a resiliência e estabilidade das comunidades ao longo de ciclos naturais (Junk et al., 1989). Em sistemas de reservatório, onde os impactos de variações de nível de água e intervenções humanas são amplificados, os estudos descritivos sazonais permitem detectar padrões que podem passar despercebidos em análises apenas pontuais ou de curta duração (Odum, 2001). Ao documentar as respostas das macrófitas aquáticas durante períodos críticos, esses estudos ajudam a identificar tendências de longo prazo, fornece uma base de referência para comparações futuras e informar estratégias de

manejo que respeitem a dinâmica natural dos ecossistemas (Thomaz et al., 2015). No contexto amazônico, onde as mudanças climáticas e o uso da terra adicionam camadas de complexidade, estudos sazonais descritivos contribuem para o planejamento de políticas ambientais que considerem as flutuações anuais e a importância da manutenção dos serviços ecossistêmicos associados a essas comunidades.

Neste estudo, buscamos caracterizar e descrever a comunidade de macrófitas aquáticas em um reservatório a fio d'água na Amazônia durante os períodos de seca e cheia, com o intuito de identificar a influência (ou ausência dela) da sazonalidade sobre a estrutura dessa comunidade. Ao descrever detalhadamente as mudanças sazonais, procuramos complementar análises já existentes sobre a composição e variáveis ambientais, ampliando a compreensão das interações ecológicas nesses ambientes tropicais. Entender essas dinâmicas é essencial para o manejo sustentável de recursos aquáticos em áreas sensíveis, onde a preservação da biodiversidade e a estabilidade ecológica são críticas para a manutenção dos serviços ecossistêmicos (Thomaz et al., 2015).

Material e métodos

Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado a montante do reservatório da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, localizado no Rio Xingu, município de Altamira estado do Pará (Figura 1). A área alagada do empreendimento totaliza 478 Km². Segundo a classificação de Köppen o clima do município é do tipo equatorial, definido por duas estações bem definidas com o período de estiagem compreendendo os meses de julho a novembro e o período chuvoso de dezembro a junho (Pará, 2011). A precipitação média anual é de aproximadamente 1800 mm, com temperaturas anuais médias de 26° C (INMET, 2024).

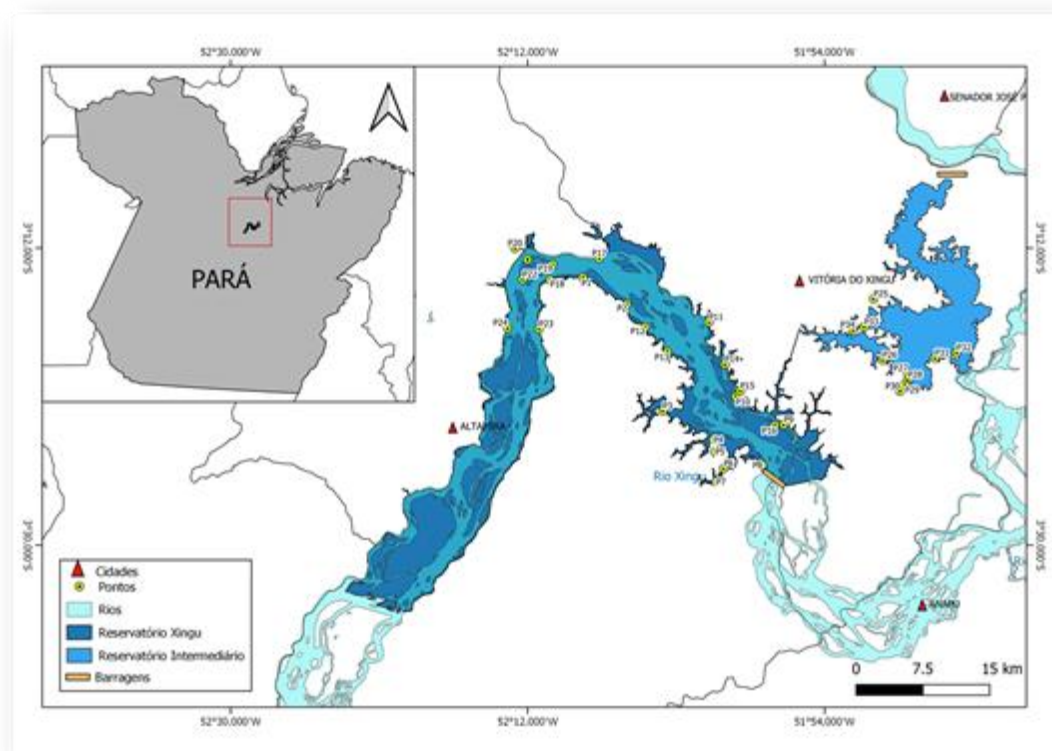


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo e pontos de coleta

Amostragem

A pesquisa foi realizada desde abril de 2021 até novembro de 2023, duas vezes por ano, compreendendo os períodos de transição chuva/seca (abril/maio) e seca/chuva (outubro/novembro) na região. Foram selecionados 34 pontos amostrais, o levantamento florístico foi realizado através da identificação das espécies em cada ponto amostral. As coletas foram feitas nas regiões de maior concentração dos bancos de macrófitas, geralmente localizados nas margens, ocasionalmente nas regiões mais centrais do reservatório, por deslocamento dos bancos pela ação dos ventos.

Os bancos de macrófitas aquáticas avaliados foram selecionados e georreferenciados com aparelho GPS (Global Positioning System), os pontos foram distribuídos com o propósito de analisar a distribuição espacial e maximizar a diversidade de condições abióticas.

Resultados

Composição florística

Durante os três anos de coleta foram identificadas 43 espécies, distribuídas em 27 gêneros, 18 famílias e cinco formas de vida (Emergente, flutuante fixa, Flutuante livre, submersa fixa e Submersa livre) (Tabela 1).

Tabela 1: Macrófitas aquáticas coletadas na Usina Hidrelétrica de Belo Monte, Rio Xingu entre abril de 2021 a novembro de 2022.

Táxon	Formas Biológicas	Chuva	Seca
PTERIDÓFITA			
Salviniaceae			
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl	Flutuante livre	x	x
ANGIOSPERMA			
Acanthaceae			
<i>Justicia carthagenensis</i> Jacq	Emergente	x	x
Amarantaceae			
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	Emergente	x	
Araceae			
<i>Montrichardia linifera</i> (Arruda) Schott	Emergente	x	
<i>Pistia stratiotes</i> L.	Flutuante livre	x	
Asteraceae			
<i>Mikania micrantha</i> Kunth	Emergente	x	
<i>Mikania scandens</i> (L.) Willd.	Emergente	x	
Cyperaceae			
<i>Cyperus digitatus</i> Roxb	Emergente	x	x
<i>Cyperus esculentus</i> L	Emergente	x	
<i>Cyperus gardneri</i> Nees	Emergente		x
<i>Cyperus giganteus</i>	Emergente	x	x
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz	Emergente	x	x
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Emergente		x
<i>Cyperus surinamensis</i> Rottb	Emergente	x	x
<i>Eleocharis acutangula</i> (Roxb.) Schult	Emergente	x	
<i>Eleocharis mínima</i>	Submersa fixa		x
<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl	Emergente	x	x
<i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. & Kunth) Lye	Emergente	x	
Euphorbiaceae			
<i>Caperonia palustris</i> (L.)	Emergente	x	x
Fabaceae			
<i>Mimosa pudica</i> L.	Emergente	x	x
Heliconiaceae			
<i>Heliconia</i> sp	Emergente		x

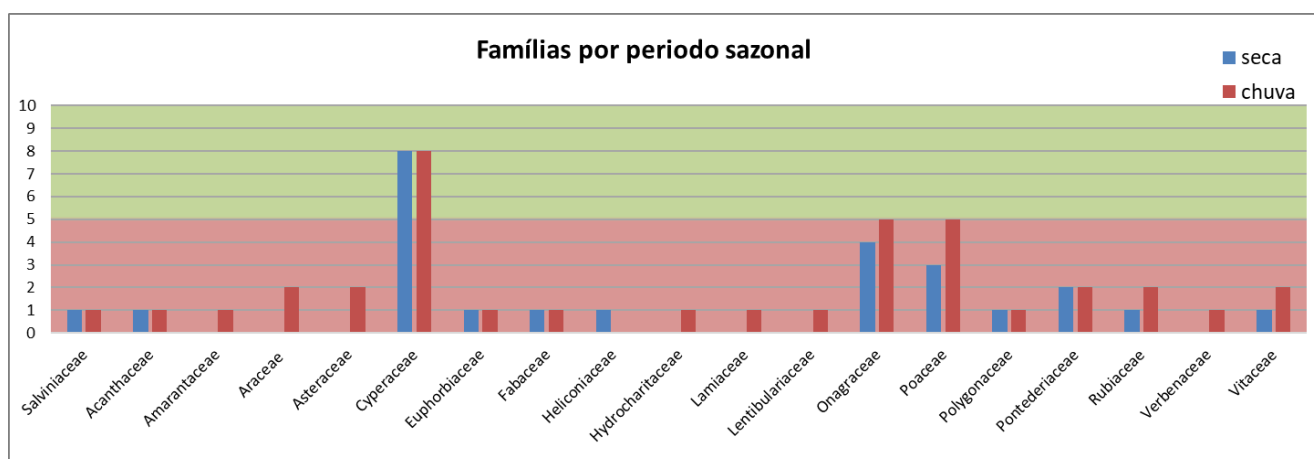
Hydrocharitaceae			
<i>Egeria densa</i>	Submersa livre	x	
Lamiaceae			
<i>Hyptis brevipes</i> Poit	Emergente	x	
Lentibulariaceae			
<i>Utricularia gibba</i> L.	Submersa livre	x	
Onagraceae			
<i>Ludwigia decurrens</i> Walter	Emergente	x	
<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H.Hara	Emergente	x	x
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) H.Hara	Flutuante fixa	x	
<i>Ludwigia leptocarpa</i> (Nutt.) Hara	Emergente	x	x
<i>Ludwigia Minima</i>	Emergente		x
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H.Raven	Emergente	x	x
Poaceae			
<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees	Emergente	x	x
<i>Luziola spruceana</i> Benth. ex Döll.	Emergente	x	x
<i>Panicum elephantipes</i> Nees ex Trin.	Emergente	x	
<i>Panicum trichoides</i> Sw	Emergente	x	
<i>Paspalum repens</i> P.J. Bergiu	Emergente	x	x
Polygonaceae			
<i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd.	Emergente	x	x
Pontederiaceae			
<i>Pontederia crassipes</i> (Mart.) Solms	Flutuante livre	x	x
<i>Pontederia diversifolia</i> (Vahl) M.Pell. & C.N.Horn	Flutuante Fixa	x	x
Rubiaceae			
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	Emergente	x	x
<i>Oldenlandia lancifolia</i> (Schumach.)	Emergente	x	
Verbenaceae			
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl	Emergente	x	
Vitaceae			
<i>Cissus erosa</i> Rich	Emergente	x	x
<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C.E.Jarvis	Emergente	x	

