

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA / ÁREA DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

SIMONE SANTOS LIRA SILVA

*CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA E ESTRUTURAL DE
MACRÓFITAS EM RESERVATÓRIOS NO ESTADO DE
PERNAMBUCO*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica – PPGB da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, pela aluna **Simone Santos Lira Silva**, como requisito para obtenção do título de Doutor em Botânica.

Orientadora: Profa. Dra. Carmen Sílvia Zickel

Conselheira: Profa. Dra. Ariadne do Nascimento Moura

RECIFE

2011

Ficha catalográfica

S586c Silva, Simone Santos Lira
Caracterização ecológica e estrutural de macrófitas em
reservatórios no estado de Pernambuco / Simone Santos Lira
Silva. – 2011.
107 f. : il.

Orientadora: Carmen Silvia Zickel
Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade
Federal Rural de Pernambuco. Departamento Biologia, Recife,
2011.
Inclui referências e anexo.

1. Macrófitas 2. Reservatórios 3. Pernambuco 4. Riqueza
5. Florística 6. Eutrofização I. Zickel, Carmen Silvia, orientadora
II. Título

CDD 574.5

SIMONE SANTOS LIRA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA E ESTRUTURAL DE MACRÓFITAS EM
RESERVATÓRIOS NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica – PPGB da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, como um dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Botânica.

Defendida em: 28/02/2011

Presidente da Banca / Orientadora

Prof^a Dr^a Carmen Silvia Zickel (UFRPE)

Examinadores:

Prof^a. Dr^a. Edna Scremin-Dias (UFMS)

Prof^a. Dr^a. Enide Eskinazi Leça (UFPE)

Prof^a. Dr^a. Karine Matos Magalhães (UFRPE)

Prof. Dr. William Severi (UFRPE)

Prof^a. Dr^a. Roxana Cardoso Barreto (UFPE) – Suplente

Prof. Dr. Eduardo Bezerra de Almeida Jr. - Suplente

Dedico

*A minha família, meu alicerce e inspiração.
Meus pais Severino e Eunice, meus sobrinhos
Stephany e Gustavo e meus irmãos Sérgio (in
memória), Silvania e Silvio por todo amor,
carinho, respeito e compreensão*

Ofereço

*Ao meu esposo Hypólito Silva, minha filha
Letícia Silva, a Profa. Carmen Zickel, e aos
meus companheiros do LAFLEC.*

Nasceste no lar que precisavas, vestiste o corpo físico que merecias, moras onde melhor Deus te proporcionou, de acordo com teu adiantamento.

Possuis os recursos financeiros coerentes com as tuas necessidades, nem mais, nem menos, mas o justo para as tuas lutas terrenas.

Teu ambiente de trabalho é o que elegeste espontaneamente para a tua realização.

Teus parentes, amigos são as almas que atraístes, com tua própria afinidade. Portanto, teu destino está constantemente sob teu controle.

Tu escolhes, recolhes, eleges, atraís, buscas, expulsas, modificas tudo aquilo que te rodeia a existência. Teus pensamentos e vontades são a chave de teus atos e atitudes...

São as fontes de atração e repulsão na tua jornada vivência.

Não reclames nem te faças de vítima. Antes de tudo, analisa e observa. A mudança está em tuas mãos. Reprograme tua meta, busque o bem e viverás melhor.

"Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim".

Benção (Chico Xavier)

Agradecimentos

Em primeiro lugar a Nossa Senhora da Conceição que atendeu a todas as minhas preces. A ela minha eterna gratidão por me consolar nos meus momentos de angústia e pela alegria que depositaste em meu coração nos momentos mais difíceis.

À minha querida orientadora Profa. CARMEN ZICKEL, muitíssimo obrigada por confiar em mim e no meu trabalho, pela amizade, presteza, generosidade, paciência, compreensão, disponibilidade em ajudar durante todos os momentos de nosso trabalho, pela dedicação e pelos valiosos conselhos.

À HYPÓLITO, minha cara metade e companheiro, pela compreensão e cuidado dispensados a mim em todos os momentos. E que sempre torceu pelo meu sucesso. À minha querida filha, LETÍCIA, que mesmo sem saber do que se tratava sempre perguntava “Mainha tá terminando?”

Aos meus pais SEVERINO e EUNICE, e irmãos, SÉRGIO (in memória), SILVANIA e SILVIO. Sou eternamente grata a vocês. Nem mil palavras escritas seriam suficientes para expressar meu agradecimento e meu amor.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco por disponibilizar todo apoio logístico e estrutural para realização deste trabalho. Em especial a Coordenadora do Programa Profa. Carmen Zickel, a secretária Kênia pela dedicação e companheirismo, aos funcionários Sr. Manasses (Seu Mano), Tony, Érika e Leide. E aos ex-funcionários D. Margarida e Ariane.

Ao CT-Hidro – Fundo Setorial de Recursos Hídricos, pela concessão da bolsa de estudo, essencial para a realização deste trabalho. À FACEPE - Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco, pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) a minha grande companheira de coleta, Liliane Lima.

À minha conselheira Profa. Dra. Ariadne Moura, pela dedicação, sugestões valiosas e experiência transmitida.

Aos meus amigos e parceiros LAFLEC'ANOS Carmen Zickel, Claudjane Alves, Edson Moura Jr., Liliane Lima, Luciana Maranhão, Patrícia Lima, Tássia Pinheiro, Valdira Santos - pelo respeito, espírito de união, contribuição para o meu aprendizado, momentos de descontração e conversas “apimentadas” após o almoço. Enfim, quando penso em cada um de vocês a palavra que vem à minha mente é GENEROSIDADE. Fui muito abençoada por Deus quando os conheci! Porém, sem esquecer aqueles que já passaram pelo laboratório e deixaram saudades Adriano Vicente, Daniel Portela, Eduardo Almeida Jr., Francisco Soares, James Cantarelli, Muriele Olivo, Tâmara Soriano, Ricardo Soares e Urbano da Silva. E como já dizia Soares “o companheirismo e a amizade de todos fez crescer em mim um sentimento de família impar. A família LAFLEC de fato existe”.

À Equipe do LABIFIC Eduardo Fuentes, Emanuel Cardoso, Helton Soriano, João Silva, Nísia Aragão, Micheline Kézia e Viviane, pela colaboração nos procedimentos laboratoriais e pela ajuda no processamento e análise físico-química da água. E à Teresa do laboratório de Limnologia do Departamento de Pesca.

Á Edson Moura Jr., Eduardo Fuentes e Eduardo Almeida Jr. e Pela valiosa ajuda na coleta de material botânico, na realização e interpretação das análises estatísticas, respectivamente.

Aos Professores Edna Scremin-Dias, Enide Eskinazi Leça, Eduardo Almeida Jr., Karine Magalhães, Roxana Barreto e William Severi por aceitarem tão prontamente o convite à banca examinadora da minha defesa de Tese, pelas críticas também, as quais me fazem refletir e crescer!

Aos pesquisadores Bernadete Costa e Silva, Ana Odete, Ana Du Bocage, Alexandre Silva, Fernando Galindo, Jorge Irapuã, Marccus Alves, Olivia Okano e Rita Pereira pela ajuda na identificação das espécies.

Á todas as pessoas que contribuíram para realização deste trabalho e que não me recordei neste milésimo de segundo. Deixo aqui meus sinceros agradecimentos!

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

Lista de Figuras e Tabelas.....	x
Resumo.....	xiii
Abstract.....	xv
Introdução.....	17
Revisão de Literatura.....	19
1. Macrófitas aquáticas	19
1.1. Conceito das macrófitas aquáticas	19
1.2. Classificação das macrófitas aquáticas quanto ao seu hábito ou forma de vida.....	20
2. Breve histórico dos estudos florísticos de macrófitas aquáticas no Brasil	22
3. Reservatórios	25
3.1. Impactos ocasionados pela construção de reservatórios	26
3.2. Processo de eutrofização em reservatórios	26
4. Macrófitas aquáticas como plantas daninhas	27
4.1. Características das principais espécies de macrófitas aquáticas em reservatórios	28
5. Macrófitas aquáticas e sua relação com os parâmetros físico-químicos da água ..	30
5.1. Índices e indicadores de qualidade de água	31
6. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras	33
7. Referências	36

MANUSCRITO 1

Riqueza e diversidade de macrófitas aquáticas em reservatórios do nordeste do Brasil	55
Resumo.....	56
1. Introdução	57
2. Metodologia	58
2.1 Áreas de estudo	58
2.2 Procedimentos de campo	58
2.3 Procedimentos de laboratório	60

2.4 Análises dos dados	60
3. Resultados	60
4. Discussão	67
5. Referências	69

MANUSCRITO 2

Relação entre macrófitas aquáticas e fatores abióticos em reservatórios do nordeste do Brasil.....	77
Resumo	78
1. Introdução.....	79
2. Metodologia	80
2.1 Áreas de estudo	80
2.2 Procedimentos de campo	80
2.2.1 Amostragem dos parâmetros bióticos	80
2.2.2 Amostragem dos parâmetros abióticos	82
2.3 Procedimentos de laboratório	82
2.3.1 Estudos bióticos	82
2.3.2 Estudos abióticos	83
2.3.3 Tratamento e análise estatística dos dados	83
3. Resultados	84
3.1 Análises dos parâmetros bióticos.....	84
3.2 Análises dos parâmetros abióticos.....	86
3.3 Análise de Correspondência Canônica (CCA)	89
4. Discussão.....	92
5. Referências	94

ANEXO	99
--------------------	----

Normas do Periódico Aquatic Botany

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Introdução

Figura 1. Formas de vida das macrófitas aquáticas: 1- Anfíbia, 2 - Emergente, 3 - Flutuante fixa, 4 - Flutuante livre, 5 - Submersa fixa, 6 - Submersa livre, 7 - Epífita. Fonte: Pott e Pott (2000).....	22
Tabela 1. Classificação do Índice de Estado Trófico elaborado por Carlson (1977), modificado por Toledo <i>et al.</i> (1983).....	32

Manuscrito 1

Tabela 1. Relação dos reservatórios avaliados quanto a estrutura de macrófitas aquáticas, indicando os municípios e localização geográfica, no Estado de Pernambuco, nordeste do Brasil.....	59
Tabela 2. Dados climáticos obtidos para as áreas de reservatórios avaliados, com as respectivas zonas fitogeográficas do Estado de Pernambuco, nordeste do Brasil.	59
Tabela 3. Relação das espécies de macrófitas aquáticas coletadas em reservatórios de Pernambuco, nordeste do Brasil, seguidas das formas biológicas zona de ocorrência. Formas biológicas: emergente (EM), flutuante livre (FL), flutuante fixa (FF), submersa fixa (SF). Reservatórios: Apipucos (1), Prata (2), Tapacurá (3), Jucazinho (4), Tabocas (5), Mundaú (6), Arcoverde (7), Jazigo (8). Zona fitogeográfica: zona da mata/litoral (M), zona do agreste (A), zona do sertão (S).....	61
Tabela 4. Dados relativos a estrutura de comunidade das macrófitas aquáticas nos reservatórios da zona da mata/litoral, agreste e sertão do estado de Pernambuco. H' - Índice de diversidade Shannon-Weaver e J' - Índice de equabilidade de Pielou. Períodos sazonais: R1C - 1º período chuvoso; R2C - 2º período chuvoso; R1S - 1º período seco; R2S - 2º período seco.....	63
Tabela 5. Relação das espécies registradas nos reservatórios da zona da mata/litoral, agreste e sertão de Pernambuco, ordenadas por densidade relativa (DeR) e frequência relativa (FreR). Períodos sazonais: R1C – 1º período chuvoso; R2C - 2º período chuvoso; R1S - 1º período seco; R2S - 2º período seco.....	64

Manuscrito 2

Tabela 1. Relação dos reservatórios estudados, com os respectivos municípios e localização geográfica, no Estado de Pernambuco, nordeste do Brasil.....	81
Tabela 2. Dados referentes à área, precipitação, clima e temperaturas para cada zona fitogeográfica do Estado de Pernambuco, nordeste do Brasil.....	81
Tabela 3. Relação das variáveis químicas analisadas e os respectivos métodos de obtenção dos dados abióticos em reservatórios de Pernambuco, nordeste do Brasil.	83
Tabela 4. Relação das espécies de macrófitas aquáticas (e respectivas siglas de referência), encontradas nos reservatórios de Pernambuco, seguidas de formas biológicas e área de ocorrência. Formas biológicas: emergente (EM), flutuante livre (FL), flutuante fixa (FF), submersa fixa (SF). Reservatórios: Apipucos (1), Prata (2), Tapacurá (3), Jucazinho (4), Tabocas (5), Mundaú (6), Arcoverde (7), Jazigo (8). Zona fitogeográfica: zona da mata/litoral (M), zona do agreste (A), zona do sertão (S).....	84
Tabela 5. Variações sazonais dos parâmetros físico-químicos, obtidos da água para os reservatórios no Estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. Períodos sazonais: R1C – 1º período chuvoso, R2C 2º período chuvoso, R1S – 1º período seco, R2S – 2º período seco. Parâmetros abióticos: Profundidade do ponto - Prof , Transparência da água – Tra agu, Temperatura do ar - Tem ar, Temperatura da água – Tem agu, Oxigênio dissolvido - Ox dis, Saturação de Orogênio – Sat oxi, Condutividade – cond, Turbidez – Turb, Potencial hidrogeniônico – pH, Fósforo total – PT, Fósforo Total Dissolvido – PTD, Ortofosfato – PO4, Nitrogênio total – NT.....	87
Tabela 6. Classificação trófica e suas respectivas zonas fitogeográficas obtidas para os reservatórios do Estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. Períodos sazonais: R1C - 1º período chuvoso; R2C - 2º período chuvoso; R1S - 1º período seco; R2S - 2º período seco.....	89
Tabela 7. Resumo estatístico e coeficientes de correlação entre as macrófitas e variáveis abióticas dos dois primeiros eixos da CCA, nos reservatórios da zona da mata/litoral (Apipucos, Prata e Tapacurá), zona do agreste (Jucazinho, Tabocas e Mundaú) e zona do sertão (Arcoverde e Jazigo), no estado de Pernambuco, nordeste do Brasil.....	92

- Figura 1a e 1b.** Diagrama gerado pela análise de correspondência canônica (CCA) entre as espécies de macrófitas aquáticas em três reservatórios da zona da mata/litoral, do estado de Pernambuco, nordeste do Brasil, e as variáveis abióticas significativas (setas). As macrófitas aquáticas estão identificadas por siglas na Tabelas 5. As variáveis abióticas e os períodos sazonais na Tabela 6. Reservatórios: Apipucos – Api, Prata – Pr, Tapacurá – Tp..... 90
- Figura 2a e 2b.** Diagrama gerado pela análise de correspondência canônica (CCA) entre as espécies de macrófitas aquáticas em três reservatórios do agreste, do estado de Pernambuco, nordeste do Brasil, e as variáveis abióticas significativas (setas). As macrófitas aquáticas estão identificadas por siglas na Tabelas 5. As variáveis abióticas e os períodos sazonais na Tabela 6. Reservatórios: Jucazinho – Ju, Tabocas – Tb, Mundaú – Mu..... 91
- Figura 3a e 3b.** Diagrama gerado pela análise de correspondência canônica (CCA) entre as espécies de macrófitas aquáticas em dois reservatórios do sertão, do estado de Pernambuco, nordeste do Brasil, e as variáveis abióticas significativas (setas). As macrófitas aquáticas estão identificadas por siglas na Tabelas 5. As variáveis abióticas e os períodos sazonais na Tabela 6. Reservatórios: Arcoverde - Av, Jazigo - Jz..... 91

RESUMO

SILVA, Simone Santos Lira. Caracterização ecológica e estrutural de macrófitas em reservatórios no estado de Pernambuco. Recife, 2011. 107p. Tese (Doutorado). Universidade Federal rural de Pernambuco.