Descrição da ocorrência das famílias por período

As famílias Cyperaceae, Onagraceae e Poaceae, foram as mais representativas quanto à riqueza de espécies nos dois períodos analisados (Figura 2). Cyperaceae com 11

espécies, sendo oito destas encontradas no período seco e oito no período chuvoso. Onagraceae com seis espécies, sendo cinco encontradas no período chuvoso e quatro no período seco e Poaceae com cinco espécies, sendo cinco encontradas no período chuvoso e três na seca. Contemplando juntas (56%) do total de espécies.

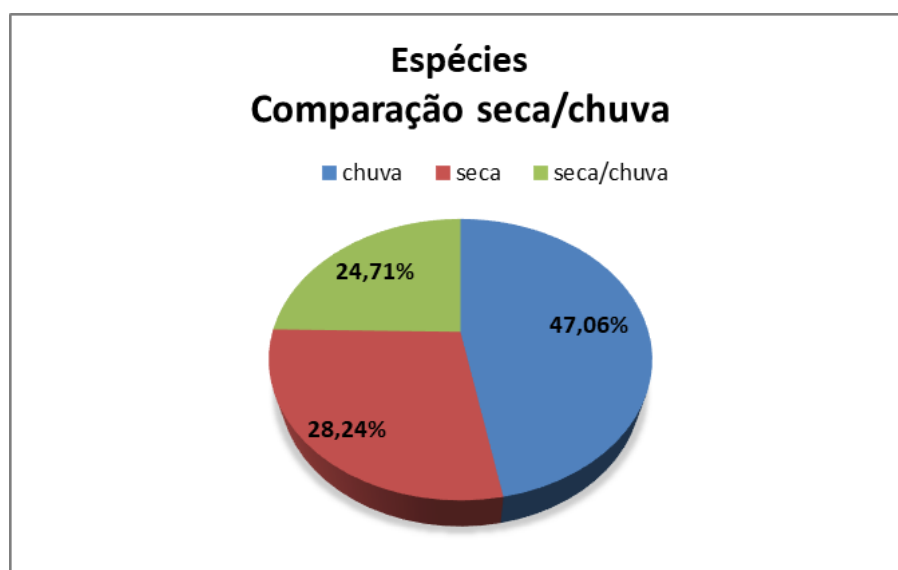
Figura 2. Gráfico com a de distribuição de famílias por período sazonal.



Descrição da ocorrência das espécies por período

Dentre as macrófitas aquáticas identificadas, 18 espécies foram observadas somente no período chuvoso, cinco espécies somente no período seco e 20 espécies foram observadas nos dois períodos (Figura 3).

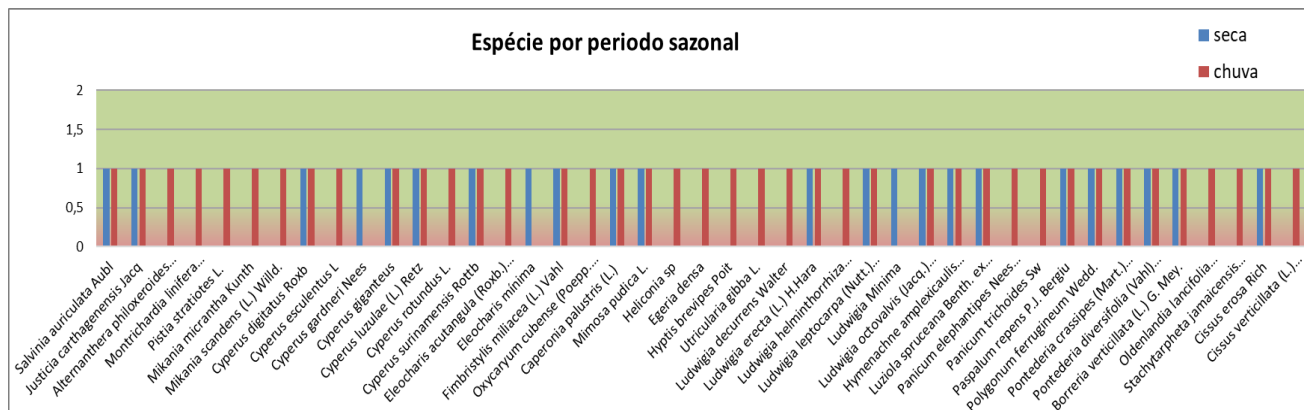
Figura 3. Gráfico com a porcentagem de distribuição de espécies por período sazonal.



As macrófitas aquáticas registradas com maior frequência entre os pontos de coleta foram, *Salvinia auriculata* (17 ocorrências), *Hymenachne amplexicaulis* (11

ocorrências), *Ludwigia leptocarpa*. (13 ocorrências) e *Pontederia crassipes* (8 ocorrências).

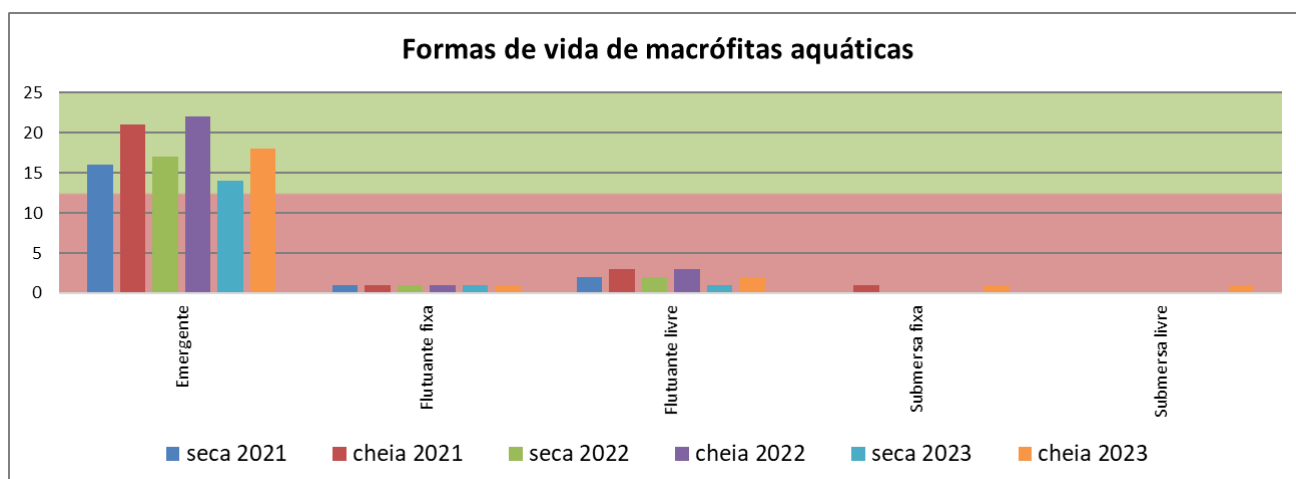
Figura 4. Gráfico com a de distribuição de espécies por período sazonal.



Descrição das formas de vida por Período

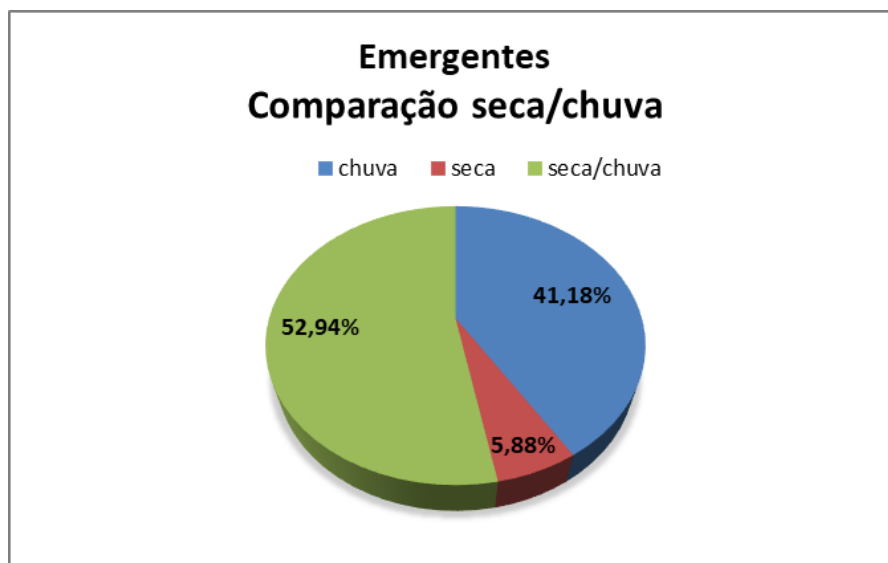
Dentre as formas biológicas mais comuns das macrófitas aquáticas nos reservatórios estudados, têm-se as emergentes (35 espécies), seguida de flutuante livre (três espécies), flutuante fixa (duas espécies), submersa fixa (duas espécies) e submersa livre (uma espécie) (Figura 4).

Figura 4. Gráfico com a distribuição das formas de vida de macrófitas aquáticas compreendendo os três anos de coleta e o período sazonal.



A forma de vida mais frequente tanto na estação chuvosa quanto na estação seca foram as macrófitas emergentes (Figura 5).

Figura 5. Gráfico com a porcentagem de distribuição da forma de vida emergente por período sazonal.



Discussão

O objetivo principal deste estudo foi caracterizar e descrever a comunidade de macrófitas aquáticas em um reservatório a fio d'água na Amazônia durante os períodos de seca e cheia, com o intuito de identificar a influência (ou ausência dela) da sazonalidade sobre a estrutura dessa comunidade. Os resultados do presente estudo mostraram que a estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em pontos com presença e ausência de espécies, variou entre as estações do ano e com os anos. Com base nos resultados, evidenciou-se o maior desenvolvimento de macrófitas aquáticas na estação chuvosa, evidenciado principalmente pelo número elevado da forma de vida emergente.

Essa elevada cobertura de macrófitas aquáticas da forma de vida emergente nesta estação do ano, nos pontos de amostragem, caracterizaram-se pela maior quantidade de partículas e nutrientes presentes na água (Cetto et al. 2004; Martins & Fernandes 2007). A outra variável que apresentou relação significativa com a composição dessas plantas nos reservatórios estudados foi a transparência da água. A quantidade de partículas e nutrientes presentes na água pode potencialmente diminuir a quantidade de luz que penetra na coluna da água (Madsen et al., 2001), diminuindo a transparência da água e consequentemente dificultando o crescimento de plantas (Barko et al., 1986; Schwarz e Hawes, 1997), principalmente das espécies submersas.

Situação oposta foi observada no período da seca, quando se detectou pontos de coleta sem nenhum espécime encontrado. Verificou-se a diminuição da composição e riqueza de espécies no período da seca nos três anos estudados, essa diminuição provavelmente está relacionada à redução das concentrações de nutrientes ao longo do tempo (Martins & Fernandes 2007). Para o reservatório da UHE Belo Monte, a redução de nutrientes no período da seca pode ser atribuída também, ao regime de vazão da água por fatores antrópicos (Norte energia, 2015).

Estudos com macrófitas aquáticas de várias regiões, apontam uma grande plasticidade quanto à forma biológica emergente (Pott & Pott, 2000). O registro de emergentes como as formas biológicas mais representativas era esperado, pois este é um padrão para comunidade de macrófitas aquáticas (Pott, 1999). As formas biológicas submersas só podem ocorrer onde há suficiência luminosa para a realização da fotossíntese (Castro & Garcia, 1996), assim, o baixo número de espécies submersas encontradas no estudo pode estar relacionado ao baixo grau de transparência da água.

Relacionado à frequência de ocorrência dos táxons os representantes da família Cyperaceae, Onagraceae e Poaceae, foram os mais representativos. Cyperaceae é uma família, encontrada principalmente associada às formações vegetais mal drenadas, como brejos, pântanos, charcos e margens de rios e corpos d'água (Simpson & Inglis, 2001). São perenes, dominando completamente os ambientes na estiagem. Desta forma, podem, no período seco, ser considerados como indicadores da existência de brejos temporários.

Onagraceae foi a segunda família mais representativa, estudos sobre a ecologia e a naturalização dessa família apontam que, de maneira geral, as espécies ocorrem em ambientes abertos e fortemente antropizados (E-Floras 2024). São plantas denominadas de pioneiras, são as primeiras espécies vegetais a se estabelecerem naturalmente em áreas perturbadas, são infestantes, possibilitando um posterior estabelecimento de outras espécies de fase tardio, porém melhores sucedidas que as espécies pioneiras (Ricklefs, 2010). Quando uma planta pioneira se estabelece ocorre a atração de uma entomofauna diversificada e com eficiente atividade de forrageio em suas flores, garantindo a polinização das mesmas.

Poaceae é uma das famílias que mais contribuem em número e espécies em levantamentos da flora aquática (Valadares et al., 2011, Araújo et al., 2012, Campelo et

al., 2012). A representatividade dessa família está relacionada principalmente ao alto número de táxons que essa família possui e a elevada produção de sementes (Lorenzi, 2008), o que favorece sua dispersão. As macrófitas aquáticas representantes da família Poaceae são comumente encontradas nas margens, macrófitas emergentes, e estão sujeitas a variação do nível da água (Pott e Pott, 2000; Pitelli et al., 2008). A presença marcante dessa família em mananciais aquáticos sugere alterações recentes no local, possivelmente relacionadas a processos antrópicos (Pivari et al., 2008; Henry-silva et al., 2010).

As mudanças na estrutura da comunidade foram determinadas primariamente pela sazonalidade. Constatou-se que as condições ambientais da chuva foram mais favoráveis ao desenvolvimento das comunidades. Concluiu-se que a riqueza e composição mudaram fortemente entre os períodos sazonais e que, a disponibilidade de luz e de nutrientes, foram as variáveis ambientais mais associadas às mudanças estruturais da comunidade durante o período de estudo. (Pott & Pott 2003; Agostinho et al. 2005).

Através de intenso trabalho de campo, concentrando as campanhas no período de seca e chuva (abril/maio e outubro/novembro), foi possível observar que estes ambientes sofrem alteração fitofisionômica marcante relacionada com os períodos de seca e de chuva. Isto se deve ao fato de algumas espécies serem anuais e desaparecerem completamente na época de estiagem (e.g. *Utricularia gibba*); outras, apesar de suportarem os períodos de seca, têm a população profundamente reduzida (e.g. *Salvinia auriculata*), o que altera substancialmente a paisagem.

Em suma, o reservatório da Usina Hidrelétrica de Belo Monte possui uma riqueza e composição significativa de macrófitas aquáticas, porém com bancos diminutos na maior parte do reservatório, apresentando apenas um ponto com elevado número de espécimes do tipo *Pontederia crassipes*, espécie comumente encontrada na região e em reservatórios. Os resultados deste trabalho podem auxiliar em um melhor entendimento sobre o vínculo entre a variação sazonal e a dinâmica de macrófitas aquáticas em reservatórios hidrelétricos a fio d'água. Pode ser uma ferramenta útil para prever efeitos das mudanças ambientais nesse tipo de ambiente, tendo em vista que é um trabalho pioneiro em reservatórios a fio d'água e relativamente novo na região

estudada, além de proporcionar uma visão dos efeitos causados pela variação temporal, contra possíveis cenários futuros.

Referências (Capítulo I)

Agostinho, A.A.; Thomaz, S.M. & Gomes, L.C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade* 1: 70-78.2005.

Araújo E.S, Sabino J.H.F, Cotarelli V.M, Siqueira Filho J.A e Campelo M.J.A. Riqueza e diversidade de macrófitas aquáticas em mananciais da Caatinga. *Diálogos e Ciência (Online)* 10: 229-232.2012.

Barko J.W, Adams M.S, Clesceri N.L. Environmental factors and their consideration in the management of submersed aquatic vegetation: a review. *J Aquat Plant Manag* 24:1–10.1986.

Castro, C.R.T. & R. Garcia. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. *Ciênc. Rural* 26: 167-174.1996.

Cetto, J.M.; Leandrini, J.A.; Felisberto, A.S. & Rodrigues, L. Comunidade de algas perifíticas no reservatório de Irai, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum Biological Science* 26: 1-7.2004.

Csiki, S. J.; Rhoads, B. L. Influence of four run-of-river dams on channel morphology and sediment characteristics in Illinois, USA. *Geomorphology*, n. 206, p. 215–229, 2014

Cunha-Santino, M.B. & Bianchini Jr., I. Colonização de macrófitas aquáticas em ambientes lênticos. *Boletim Ablimno*, 39: 1-2.2011.

Henry-Silva, G.G.; Moura, R.S.T. & Dantas, L.L.O. Richness and distribution of aquatic macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 22, p. 147-156. 2010.

INMET: Instituto Nacional De Meteorologia, avaliado em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/> acesso em: 10 outubro 2024

Junk, W. J., P. B. Bayley & R. E. Sparks. The flood pulse concept in river – floodplain systems, Pp. 110-127. In: D. P. Dodge, D. P. (Ed.). *Proceedings of the International Large River Symposium*. Canadian Special Publications of Fisheries and Aquatic Science, 106.1989.

Lorenzi, H. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 261 p.2008.

Pivari, M.O.; Salimena, F.R.G.; Pott, V.J.; Pott, A. Macrófitas aquáticas da lagoa Silvana, Vale do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. Iheringia, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 63, n. 2, p. 321-327. 2008.

Madsen J.D., Chambers P.A., James W.F., Koch E.W. & Westlake D.F. The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia*, 444, 71–84.2001.

Martins, F.C.O. & Fernandes, V.O. Estrutura da comunidade de algas perifíticas em substrato natural da lagoa da Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation* 2: 11-20.2007.

Norte Energia: Supressão vegetal – situação de execução, Technical Note, Superintendência dos Meios Físico e Biótico, Diretoria Socioambiental, Brasília – DF, 24 pp., 2015.

Odum, A.L., Madden, G.J., Badger, G.J., Bickel, W.K. Needle sharing in opioid-dependent outpatients: psychological processes underlying risk. *Drug Alcohol Depend.* 60, 259–266.2001.