As macrófitas aquáticas desempenham importante função na manutenção e equilíbrio dos ambientes aquáticos, sendo considerada como a principal fonte produtora de matéria orgânica. Servem de abrigo e/ou alimentação para diversos tipos de organismos, atuam na despoluição dos ambientes aquáticos, na produção de biomassa, no controle de erosão hídrica, no melhoramento físico e nutricional do solo, e na ciclagem de nutrientes, entre outros. Apesar da grande ocorrência de macrófitas nos ecossistemas aquáticos, são poucos os trabalhos de pesquisa, realizados sobre plantas aquáticas, principalmente do ponto de vista taxonômico, florístico e/ou ecológico em Pernambuco. O território pernambucano proporciona a existência de sucessivas paisagens geográficas, dando lugar a três zonas fitogeográficas bem definidas: zona da mata/litoral, agreste e sertão. O presente estudo teve como objetivos: a) caracterizar os reservatórios de Apipucos, Prata, Tapacurá (zonada mata/litoral), Jucazinho, Tabocas, Mundaú (zona do agreste), Arcoverde e Jazigo (zona do sertão) situado no estado de Pernambuco, através da identificação dos táxons existentes e suas respectivas formas biológicas; b) examinar se existe diferença na riqueza dos reservatórios entre os períodos sazonais (chuvoso/seco); e c) a partir da composição florística em oito reservatórios no estado de Pernambuco, e em diferentes regiões fitogeográficas (zona da mata/litoral, agreste e sertão) é possível identificar a relação de quais variáveis abióticas (transparência da água, temperatura do ar, temperatura da água, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, condutividade, turbidez, pH, fósforo total, fósforo total dissolvido, ortofosfato e nitrogênio total) poderão influenciar na distribuição das espécies de macrófitas. Foram realizadas coletas de macrófitas aquáticas e amostras da água para as análises físico-químicas em todos os reservatórios, em duas épocas do ano (seco e chuvoso), no período de abril de 2008 a fevereiro de 2010. Na margem litorânea do reservatório foram demarcados 5 transectos (em posição perpendicular a margem) cada um com 10 m de comprimento com espaçamento de 10 m entre eles. O ponto zero do transecto foi a partir da região litorânea (margem inundável) do reservatório. As coletas foram realizadas alternadamente a cada 2 m do transecto, em parcelas de PVC de 50 x 50 cm, totalizando 25 parcelas por reservatório em cada período

sazonal. Foram identificadas 65 espécies, distribuídos em 29 famílias. As famílias que apresentaram maior representatividade de espécies foram: Poaceae (14 spp.), Cyperaceae (6 spp.), Fabaceae-Faboideae e Onagraceae com quatro espécies cada. A forma biológica mais comum foi a emergente com (53 spp.), seguidas de flutuante livre (6 spp.), submersa fixa (4 spp.) e flutuante fixa (2 spp.). Os resultados mostraram que, a riqueza de espécies foi relativamente elevada, quando comparada a outros estudos em reservatórios. Os maiores índices de diversidade de Shannon foram registrados para os reservatórios de Apipucos (zona da mata/litoral), Tabocas e Mundaú (zona do agreste), e Arcoverde e Jazigo (zona do sertão). De acordo com o índice de estado trófico, os reservatórios foram classificados como eutróficos. Foi observado também que as macrófitas estão distribuídas nos diferentes reservatórios de maneira diferenciada, e que não foi comprovada a exclusividade de espécies por regiões fitogeográficas. Contudo, o período seco e chuvoso interfere efetivamente na diversidade de espécies. Análise de Correspondência Canônica (CCA) permitiu separar as espécies nos reservatórios baseados nas variáveis abióticas ortofosfato, turbidez, pH, transparência da água e condutividade. Contudo, não foi verificada correlação entre as espécies de macrófitas e os fatores abióticos.

Palavras-chave: macrófitas, reservatórios, riqueza, diversidade, Pernambuco, eutrofização, zonas fitogeográficas

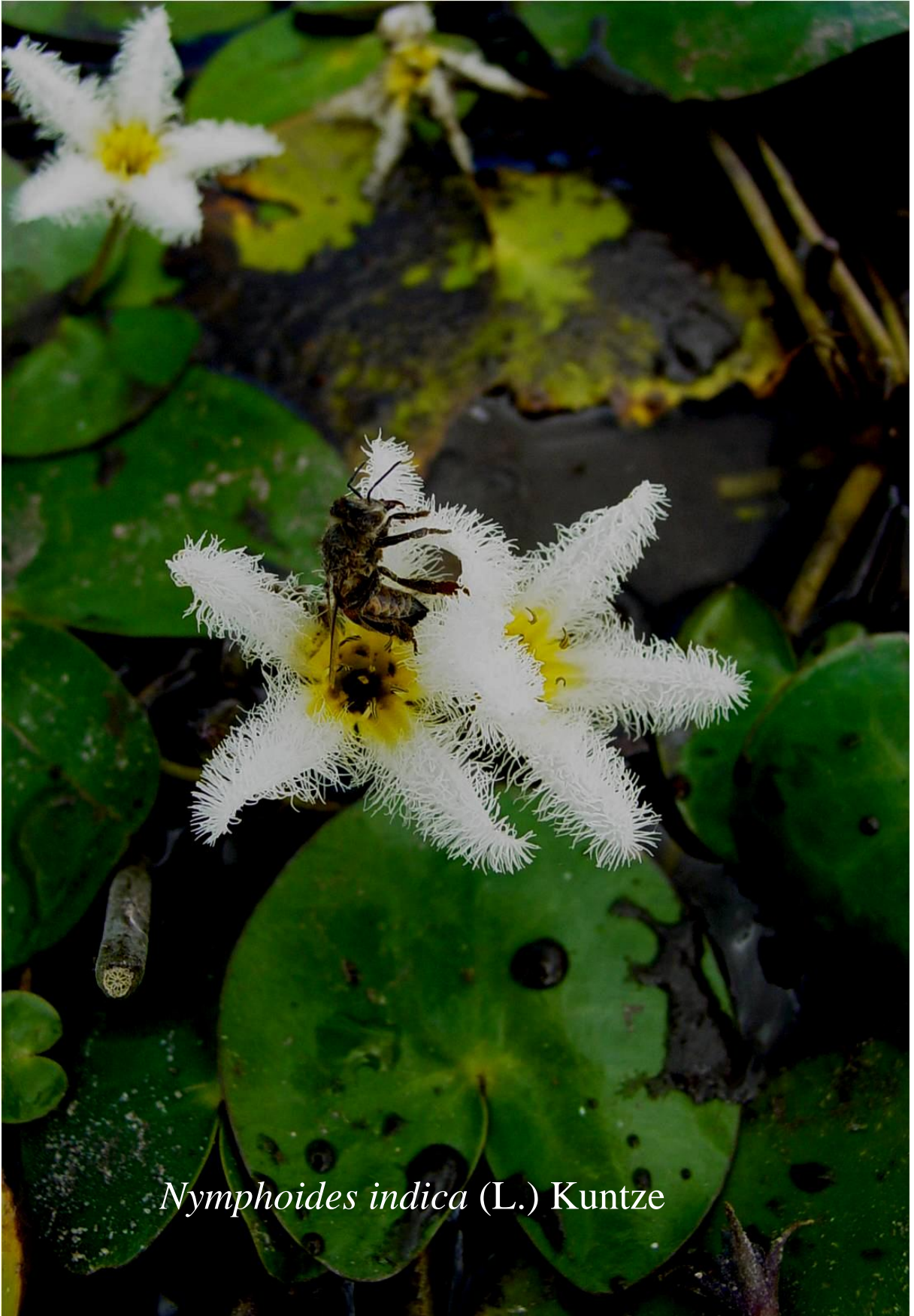
ABSTRACT

SILVA, Simone Santos Lira. Caracterização ecológica e estrutural de macrófitas em reservatórios no estado de Pernambuco. Recife, 2011. 107p. Tese (Doutorado). Universidade Federal rural de Pernambuco.

Aquatic macrophytes play an important role in the maintenance and equilibrium of aquatic environment, being considered as the main source that produces organic matter. They are shelter and/or food for many types of organisms and help cleaning aquatic environments, also acting on biomass production, water erosion control, soil physical and nutritional improvement and on nutrient cycling, among others. Despite the great occurrence of macrophytes on aquatic ecosystems, there are few researches dedicated to aquatic plants in Pernambuco, mainly under the taxonomic, floristic and ecological point of view. Pernambuco's territory allows the existence of successive geographical landscapes, giving place to three well-defined phytogeographical zones: *zona da mata/coast*, *agreste* and *sertão*. This study aimed to: a) characterize the reservoirs of *Apipucos*, *Prata*, *Tapacurá* (*zona da mata/coast*), *Jucazinho*, *Tabocas*, *Mundaú* (*agreste* zone), *Arcoverde* e *Jazigo* (*sertão* zone) placed in the state of Pernambuco, by identifying the existent *taxa* and their respective biological forms; b) examine the existence of differences on reservoir's richness between seasonal periods (rainy/dry); and c) coming from the floristic composition in eight reservoirs in the state of Pernambuco, and in different phytogeographical regions (*zona da mata/coast*, *agreste* and *sertão*) it is possible to identify which related abiotic variables (water transparency, air temperature, water temperature, dissolved oxygen, oxygen saturation, conductivity, turbidity, pH, total phosphorous, total dissolved phosphorous, orthophosphate and total nitrogen) can influence the distribution of macrophyte species. Aquatic macrophyte and water sample collections were performed for physic-chemical analyses in all reservoirs for both dry and rainy seasons in the period from April, 2008 to February, 2010. On the reservoir's coastal margin 5 transects were established (perpendicular to the margin), each one with 10 m and 10 m distant from each other. The beginning of each transect was the coastal region (floodable margin) of the reservoir. Collections were performed alternately each 2m of the transect in PVC 50 x 50 cm parcels, totalizing 25 parcels in each reservoir for each seasonal period. A total of 65 species were identified, distributed in 29 families. The most

representative families were: Poaceae (14 spp.), Cyperaceae (6 spp.), Fabaceae-Faboideae and Onagraceae, each one with 4 species. The most common biological form was the emergent (53 spp.), followed by free floating (6 spp.), submerged (4 spp.) and rooted floating (2 spp.) The results showed that species richness was relatively high when compared to other researches in reservoirs. The highest Shannon diversity indexes were registered for the reservoirs of Apipucos (*zona da mata/ coast*), Tabocas and Mundaú (*agreste zone*), and Arcoverde and Jazigo (*sertão zone*). According to the trophic state index the reservoirs were classified as eutrophic. It was also observed that macrophytes are distributed in the different reservoirs in a distinct way and there is no species exclusivity for phytogeographical regions. However, the dry and rainy periods effectively influences species diversity. The Canonical Correspondence analysis (CCA) allowed the separation of species in the reservoirs based on the abiotic variables orthophosphate, turbidity, pH, water transparency and conductivity. However, no correlation was found among macrophyte species and abiotic factors.

Key-words: macrophytes, reservoirs, richness, diversity, Pernambuco, eutrophication, phytogeographical zones.



Nymphoides indica (L.) Kuntze

INTRODUÇÃO

Uma das primeiras menções ao termo macrófitas aquáticas foi proposta por Weaner & Clements (1938), que definiram de maneira muito ampla: plantas herbáceas que crescem na água, em solos cobertos por água ou em solos saturados com água. Contudo a definição de macrófitas aquáticas já é um termo consagrado, adotado pelo International Biological Program (IBP), sendo a denominação mais adequada para caracterizar vegetais que ocorrem desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos, incluindo desta forma, vegetais desde macroalgas até plantas vasculares (ESTEVES, 1998).

As macrófitas aquáticas são originalmente vegetais terrestres que sofreram modificações adaptativas, ao longo do curso evolutivo, sendo capazes de colonizar diversos tipos de ambientes aquáticos como lagos, lagoas, zonas úmidas, rios, represas, cachoeiras, etc. (ESTEVES, 1998). Isto se deve ao fato das espécies de macrófitas apresentarem adaptações morfofisiológicas, além de possuírem a capacidade de colonizar os ambientes aquáticos com diferentes características físicas e químicas (SCULTHORPE, 1967).

Até a década de 50, acreditava-se que as macrófitas aquáticas desempenhavam papel pouco relevante na dinâmica dos ecossistemas lacustre sendo seu estudo muito negligenciado no âmbito das pesquisas limnológicas. No entanto, com o aprofundamento do conhecimento, particularmente após estudos efetuados nas regiões tropicais, ficou evidenciado o seu importante papel (ESTEVES, 1998).

A importância das macrófitas aquáticas está amplamente discutida na literatura (ESTEVES e CAMARGO 1986; HORNE e GOLDMAN 1994; THOMAZ e BINI, 1998; BIANCHINI JR. et al., 2002; HENRY-SILVA e CAMARGO, 2003), sendo sua utilização como bioindicadoras da qualidade da água em ambientes lóticos e lênticos uma das mais relevantes (PEDRALLI, 2003).

O biomonitoramento através de macrófitas aquáticas apresenta diversas vantagens quando comparado a outros índices de monitoramento da qualidade de água (PEDRALLI, 2003). As macrófitas aquáticas, como bioindicadora, permitem uma avaliação segura e mais confiável da qualidade ambiental. Isso acontece porque as mesmas possuem aplicações práticas, são alternativas mais eficazes e mais baratas do que sofisticadas análises físicas e químicas, muito mais dispendiosas. (ROCHA, 2009).

No Brasil, especialmente nas duas últimas décadas houve grande desenvolvimento de pesquisas com macrófitas aquáticas (THOMAZ e BINI, 2003). Estudos envolvendo essa comunidade em reservatórios brasileiros estão separados por dois aspectos distintos. No primeiro enfoque, enquadram-se trabalhos de cunho ecológico que procuram identificar, por

exemplo, padrões de distribuição de espécies, fatores determinantes do crescimento e decomposição da biomassa, além do papel das macrófitas na manutenção do funcionamento e estrutura dos ambientes aquáticos (BIANCHINI JR., 2003; CAMARGO et al., 2003; CASATTI et al., 2003). No segundo enfoque, encontram-se as pesquisas que visam manejar e controlar o crescimento excessivo da vegetação aquática quando a mesma interfere nos usos múltiplos dos ecossistemas aquáticos (MARCONDES et al., 2003; MIYAZAKI e PITELLI, 2003).

No Nordeste do Brasil, estudos abordando as macrófitas aquáticas ainda são escassos. Entretanto, podem-se citar alguns trabalhos de cunho florístico, estruturais e/ou ecológico, como os de Barbieri e Pinto (1999) no Maranhão; Matias et al. (2003) no Ceará; Henry-Silva et al. (2010) no Rio grande do Norte; França et al. (2003), Oliveira et al. (2005), Neves et al. (2006), Nascimento et al. (2008), Pereira et al. (2008) e Moura Jr. et al. (2010) para a Bahia.

Em Pernambuco, apesar da grande ocorrência de ecossistemas aquáticos, há uma lacuna maior de informações referentes a essa comunidade aquática, principalmente no que diz respeito aos estudos florísticos, taxonômicos e ecológicos em reservatórios. Entretanto, a despeito do crescimento que essas pesquisas vêm sofrendo nas últimas décadas, com os trabalhos de Sarmiento (1959; 1960), Pereira e Nascimento (2009), Lima et al. (2009), Moura Jr. et al. (2009) e Sobral-Leite et al. (2010), fica claro o quanto ainda tem-se a percorrer para preencher esta lacuna e ampliar os estudos sobre as macrófitas aquáticas especialmente no que se refere a flora para os reservatórios de Pernambuco (SILVA e ZICKEL, 2010).

Os estudos nesse ecossistema é sem dúvida um fator relevante e imprescindível para possibilitar a sua preservação, bem como o seu manejo. Sendo assim, o presente estudo teve como hipóteses: 1) que existem diferenças de riqueza e diversidade da flora aquática nos reservatórios de diferentes regiões fitogeográficas de Pernambuco; e 2) e que os períodos de chuva e seco devem interferir na flora desses reservatórios. 3) que a flora de macrófitas está relacionada com as variáveis abióticas (transparência da água, temperatura do ar, temperatura da água, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, condutividade, turbidez, pH, fósforo total, fósforo total dissolvido, ortofosfato e nitrogênio total) nos reservatórios no estado de Pernambuco de diferentes regiões fitogeográficas (zona da mata/litoral, agreste e sertão).

Para responder as perguntas, esta tese é composta por dois manuscritos. O primeiro traz um estudo sobre a estrutura da vegetação aquática em oito reservatórios do estado de Pernambuco, obtido através de parâmetros estruturais e de diversidade. O segundo manuscrito apresenta uma relação entre as espécies de macrófitas aquáticas e fatores abióticos em reservatórios de Pernambuco.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Macrófitas aquáticas

1.1. Conceito das macrófitas aquáticas

A terminologia utilizada para descrever o conjunto de vegetais adaptados ao ambiente aquático é muito variada. Em literaturas especializadas encontramos termos como hidrófitas, helófitas, euhidrófitas, limnófitos, plantas aquáticas, macrófitas, macrófitos e traqueófitos aquáticos, entre outros (RAUNKIER, 1934; IVERSEN, 1936; SCULTHORPE, 1967; COOK et al., 1974; MARTINS e CARAUTA, 1984; ESTEVES, 1998). No entanto, “macrófitas aquáticas” proposta por Weaner e Clements em 1938, é o termo considerado de uso mais corrente no Brasil (ESTEVES, 1998; POMPEO e MOSCHINI-CARLOS, 2003). As várias denominações dadas para esses vegetais, talvez se devam ao fato da maioria das pesquisas enfocando as macrófitas ter sido realizada na década de 60 e abordado apenas os aspectos taxonômicos. Em vista disso, os diferentes termos até então utilizados para caracterizar esses vegetais, não eram os mais adequados do ponto de vista ecológico (ESTEVES, 1998).

A definição de macrófitas aquáticas vem sendo discutida e modificada por diversos autores ao longo da história. Uma das primeiras terminologias utilizadas foi a de Raunkier (1934), o qual chamou de hidrófitas as plantas aquáticas submersas e as de folhas flutuantes (excluindo totalmente as macrófitas emersas). Em seguida, Iversen (1936) propôs o termo limnófitos para os vegetais superiores presentes em água doce (excluindo aqueles de água salobra e salgada).

O termo macrófitas aquáticas foi primeiramente mencionado por Weaner e Clements (1938), que as definiram como plantas herbáceas que crescem na água, em solos cobertos por água ou em solos saturados por esta. Por outro lado, hidrófita vascular foi a terminologia utilizada por Sculthorpe (1967) para designar as plantas aquáticas visíveis a olho nu, onde inclui as criptógamas, pteridófitas e angiospermas, excluindo as macroalgas e as briófitas. Cook et al. (1974) definem macrófitas de água doce como sendo todos os vegetais pertencentes às Divisões Charophyta, Bryophyta, Pteridophyta e Spermatophyta, cujas partes fotossintetizantes ativas estão permanentemente, ou por alguns meses, todos os anos, submersos em água doce ou flutuantes na superfície da água. Segundo Wetzel (1975), macrófitas aquáticas refere-se às formas macroscópicas de vegetação aquática, englobando macroalgas, algumas espécies de musgos, pteridófitas e angiospermas.

Para Martins e Carauta (1984), o termo correspondente é hidrófitas, o qual se refere aos vegetais que vivem na água ou sobre ela. Entretanto, baseado na proposta de Cook et al. (1974), Irgang e Gastal (1996) utilizam um conceito mais amplo, denominando as macrófitas

aquáticas como sendo vegetais visíveis a olho nu, cujas partes fotossintetizantes ativas estão permanentemente, ou por diversos meses, todos os anos, total ou parcialmente submersas em água doce ou salobra, ou ainda flutuantes.

Apesar dessa variação em designar e caracterizar esses vegetais, para o International Biological Program (IBP), o termo macrófitas aquáticas constitui uma designação geral para os vegetais que habitam desde brejos até ambientes totalmente submersos, sendo esta terminologia baseada no contexto ecológico, independentemente, em primeira instância, de aspectos taxonômicos (ESTEVES, 1998).

1.2. Classificação das macrófitas aquáticas quanto ao seu hábito ou forma de vida

As macrófitas aquáticas possuem distribuição fitogeográfica mais ampla do que a maioria das plantas terrestres, este fato, é decorrente das variações sofridas pelos fatores do ambiente aquático, possibilitando assim, o aparecimento de muitas espécies cosmopolitas (IRGANG e GASTAL JR., 1996).

Elas estão presentes em muitos nichos e em diversos tipos de habitats como tanques, lagos, lagoas, brejos, fitoelmos, cachoeiras, rios, riachos, canais, reservatórios, mares e oceanos (IRGANG et al., 1984; ESTEVES, 1998; SCREMIN-DIAS et al., 1999). Alguns dos fatores que auxiliam nesta vasta distribuição é o fato de grande parte das macrófitas aquáticas apresentarem disseminação por pássaros e um alto potencial de reprodução vegetativa (IRGANG e GASTAL JR., 1996).

Devido à heterogeneidade filogenética e taxonômica das macrófitas aquáticas, estes vegetais são preferencialmente classificados quanto ao seu biótipo, denominados genericamente de grupos ecológicos (ESTEVES, 1998). Nas plantas aquáticas a forma de vida, ou forma biológica, é o seu hábito (morfologia e modo de crescer) considerado em relação à superfície da água. Wetzel (1975) sintetiza as principais características da vegetação de macrófitas da seguinte forma: macrófitas emergentes – produzem órgãos reprodutivos aéreos, localizam-se em regiões com pouca profundidade (1,5 m) e são geralmente perenes e com rizomas desenvolvidos; macrófitas com folhas flutuantes – principalmente angiospermas que ocorrem em regiões com profundidades de 0,5 a 3,0 m, as folhas flutuantes incidem na ponta de longos pecíolos ou em pecíolos curtos e os órgãos reprodutores são aéreos ou flutuantes; macrófitas submersas – ocorrem em todas as profundidades, na zona eufótica, sendo que as angiospermas estão limitadas a 10 m (1 atm de pressão), suas folhas apresentam forma muito variada, com órgãos reprodutivos aéreos flutuantes ou submersos; macrófitas

flutuantes – um grupo sem raízes no substrato, que flutua livremente, de diversas formas e com órgãos reprodutivos aéreos ou flutuantes.

Visando atender melhor as peculiaridades da flora, considerando modificações no sistema de classificação, Irgang et al. (1984) apresentaram distribuição de espécies nos corpos d'água baseada em sete formas biológicas: anfíbia ou semi-aquática - capaz de viver bem tanto em área alagada como fora da água, geralmente modificando a morfologia da fase aquática para a terrestre quando baixam as águas; emergente - enraizada no fundo, parcialmente submersa e parcialmente fora d'água; flutuante livre - não enraizada no fundo, podendo ser levada pela correnteza, pelo vento ou até pelos animais; flutuante fixa - enraizada no fundo, com caule e/ou ramos e/ou folhas flutuantes; submersa livre - não enraizada no fundo, totalmente submersa, geralmente emergindo somente as flores; submersa fixa - enraizada no fundo, caule e folhas submersos, geralmente saindo somente a flor para fora d'água; e epífita - que se instala sobre outras plantas aquáticas (Fig. 1).

Posteriormente, Esteves (1988) propôs uma classificação em grupos ecológicos da seguinte forma: macrófitas aquáticas emersas - plantas enraizadas no sedimento e com folhas acima da lâmina d'água; macrófitas aquáticas com folhas flutuantes - plantas enraizadas no sedimento e que se desenvolvem com folhas flutuantes na lâmina da água; macrófitas aquáticas submersas enraizadas - plantas enraizadas no sedimento, que crescem totalmente submersas; macrófitas aquáticas submersas livres - plantas que apresentam raízes pouco desenvolvidas e que flutuam submersas em águas de pouca turbulência; macrófitas aquáticas flutuantes - plantas que se desenvolvem flutuando livremente no espelho d'água.

Irgang e Gastal Jr. (1996) apresentaram a seguinte classificação ecológica e formas biológicas das macrófitas aquáticas: flutuantes livres (sem raízes ou com raízes pendentes) - abaixo, acima ou na superfície; enraizadas no substrato – plantas com partes vegetativas inteiramente submersas, com folhas flutuantes, com caules flutuantes e folhas emergentes, com partes vegetativas emergentes, trepadeiras e anfíbias tolerantes à seca; e enraizadas (sobre outras plantas aquáticas) - epífitas.

Espécies de plantas aquáticas podem apresentar mais de uma forma biológica, dependendo da condição do habitat, ou seja, no nível de água em que esteja submetida, ou mesmo com o tempo de vida da espécie. Por exemplo, *Echinodorus tenellus* (Mart.) Buch. (Alismataceae), passa de submersa, a emergente para terrestre, portanto anfíbia e *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth (Pontederiaceae) varia conforme a idade, pois quando jovem é submersa fixa e adulta flutuante fixa ou livre (POTT e POTT, 2000).

Este fato possibilita que uma mesma espécie colonize os mais diferentes tipos de ambientes, além disso, a grande maioria das macrófitas aquáticas são capazes de suportar longos períodos de seca. Neste caso tomando formas terrestres, com profundas modificações morfológicas, adaptações anatômicas, fisiológicas e, sobretudo, fenotípicas (ESTEVES, 1998).

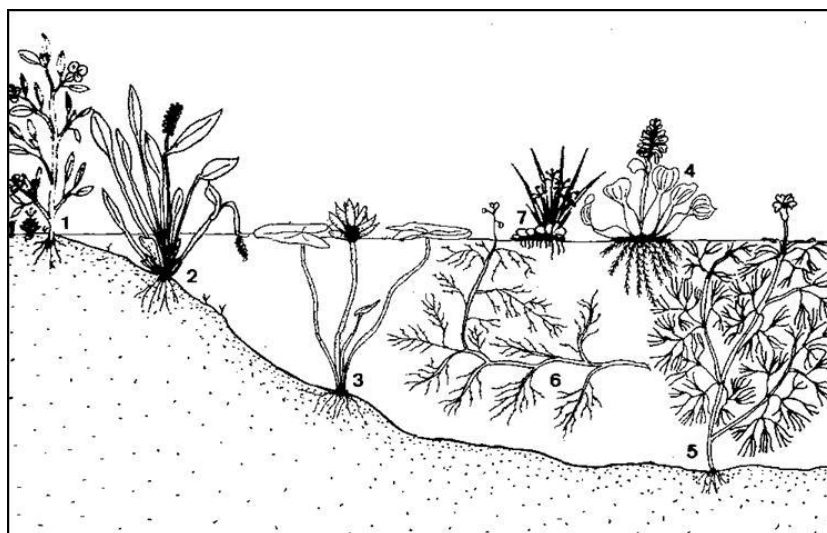


Figura 1. Formas de vida das macrófitas aquáticas: 1- Anfíbia, 2 - Emergente, 3 - Flutuante fixa, 4 - Flutuante livre, 5 - Submersa fixa, 6 - Submersa livre, 7 - Epífita. Fonte: Pott e Pott (2000).

2. Breve histórico dos estudos florísticos de macrófitas aquáticas no Brasil

O trabalho precursor sobre macrófitas aquáticas neotropicais no Brasil, pode ser conferido ao dinamarquês Eugene Warming, que publicou em 1892 o livro "Lagoa Santa: Et Bidrag til den Biologiske Plantegeografi". Porém, esta obra clássica só foi traduzida para a língua portuguesa em 1908, sob o título "Lagoa Santa: contribuição para a geografia fitobiológica". A sistemática, distribuição, fitogeografia e ecologia da vegetação terrestre em torno da Lagoa Santa-MG foram os principais temas deste livro. No entanto, Warming também descreveu em detalhes as plantas aquáticas anfíbias da lagoa, fazendo as primeiras conclusões sobre zonação e sucessão de plantas aquáticas (THOMAZ e BINI 2003).

Posteriormente, Hoehne publicou em 1948 o livro "Plantas Aquáticas", o qual foi reimpresso em 1955 e 1979. Este clássico, além de ser uma referência sobre sistemática, foi o primeiro estudo a abordar a distribuição e aspectos ecológicos básicos da vegetação verdadeiramente aquática brasileira. A obra elaborada em diversos corpos de água no estado de São Paulo, abrangendo todos os grupos de vegetais aquáticos, incluindo as microalgas, macroalgas, pteridófitas e fanerógama (HOEHNE, 1979).

Mais tarde, Esteves em 1988, com uma segunda edição em 1998, publicou o livro “Fundamentos de Limnologia”. Em cuja obra o autor dedicou um capítulo especialmente para as macrófitas aquáticas. O mesmo é ilustrado com exemplos de estudos desenvolvidos no Brasil, além de ser considerado como a primeira síntese sobre o conhecimento das macrófitas produzido em nosso país (ESTEVES, 1998).

Especificamente, a partir da década de 90, foram publicados vários livros que abordaram as macrófitas aquáticas, principalmente no que se refere aos aspectos da sistemática e ilustrações das espécies, representando assim, uma significativa contribuição para o conhecimento da flora aquática brasileira, até então desconhecida.

O livro “Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do RS” de Irgang & Gastal Jr. (1996) é considerado, até hoje, como uma referência nacional para os trabalhos relacionados à taxonomia de macrófitas aquáticas. Neste estudo, os autores apresentaram relação de cerca de 300 espécies de macrófitas aquáticas, além de chaves de identificação e fotos de exsicatas. Após esta significativa contribuição para o conhecimento da flora aquática tivemos “Nos Jardins Submersos da Bodoquena” de Scremin-Dias et al. (1999), que apresentaram um guia para identificação de plantas aquáticas ocorrentes em de Bonito (MS) e região; e “Plantas Aquáticas do Pantanal” de Pott e Pott (2000) com descrições de 246 espécies de macrófitas aquáticas, informações como nomes científicos e vulgares, observações sobre etimologia, hábito, formas biológicas, utilização, cultivo, ecologia, ocorrência e distribuição, além de chaves simplificadas de identificação das espécies. Permitindo, um maior conhecimento da flora aquática da região. Por fim o “Guia de campo para plantas aquáticas e palustres do Estado de São Paulo”, por Amaral et al. (2008), que incluem a descrição de cerca de 400 espécies, além de ilustrações das mesmas.

Em análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidas no Brasil, Thomaz e Bini (2003) verificaram que, entre os temas abordados, existe maior concentração de trabalhos enfocando levantamentos florísticos, seguidos por decomposição, composição química da biomassa e interação com outras populações ou assembléias de macrófitas. Para os autores, o predomínio de levantamentos florísticos é um ponto positivo na produção científica brasileira sobre macrófitas aquáticas, tendo em vista que os mesmos contribuem para a quantificação da biodiversidade aquática de nossos ecossistemas.

No Brasil, as pesquisas que abordaram a composição florística das macrófitas aquáticas em diferentes corpos d’água ocorreram principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sul, e especialmente no Sudeste. Dentre as pesquisas realizadas para as principais regiões podem ser citados os trabalhos de Pott e Pott (1997), Fortney et al. (2004), Rocha et al. (2007)

e Pivari et al. (2008a) para o Centro-Oeste; Irgang et al. (1984), Oliveira et al. (1988), Gastal Jr. e Irgang (1997), Rosa e Irgang (1998), Bini et al. (1999), Kita e Souza (2003), Lisboa e Gastal Jr. (2003) e Thomaz et al. (2003) para o Sul; Henriques et al. (1988), Beyruth (1992), Reis e Barbosa (1993), Pedralli et al. (1993a, 1993b), Pedralli e Meyer (1996), Tanaka et al. (2002), Bove et al. (2003), Martins et al. (2003), Viana et al. (2004), Bini et al. (2005), Carvalho et al. (2005), Cavenaghi et al. (2005), Martins et al. (2008), Pivari (2008b) e Barros et al. (2009) para o Sudeste.

Para a região Nordeste, observa-se um déficit grande quando se refere a pesquisas enfocando as macrófitas aquáticas. Contudo, uma breve revisão abordando os diversos conceitos de macrófitas aquáticas, assim como, uma avaliação das metodologias de trabalhos que abordam esta comunidade para o Nordeste do Brasil foi realizada por Silva e Zickel (2010). Dentre os escassos trabalhos desenvolvidos nessa região e de grande importância destacam-se Barbieri e Pinto (1999) para o Maranhão; Filho (1988), Matias e Nunes (2001) e Matias et al. (2003) para o Ceará; Henry-Silva et al. (2010) no Rio grande do Norte; França et al. (2003), Oliveira et al. (2005), Neves et al. (2006), Nascimento et al. (2008), Pereira et al. (2008) e Moura Jr. et al. (2010) para a Bahia.