Pará. Estatística Municipal de Altamira. Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará, 2011.

Pitelli, R.L.C.M., Toffaneli, C.M., Vieira, E.A., Pitelli, R.A., Velini, E.D. Dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório de Santana, RJ. Viçosa. *Planta daninha*, v. 26, p. 473-480. 2008.

Pott, V. J. Riqueza verde em meio azul. Pp. 58-43. In: E. Scremin-Dias; V. J. Pott; R. C. Hora & P. R. Souza (Eds.). *Nos Jardins submersos da Bodoquena*. UFMS, Campo Grande, MS.1999.

Pott, V. J.; Pott, A. *Plantas Aquáticas do Pantanal*. Brazil: Embrapa. 2000.

Pott, V.J. & Pott, A. Dinâmica da vegetação aquática do Pantanal. In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M (eds.). *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. EDUEM, Maringá. Pp.145-162.2003.

Ricklefs, R. E. A economia da natureza. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

Schongart J, Junk WJ, Piedade MTF, Ayres JM, Hu"ttermann A, Worbes M. Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Ni"o-Southern Oscillation Effect. *Global Change Biology* 10: 683–692. 2004.

Schwarz A.M, Hawes I. Effects of changing water clarity on characean biomass and species composition in a large oligotrophic lake. *Aquat Bot* 56:169–181. 1997.

Simpson D. A. & Inglis C. A., "Cyperaceae of economic, ethnobotanical and horticultural importance: a checklist," *Kew Bulletin*, vol. 56, pp. 257–360, 2001.

Thomaz, S. M., Kovalenko, K. E., Havel, J. E., and Kats, L. B. (2015). Aquatic invasive species: general trends in the literature and introduction to the special issue. *Hydrobiologia* 746, 1–12. doi: 10.1007/s10750-014-2150-8. 2015.

Thomaz, S.M.; Cunha, E.R. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnoligica Brasiliensia*, vol. 22, n. 2, p. 218-236. 2010.

Valadares R.T, Souza F.B.C, Castro N.G.D, Peres A.L.S.S, Schneider S.Z E Martins M.L.L. Levantamento florístico de um brejo-herbáceo localizado na restinga de Morada do Sol, município de Vila Velha, Espírito Santo, Brasil. *Rodriguésia* 62(4): 827–834. 2011.

CAPÍTULO II

Variação temporal da composição da comunidade de macrófitas aquáticas em reservatórios no Xingu

A segunda sessão desta tese será elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica **‘ACTA AMAZONICA**, disponível em: <https://acta.inpa.gov.br/>

Resumo

As macrófitas aquáticas são um importante componente dos ambientes de água doce, melhorando os padrões de biodiversidade, especialmente a riqueza de espécies e a composição da comunidade. Dentre os ambientes colonizados por macrófitas aquáticas, destacam-se os reservatórios hidrelétricos, que com mudanças no nível d'água dos reservatórios geram desequilíbrio no meio aquático e alta propagação de macrófitas aquáticas, essas mudanças causadas pela hidrologia são determinadas por fatores químicos e físicos associados a coluna d'água. Considerando a importância da hidrologia para a manutenção da diversidade aquática, este trabalho tem como objetivo compreender o efeito temporal na composição das diferentes formas de vida das macrófitas aquáticas em relação aos períodos sazonais, representados pelos períodos seco e chuvoso, nos reservatórios da Usina Hidrelétrica de Belo Monte /Xingu-Pará. Com a hipótese de que existem diferenças na composição de macrófitas aquáticas no total em relação a grupos específicos entre o período chuvoso e seco. Foram selecionadas 34 unidades amostrais ao longo dos reservatórios, totalizando 52 km percorridos via água. Foram observadas e coletadas macrófitas aquáticas em um perímetro de 100 metros, e em cada ponto, foram avaliadas a riqueza e composição de macrófitas aquáticas. Foram identificadas 43 espécies, distribuídas em 27 gêneros, 18 famílias e quatro formas de vida. As famílias Cyperaceae, Onagraceae e Poaceae, foram as mais representativas. Dentre as macrófitas aquáticas identificadas, 18 espécies foram observadas somente no período chuvoso, cinco espécies somente no período seco e 20 espécies foram observadas nos dois períodos. O conhecimento de como funciona a hidrologia dos reservatórios e o papel das macrófitas desses ambientes em relação às alterações da paisagem pode fornecer subsídios importantes para o planejamento do uso do solo e conservação das espécies. Em síntese, as amostragens dos reservatórios da UHE Belo Monte, não evidenciaram diferenças significativas quanto à composição florística de macrófitas aquáticas nas mudanças sazonais, porém a riqueza específica foi maior no período chuvoso.

Palavras-chave: Pulso de cheia, plantas aquáticas, período sazonal

INTRODUÇÃO (Capítulo II)

Macrófitas aquáticas são um dos principais componentes de ambientes de água doce, aumentando os padrões de biodiversidade, especialmente a riqueza de espécies e a composição da comunidade (Aoki et al., 2017; Kovalenko et al., 2011). Desempenham papéis fundamentais na estrutura e função dos ecossistemas (Thomaz e Cunha, 2010; Hegel; Melo, 2016), como produção primária, fonte de alimento, abrigo (Aoki et al., 2017) estocagem e ciclagem de nutrientes (Bornette e Puijalon, 2011; Thomaz, 2022) e ainda atuam como bioindicadoras (Bleich et al., 2015). São capazes de colonizar diversos tipos de ambientes aquáticos, com uma ampla gama de características limnológicas, apresentando alta plasticidade e capacidade de adaptação (Moura et. al, 2009).

As áreas alagadas ou úmidas são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, naturais ou artificiais, permanente ou periodicamente inundados. As águas podem ser doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptados à sua dinâmica hídrica (Junk et al., 2014). Dentre os ambientes colonizados por macrófitas aquáticas, reservatórios hidrelétricos se destacam por serem considerados um ecossistema misto ou híbrido de rios e lagos (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 2008; Esteves, 2011). As alterações no nível de água de reservatórios geram desequilíbrio no meio aquático e a elevada propagação de macrófitas aquáticas, que podem comprometer os usos múltiplos dos recursos hídricos (Franco e Matallo, 2009; Moura et al. 2008; Morandeira et al., 2016).

A sazonalidade não é um efeito muito bem compreendido nos reservatórios de climas tropicais e subtropicais, pois não existe um padrão tão perceptível de variação. (Carvalho, 2003; Giani e Figueiredo, 1999). O período chuvoso é em média ligeiramente mais rico em número de espécies do que a estiagem, o que foi observado em estudos anteriores, porém não observaram padrões claros de sazonalidade (Nishimura, 2008; Moutinho, 2016; Ribeiro, 2018). De acordo com termos hidrológicos, a dinâmica populacional de macrófitas aquáticas, sinalizam o início da etapa de sucessão ecológica, em lagos de planícies inundadas, de médio a longo prazo, o acúmulo senescente de macrófitas aquáticas *r*-estrategistas após do pulso de inundação pode levar ao recobrimento quase total do espelho da água, podendo direcionar um

assoreamento de macrófitas *k*-estrategistas predominantemente nos reservatórios (Lo et al, 2016).

As mudanças nos habitats provocadas pela hidrologia são determinadas por fatores como alterações no nível da água e concentrações de nutrientes que atuam como fatores limitantes à biomassa e produtividade primária de macrófitas (Esteves, 2011). Dentre os fatores que afetam a comunidade de macrófitas aquáticas a hidrologia responde por 50% na composição das espécies (Keddy, 2000). A perda ou a introdução de espécies ao longo de um gradiente ambiental pode afetar o funcionamento dos ecossistemas e os serviços ecossistêmicos (Naeem et al. 2012).

Embora seja reconhecida a importância ecológica de macrófitas em ecossistemas aquáticos, compreender os padrões e fatores que influenciam a composição destas plantas em gradientes ambientais em áreas antropizadas é muito importante. Dessa forma considerando a importância da hidrologia para a manutenção da diversidade aquática, este trabalho tem como objetivo compreender o efeito temporal na composição das diferentes formas de vida de macrófitas aquáticas em relação ao pulso de inundação, representados pelos períodos seco e chuvoso, nos reservatórios da Usina Hidrelétrica de Belo Monte/Pará. Espera-se que os padrões de distribuição das formas de vida das macrófitas aquáticas respondam melhor, ou seja, tenha um maior número de espécies no período chuvoso, enquanto o período seco terá um efeito secundário na distribuição das formas de vida.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado a montante do reservatório da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, localizado no Rio Xingu, município de Altamira estado do Pará (Figura 1). A área alagada do empreendimento totaliza 478 Km². Segundo a classificação de Köppen o clima do município é do tipo equatorial, definido por duas estações bem definidas com o período de estiagem compreendendo os meses de julho a novembro e o período chuvoso de dezembro a junho (PARÁ, 2011). A precipitação média anual é de aproximadamente 1800 mm, com temperaturas anuais médias de 26° C (INMET, 2016).