No estado de Pernambuco, há lacuna maior de informações referentes a essa comunidade aquática, principalmente no que diz respeito aos estudos florísticos, taxonômicos e ecológicos, apesar do crescimento dessas pesquisas nos últimos anos. Entre os estudos precursores que enfocam a flora aquática destacam-se os trabalhos de Sarmiento (1959; 1960) para as lagoas litorâneas de Maranguape e do Pau Sangue. Entretanto, somente após 50 anos surgiram novos trabalhos, como os de Pereira e Nascimento (2009) para o açude de Apipucos, Sobral-Leite et al. (2010) que apresentaram checklist das macrófitas vasculares para o Estado, Lima et al. (2009) que realizaram um levantamento de Herbário e Moura Jr. et al. (2009) que compararam a diversidade de macrófitas aquáticas nos reservatórios do Meio e Prata.

De acordo com Pompêo e Moschini-Carlos (2003), apesar do crescente número de profissionais que se dedicam aos estudos dessas comunidades aquáticas, dos vários grupos de pesquisas distribuídos pelo território nacional e dos inúmeros trabalhos e discussões apresentados em congressos, simpósios e outros eventos publicados em revistas científicas, na prática, há poucos especialistas atuando continuamente no estudo dessa importante comunidade aquática no Brasil.

3. Reservatórios

O Brasil é um país privilegiado em recursos naturais, pois possui 13% dos recursos hídricos superficiais de água doce do mundo (BRAILE e CAVALCANTI, 1993), embora só utilize um quarto de seu potencial (TUNDISI et al., 2006). Sua rede hidrográfica é formada por ecossistemas aquáticos fluviais e lacustres, permanentes ou temporários, de grande representatividade dentre os diversos ecossistemas que compõem a paisagem natural do território nacional. Constituem ambientes lênticos, lóticos, efêmeros ou permanentes de poucos metros a vários quilômetros quadrados, com características físico-químicas bastante variadas (BOVE et al., 1998).

As barragens, represas ou reservatórios são considerados como lagos artificial, pois são originários de uma barreira construída num rio para a retenção de água, destinada à geração de energia elétrica, abastecimento de cidades, indústrias, irrigação, navegação, pesca, recreação e regularização dos cursos d'água, além de servir ainda como elemento importante no desenvolvimento de diversas atividades da bacia hidrográfica (TUNDISI et al., 2006; MARGALEF, 1984).

A formação do reservatório representa a criação de ecossistema lêntico que experimentará processo de sucessão de populações, com substituição gradativa das espécies, assim como a distribuição do número de espécies por grupo ecológico. Essas alterações decorrentes da formação de um novo ambiente também se refletirão na distribuição do número de espécies por grupo ecológico. Contudo em determinado estágio de sua evolução, esses ambientes serão colonizados por macrófitas aquáticas, em maior ou menor escala (FUEM/Itaipu Binacional. 1997).

No Brasil, a construção de grandes reservatórios foi idealizada principalmente para atender à crescente demanda energética (JULIO JR. et al., 2005) e abastecimento público, atingindo seu máximo desenvolvimento nas décadas de 60 e 70 (TUNDISI, 2007). Os reservatórios têm sido utilizados, ainda que de forma incipiente e não planejada, com a finalidade de controle de vazão, recreação (pesca esportiva, praias artificiais e esportes náuticos), navegação, abastecimento de água (urbano e rural), destinação de efluentes urbanos e pesca profissional (JULIO JR. et al., 2005).

Na região Nordeste, os reservatórios são utilizados principalmente para armazenamento e abastecimento público (HEO e KIM, 2004), devido às secas periódicas que tradicionalmente assolam essa região (MOLLE e CADIER, 1992), e/ou para contenção de enchentes estando, alguns deles, localizados nas regiões áridas e semi-áridas do estado, caracterizados por déficit de precipitação ao longo do ano.

3.1. Impactos ocasionados pela construção de reservatórios

Apesar de sua importância econômica, a construção dos reservatórios ocasiona, diretamente ou indiretamente, grandes alterações na dinâmica dos ecossistemas aquáticos e terrestres (TUNDISI, 2005). Essas alterações ocorrem não só com as características físicas, químicas e biológicas da água, como também com a fauna e a flora, principalmente quando se refere à infestação do mesmo por espécies exóticas.

Além das mudanças sociais (deslocamento de populações, emigração humana excessiva, problemas de saúde pela propagação de doenças hidricamente transmissíveis) ocorridas na região onde são construídos (BRANCO e ROCHA, 1977; STRASKRABA et al., 1993; TUNDISI 2005), outros efeitos negativos podem ser visto a partir da criação de reservatórios, como: perda de espécies nativas de peixes de rios; perda de terras férteis e de madeira; perda de biodiversidade (espécies únicas); necessidade de compensação pela perda de terras agrícolas, locais de pesca e habitações, bem como peixes, atividades de recreio e de subsistência; redução do teor de oxigênio dissolvido no fundo e nas vazões liberadas (zero em alguns casos); aumento dos teores de H_2S e CO_2 no fundo e nas vazões liberadas (STRAŠKRABA et al., 1993; STRAŠKRABA e TUNDISI, 2000).

3.2. Processo de eutrofização em reservatórios

Milhares de anos podem decorrer até que um reservatório apresente as condições ideais para a proliferação de peixes e ostente as macrófitas aquáticas em sua superfície. Para os limnólogos este processo denominado de eutrofização ou envelhecimento natural, ocorre quando as condições do reservatório passam de oligotróficas para eutróficas (ESTEVES e BARBOSA, 1986).

A eutrofização natural é resultado da descarga de nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais, que erodem e lavam a superfície da terra para os sistemas aquáticos. No entanto, o homem aprendeu a reproduzir o processo natural e assim surgiu a eutrofização artificial ou cultural. Esta eutrofização é proveniente dos despejos de esgotos domésticos e industriais e da descarga de fertilizantes aplicados na agricultura (TUNDISI, 2005).

A partir dos anos 90, o processo de eutrofização tem-se intensificado em reservatórios brasileiros devido aos seguintes fatores: aumento do uso de fertilizantes nas bacias hidrográficas, aumento da população humana, elevado grau de urbanização sem tratamento de esgotos domésticos e intensificação de algumas atividades industriais que acarretam em excessiva carga de fósforo, nitrogênio e matéria orgânica para essas represas.

A eutrofização é mais frequente em lagos e represas que em rios, devido às condições ambientais favoráveis, como baixa turbidez e menor velocidade da água, favorecendo o surgimento de algas e outras plantas (VON SPERLING, 1996).

4 . Macrófitas aquáticas como plantas daninhas

A vegetação aquática passa a ser considerada como daninha quando a mesma se prolifera de forma descontrolada nos reservatórios e rios, podendo causar sérios prejuízos como: acúmulo de lixo e outros sedimentos; dificuldades na navegação; prejuízos ao turismo, à pesca, aos esportes náuticos, ao transporte de cargas das hidrovias, ao abastecimento público e às usinas hidrelétricas na geração de energia; reduz a concentração de oxigênio; e promovem a criação de condições adequadas para instalação e manutenção de populações de insetos e outros organismos indesejáveis, incluindo vetores de doenças humanas; (JUNK et al., 1981; ESTEVES, 1998; MARTINS et al., 1999; TANAKA, 2002; THOMAZ, 2002).

O crescimento descontrolado das macrófitas aquáticas ocorre quando alguma espécie é introduzida ou quando ecossistemas aquáticos são criados ou manipulados artificialmente. Neste último caso, podem ser citados como exemplos o controle de cheias, a criação de reservatórios e o aumento de nutrientes e material particulado, derivados da ausência de tratamento de esgotos ou da má utilização da bacia de drenagem. Um exemplo clássico de introdução desastrosa refere-se a *Eichhornia crassipes*, considerada uma das principais daninhas nos países onde foi introduzida (COOK, 1990).

O aparecimento de ambiente favorável ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas, após a criação de reservatório, foi avaliado no reservatório de Itaipu. Nesse estudo, as alterações decorrentes da formação do novo ambiente também se refletiram na distribuição do número de espécies por grupo ecológico, tendo em vista que houve um aumento no número de espécies submersas em relação aos demais grupos. Este aumento pode estar associado à redução da velocidade da água, aumento da estabilidade do sistema (redução das flutuações dos níveis de água), aumento da penetração de luz e enriquecimento do sedimento em nutrientes e matéria orgânica (FUEM/Itaipu Binacional 1997). A sequência dos diferentes grupos ecológicos de macrófitas aquáticas que colonizam os ecossistemas aquáticos durante a eutrofização foi sugerida por diversos autores (WETZEL, 1975; ESTEVES, 1998; MOSS, 1993), que indicaram o surgimento de espécies emergentes, submersas e flutuantes no início do processo, o qual está associado à fertilização dos ecossistemas aquáticos e à redução da profundidade. No entanto, nos estágios mais avançados da eutrofização, as espécies

submersas enraizadas geralmente entram em declínio em virtude da redução da penetração da luz, causada pelo desenvolvimento do fitoplâncton.

Alguns exemplos de plantas aquáticas daninhas comumente encontradas nos reservatórios brasileiros são: *Azolla caroliniana* Willd. (azola, tapete d'água, musgo d'água, samambaia-aquática), *Egeria densa* Planch. (elodea, elodea brasileira, erva d'água), *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (aguapé, baronesa, rainha dos lagos), *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth (dama do lago, orelha de veado, aguapé), *Lemna valdiviana* Phil. (lentilha-da-água, pasta-miúda, pesca-miúda), *Pistia stratiotes* L. (alface d'água, pasta, lentilha d'água), *Salvinia auricula* Aubl. (carrapatinho, murué, erva-de-sapo) e *Wolffia brasiliensis* Wedd. (lodinho-verde) (LORENZI, 2008).

Contudo, apesar das macrófitas causarem sérios problemas em reservatórios às mesmas são consideradas como importantes componentes estruturais dos ecossistemas aquáticos, além de serem fundamentais para a dinâmica das biocenoses desses ambientes. Estas plantas constituem importante fonte de carbono e energia na base da cadeia alimentar, bem como proporcionam habitat de alimentação e de refúgio para várias formas jovens de organismos aquáticos. Além disso, as macrófitas promovem heterogeneidade espacial e temporal que favorece a biodiversidade dos corpos hídricos, fornecem substrato para colonização e crescimento do perífiton e absorvem o excesso de nutrientes dissolvidos na água (PITELLI, 1998).

4.1. Características das principais espécies de macrófitas aquáticas em reservatórios

As espécies flutuantes *Azolla caroliniana*, *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia auriculata* (KLEIN e AMARAL, 1988; THOMAZ, 2002), são as macrófitas mais estudadas no Brasil. Além destas, *Egeria densa* tem sido amplamente estudada no Nordeste do Brasil

A família Pontederiaceae inclui as espécies conhecidas popularmente como aguapés, representadas no Brasil principalmente pelos gêneros *Heteranthera*, *Pontederia* e *Eichhornia*, sendo esta última a de maior importância e ocorrência (KLEIN e AMARAL, 1988).

Eichhornia azurea é particularmente encontrada nas planícies da América do Sul, associada aos ambientes aquáticos das bacias Amazônica, do Paraguai e do Paraná (BARRET, 1978; BIANCHI et al., 2000; ALVES DOS SANTOS, 2002). Esta espécie apresenta-se submersa quando jovem e flutuante fixa quando adulta. Abundante no Pantanal, pode ser encontrada em diversos tipos de habitats, como lagoas permanentes, temporárias e rios (POTT e POTT, 2000).

Eichhornia crassipes é considerada atualmente como cosmopolita, de origem na América do Sul, mas, devido à sua beleza, sobretudo das flores, foi rapidamente introduzida em diferentes regiões do mundo, onde acabou se tornando a pior planta invasora de ambientes aquáticos (HOLM et al., 1969). Além de ser a espécie mais estudada no mundo (POTT e POTT, 2000) é considerada por Holm et al. (1991) como a oitava planta daninha de maior expressão mundial, sendo, no Brasil, a espécie mais perniciosa (LORENZI, 2008). Entretanto, no Pantanal, *E. crassipes* não oferece problemas, uma vez que a mesma está sendo controlada por insetos, fungos, caramujos e peixes, além da competição com outras plantas aquáticas (POTT e POTT, 2000).

Salvinia auriculata, da família Salviniaceae, macrófita aquática flutuante livre muito comum em água doce, sob condições favoráveis sendo rapidamente disseminada por propagação vegetativa, colonizando extensas superfícies de água em um tempo reduzido (GARDNER e AL-HAMDANI, 1997).

Azolla caroliniana, pteridófita aquática de pequeno porte da família Azollaceae, pode ser encontrada em mananciais de água preferencialmente parada. Esta espécie cobre toda a superfície da água impedindo a penetração da luz e perturbando o equilíbrio do ecossistema aquático (LORENZI, 2008). O gênero *Azolla* foi descrito pela primeira vez por Lamarck em 1783 e inclui sete espécies (CARRAPIÇO et al., 2001). Sua distribuição vai desde o Canadá e Estados Unidos ao Brasil, Bolívia, Argentina e Uruguai (POTT & POTT, 2000). Algumas espécies foram introduzidas no continente europeu onde, graças à sua grande capacidade de adaptação, têm ocupado novos habitats, preferindo habitats com águas paradas ou de fraca correnteza (CARRAPIÇO et al., 2001).

Pistia stratiotes, da família Araceae, encontra-se entre uma das mais importantes macrófitas aquáticas flutuantes livres (KLEIN e AMARAL, 1988), além de ser a planta aquática mais amplamente distribuída no mundo (CÍCERO et al., 2007). A reprodução de *Pistia stratiotes* é principalmente vegetativa. As plantas jovens priorizam o desenvolvimento de folhas, enquanto plantas adultas priorizam a formação de estolões. A reprodução sexual, embora ocorra, é menos eficiente (SILVA, 1981). Nativa do continente sul-americano, essa planta rapidamente foi levada para vários locais do mundo, em decorrência do caráter ornamental de sua folhagem. Nos locais onde foi introduzida, essa macrófita causa inúmeros problemas aos usos múltiplos dos corpos hídricos (KISSMANN, 1997).

Lemna valdiviana e *Lemna minor*, família Araceae, são facilmente identificadas por serem plantas diminutas e possuem uma raiz em cada fronde. Estas espécies possuem grande

vigor vegetativo e reprodutivo, podendo cobrir a superfície de uma lagoa em pouco tempo (LORENZI, 2008).

As espécies *Egeria densa* e *Egeria najas*, da família Hydrocharitaceae, são plantas aquáticas submersas fixas, conhecidas como indicadoras de eutrofização, e consideradas nativas da América do Sul. Como *Egeria densa* é muito apreciada pelos aquaristas para ornamentação e oxigenação dos aquários, foi introduzida de modo acidental ou deliberada em várias partes do mundo, como exemplo, Chile, Itália, Canadá, Cuba, Dinamarca, França, Japão e Estados Unidos entre outros (COOK e URMI-KONIG, 1984; IRGANG e GASTAL JR., 1996). Já *Egeria najas* foi registrada em alagados do Pantanal (POTT e POTT, 2000).

5 . Macrófitas aquáticas e sua relação com os parâmetros físico-químicos da água

O crescimento das cidades nas últimas décadas tem sido responsável pelo aumento da pressão das atividades antrópicas sobre os recursos naturais. Em todo o planeta, praticamente não existe um ecossistema que não tenha sofrido influência direta e/ou indireta do homem, como por exemplo, contaminação dos ambientes aquáticos, desmatamentos, contaminação de lençol freático e introdução de espécies exóticas, resultando na diminuição da diversidade de habitats e perda da biodiversidade. Como consequência destas atividades, tem-se observado uma expressiva queda da qualidade da água e perda de biodiversidade aquática, em função da desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas (GOULART e CALLISTO, 2003).

A legislação brasileira referente à qualidade da água é a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, nº 357, de 17 de março de 2005. Essa resolução dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Os padrões de qualidade das águas determinados nesta resolução estabelecem limites individuais para cada substância, em cada classe, sendo mais restritivo quanto mais nobre for o uso pretendido (BRASIL, 2005). Entretanto, para o Ministério da Saúde a qualidade da água para consumo humano deve seguir os padrões estabelecidos pela Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000, a qual “estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (FUNASA, 2001).

Tradicionalmente, a avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos tem sido realizada através da medição de alterações nas concentrações de variáveis físicas e químicas. Este sistema de monitoramento, juntamente com a avaliação de variáveis

microbiológicas (coliformes totais e fecais), constitui-se como ferramenta fundamental na classificação e enquadramento de rios e córregos em classes de qualidade de água e padrões de potabilidade e balneabilidade humanas (GOULART e CALLISTO, 2003).

Todavia, dados referentes especificamente sobre diversidade e ocorrência de macrófitas em reservatórios brasileiros ainda são escassos na literatura. Principalmente, quando se refere a estudos realizados com o intuito de classificar a qualidade da água através dos parâmetros físicos e químicos e relacioná-las com a presença ou não de macrófitas aquáticas.

Contudo, entre as poucas pesquisas realizadas em reservatórios brasileiros abordando este aspecto, foi observado que a ocorrência das espécies de macrófitas aquáticas flutuantes está fortemente relacionada com altas concentrações de fósforo na água (BINI et al., 1999); e que a elevada turbidez ocasiona uma baixa transmissão de luz na coluna d'água, alterando assim o desenvolvimento de plantas aquáticas submersas, como *Egeria densa* e *Egeria najas* (CAVENAGHI et al., 2003; 2005). Já a presença de *Eichhornia crassipes*, observada em grande escala em alguns reservatórios, independe de uma maior ou menor turbidez da água (CARVALHO et al., 2005).

Para Whitfield (2001), o monitoramento das variáveis físicas e químicas traz algumas vantagens e desvantagens na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos. Como vantagem, o autor cita a identificação imediata de modificações nas propriedades físicas e químicas da água; a detecção precisa da variável modificada, e a determinação destas concentrações alteradas. Como desvantagem, a descontinuidade temporal e espacial das amostragens. Contudo, a amostragem das variáveis físico-químicas fornece apenas uma fotografia momentânea do que pode ser uma situação altamente dinâmica.

5.1. Índices e indicadores de qualidade de água

A poluição das águas origina-se principalmente de efluentes, tanto doméstico, quanto industrial e da exploração agrícola, associada, principalmente, ao tipo de uso e ocupação do solo (HOLMES, 1996; VARIS, 1996). Os primeiros estudos relacionando o nível de pureza e a poluição da água foram realizados na Alemanha em 1848 (OTT, 1978). Segundo Derísio (1992), estes estudos procuraram sintetizar os dados de qualidade da água, através da relação entre o nível de pureza da água e a poluição, com a ocorrência de determinadas comunidades de organismos aquáticos. Em lugar de um valor numérico, a qualidade da água era categorizada em classes com vários níveis de poluição.

Índices de qualidade da água foram propostos visando resumir as variáveis analisadas em um número, que possibilite analisar a evolução da qualidade da água no tempo e no espaço e que sirva para facilitar a interpretação de extensas listas de variáveis ou indicadores (GASTALDINI e SOUZA, 1994). Segundo Ott (1978), existem três tipos básicos de índices de qualidade de água: os índices elaborados a partir da opinião de especialistas; os índices baseados em métodos estatísticos e os índices biológicos (cujos dados necessários para sua formulação ainda não são rotineiramente obtidos em programas de monitoramento).

Dentre estes, encontra-se o Índice do Estado Trófico (IET- Carlson) que tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas (CETESB, 2008).

Entretanto, o IET de Carlson (1977) era baseado em dados obtidos em lagoas de clima temperado, enquanto que no Brasil predomina o clima tropical, e a diferença existente entre estas regiões podem alterar significativamente as respostas dos organismos aquáticos aos fatores que influem em suas atividades vitais.

Em vista disso, Toledo et al. (1983) propuseram modificações nas expressões originais do IET de Carlson (1977), para adequá-las aos ambientes tropicais. Resultando nos Índices de Estado Trófico para a transparência (disco de Secchi), clorofila *a* e fósforo total. A classificação do IET de Carlson (1977) modificado por Toledo et al. (1983) para estabelecer o índice de estado trófico para os reservatórios tropicais encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do Índice de Estado Trófico elaborado por Carlson (1977), modificado por Toledo *et al.* (1983).

Estado Trófico	Critério
Oligotrófico	IET < 44
Mesotrófico	44 < IET < 54
Eutrófico	IET > 54

A partir das modificações do Índice de Estado Trófico, os ambientes segundo a CETESB (2003) podem ser classificados como: *Oligotrófico* - corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes; *Mesotrófico* - corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos; *Eutrófico* - corpos de água com alta produtividade em relação às

condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.

6 . Macrófitas aquáticas como bioindicadoras

Diversos estudos relacionados à distribuição das espécies de macrófitas aquáticas, assim como à abundância, biomassa e densidade da comunidade de macrófitas, têm sido desenvolvidos visando conhecer aspectos ecológicos desta comunidade, analisando quais os fatores que favorecem ou desfavorecem a sua ocorrência. A compreensão destes aspectos e das respostas das diferentes espécies de macrófitas é de grande valia para a sua utilização como bioindicadoras no monitoramento da poluição das águas, no seu controle onde o crescimento excessivo é indesejável e no manejo e recuperação de áreas degradadas (ALI et al., 1999; CAMARGO et al., 2003; PEDRALLI, 2003).

Ultimamente, os termos biomonitoramento, biomonitor, bioindicação, bioindicador ou, simplesmente, monitoramento, têm sido comumente usados na biologia aplicada, ecologia e ciências ambientais. Apesar do número crescente de publicações nessa área, ainda existe uma grande confusão na terminologia. Porém, o termo (bio) indicador começou a ser usado mais frequentemente na literatura biológica alemã a partir dos anos 60 (LIMA, 2001).

Plantas e/ou animais usados para a bioindicação vêm sendo chamados de bioindicadores. A princípio, cada ser vivo é um bioindicador, pois a resposta (a reação) a fatores externos (as ações) é um dos atributos fundamentais da vida em si (KLUMPP, 2001). Contudo, este termo está sendo normalmente usado de uma forma mais restrita. De acordo com Arndt et al. (1996) os bioindicadores são organismos ou comunidades de organismos que reagem a alterações ambientais com a modificação de suas funções normais e/ou da sua composição química, permitindo assim conclusões a respeito das condições ambientais.

Os bioindicadores são importantes para correlacionar com um determinado fator antrópico ou um fator natural com potencial impactante, representando importante ferramenta na avaliação da integridade ecológica (condição de “saúde” de uma área, definida pela comparação da estrutura e função de uma comunidade biológica entre uma área impactada e áreas de referência) (UFMG, 2009).

Utilizar macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água em ambientes lóticos e lênticos, significa dizer que a sua presença indica determinadas características do ambiente (POMPÊO, 2008). Como exemplo, *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes* são espécies indicadoras de ambientes aquáticos poluídos, pois se desenvolvem em locais com

altas concentrações de matéria orgânica. Estas espécies são utilizadas como bioindicadores dos níveis de poluição do meio, por possuírem uma grande taxa de crescimento, e uma excelente capacidade de absorver e concentrar poluentes metálicos em sistemas aquáticos, não apresentando sintomas de intoxicação em níveis elevados de concentração dos mesmos (BETTINELLI et al., 2002). Espécies, como *Utricularia breviscapa* (Utricularia), *Nymphaea indica*, *Nymphaea elegans* (Lírios d'água) e *Nymphoides indica* (Ninfa) são bioindicadoras de ambiente pouco poluído (POMPÊO, 2008).

O biomonitoramento por meio das macrófitas aquáticas apresenta diversas vantagens quando comparado a outros índices de monitoramento da qualidade de água (PEDRALLI, 2003). Murphy (2000) aponta que a observação dessas plantas é facilmente realizada no campo, podendo ser indicativas da qualidade de água pela presença ou ausência de uma determinada espécie, assim como, tamanho da população ou comunidade, forma e seus atributos funcionais.

No norte da Europa, existe uma tradição antiga para a classificação dos lagos com ajuda das macrófitas aquáticas. Entretanto, algumas classificações também foram baseadas em características ambientais, bem como, no estado trófico (oligotrofia, eutrofia ou distrofia) (JENSEN, 1979).

Na Finlândia, a classificação dos tipos de lagos também foi baseada na fisionomia da vegetação, além da flora de macrófitas aquáticas. Os principais critérios foram: zonação da vegetação, espécies dominante, presença de várias formas de crescimento (MARISTO, 1941; RINTANEN, 1982) e ocorrência de espécies em águas oligotróficas, mesotróficas ou eutrofizadas, bem como suas proporções nas assembleias de toda espécie. (TOIVONEN e HUTTUNEN, 1995).

Para Wiegleb (1984) e Haslam (1978), a bioindicação em meio aquático é melhor, quando baseada na espécie do que nas comunidades. Entretanto, Carbiener et al. (1990) afirmam que, comunidades de macrófitas aquáticas têm um valor bioindicador mais preciso do que as espécies isoladas. Contudo, vale salientar que, uma vez que espécies de plantas aquáticas forem bem definidas quanto à sua ecologia, elas serão amplamente utilizadas na bioindicação de rios e lagos, no que se refere à caracterizações do estado trófico (KOHLENER e SCHNEIDER, 2003; LEHMANN e LACHAVANNE, 1999).

Apesar de suas limitações, as macrófitas são decisivamente indicadoras das condições ambientais dos rios, em relação ao estado trófico (KELLY, 1998; THIÉBAUT e MULLER, 1999; AMOROS et al., 2000, KOHLER e SCHNEIDER, 2003; SCHNEIDER e MELZER, 2004). Neste aspecto, vários autores têm relatado sobre o papel das macrófitas como valiosos

indicadores biológicos de qualidade da água de rios como Haslan (1987), Peñuelas e Sabater (1987), Romero e Onaindia (1995), Lazaridou et al. (1997), Szymanowska et al. (1999), Lehmann e Lachavanne (1999), Haslam (2000), Klumpp et al. (2002) e Demirezen e Askoy (2004).

Entretanto, Daniel et al. (2006) afirmaram que, um sistema confiável para a bioindicação da qualidade da água requer a caracterização das relações entre as características físicas do rio e a vegetação de macrófitas. De fato, a correlação de plantas aquáticas em relação aos parâmetros ambientais indica as preferências ambientais e faixas para cada planta ou comunidade vegetal (DAWSON e SZOSZKIEWICZ, 1999). Mais importante ainda, Harper et al. (2000) demonstraram que o desenvolvimento de métodos para avaliar a integridade ecológica das águas requer a integração de ambos os parâmetros físicos e químicos, bem como seus efeitos sobre a estrutura biológica.

No entanto, apesar do conhecimento da aplicação de macrófitas aquáticas como bioindicadoras, poucos trabalhos são produzidos com esta abordagem. Neste contexto destaca-se o trabalho realizado por Pedralli (2003) que estudou as áreas úmidas de quatro bacias hidrográficas de Minas Gerais (rios Grande, Araguari, Quebra Anzol e Santa Bárbara) e as espécies de macrófitas aquáticas utilizadas como bioindicadoras da qualidade das águas superficiais naqueles ecossistemas. Paralelo a isto, o autor definiu o estado trófico, e classificou a qualidade da água como muito ruim, ruim, média, boa e excelente, através do Índice de Qualidade da Água - IQA.

Nos reservatórios do estado de Minas Gerais, a presença de espécies como *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, *Hedychium coronarium*, *Ceratophyllum demersum*, *Salvinia auriculata*, *Pontederia cordata* var. *cordata*, *Sagittaria montevidensis*, *Pennisetum purpureum*, *Paspalum conspersum*, *Echinodorus grandiflorus*, *Cyperus* spp., *Typha* spp. e *Polygonum* spp., indicaram em geral, que a água não é de boa qualidade, e que os usos podem estar comprometidos. Sobretudo nas usinas hidrelétricas (UHEs), observou-se que a ocorrência dessas espécies está diretamente relacionada à progressiva eutrofização do reservatório, como ocorre em outras regiões do país (PEDRALLI, 2003).

Onaindia et al. (2005) avaliaram o potencial de macrófitas aquáticas como indicadores biológicos das condições ambientais dos rios no nordeste da Espanha. Neste estudo, 25 bacias hidrográficas foram estudadas para avaliar as relações entre as variáveis físicas e químicas dos rios e a composição e abundância de macrófitas, na tentativa de avaliar o potencial destas plantas como indicadores biológicos das condições ambientais de rios no nordeste da

Península Ibérica. Os autores concluíram que as espécies *Lemna minor*, *Callitriche stagnalis*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton polygonifolius* e *Ranunculus penicillatus* parecem ser úteis como indicadores biológicos das condições ambientais dos rios.

Daniel et al. (2006) estudaram as relações entre as características físicas do rio Salmon, no sul da Bretanha-França e a distribuição da vegetação de macrófitas. Os autores concluíram que as características morfológicas das plantas aquáticas estiveram intimamente ligadas a estes fatores ambientais, e que isso poderia contribuir para o desenvolvimento de modelos preditivos para a distribuição de plantas, como também aumentar o conhecimento da vegetação relacionada a sistemas de bioindicação.

Os bioindicadores se tornaram ferramenta eficiente para o monitoramento de uma variedade enorme de mudanças que estão ocorrendo rapidamente no planeta. Contudo, até o início deste século, o número de espécies conhecidas como bioindicadores era pequeno e restrito a umas poucas dentro de cada grupo taxonômico (ROCHA, 2009). Atualmente, as pesquisas estão aceleradas e a prospecção de espécies indicadoras se tornou um tema prioritário.

7. Referências

ALI, M.M.; MURPHY, K.J.; ABERNETHY, V.J. 1999. Macrophyte functional variables versus species assemblages as predictors of trophic status in flowing waters. **Hydrobiologia** 415:131-138.

ALVES DOS SANTOS, I. 2002. Flower-visiting bees and breakdown of the tristylous breeding system of *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth (Pontederiaceae). **Biological Journal of the Linnean Society** 77:499-507.

AMARAL, M.C.E.; BITTRICH, V.; FARIA, A.D.; ANDERSON, L.D.; AONA, L.Y.S. 2008. **Guia de campo para plantas aquáticas e palustres do estado de São Paulo**. Ribeirão Preto, Editora Holos. 452 p.

AMOROS, C.; BORNETTE, G.; HENRY, C.P. 2000. A vegetation based method for ecological diagnosis of riverine wetlands. **Environmental Management** 25:211-227.

ARNDT, U.; FOMIN, A.; LORENZ, S. 1996. **BIOINDIKATION – neue entwicklungen, nomenklatur, synökologische aspekte**. Ostfildern. G. Heimbach Verlag, 308 pp.

BARBIERI, R.; PINTO, M. C. P. 1999. Study on the aquatic vegetation in the São Bento Country - Baixada maranhense (Maranhão, Brasil). **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia** 12:95-105.

BARRET, S.C.H. 1978. Floral biology of *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth (Pontederiaceae). **Aquatic Botany** 5:217-228 .

BARROS, A.A.M. 2009. Vegetação vascular litorânea da Lagoa de Jacarepiá, Saquarema, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia** 60 (1):97-110

BETTINELLI, M.; PEROTTI, M.; SPEZIA, S.; BAFFI, C. BEONE, G.M.; ALBENCI, F.; BERGONZI, S. BEUMEM, C, CANTARINI, P. e MASCETTI L. 2002. The role of analytical methods for the determination of trace elements in environmental biomonitors. **Microchemical Journal** 73:131-152.

BEYRUTH, Z. 1992. Macrófitas aquáticas de um lago marginal ao rio Embu-Mirim, São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública** 26(4):272-282.

BIANCHI, M.; VESPERINI, J.; BARRET, S.C.H. 2000. Trimorphic incompatibility in *Eichhornia azurea* (Pontederiaceae). **Sexual Plant Reproduction** 12:203-208.

BIANCHINI JR., I.; PACOBAHYBA, L.D.; CUNHA-SANTINO, M.B. 2002. Aerobic and anaerobic decomposition of *Montrichardia arborescens* (L.) Schott. **Acta Limnologica Brasiliensia** 14(3):27-34.