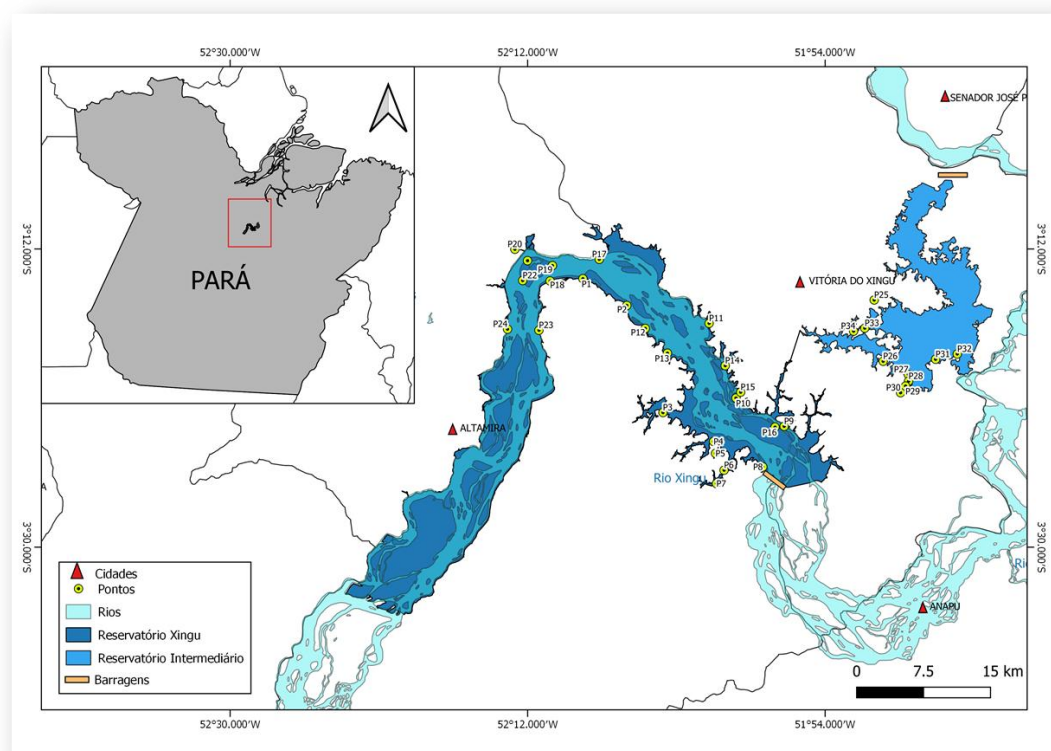


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo e pontos de coleta

Amostragem

A pesquisa foi realizada entre abril de 2021 a outubro de 2023, duas vezes por ano, compreendendo o início da estação seca e chuvosa na região. Foram selecionados 34 pontos amostrais, o levantamento florístico foi realizado através da identificação das espécies em cada ponto amostral. As coletas foram feitas nas regiões de maior concentração dos bancos de macrófitas, geralmente localizados nas margens, ocasionalmente nas regiões mais centrais do reservatório, por deslocamento dos bancos pela ação dos ventos. Em ponto, foram avaliadas a riqueza específica e a composição de macrófitas aquáticas presentes nos reservatórios da UHE Belo Monte e em um igarapé situado na área de abrangência do reservatório.

Para avaliação da composição das espécies, foi utilizada a metodologia de observação, onde eram avistados e identificados os espécimes de macrófitas em um perímetro de 100 metros em cada ponto amostral (Thomaz e Bini, 1999). Os espécimes que não puderam ser identificados em campo foram coletados com o auxílio de uma tesoura de poda, as amostras foram coletadas e armazenadas em sacos plásticos e transportados para o Laboratório de ecologia (LABECO-UFPA/Campus Altamira), para

serem identificadas através da literatura especializada. Os indivíduos coletados foram processados de acordo com o método de herborização de plantas aquáticas (Pedralli, 1990), identificados ao seu menor nível taxonômico possível com o auxílio de bibliografia especializada (Pott e Pott, 2000; Pivari et al., 2008; Cervi et al., 2009; Macedo et al., 2015).

Os bancos de macrófitas aquáticas avaliados foram selecionados e georreferenciados com aparelho GPS (Global Positioning System), os pontos foram distribuídos com o propósito de analisar a distribuição espacial e maximizar a diversidade de condições abióticas. Para evidenciar diferenças entre os períodos e descrever a qualidade da água, variáveis limnológicas foram aferidas. Análises de pH, condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxigênio dissolvido (mg/l), oxigênio porcentagem (%), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e ORP (mV), foram realizadas com o auxílio de um medidor multiparâmetro da marca HORIBA U50, para medir profundidade (cm) e transparência (cm), foi utilizado um disco de Secchi.

Análise de dados

Para avaliar a diferença na composição de espécies entre os períodos sazonais, os dados da matriz de composição (presença e ausência) de espécies de macrófitas foram submetidos a uma Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) (Anderson, 2017), usando matrizes de distância pelo método de “jaccard” com a função “adonis” do pacote “vegan” (Oksanen et al. 2013; Mcardle e Anderson, 2013).

A matriz de composição de espécies de macrófitas (presença e ausência) também foi submetida a uma análise de Ordenação de Coordenadas Principais (PCoA) com a função “vegdist” utilizando o método de “jaccard” para resumir as dissimilaridades em composição em cada período do ano. Essa técnica é baseada em dissimilaridades e o índice Jaccard baseia-se em dados de presenças e ausências (Principal Coordinates Analysis, PCoA; Legendre e Legendre 2012).

E por fim a matriz foi submetida a uma Análise de redundância – (RDA) (db-RDA, Legendre & Anderson, 1999) e procedimentos de partição de variação associada (Legendre et al., 2005). Para testar a relação da composição com variáveis ambientais.

Todas as análises foram realizadas no ambiente R 3.0.2 (R Development Core Team, 2019) e considerando valor de significância de 5%.

Resultados

Composição florística

Foram identificadas 43 espécies, distribuídas em 27 gêneros, 18 famílias e quatro formas de vida (Emergente, flutuante fixa, Flutuante livre e Submersa livre) (Tabela 1). As famílias Cyperaceae, Onagraceae e Poaceae, foram as mais representativas quanto à riqueza de espécies nos dois períodos analisados, contemplando juntas (56%) do total de espécies. Dentre as macrófitas aquáticas identificadas, 18 espécies foram observadas somente no período chuvoso, cinco espécies somente no período seco e 20 espécies foram observadas nos dois períodos (Tabela 1).

Quanto à frequência de ocorrência das espécies registradas nos reservatórios, constatou-se que *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees, *Polygonum ferrugineum* Wedd. e *Salvinia auriculata* Aubl., ocorreram em mais de 75% das unidades amostrais, para os dois períodos analisados (Tabela 1). Por outro lado, 11 espécies apresentaram apenas um registro de ocorrência, sendo que destas, 10 espécies foram registradas no período chuvoso e uma espécie no período seco.

Tabela 1: Macrófitas aquáticas coletadas na Usina Hidrelétrica de Belo Monte, Rio Xingu entre abril de 2021 a novembro de 2023.

Táxon	Formas Biológicas	Chuva	Seca
PTERIDÓFITA			
Salviniaceae			
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl	Flutuante livre	x	x
ANGIOSPERMA			
Acanthaceae			
<i>Justicia carthagenensis</i> Jacq	Emergente	x	x
Amarantaceae			
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	Emergente	x	
Araceae			
<i>Montrichardia linifera</i> (Arruda) Schott	Emergente	x	
<i>Pistia stratiotes</i> L.	Flutuante livre	x	
Asteraceae			
<i>Mikania micrantha</i> Kunth	Emergente	x	
<i>Mikania scandens</i> (L.) Willd.	Emergente	x	
Cyperaceae			
<i>Cyperus digitatus</i> Roxb	Emergente	x	x
<i>Cyperus esculentus</i> L	Emergente	x	

<i>Cyperus gardneri</i> Nees	Emergente		x
<i>Cyperus giganteus</i>	Emergente	x	x
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz	Emergente	x	x
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Emergente		x
<i>Cyperus surinamensis</i> Rottb	Emergente	x	x
<i>Eleocharis acutangula</i> (Roxb.) Schult	Emergente	x	
<i>Eleocharis minima</i>	Submersa		x
<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl	Emergente	x	x
<i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. & Kunth) Lye	Emergente	x	
Euphorbiaceae			
<i>Caperonia palustris</i> (L.)	Emergente	x	x
Fabaceae			
<i>Mimosa pudica</i> L.	Emergente	x	x
Heliconiaceae			
<i>Heliconia</i> sp	Emergente		x
Hydrocharitaceae			
<i>Egeria densa</i>	Submersa	x	
Lamiaceae			
<i>Hyptis brevipes</i> Poit	Emergente	x	
Lentibulariaceae			
<i>Utricularia gibba</i> L.	Submersa livre	x	
Onagraceae			
<i>Ludwigia decurrens</i> Walter	Emergente	x	
<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H.Hara	Emergente	x	x
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) H.Hara	Flutuante	x	
<i>Ludwigia leptocarpa</i> (Nutt.) Hara	Emergente	x	x
<i>Ludwigia Minima</i>	Emergente		x
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H.Raven	Emergente	x	x
Poaceae			
<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees	Emergente	x	x
<i>Luziola spruceana</i> Benth. ex Döll.	Emergente	x	x
<i>Panicum elephantipes</i> Nees ex Trin.	Emergente	x	
<i>Panicum trichoides</i> Sw	Emergente	x	
<i>Paspalum repens</i> P.J. Bergiu	Emergente	x	x
Polygonaceae			
<i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd.	Emergente	x	x
Pontederiaceae			
<i>Pontederia crassipes</i> (Mart.) Solms	Flutuante livre	x	x
<i>Pontederia diversifolia</i> (Vahl) M.Pell. & C.N.Horn	Flutuante Fixa	x	x
Rubiaceae			
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	Emergente	x	x
<i>Oldenlandia lancifolia</i> (Schumach.)	Emergente	x	
Verbenaceae			
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl	Emergente	x	

Vitaceae			
<i>Cissus erosa</i> Rich	Emergente	x	x
<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C.E.Jarvis	Emergente	x	

Período sazonal x Composição

A hipótese que a comunidade de macrófitas aquáticas está estruturada de maneira diferente entre os períodos hidrológicos (Seca e Chuva) na UHE Belo Monte não foi corroborada (Pseudo F= 36,60; p= 0,824) (Tabela 2). Na ordenação da Análise de Coordenadas Principais, que representou o total de 93.8% da variação dos dados, houve a formação de 2 grupos, representando os dois períodos hidrológicos usados no estudo (Cheia e Seca) (Figura 2).

Tabela 2. Resultados do teste PERMANOVA. F = estatística do teste; p = valor significativo do teste ($\leq 0,05$ significativo); R2 = variação proporcional atribuída ao tratamento; tratamento = Variável período Hidrológico

	Df	R2	F	p
Tratamento	1	-0,366	-33,762	0,824
Residual	126	1,366		
Total	127	1		

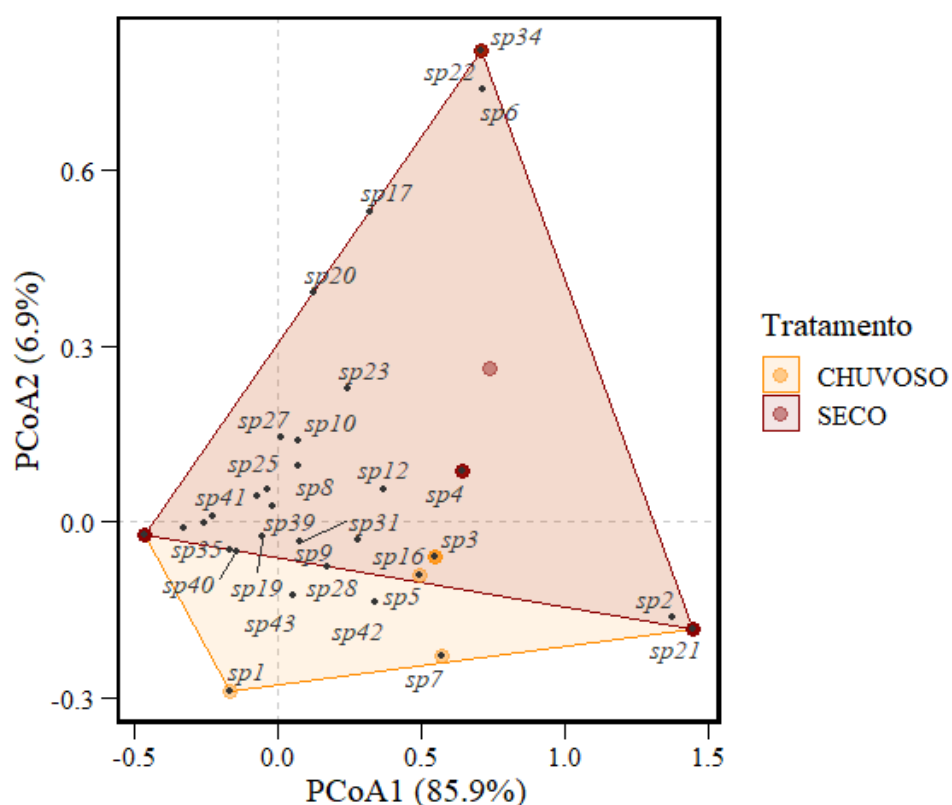


Figura 2 - Ordenação das amostras com base no compartilhamento de espécies por tipo de tratamento sumarizada pela Análise de Coordenadas Principais (PCoA).

O modelo RDA explicou 86,96% da variação dos dados de resposta (Figura 3). No período chuvoso as variáveis ambientais apresentaram relação com a composição de espécies ($p = 0,002$). O primeiro eixo RDA explicou 48,26%, e o segundo eixo RDA explicou 38,70% da variação nos dados de resposta. Portanto, as principais tendências foram bem modeladas no RDA. Variáveis: Profundidade ($r = 0,747$) e Transparência ($r = 0,565$), foram fortemente correlacionadas com o primeiro eixo RDA, enquanto a correlação mais forte com o segundo eixo RDA não foi detectada.

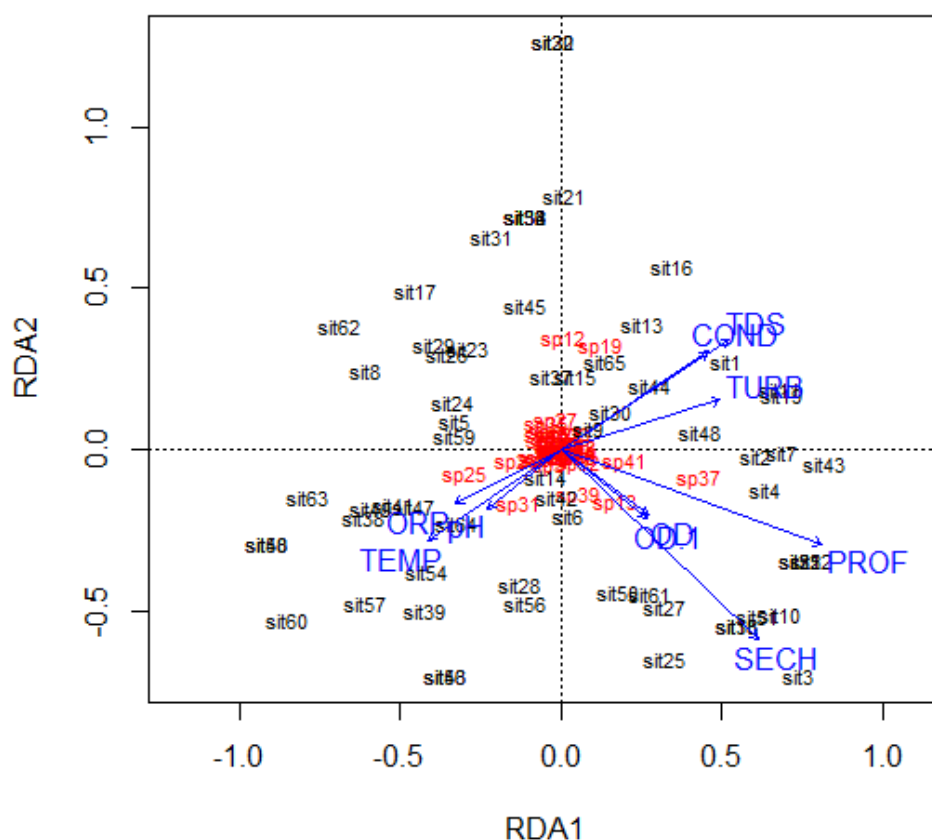


Figura 3. Gráfico RDA das variáveis ambientais e composição de macrófitas aquáticas como variáveis de resposta, no período chuvoso.

O modelo RDA explicou 84,49% da variação dos dados de resposta (Figura 4). De acordo com os testes de permutação, o modelo RDA significativo estatisticamente ($p = 0,004$) para o período seco. O primeiro eixo RDA explicou 56,22%, e o segundo eixo RDA explicou 28,27% da variação nos dados de resposta. Portanto, as principais tendências foram bem modeladas no RDA. Variáveis: Transparência ($r = -0,832$), Temperatura ($r = 0,682$), Condutividade ($r = 0,675$) e Profundidade ($r = -0,520$), foram fortemente correlacionadas com o primeiro eixo RDA, a correlação mais forte com o segundo eixo RDA foi detectada para pH ($r = 0,530$).

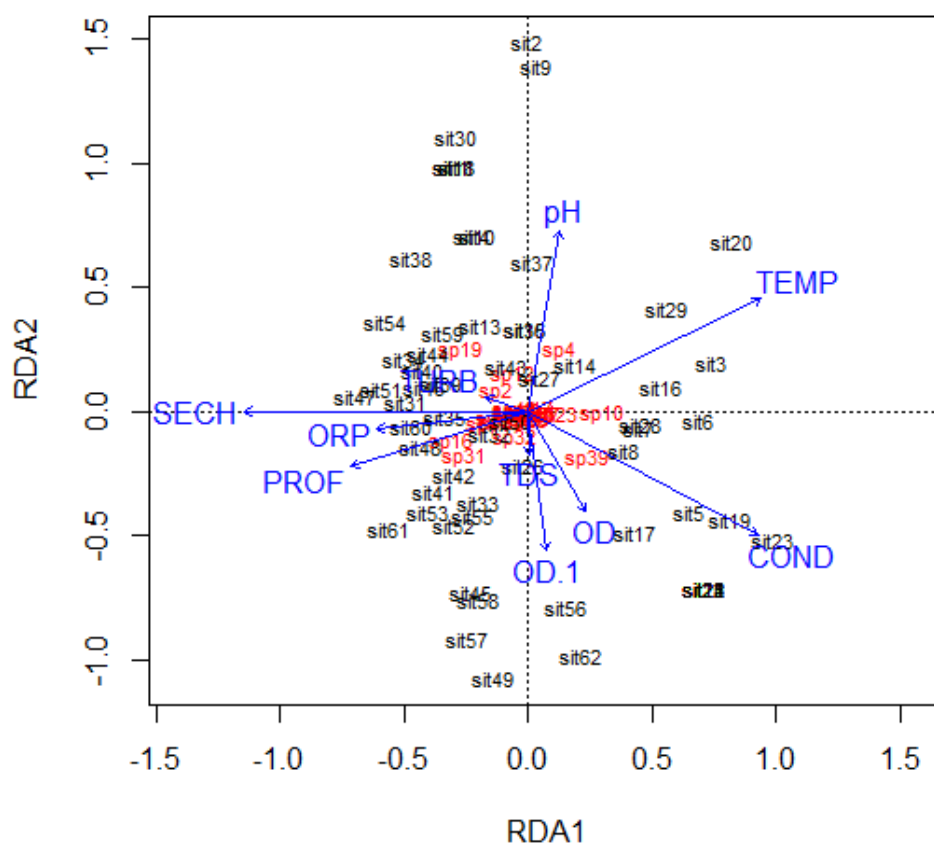


Figura 4. Gráfico RDA das variáveis ambientais e composição de macrófitas aquáticas como variáveis de resposta, no período seco.