BIANCHINI JR., I. 2003. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S.M. e Bini, L.M. (eds.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. pp. 85-126. Maringá: EDUEM.

BINI, L.M.; THOMAZ, S.M.; MURPHY, K.J.; CAMARGO, A.F.M. 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil . **Hydrobiologia** 415:147-154.

BINI, L.M.; OLIVEIRA, L.G.; SOUZA, D.C.; CARVALHO, P.; PINTO, M.P. 2005. Patterns of the aquatic macrophyte cover in Cachoeira Dourada Reservoir (GO-MG). **Brazilian Journal of Biology** 65(1):19-24.

BOVE, C.P.; LISBÔA, R.M.; KOEHLER, S. 1998. Biodiversidade de hidrófitas fanerogâmicas na região centro-oeste do Brasil. In: VII Congresso Latino-Americano de Botânica, México. **Libro Resúmenes**. México: Asociación Latinoamericana de Botánica, 216p.

BOVE, C.P.; GIL, A.S.B.; MOREIRA, C.B.; ANJOS, R.F.B. 2003. Hidrófitas fanerogâmicas de ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 17(1):119-135.

BRAILE, P.M., CAVALCANTI, J.E.W.A. 1993. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. 764pp.

BRANCO, S.M.; ROCHA, A.A. 1977. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. Editora Edgar Blucher. 185p.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, DF, ano 142, n. 53, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

CAMARGO, A.F.M.; PEZZATO, M.M.; HENRY-SILVA, G.G. 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S.M. e Bini, L.M. (eds.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. pp. 59-83. Maringá: EDUEM.

CARBIENER, R.; TRÉMOLIÈRES, M.; MERCIER, J.L.; ORTSCHIEIT, A. 1990. Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligosaprobe stream waters (Upper Rhine plain Alsace). **Vegetatio** 86:71-88.

CARLSON, R.E. 1977. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography** 22: 361-369.

CARRAPIÇO, F.; ANTUNES, T.; SEVINATE-PINTO, I.; TEIXEIRA, G.; SERRANO, R.; BAIÃO, V.; PEREIRA, A.L.; ELIAS, F.; BASTOS, M.; CAIXINHAS, R.; FALCÃO, M.; RAFAEL, T. 2001. **Azolla em Portugal**. Brochura INAG-CBA, Lisboa, 15p.

CARVALHO, F.T.; VELINI, E.D.; MARTINS, D. 2005. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Bariri, no rio Tietê. **Planta Daninha** 23(374):371-374.

CASATTI, L.; MENDES, H.F.; FERREIRA, K.M. 2003. Aquatic macrophytes as feeding site for small fishes in the Rosana reservoir, Paranapanema river, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 63(2):213-222.

CAVENAGHI, A.L.; VELINI, E.D.; GALO, M.L.B.T.; CARVALHO, F.T.; NEGRISOLI, E.; TRINDADE, M.L.B.; SIMIONATO, J.L.A. 2003. Caracterização da qualidade de água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do Rio Tiête. **Planta Daninha** 21:43-52.

CAVENAGHI, A.L.; VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E.; CARVALHO, F.T.; GALO, M.L.B.T.; TRINDADE, M.L.B.; CORRÊA, M.R.; SANTOS, S.C.A. 2005. Monitoramento de problemas com plantas aquáticas e caracterização da qualidade de água e sedimento na UHE Mogi-Guaçu. **Planta Daninha** 23(2):225-231.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2003. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo, 2002. **Série Relatórios**. 279 p.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2008. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. **Série Relatórios**. 528 p.

CÍCERO, E.A.S.; PITELLI, R.A.; SENA, J.A.D.; FERRAUDO, A.S. 2007. Variabilidade genética e sensibilidade de acessos de *Pistia stratiotes* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha** 25(3):579-587.

COOK, C.D.; GUT, B.J.; RIX, E.M. SCHNELLER, J.; SEITZ, M. 1974. **Water plants of the word: a manual for the identification of the genera of freshwater macrophytes**. The Hargue, W. Junk.

COOK, C.D.K.; URMI-KÖNIG, K. 1984. A revision of the genus *Egeria densa* (Hydrocharitaceae). **Aquatic Botany** 19:73-96.

COOK, C.D.K. 1990. Origin, autoecology, and spread of some of the world's most troublesome aquatic weeds. In: Pieterse, A.H. e Murphy, J.K. (eds.). **Aquatic weeds: The ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. pp.31-38. Oxford, Oxford University Press.

DANIEL, H.; BERNEZ, I.; HAURY, J. 2006. Relationships between macrophytic vegetation and physical features of river habitats- the need for a morphological approach. **Hydrobiologia** 570:11-17.

DAWSON, H.F.; SZOSZKIEWICZ, K. 1999. Relationships of some ecological factors with the associations of vegetation in British rivers. **Hydrobiologia** 415:117-122.

DEMIREZEN, D.; AKSOY, A. 2004. Accumulation of heavy metals in *Typha angustifolia* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) living in sulta Marsh (Kayseri, Turkey). **Chemosphere** 56, 685-696.

DERÍSIO, J.C.1992. **Introdução ao controle da poluição ambiental**. São Paulo. CETESB.164p.

ESTEVES, F. A. 1988. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 575 p.

ESTEVES, F.A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro. Interciência/FINEP. 2.ed. Rio de Janeiro. 602p.

ESTEVES, F.A.; BARBOSA, F.A.R. 1986. Eutrofização artificial: a doença dos lagos. **Ciência Hoje** 5(27):56-61.

ESTEVES, F.A.; CAMARGO, A.F.M. 1986. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. **Acta Limnologica Brasiliensia** 1:273-298.

FILHO, J.F. 1988. Aspectos bioecológicos do açude Santo Anastácio do Campus do PICI da Universidade Federal do Ceará. **Ciência Agrônômica** 19(2):79-84.

FORTNEY, R.H.; BENEDICT, M.; GOTTGENS, J.F.; WALTERS, T.L. LEADY, S.B.; RENTCH, J. 2004. Aquatic plant community composition and distribution along an inundation gradient at two ecologically-distinct sites in the Pantanal region of Brazil. **Wetlands Ecology and Management** 12:575-585.

FRANÇA, F.; MELO, E. de; NETO, A.G.; ARAÚJO, D.; BEZERRA, M.G.; RAMOS, H.M.; CASTRO, I.; GOMES, D. 2003. Flora vascular de açudes de uma região do semi-árido da Bahia. **Acta Botânica Brasílica** 17(4):549-559.

FUEM/Itaipu Binacional. 1997. **Levantamento de espécies de macrófitas aquáticas no Reservatório de Itaipu**. Maringá, UEM/Nupélia.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. 2001. Portaria n ° 1.469/2000, de 29 de dezembro de 2000: aprova o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília. **Fundação Nacional de Saúde**. 32p.

GARDNER, J.L.; AL-HAMDANI, S.H. 1997. Interactive effects os alumnium and humic substances on *Salvinia*. **Journal of Aquatic Plant Management** 35:30-34.

GASTAL JR., C.V.S.; IRGANG, B.E. 1997. Levantamento de macrófitas aquáticas do Vale do Rio Pardo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia** 49:3-9.

GASTALDINI, M.C.C.; SOUZA, M.D.S. 1994. **Diagnóstico do Reservatório do Vacacaí-Mirim através de Índices de Qualidade de Água**. Anais do 1º Seminário sobre Qualidade de Águas Continentais no Mercosul, Porto Alegre.

GOULART, M.; CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista FAPAM** 2 (2):153- 164.

HARPER, D.M.; KEMP, J.L.; VOGEL, B.; NEWSON, M.D. 2000. Towards the assessment of “ecological integrity” in running waters of the United Kingdom. **Hydrobiologia** 422:133-142.

HASLAM, S.M. 1978. River plants. Cambridge University Press, 396p.

HASLAM, S.M. 1987. River Plants of Western Europe. Cambridge: Cambridge University Press. 512 p.

HASLAM, S.M. 2000. The evaluation of river pollution using vegetation in the Maltese Islands. **Fresenius Environmental Bulletin** 9:347-351.

HENRIQUES, R.P.B.; ARAUJO, D.S.D.; ESTEVES, F.A. 1988. Análise preliminar das comunidades de macrófitas aquáticas da Lagoa Cabiúnas, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia** 11:783-802.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. 2003. Avaliação sazonal da biomassa da macrófita aquática *Eichhornia azurea* em um rio de águas brancas da bacia hidrográfica do rio Itanhaém (litoral sul do Estado de São Paulo, Brasil). **Hoehnea** 30 (1): 71-77.

HENRY-SILVA, G.G.; MOURA, R.S.T.; DANTAS L.L.O. 2010. Richness and distribution of aquatic macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. **Acta Limnologica Brasiliensia** 22(2): 147-156

HEO, W.; KIM, B. 2004. The effect of artificial destratification on phytoplankton in a reservoir. **Hydrobiologia** 524:229-239.

HOEHNE, F.C. 1979. **Plantas aquáticas**. Instituto de Botânica, São Paulo. Secretaria da Agricultura. 168p.

HOLM, L. G.; WELDON, L. W.; BLACKBURN R. D. Aquatic seeds. **Science** 166:699-1969.

HOLM, L.G.; PANCHO, J.V.; HERBERGER, J.P.; PLUCKNETT, D.L. 1991. **The world's worst weeds – distribution and biology**. 2nd ed. Krieger Publishing Company, Malabar, 609pp.

HOLMES, P.R. 1996. Measuring success in water pollution control. **Water Science and Technology** 34 (12):155–164.

HORNE, A.J.; GOLDMAN, C.R. 1994. Limnology. 2nd edition. McGraw-Hill Co., New York. 576p.

IRGANG, B.E.; PEDRALLI, G.; WAECHTER, J.L. 1984. Macrófitos aquáticos da Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Roessléria** 6(1):395-404.

IRGANG, B.E; GASTAL JR., C.V.S. 1996. **Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, UFRGS.

IVERSEN, J. 1936. **Biologische Pflanzentypen als Hilfsmittel in der vegetationsforschung**. Levin und Kopenhagen, Munksgaard. 224p.

JENSEN, S. 1979. Classification of lakes in southern sweden on the basis of their macrophyte composition by means of multivariate methods. **Vegetatio** 39(3):129-146.

JÚLIO JR., THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A; LATINI, J.D. 2005. Distribuição e caracterização dos reservatórios. In: Rodrigues, L.; Thomaz, S.M.; Agostinho, A.A.; Gomes, L.C. (orgs.) **Biocenose em reservatórios: padrões espaciais e temporais**. pp. 1-16. São Carlos: Rima.

JUNK, W.J.; ROBERTSON, B.A.; DARWICH, A.J.; VIEIRA, I. 1981. Investigações limnológicas e ictiológicas em Curuá-Una, a primeira represa hidroelétrica da Amazônia Central. **Acta Amazonica** 11(4):689-716.

KELLY, M.G. 1998. Use of community-based indices to monitor eutrophication in European rivers. **Environmental Conservation** 25:22-29.

KISSMANN, K.G. 1997. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo I: Plantas inferiores e monocotiledôneas. São Bernardo do Campo, 2a ed., Ed. BASF, 825p.

KITA, K.K.; SOUZA, M.C. 2003. Levantamento florístico e fitofisionomia da lagoa Figueira e seu entorno, planície alagável do alto rio Paraná, Porto Rico, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum: Biological Sciences** 25(1):145-155.

KLEIN, V.L.G.; AMARAL, F.C.S. 1988. Plantas daninhas aquáticas flutuantes. **Informe Agropecuário** 13(150): 35-43.

KLUMPP, A. 2001. Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais. In: Maia, N.B.; Martos, H.L.; Barella, W. (orgs.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. pp. 77-94. São Paulo, EDUC/COMPED/INEP.

KLUMPP, A.; BAUER, K.; FRANZ-GERSTEIN, C.; MENEZES, M. 2002. Variation of nutrient and metal concentrations in aquatic macrophytes along the Rio Cachoeira in Bahia (Brazil). **Environment International** 28:165-171.

KOHLER, A.; SCHNEIDER, S. 2003. Macrophytes as bioindicators. **Archiv für Hydrobiologie** 147:17-31.

LAZARIDOU, E.; ORFANIDIS, S.; HARITONIDIS, S.; SEFERLIS, M. 1997. Impact of eutrophication on species composition and diversity of macrophytes in the Gulf of Thessaloniki, Macedonia, Greece : First evaluation of the results of one year study. **Fresenius Environmental Bulletin** 6:54-59.

LEHMANN, A.; LACHAVANNE, J.B. 1999. Changes in the water quality of Lake Geneve indicated by submerged macrophytes. **Freshwater Biology** 42:457-466.

LIMA, J.S. 2001. Processos biológicos e o biomonitoramento: aspectos bioquímicos e morfológicos. In: Maia, N.B.; Martos, H.L. & Barella, W. (orgs.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. pp. 95-115. São Paulo, EDUC/COMPED/INEP.

LIMA, L.F.; LIMA, P.B.; SOARES JR. R.C.; PIMENTEL, R.M.M.; ZICKEL, C.S. 2009. Diversidade de macrófitas aquáticas no estado de Pernambuco: Levantamento em Herbário. **Revista de Geografia** 26(3):307-319.

LISBOA, F.F; GASTAL JR, C.V.S. 2003. Levantamento das macrófitas aquáticas na beira do lago Guaíba no município de Guaíba, RS/Brasil. **Caderno de Pesquisa Série Biologia** 15(1):17-27.

LORENZI, H. 2008. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum.

MARCONDES, D.A.S; MUSTAFÁ, A.L.; TANAKA, R.H. 2003. Estudos para manejo integrado de plantas aquáticas no reservatório de Jupuíá. In: Thomaz, S.M.; Bini, L.M. (eds.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. pp. 299-317. Maringá: Eduem.

MARGALEF, R.1984. **Ecologia**. Barcelona: Omega.

MARISTO, L. 1941. Die Seetypen Finnlands auf floristischer und vegetationsfysionomischer Grundlage. **Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae Vanamo** 15 (5): 1-312.

MARTINS, H.F.; CARAUTA, J.P.P. 1984. Plantas aquáticas. Classificação e comentários. **Atas da Sociedade Botânica do Brasil** 2(13):101-104.

MARTINS, D.; VELINI, E.D.; CAVENAGHI, A.L.; MENDONÇA, C.G.; MENDONÇA, C.G. 1999. Controle químico de plantas daninhas aquáticas em condições controladas-caixas d'água. **Planta Daninha** 17(2):289-296.

MARTINS, D.; VELINI, E.D.; PITELI, R.A.; TOMAZELLA, M.S.; NEGRISOLI, E. 2003. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Ligth- RG. **Planta Daninha (Edição Especial)** 21:105-108.

MARTINS, D.; COSTA, N.V; TERRA, M.A.; MARCHI, S.R. 2008. Caracterização da comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios pertencentes a cinco bacias hidrográficas do estado de São Paulo. **Planta Daninha** 26:17-32.

MATIAS, L.Q.; NUNES E.P. 2001. Levantamento florístico da área de proteção ambiental de Jericoacoara, Ceará. **Acta Botânica Brasilica** 15(1):35-43.

MATIAS, L.Q.; AMADO, E.R.; NUNES, E.P. 2003. Macrófitas aquáticas da lagoa de Jijoca de Jericoacoara, Ceará, Brasil. **Acta Botânica Brasilica** 17(4):623-631.

MIYAZAKI, D.M.Y.; PITELLI, R. 2003. Estudo do potencial do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) como agente de controle biológico de *Egeria densa*, *E. Najas* e *Ceratophyllum demersum*. **Planta Daninha** 21:53-59.

MOLLE, F.; CADIER, E. 1992. **Manual de pequeno açude: construir, conservar e aproveitar pequenos açudes no Nordeste brasileiro**. Recife: SUDENE. 521p.

MOSS, B. 1993. **Ecology of Freshwater - man and medium**. 2 ed. Oxford, Blackwell Scientific Publication. 417p.

MOURA-JUNIOR, E.G. ; SILVA, S.S.L. ; LIMA, L.F. ; LIMA, P.B. ; ALMEIDA JR, E. B.; PESSOA, L.M. ; SANTOS-FILHO, F.S. ; MEDEIROS, D.P.W. ; PIMENTEL, R.M.M. ; ZICKEL, C. S. 2009. Diversidade de plantas aquáticas vasculares em açudes do Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), Recife-PE. **Revista de Geografia** 26:263-278.

MOURA JR., E.G.; ABREU, A.N.; SEVERI, W.; LIRA, G.A.S.T. 2010. Macroflora aquática do reservatório Sobradinho – BA, trecho sub-médio do Rio São Francisco. In: Moura, A.N.; Araújo, E.L.; Bittencourt-Oliveira, M.C.; Pimentel, R.M.M. & Albuquerque, U.P.; (Ed.). **Reservatórios do nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e Manejo**. pp.187-214. Recife, Ed. Nupeea.

MURPHY, K.J. 2000. Predizendo alterações em ecossistemas aquáticos continentais e áreas alagáveis: o potencial de sistemas bioindicadores funcionais utilizando macrófitas aquáticas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia** 27:7-9.

NEVES, E.L. das; LEITE, K.R.B.; FRANÇA, F.; MELO, E. de. 2006. Plantas aquáticas vasculares em uma lagoa de planície costeira no município de Candeias, Bahia, Brasil. **Sitientibus, Série Ciências Biológicas** 6 (1):24-29.

NASCIMENTO, P.R.F.; PEREIRA, S.M.B.; SAMPAIO, E.V.S.B. 2008. Biomassa de *Egeria densa* nos reservatórios da Hidroelétrica de Paulo Afonso – Bahia. **Planta Daninha** 26(3): 481-486.

OLIVEIRA, M.L.A.A.; NEVES, M.T.M.B.; STREHL, T.; RAMOS, R.L.D.; BUENO, O.L. 1988. Vegetação de macrófitos aquáticos das nascentes do Rio Gravataí (Banhado Grande e Banhado Chico Lomã), Rio Grande do Sul, Brasil – Levantamento Preliminar. **Iheringia. Série Botânica** 38:67-80.

OLIVEIRA, N.M.B.; SAMPAIO, E.V.S.B.; PEREIRA, S.M.B.; MOURA Jr., A.M. 2005. Capacidade de regeneração de *Egeria densa* nos reservatórios de Paulo Afonso, BA. **Planta Daninha** 23(2):363-369.

ONAINDIA, M.; AMEZAGA, I.; GARBISU, C.; GARCÍA-BIKUÑA, B. 2005. Aquatic macrophytes as biological indicators of environmental conditions of rivers in north-eastern Spain. **Annales de Limnologie - International Journal of Limnology** 41(3):175-182

OTT, W.R. 1978. Environmental Indices: theory and practice, **Ann Arbor Science**. 371 p.

PEDRALLI, G.; STEHMANN, J.R.; TEIXEIRA, M.C.B.; OLIVEIRA, V.L.; MEYER, S.T. 1993a. Levantamento da vegetação aquática (“macrófitos”) na área da EPDA – Peti, Santa Bárbara, MG. **Iheringia. Série Botânica** 43:15-28.

PEDRALLI, G.; MEYER, S.T.; TEIXEIRA, M.C.; STEHMANN, J.R. 1993b. Levantamento dos macrófitos aquáticos e da mata ciliar do reservatório de Volta Grande, Minas Gerais, Brasil. **Iheringia. Série Botânica** 43:29-40.

PEDRALLI, G.; MEYER, S.T. 1996. Levantamento da vegetação aquática (“macrófitas”) e das florestas de galeria na área da Usina Hidrelétrica de Nova Ponte, Minas Gerais. **Bios** 4 (4):49-60.

PEDRALI, G. 2003. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. In: Thomaz S.M. e Bini, L.M. (eds.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. pp. 171-188. Maringá: Eduem.

PEÑUELAS, J.; SABATER, F. 1987. Distribution of macrophytes in relation to environmental factors in the Ter River, N.E. Spain. **Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie** 72:41-58.

PEREIRA, S.M.B.; NASCIMENTO, P. R. F.; SAMPAIO, E.V.S.B.; CARVALHO, M.F. O.; MOURA JÚNIOR, A.M. 2008. Monitoramento e manejo da macrófita aquática *Egeria densa* Planchon no nordeste brasileiro. Estudo de caso. In: Moura, A.N.; Araújo, E.L.; Albuquerque, U.P. (org.). **Biodiversidade, Potencial Econômico e Processos Eco-Fisiológicos em Ecossistemas Nordestinos**. Recife, Ed. Nupeea, v. 1. pp. 209-234.

PEREIRA, S.M.B.; NASCIMENTO, P.R.F. 2009. Macrófitas aquáticas. In: Burgos, K.; Arantes, E. (Org.). **Açude de Apipucos: história e ecologia**. Recife, Companhia Editora de Pernambuco. pp.1- 176p.

PITELLI, R.A. 1998. **Macrófitas Aquáticas do Brasil, na condição de problema**. In: Workshop Controle de Plantas Aquáticas. Brasília. Resumos... Brasília: IBAMA. p.19.

PIVARI, M.O.D.; POTT, V.J.; POTT, A. 2008a. Macrófitas aquáticas de ilhas flutuantes (baceiros) nas sub-regiões do Abobral e Miranda, Pantanal, MS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 22(2):563-571.

PIVARI, M.O.D.; SALIMENA, F.R.G.; POTT, V.J.; POTT, A. 2008b. Macrófitas Aquáticas da Lagoa Silvana, Vale do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Iheringia, Série Botânica** 63(2): 321-327.

POMPÊO, M.L.M.; MOSCHINI-CARLOS, V. 2003. **Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos**. São Carlos: RiMa Editora. 134p.

POMPÊO, M.L.M. 2008. (Coordenador). Macrófitas: as plantas aquáticas da Guarapiranga e a qualidade da nossa água. In: Pompêo, M.L.M. (Cord.) **Revista do Projeto Yporã**:

Proliferação de plantas aquáticas na represa do Guarapiranga. São Paulo, SP: SOS Guarapiranga, 37p.

POTT, V.J.; POTT, A. 1997. Checklist das macrófitas aquáticas do Pantanal, Brasil. **Acta Botânica Brasílica** 11(2):215-227.

POTT, V.J; POTT, A. 2000. **Plantas aquáticas do Pantanal.** Brasília: EMBRAPA. 353p.

RAUNKIAER, C. 1934. **The life forms of plants and statistical plant geography.** Oxford: Claderon Press. 632p.

REIS, S.P.W.; BARBOSA, F.A.R. 1993. Estudo da composição de macrófitas aquáticas da Lagoa dos Mares, município de Lagoa Santa, com ênfase em aspectos ecológicos de *Salvinia herzogii* (AUBL.). **Acta Limnologica Brasiliensis** 6:196-208.

RINTANEN, T. 1982. Botanical lake types in Finnish Lappland. **Annales Botanici Fennici** 19:247-274.

ROCHA, C.G.; RESENDE, U.M.; LUGNANI, J.S. 2007. Diversidade de macrófitas aquáticas em ambientes aquáticos do IPPAN na Fazenda Santa Emília, Aquidauana, MS. **Revista Brasileira de Biociências** 5 (Suplemento 2): 456-458, 2007.

ROCHA, O. 2009. **Bioindicadores: na terra, na água, no ar.** (http://www.clickciencia.ufscar.br/portal/edicao17/entrevista1_detalhe.php/ acessado em 30/08/2009).

ROMERO, M.I.; ONAINDIA, M. 1995. Fullgrown aquatic macrophytes as indicators of river water quality in the northwest Iberian Peninsula. **Annales Botanici Fennici** 32:91-99.

ROSA, F.F.; IRGANG, B.E. 1998. Comunidades vegetais de um segmento da planície de inundação do rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia. Série Botânica** 50:75-87, 1998.

SARMENTO, A.C. 1959. **Flora fanerogâmica lacustre e marginal da Lagoa de Maranguape**. Nova série de publicações. Instituto de Pesquisas agronômicas, Recife, Pernambuco.

SARMENTO, A.C.1960. fito-fisionomia da Lagoa do Pau-Sangue. **Arquivo do Instituto de Pesquisas Agronômicas** 5:223-257

SCHNEIDER, S.; MELZER, A. 2004. Sediment and water nutrient characteristics in patches of submerged macrophytes in running waters. **Hydrobiologia** 527:195-207.

SCREMIN-DIAS, E.; POTT, V.J.; HORA, R.G.; SOUZA, P.R. 1999. **Nos jardins submersos da Bodoquena: guia para identificação de plantas aquáticas de Bonito e região**. Campo Grande, UFMS/ECOIA, 160p.

SCULTHORPE, C.D. 1967. **The biology of aquatic vascular plants**. London: Edward Arnold Ltd. 610p.

SILVA, C.J. 1981. Observações sobre a biologia reprodutiva de *Pistia stratiotes* L. (Araceae). **Acta Amazônica** 11(3): 487-504.

SILVA, S.S.L.; ZICKEL, C.S. 2010. Macrófitas aquáticas: conceitos e metodologias para os reservatórios nordestinos.. In: Moura, A.N.; Araújo, E.L.; Bittencourt-Oliveira, M.C.; Pimentel, R.M.M. & Albuquerque, U.P.; (Ed.). **Reservatórios do nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e Manejo**. pp. 171-186. Recife, Ed. Nupeea.

SOBRAL-LEITE, M.; CAMPELO, M.J.A.; FILHO, J.A.S.; SILVA, S.I. 2010. Checklist das macrófitas vasculares de Pernambuco: Riqueza de espécies, formas biológicas e considerações sobre distribuição. In: Albuquerque, U.P.; Moura, A.N.; Araújo, E.L.; (org.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Recife, Ed. Nupeea, v2, pp.255-280.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUNCAN, A. 1993. Introduction. In: M. Straskraba; J.G. Tundisi & A. Duncan (eds.). **Comparative reservoir limnology and water quality management**. pp.7-9. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G. 2000. Gerenciamento da qualidade da água de represas. In: J.G. Tundisi (ed.). **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. São Carlos, ILEC/IEE. Vol.9. 280p.

SZYMANOWSKA, A.; SAMECKA-CYMERMAN, A.; KEMPERS, A.J. 1999. Heavy metals in three lakes in West Poland. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 43:21-29.

TANAKA, R.H.; CARDOSO, L.R.; MARTINS, D.; MARCONDES, D.A.S.; MUSTAFÁ, A.L. 2002. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Companhia Energética de São Paulo. **Planta Daninha** 20:101-111.

THIÉBAUT, G.; MULLER, S. 1999. A macrophyte communities sequence as an indicator of eutrophication and acidification levels in weakly mineralised streams in north-eastern France. **Hydrobiologia** 410:17-24.

THOMAZ, S.M. 2002. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha (Especial)** 20(21):21-33.

THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. 1998. Ecologia de macrófitas aquáticas em reservatórios. **Acta Limnologia Brasiliensia** 10(1):103-116.

THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. 2003. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. (eds.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. pp. 19-38, Maringá: Eduem.

THOMAZ, S.M.; SOUZA, D.; BINI, L.M. 2003. Species richness and beta diversity of aquatic macrophyte in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil): the influence of limnology and morfometry. **Hydrobiologia** 505:119-128.

TOIVONEN, H.; HUTTUNEN, P. 1995. Aquatic macrophytes and ecological gradients in 57 small lakes in southern Finland. **Aquatic Botany** 51:197-221.

TOLEDO Jr., A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. 1983. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios

tropicais. In: **Anais do XII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. CETESB**, p. 1- 34, Camboriú: DENG.

TUNDISI, J.G. 2005. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa. 248p.

TUNDISI, J.G. 2007. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicação e perspectivas para usos múltiplos. Pp. 19-38. In: Henry R. (Ed.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FUNDIBIO.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. 2006. Ecossistemas de Águas Interiores. Pp. 161-202. In: A. da C. Rebouças; B. Braga & J.G. Tundisi (orgs.). **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora.

UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais. 2009. **Bioindicadores da qualidade da água**. (http://www.icb.ufmg.br/big/benthos/index_arquivos/Page1631.htm/ acessado em 20/06./2009).

VARIS, O. 1996. Water quality models: typologies for environmental impact assessment. **Water Science and Technology** 34(12):109-117.

VIANA, S.M.; MONTAGNOLLI, W.; LUZIVOTTO-SANTOS, R.; ESPÍNDOLA, E.L.G. 2004. Macrófitas aquáticas do rio Itaqueri, Itirapina, SP. **Arquivos do Instituto Biológico (Supl.)** 71:301-304.

VON SPERLING, M. V. 1996. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, v. 2, 211 p.

WEANER, J.E.; CLEMENTS, F.E. 1938. **Plant Ecology**. New York, Mc Graw Hill.

WETZEL, R. G. 1975. *Limnology*. Philadelphia: W. B. Saunders Company

WHITFIELD, J. 2001. Vital signs. **Nature** 411 (28): 989-990

WIEGLEB, G. 1984. A study of habitat conditions of the macrophytic vegetation in selected river systems in western lower Saxony (Federal Republic of Germany). **Aquatic Botany** 18:313-352.



Eichhornia crassipes (Mart.) Solms

MANUSCRITO 1

Riqueza e diversidade de macrófitas aquáticas em reservatórios do nordeste do Brasil.

A ser enviado ao Periódico

AQUATIC BOTANY



Riqueza e diversidade de macrófitas aquáticas em reservatórios do nordeste do Brasil.

Simone Santos Lira Silva^{a*}, Liliane Ferreira Lima^b, Ariadne do Nascimento Moura^c, Carmen Silvia Zickel^d

^{a,b} Programa de Pós-Graduação em Botânica, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Avenida Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.

^{c,d} Departamento de Biologia, Área de Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Avenida Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP:52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.

* autor para correspondência simolira@ig.com.br

Resumo. Os objetivos do presente trabalho foram a) analisar se a riqueza da flora existente em oito reservatórios no estado de Pernambuco varia conforme as regiões fitogeográficas (mata/litoral, agreste e sertão)?; b) o período chuvoso e seco interfere na riqueza e diversidade desta flora?; e c) existe exclusividade de espécies em determinados reservatórios das diferentes regiões fitogeográficas? Para a coleta das macrófitas e avaliação do número de espécies foram realizadas excursões nos reservatórios de Apipucos, Prata, Tapacurá, Jucazinho, Tabocas, Mundaú, Arcoverde e Jazigo, em duas épocas do ano (seco e chuvoso), no período de abril de 2008 a fevereiro de 2010. Para as amostragens destinadas a análise da estrutura foram estabelecidos 5 transectos, posição perpendicular a margem, cada um com 10 m de comprimento com espaçamento de 10 m entre eles, nos oito reservatórios. O ponto zero do transecto foi a partir da região litorânea do reservatório. As coletas foram realizadas alternadamente a cada 2 m do transecto, em parcelas de PVC de 50 x 50 cm, totalizando 25 parcelas por reservatório em cada período sazonal. Foram identificadas 65 espécies, distribuídos em 29 famílias. A forma biológica mais comum foi a emergente com (53 spp.), seguidas de flutuante livre (6 spp.), submersa fixa (4 spp.) e flutuante fixa (2 spp.). Os resultados mostraram que, a riqueza de espécies foi maior nos reservatórios de Apipucos (zona da mata/litoral), Arcoverde e Jazigo (zona do sertão). Os maiores índices de diversidade de Shannon foram registrados para os reservatórios de Apipucos (zona da mata/litoral), Tabocas e Mundaú (zona do agreste), e Arcoverde e Jazigo (zona do sertão). De acordo com o índice de estado trófico, os reservatórios foram classificados como eutróficos. Foi observado também que as macrófitas estão distribuídas nos diferentes reservatórios de maneira diferenciada, e que não foi comprovada a exclusividade de espécies por regiões

fitogeográficas. Contudo, o período seco e chuvoso interfere efetivamente na diversidade de espécies.

Palavras-chave, Fitossociologia, formas biológicas, florística, sazonalidade, Pernambuco

1. Introdução

Macrófitas aquáticas possuem distribuição geográfica mais ampla, quando comparadas com as plantas terrestres, devido às variações ocorridas no ambiente aquático, levando à existência de muitas espécies cosmopolitas (Irgang e Gastal Jr., 1996). Elas estão presentes em muitos nichos e em diversos tipos de habitats, como tanques, lagos, lagoas, brejos, cachoeiras, rios, riachos, canais, reservatórios, mares e oceanos (Irgang et al., 1984; Esteves, 1998; Scremin-Dias et al., 1999).