Período sazonal x Formas de vida

Apesar da ordenação da Análise de Coordenadas Principais, que representou o total de 87.8% da variação dos dados, mostrar formação de 2 grupos, representando os dois períodos hidrológicos usados no estudo (Cheia e Seca) (Figura 3). A hipótese que os padrões de distribuição das formas de vida das macrófitas aquáticas respondam melhor, ou seja, tenha um maior número de espécies no período chuvoso na UHE Belo Monte, não foi corroborada (Pseudo $F = 1,29$; $p = 0.336$) (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados do teste PERMANOVA. F = estatística do teste; p = valor significativo do teste ($\leq 0,05$ significativo); R2 = variação proporcional atribuída ao tratamento; tratamento = Variável período Hidrológico

	Df	R2	F	p
tratamento	1	0,0129	1,653	0,336
Residual	126	0,987		
Total	127	1		

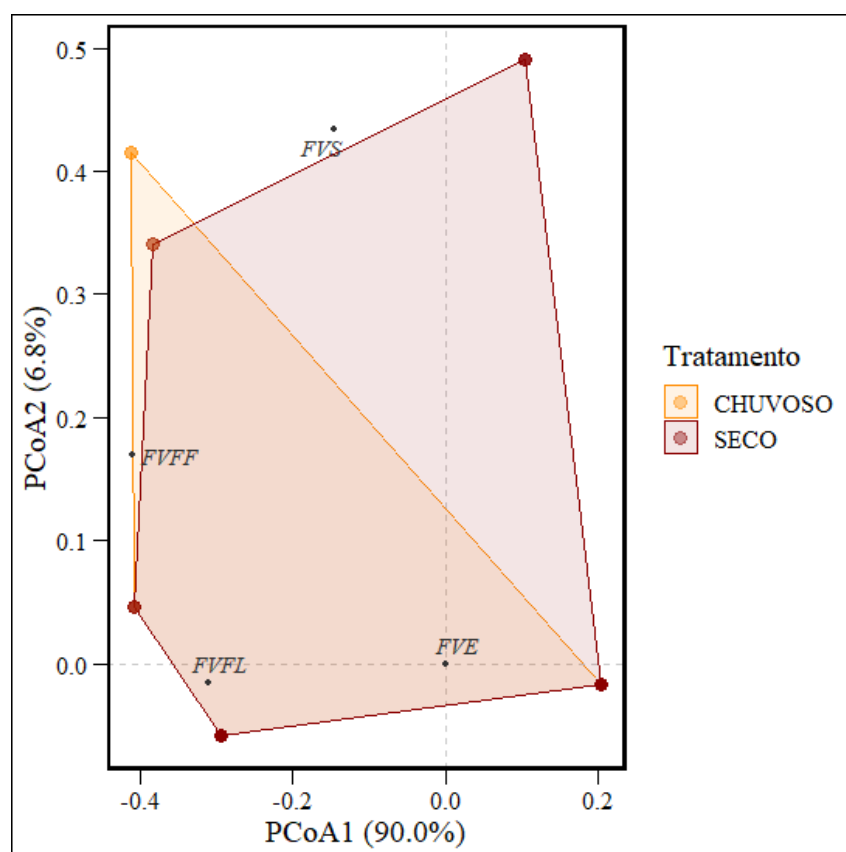


Figura 5 - Ordenação das amostras com base no compartilhamento de formas de vida (FVFF: Forma de vida Flutuante Fixa; FVFL: Forma de vida Flutuante Livre; FVE: Forma de vida Emergente; FVS: Forma de vida Submersa), por tipo de tratamento sumarizada pela Análise de Coordenadas Principais (PCoA).

Período sazonal x Variáveis ambientais

A hipótese que as variáveis ambientais estão estruturadas de maneira diferente entre os períodos hidrológicos (Seca e Chuva) na UHE Belo Monte não foi corroborada, uma vez que a probabilidade do acaso explicar a variação observada na composição foi alta (Pseudo F= 95,00; p= 0.601) (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados do teste PERMANOVA. F = estatística do teste; p = valor significativo do teste ($\leq 0,05$ significativo); R2 = variação proporcional atribuída ao tratamento; tratamento = Variável período Hidrológico

	Df	R2	F	p
tratamento	1	-0,950	-61,388	0,601
Residual	126	1,950		
Total	127	1		

Discussão

O presente estudo apresentou uma riqueza de espécies de macrófitas aquáticas distinta daquelas já registrada em outros estudos desenvolvidos em reservatórios tropicais (Henry-Silva et al., 2010; Moura-Junior et al. 2011; Mormul et al., 2010), os quais registraram mais de 40 espécies cada. As espécies representantes da família Poaceae, Onagraceae e Cyperaceae se destacaram. Cyperaceae e Onagraceae também foram evidenciadas entre as famílias com maior representatividade para outros ecossistemas que são influenciados por variações do regime hidrológico, como o Pantanal mato-grossense (Pivari et al., 2008) e a planície de inundação do alto rio Paraná (Thomaz et al., 2003).

Poaceae é uma das famílias que mais contribuem em número de espécies em levantamentos da flora aquática (Araújo et al., 2012, Campelo et al., 2012). A representatividade dessa família está relacionada principalmente ao alto número de táxons que essa família possui e a elevada produção de sementes (Lorenzi, 2008), o que favorece sua dispersão. As macrófitas da família Poaceae são comumente encontradas nas margens, emergentes, e estão sujeitas a variação do nível da água (Pott e Pott, 2000; Pitelli et al., 2008). A presença marcante dessa família em mananciais aquáticos sugere

alterações recentes no local, possivelmente relacionadas a processos antrópicos (Henry-Silva et al., 2010), nesse caso provavelmente devido a variação no volume de água, ocasionada pela abertura e fechamento das turbinas para geração de energia.

A família Cyperaceae foi o terceiro grupo com maior frequência de ocorrência das espécies de macrófitas aquáticas, e esse resultado condiz com que é encontrado em outros estudos desenvolvidos em ecossistemas aquáticos em outras regiões do Brasil (Mormul et al., 2010; Ferreira et al., 2010). A alta representatividade das espécies dessa família Cyperaceae pode estar relacionada à sua facilidade de propagação devido sistemas subterrâneos formados por rizomas ou estolões e sementes (Goetghebeur, 1998).

As espécies do gênero *Ludwigia* (Onagraceae), definidas por Vieira (2002) como emergentes escandentes, possuem estratégias que permitem sua sobrevivência em áreas úmidas e áreas de inundação. Estudos realizados no Pantanal demonstraram uma maior representatividade do gênero *Ludwigia* devido a plasticidade fenotípica dessas espécies aos seus diferentes estágios de sucessão, variando entre anfíbias e submersas, resultando na capacidade de se desenvolverem em bem variados ambientes (Pott e Pott, 2000).

A região dos trópicos possui uma grande diversidade de reservatórios com diferentes aspectos hidrológicos, e aqueles que apresentam características perenes e que sofrem influência de variações hidrológicas abrigam uma flora aquática vascular pouco diversificada (Thomaz et al., 2003). Alguns estudos realizados em reservatórios, tem demonstrado que o distúrbio causado pelo pulso de inundação estimula o aumento da riqueza e altera a composição florística de macrófitas aquáticas, enquanto que a ausência desses eventos provoca o crescimento excessivo de poucas espécies oportunistas (Santos e Thomaz et al., 2007; Thomaz et al., 2006; Pedro et al., 2006), o que não converge com os resultados encontrados no presente estudo.

A variação da composição florística de macrófitas aquáticas não foi influenciada pelos períodos seco e chuvoso. Essas variações podem ter sido provenientes da ampliação de habitats e da alteração processos de competição interespecífica, devido sua plasticidade fenotípica (Pott & Pott 2000). O potencial das espécies *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees, *Polygonum ferrugineum* Wedd. e *Salvinia auriculata* Aubl., (registradas na maioria dos pontos do estudo florístico) em colonizar ambientes que sofrem diferentes pressões ambientais pode ser considerado um evento comum (Pott & Pott 2000). As espécies supracitadas apresentam uma plasticidade

morfofisiológica que as tornam capazes de colonizar diversos ambientes aquáticos, inclusive de água salobra (Pompêo, 2008).

A elevação ou baixa do nível de água pode provocar modificações nas características hidrológicas do ecossistema, que por sua vez poderão induzir à redução ou o aumento de uma espécie dominante, alterando os processos de competição entre as espécies e permitindo a coexistência de espécies com menor potencial competitivo (Silvertown e Doust, 1993). O que pode ter sido evidenciado pelo nosso estudo que foi realizado com coletas semestrais no final do período chuvoso e outra no início do período seco. Assim, o surgimento de táxons identificadas em sua grande maioria somente no período chuvoso, pode ser explicado pela alteração nos processos de competição inter-específica, causadas pelas mudanças nas características hidrológicas dos reservatórios analisados.

Referências (Capítulo II)

Araújo E.S, Sabino J.H.F, Cotarelli V.M, Siqueira Filho J.A e Campelo M.J.A. Riqueza e diversidade de macrófitas aquáticas em mananciais da Caatinga. *Diálogos e Ciência* (Online) 10: 229-232.2012.

Bleich, M.E., Piedade, M.T.F., Mortati, A.F., André, T. Autochthonous primary production in southern Amazon headwater streams: Novel indicators of altered environmental integrity. *Ecol. Indic.* 53, 154-161.2015.

Bornette, G.; Puijalon, S. Response of aquatic plants to abiotic factors: A review. *Aquat. Sci.* 73, 1–14.2011.

Carvalho, M. C. Comunidade fitoplanctônica como instrumento de biomonitoramento de reservatórios no estado de São Paulo. 2003. 167 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Cervi, A. C. et al. Macrófitas aquáticas do Município de General Carneiro, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 9, p. 215-222, 2009.

Esteves, F. A. Fundamentos de limnologia. 3ªedição. Rio de Janeiro: Interciência. p. 201.2011.

Ferreira, F.A., R.P. Mormul, G. Pedralli, V.J. Pott and A. Pott. Estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Hoehnea* 37(1): 43-52.2010.

Giani, A.; Figueiredo, C. C. Recorrência de padrões sazonais do fitoplâncton num reservatório eutrófico (Reservatório da Pampulha, MG). *Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FAPESP, FUNDBIO, p. 531-550, 1999.

Goetghebeur, P. Cyperaceae; p. 141-190. In K. Kubitzki (ed.). *The families and genera of vascular plants*. Berlin: Springer. 1998.

Hegel, Carla Grasielle Zanin; Melo, Evanisa Fátima Reginato Quevedo. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água dos arroios da RPPN Maragato. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 9, n. 3, p. 673-693, 2016.

Henry-Silva, G.G.; Moura, R.S.T. & Dantas, L.L.O. Richness and distribution of aquatic macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 22, p. 147-156. 2010.

INMET: Instituto Nacional De Meteorologia, avaliado em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/> acesso em: 10 outubro 2024

Junk, W.J; Piedade, M.T.F; Lourival, R; Wittmann, F; Kandus, P; Lacerda, L.D; Bozelli, R.L; Esteves, F.A; Cunha, C.N; Maltchik,L; Schöngart, J; Schaeffer-Novelli,Y; Agostinho, A.A. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification, for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. v. 24, p.5-22, 2014.

Keddy, PAUL A. *Wetland ecology: Principles and conservation*. Cambridge University.2000.

Kovalenko, K., Thomaz, S. and Warfe, D. Habitat complexity: approaches and future directions. *Hydrobiologia*, vol. 685, no. 1, pp. 1-17.2011.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10750-011-0974-z>.

Legendre, P. & L. Legendre. *Numerical Ecology*. Elsevier, Amsterdam.2012.

Legendre, L. & M. J. Anderson. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs* 69: 1–24.1999.

Legendre, P., D. Borcard & P. R. Peres-Neto. Analysing beta diversity: partitioning the spatial variation of Community composition data. *Ecological Monographs* 75(4): 435–450.2005.

Lo, E. Silva, A. Bergier, I. Papel das macrófitas aquáticas na sucessão ecológica em sistemas fluvio-lacustres do Pantanal: Lago Uberaba. Anais 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cuiabá, MT, 22 a 26 de outubro 2016.

Lorenzi, H. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 261 p.2008.

Macedo, C. C. L. et al. Ecologia de reservatórios e interfaces. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, p. 278-293 2015.

Morandeira, N. S.; Kandus, P. Plant functional types and trait values in the Paraná River floodplain: modelling their association with environmental features. *Flora* 220, 63–73. 2016

Mormul, R.P.; Ferreira, F.A.; Carvalho, P.; Michelin, T.S.; Silveira, M.J. & Thomaz, S.M. Aquatic macrophytes in the large, sub-tropical Itaipu Reservoir. **Revista de Biologia Tropical** 58: 1437-1452. 2010.

Moura, M. A. M.; Franco, D. A. S.; Matallo, M. B. Manejo integrado de macrófitas aquáticas. *Divulgação Técnica Biológico*, p. 77-82, 2009.

Moura, M.A.M; Franco, D.A.S; Matallo, M.B. Controle de macrófitas aquáticas. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_7503/macrophytes/index.htm>. Acesso em: 22/01/2023

Moura-Júnior, E.G.; M.C. Abre, W. Severi and G.A.S.T. Lira. 2011. Are floristic composition, richness and life forms of aquatic macrophytes affected by the dam-river gradient of the Sobradinho Reservoir? *Rodriguesia* 62: 731-742.2011

Moutinho, F. H. M. O fitoplâncton como ferramenta para o monitoramento das águas no Reservatório Billings (Diadema/SP), 2016.

Naeem M, Cheema ZA, Azraf-ul-Haq Ahmad, Abdul Wahid A, Kamaran M, Arif M. Weed dynamics in wheat-canola intercropping systems [online]. Chilean J Agric Res. 72(3):434-9.2012.

Nishimura, P. Y. Ecologia da comunidade fitoplanctônica em dois braços da Represa Billings (São Paulo, SP) com diferentes graus de trofia (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo), 2008.

Oksanen, J., Blanchet, F., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P., O'Hara, R., Simpson, G., & Solymos, P. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-6.2019.

Pará. Estatística Municipal de Altamira. **Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará**, 2011.

Pedralli, G. Macrófitos aquáticos: técnicas e métodos de estudos. **Estudos de Biologia** 26: 5-24. 1990.

Pedro, F., L. Maltchik and I. Bianchini JR. Hydrologic cycle and dynamics of aquatic macrophytes in two intermittent rivers of the semi-arid region of Brazil. Brazilian Journal of Biology 2: 575-585.2006.

Pitelli, R.L.C.M., Toffaneli, C.M., Vieira, E.A., Pitelli, R.A., Velini, E.D. Dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório de Santana, RJ. Viçosa. Planta daninha, v. 26, p. 473-480. 2008.

Pivari, M.O.; Salimena, F.R.G.; Pott, V.J.; Pott, A. Macrófitas aquáticas da lagoa Silvana, Vale do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. Iheringia, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 63, n. 2, p. 321-327. 2008.

Pompêo, M.L.M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. Oecologia Brasiliensis 12: 406-424. 2008.

Pott, V. J.; Pott, A. Plantas Aquáticas do Pantanal. Brazil: **Embrapa**. 2000.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Core Team, Vienna.2019.

Ribeiro, M. S. F. Dinâmica de Cianobactérias e a Detecção Molecular de Genes Produtores de Cianotoxinas na Represa Billings. Diadema. 2018.

Santos AM, Thomaz SM. Aquatic macrophytes diversity in lagoons of a tropical floodplain: The role of connectivity and water level. *Austral Ecology* 32: 177-190.2007.

Thomaz, S. M.; Bini, L. M. A expansão de macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatórios: um estudo na represa de Itaipu. In: Raoul, H. (Ed.), *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu, São Paulo, pp. 597-625.1999.

Thomaz, S. and Cunha, E. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 22, no. 2, pp. 218-236.2010. <http://dx.doi.org/10.4322/actalb.02202011>

Thomaz, S. M.; Pagioro, Bini, L. M; Murphy, K. J. Effect of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir (Itaipu, Brazil). *Hydrobiologia*, v. 570, p. 53-59. 2006.

Thomaz, S.M e L.M. Bini. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil; p. 19-38. In S.M, Thomaz and L.M. Bini, (ed.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: EDUEM.2003

Thomaz, S. M. Ecosystem services provided by freshwater macrophytes. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/s10750-021-04739-y>.2022.

Tundisi, J.G.; Tundisi, T.M. *Limnologia*. Oficina de Texto, São Paulo. 632p. 2008.

Vieira, A.O.S. Biologia reprodutiva e hibridação em espécies sintópicas de *Ludwigia* (Onagraceae) no sudeste do Brasil. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP. 140p.2002.

Conclusão Geral

Com a realização desse estudo verificou-se as comunidades de macrófitas aquáticas em face ao aumento de extremos hidrológicos nos reservatórios da UHE Belo Monte e fez-se uma análise preliminar (regime hidrológico) do potencial impacto desses extremos, concluindo-se que:

O presente estudo apresentou uma riqueza de espécies de macrófitas aquáticas distinta daquelas já registrada em outros estudos desenvolvidos em reservatórios tropicais. A estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em pontos com presença e ausência de espécies, variou entre as estações do ano e com os anos. Porém, foi evidenciado o maior desenvolvimento de macrófitas aquáticas na estação chuvosa, evidenciado principalmente pelo número elevado da forma de vida emergente.

No período da seca, houve pontos de coleta sem nenhum espécime encontrado, essa ausência e/ou diminuição da composição e riqueza de espécies no período da seca foi registrado nos três anos estudados. Foram encontrados espécimes principalmente resistentes a ambientes extremos associada e dominando completamente os ambientes na estiagem. Desta forma, podem, no período seco, ser considerados como indicadores da existência de brejos temporários.

As mudanças na estrutura da comunidade foram determinadas pela sazonalidade. Constatando que as condições ambientais da chuva foram mais favoráveis ao desenvolvimento dessas comunidades. E a disponibilidade de luz e de nutrientes, foram as variáveis ambientais mais associadas às mudanças estruturais da comunidade durante o período de estudo.

O ambiente sofreu alteração fitofisionômica marcante relacionada com os períodos de seca e de chuva. Isto é possível determinar ao fato de algumas espécies serem anuais e desaparecerem completamente na época de estiagem e outras, apesar de suportarem os períodos de seca, têm a população profundamente reduzida, alterando a paisagem.

Essas variações podem ter sido provenientes da ampliação de habitats e da alteração processos de competição interespecífica, devido sua plasticidade fenotípica. O que pode ter sido evidenciado pelo nosso estudo que foi realizado com coletas semestrais no final do período chuvoso e outra no final do período seco. Assim, o surgimento de táxons identificadas em sua grande maioria somente no período chuvoso,

pode ser explicado também, pela alteração nos processos de competição interespecífica, causadas pelas mudanças nas características hidrológicas dos reservatórios analisados.

Em síntese, a amostragem dos reservatórios da UHE Belo Monte, não evidenciaram diferenças significativas quanto à composição florística de macrófitas aquáticas nas mudanças sazonais, porém a riqueza específica foi maior no período chuvoso. Os resultados obtidos no presente estudo sugerem que tais variações foram provenientes apenas da ampliação de habitats e da alteração processos de competição interespecífica, em cada período.