Contudo, há necessidade de se conhecer as macrófitas aquáticas, tanto pela utilidade econômica e importância na natureza como pelos problemas que podem causar em reservatórios, hidrovias, hidrelétricas, etc. (Pott e Pott 200), porém as macrófitas passam a ser problemática quando as mesmas crescem de forma indesejada (Lorenzi, 2008).

No Brasil, a construção de grandes reservatórios foi idealizada principalmente para atender à crescente demanda energética (Júlio Jr. et al., 2005) e abastecimento público, atingindo seu máximo desenvolvimento nas décadas de 60 e 70 (Tundisi, 2007). No Nordeste do Brasil, os reservatórios são utilizados principalmente para armazenamento e abastecimento público (Heo e Kim, 2004), devido às secas periódicas que tradicionalmente assolam essa região (Molle e Cadier, 1992), e/ou para contenção de enchentes, estando, alguns deles, localizados nas regiões áridas e semi-áridas do Estado, caracterizados por déficit de precipitação ao longo do ano.

Modificações na riqueza de espécies de plantas aquáticas podem indicar alterações no ambiente, já que algumas espécies de macrófitas são tolerantes a ambientes eutrofizados. Todavia, assim como a riqueza de espécies, a frequência de ocorrência das espécies e a determinação da biomassa e da área de cobertura dessas plantas nos ambientes estudados permitem acompanhar o comportamento da comunidade ao longo do ciclo hidrológico (Prado, 2008).

Na região nordeste do Brasil, estudos abordando as macrófitas aquáticas ainda são escassos. Entretanto, podem-se citar alguns trabalhos de cunho florístico, estruturais e/ou ecológico, como os de Barbieri e Pinto (1999) no Maranhão; Matias et al. (2003) no Ceará;

Henry-Silva et al. (2010) no Rio Grande do Norte; e França et al. (2003), Oliveira et al. (2005), Neves et al. (2006), Nascimento et al. (2008), Pereira et al. (2008) e Moura Jr. et al. (2010) na Bahia.

Para Pernambuco, apesar da grande quantidade de corpos aquáticos naturais e artificiais, os estudos realizados com macrófitas aquáticas relativos aos últimos 50 anos para este Estado foram os de Sarmiento (1959; 1960), Pereira e Nascimento (2009), Lima et al. (2009), Moura Jr. et al. (2009) e Sobral-Leite et al. (2010). Diante deste quadro, fica claro o quanto ainda tem-se a percorrer para preencher esta lacuna e ampliar os estudos sobre as macrófitas aquáticas, especialmente, no que se refere à flora nos reservatórios de Pernambuco.

O presente estudo tem como hipóteses: 1) que existem diferenças de riqueza e diversidade da flora aquática nos reservatórios de diferentes regiões fitogeográficas de Pernambuco, e 2) e que os períodos de chuva e seco devem interferir na flora desses reservatórios.

Para testar estas hipóteses este estudo tem-se as seguintes questões: a) a riqueza da flora dos reservatórios varia conforme as regiões fitogeográficas?; b) o período chuvoso e seco interfere na riqueza e diversidade desta flora?; e c) existe exclusividade de espécies em determinados reservatórios das diferentes regiões fitogeográficas?

2. Metodologia

2.1 Áreas de estudo

O estado de Pernambuco, possui uma área de 98.311,616 km² de extensão (IBGE 2002), situa-se entre os meridianos de 34° 48' 35" e 41°19'54" de longitude a Oeste de Greenwich e os paralelos de 7° 15' 45" e 9° 28' 18" de latitude Sul (Jacomine et al., 1973). A linha de costa estende-se por 187 km. Por outro lado, partindo do litoral na direção oeste, o território pernambucano se alonga por 748 km. Essa forma espacial reflete a existência de sucessivas paisagens geográficas, dando lugar à existência de três zonas fitogeográficas bem definidas: zona da mata/litoral, agreste e sertão (AEP, 1988). Os oito reservatórios estudados com seus respectivos municípios e zona fitogeográfica encontram-se na Tabela 1. A área de extensão para cada zona fitogeográfica, assim como o clima, precipitação pluviométrica e temperaturas constam na Tabela 2.

2.2 Procedimentos de campo

Para a coleta de macrófitas aquáticas e avaliação do número de espécies foram realizadas excursões aos oito reservatórios, sendo duas coletas no chuvoso e duas no seco, de

abril de 2008 a fevereiro de 2010. O método empregado para coleta e herborização das macrófitas aquáticas seguiu-se à metodologia de Fidalgo e Bononi (1989).

Para padronizar as coletas de macrófitas foram determinadas áreas menos antropizadas na zona litorânea de cada reservatório, evitando-se áreas urbanas ou de intensa atividade agropecuária.

Tabela 1. Relação dos reservatórios avaliados quanto a estrutura de macrófitas aquáticas, indicando os municípios e localização geográfica, no Estado de Pernambuco, nordeste do Brasil.

Reservatórios	Latitude	Longitude	Região Fitogeográfica	Município
Prata	08°00'17.2" S	34°57'00.4" W	Zona da Mata/Litoral	Recife
Apipucos	08°01'16" S	34°55'53.3" W	Zona da Mata/Litoral	Recife
Tapacurá	08°02'28.7" S	35°11'49.9" W	Zona da Mata/Litoral	São Lourenço da Mata
Jucazinho	07°59'04.3" S	35°48'36.1" W	Zona do Agreste	Cumarú
Tabocas	08°14'58.7" S	36°22'31.2" W	Zona do Agreste	Belo Jardim
Mundaú	08°56'43.0" S	36°29'27.3" W	Zona do Agreste	Garanhuns
Arcoverde	08°33'25.0" S	36°59'30.9" W	Zona do Sertão	Pedra
Jazigo	08°00'04.0" S	38°12'39.4" W	Zona do Sertão	Serra Talhada

Tabela 2. Dados climáticos obtidos para as áreas de reservatórios avaliados, com as respectivas zonas fitogeográficas do Estado de Pernambuco, nordeste do Brasil.

	Zona da mata/litoral	Zona do agreste	Zona do sertão
Área	10.800 km ²	19.130 km ²	68.800 km ²
Precipitação pluviométrica	Entre 1.000 a 2.000 mm. Nas áreas litorâneas até 2.200 mm.	Entre 600 e 1.000 mm	Entre 400 a 800 mm
Clima	Ams' e As' – clima tropical úmido.	Transição (As' e BSwh')	BSwh' - clima quente e semi-árido.
Temperatura do ar (anuais)	Média (25° C) Máximas (29° e 31° C) Mínimas (20 e 21° C)	Média (20° C) Máximas (24° e 31° C) Mínimas (16° e 20° C)	Média (26° C) Máximas (27° a 34° C) Mínimas (16° e 22° C)

Fonte: Köppen (1948), Lacerda (2006a; 2006b)

Para análise de estrutura de cada reservatório foram estabelecidos 5 transectos (em posição perpendicular à margem) cada um com 10 m de comprimento com espaçamento de 10 m entre eles. As coletas foram realizadas alternadamente a cada 2 m do transecto, em parcelas de PVC de 50 x 50 cm, totalizando 25 parcelas por reservatório em cada período. Em todas as parcelas os indivíduos foram contabilizados e uma amostra de cada espécie foi coletada para identificação e confecção de exsicatas. As macrófitas submersas fixas foram coletadas e contadas, quando as mesmas atingiam a superfície da água. Para cada transecto foram anotadas as coordenadas com auxílio de GPS (Garmin Etrex). O ponto zero do transecto foi na região litorânea (margem inundável) em direção ao interior do reservatório.

2.3 Procedimentos de laboratório

As fanerógamas foram listadas seguindo o sistema de classificação *Angiosperm Phylogeny Group II* (APG II 2003), as pteridófitas seguindo Smith et al. (2006) e para as macroalgas conforme Wood e Imahori (1965). As formas biológicas das espécies foram definidas com base na classificação proposta por Irgang et al. (1984).

Para a identificação das espécies, além de consulta à literatura específica utilizaram-se comparações com as coleções dos herbários - Prof. Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) da UFRPE e IPA - Dárdano de Andrade-Lima da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Os espécimes com problemas de identificação foram enviados para especialistas. Para a verificação e correção de grafia das espécies foi utilizado o banco de dados do Missouri Botanical Garden (2010).

2.4 Análises dos dados

A amostragem foi realizada para cada reservatório. E os parâmetros fitossociológicos: densidade relativa (DR), frequência relativa (FR), índice de diversidade de Shannon Weaver e o de índice de equabilidade de Pielou, foram calculados utilizando o software FITOPAC (Shepherd, 1996).

3. Resultados

Foram identificadas 65 espécies de macrófitas aquáticas agrupadas em 29 famílias. As famílias que apresentaram maior riqueza de espécies foram: Poaceae que apresentou 14 táxons, correspondendo a 21,54% da riqueza total de espécies nos reservatórios, seguida pela Cyperaceae com seis espécies (9,23%) e Fabaceae-Faboideae e Onagraceae com quatro espécies cada (6,15%) (Tabela 3).

A forma biológica mais comum foi o das emergentes com 53 espécies (81,54% do total), seguidas pelas flutuantes livres com seis spp. (9,23%), submersas fixas com quatro spp. (6,15%) e flutuantes fixas com duas spp. (3,08%).

Houve crescimento excessivo de *Eichhornia crassipes* em grandes extensões nas margens dos reservatórios de Tapacurá, Apipucos e Arcoverde, como também o crescimento de outras plantas em associação com a *Eichhornia crassipes*, como por exemplo, *Polygonum ferrugineum*, *Salvinia auriculata* e *Pistia stratiotes*.

Tabela 3. Relação das espécies de macrófitas aquáticas coletadas em reservatórios de Pernambuco, nordeste do Brasil, seguidas das formas biológicas zona de ocorrência. Formas biológicas: emergente (EM), flutuante livre (FL), flutuante fixa (FF), submersa fixa (SF). Reservatórios: Apipucos (1), Prata (2), Tapacurá (3), Jucazinho (4), Tabocas (5), Mundaú (6), Arcoverde (7), Jazigo (8). Zona fitogeográfica: zona da mata/litoral (M), zona do agreste (A), zona do sertão (S).

Das 65 espécies identificadas no presente estudo, quatro espécies estiveram presentes em pelo menos três dos oito reservatórios: *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata*, *Paspalidium geminatum* e *Pistia stratiotes*. Com destaque para *Eichhornia crassipes*, ocorrente em reservatórios das três zonas fitogeográfica. Já 52 foram específicas para os seguintes reservatórios: Apipucos (3 spp.), Prata (7 spp.) e Tapacurá (3 spp.) para a zona da mata litoral; Jucazinho (2 spp.), Tabocas (6 spp.) e Mundaú (6 spp.) para a zona do agreste; Arcoverde (18 spp.) e Jazigo (7 spp.) para a zona do sertão.

Os maiores índices de diversidade de Shannon foram registradas nos reservatórios de Apipucos ($H' = 1,607$ nats/ind) para a zona da mata/litoral, Tabocas ($H' = 1,162$ nats/ind) e Mundaú ($H' = 1,414$ nats/ind), para a zona do agreste, Arcoverde ($H' = 2,570$ nats/ind) e Jazigo ($H' = 1,024$ nats/ind) para a zona do sertão (Tabela 4).

O índice de Equabilidade de Pielou, derivado do índice de diversidade de Shannon, permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes. Contudo, segundo a classificação de Ludwig e Reynolds (1988) uma distribuição é considerada uniforme quando seu valor for acima de 0,5. Neste contexto se enquadram os reservatórios de Apipucos ($J' = 0,57$ a $0,89$) e Jucazinho ($J' = 0,918$ a $0,991$). No entanto, o Prata apresentou-se heterogênea ($J' = 0,190$ a $0,464$) (Tabela 4).

Tabela 4. Dados relativos a estrutura de comunidade das macrófitas aquáticas nos reservatórios da zona da mata/litoral, agreste e sertão do estado de Pernambuco. H' - Índice de diversidade Shannon-Weaver e J' - Índice de equabilidade de Pielou. Períodos sazonais: R1C - 1º período chuvoso; R2C - 2º período chuvoso; R1S - 1º período seco; R2S - 2º período seco.

Foram identificadas 36 espécies no período chuvoso. As espécies, ocorrentes nos reservatórios seguida de sua localização fitogeográfica, e que se destacaram por apresentar elevada densidade relativa (DeR) acompanhada de sua frequência relativa (FreR) nos períodos chuvosos, foram: *Sporobolus indicus* com DeR (33,07 %) e FreR (34,48%) para o reservatório de Mundaú, zona do agreste; *Cyperus compressus* (15 a 18,75%) e FreR (9,52 a 11,11%) para o reservatório de Arcoverde, zona do sertão; *Alternanthera tenella* e *Bacopa aquatica* ambas com DeR (12,33%) e FreR (16,67%) para o reservatório de Jazigo, zona do Sertão (Tabela 5).

Para o período seco foram identificadas seis espécies, destacando as espécies *Homoleps aturensis* com DeR (33,33%) e FreR (33,33%) para Jucazinho, e *Panicum polygonatum* com DeR (27,27%) e FreR (25%) para Tabocas, ambos os reservatórios localizados na zona do agreste.

Foram comuns para os dois períodos 23 espécies de macrófitas, destacando as espécies com valores elevados de densidade relativa (DeR) acompanhada de sua frequência relativa (FreR), são elas: *Cynodon dactylon* DeR (14,17% a 80,88%) e FreR de (6,90% a 36,36%), em Mundaú, zona do agreste; *Eichhornia crassipes* com DeR (1,37% a 100%) e FreR (5,56% a 100%), para os reservatórios de Tapacurá, Apipucos (zonada mata/litoral), Jucazinho (zona do agreste), Arcoverde e Jazigo (zona do sertão); *Eleocharis interstincta* com uma DeR (70,72% a 93,21%) e FreR de (36,54% a 43,18%), para o reservatório do Prata, zona da mata/litoral; *Fuirena umbellata* com DeR (45,45% a 88,46) e FreR (25% a 50%), para Tabocas na zona do agreste; e *Salvinia auriculata* com DeR (0,36% a 80,64%) e FreR (1,52% a 33,78%), para os reservatórios de Apipucos, Tapacurá (zona da mata/litoral) e Jazigo (zona do sertão) (Tabela 5).

Tabela 5. Relação das espécies registradas nos reservatórios da zona da mata/litoral, agreste e sertão de Pernambuco, ordenadas por densidade relativa (DeR) e frequência relativa (FreR). Períodos sazonais: R1C – 1º período chuvoso; R2C - 2º período chuvoso; R1S - 1º período seco; R2S - 2º período seco.

4. Discussão

A exemplo do que foi observado neste estudo, as famílias Poaceae e/ou Cyperaceae foram as que também apresentaram o maior número de espécies em reservatórios estudados por Martins et al. (2003), Pitelli et al. (2008), Carvalho et al. (2003), Carvalho et al. (2005) e Martins et al. (2008) para o Sudeste; e Henry-Silva et al. (2010) para o Nordeste.

Poaceae e Cyperaceae tendem a apresentar maior riqueza de espécies devido à presença de sistema subterrâneo formado por rizomas ou tubérculos, sendo que algumas espécies dispõem ainda de estolões, permitindo maior eficiência na propagação vegetativa (Goetghebeur, 1998; Lorenzi, 2008). Além disso, os representantes dessas famílias são perenes, dominando completamente os ambientes no período de redução da coluna d'água (Bove et al., 2003).

Os nossos resultados mostraram que a riqueza de espécies de macrófitas aquática foi considerada expressiva, quando comparados com os estudos realizados em reservatórios por Tanaka et al. (2002) com 29 espécies; Martins et al. (2003), 11 spp. e Martins et al. (2008), 39 spp. para a região sudeste.

Recentemente, para a região nordeste, Henry-Silva et al. (2010) compararam a riqueza de espécies da bacia do rio Apodi/Mossoro-RN, com os inventários da bacia do rio Itanhaém-SP (Pereira, 2002) e do rio Monjolinho-SP (Viana, 2005), e verificaram semelhança na riqueza entre essas bacias. Vale salientar que, os ecossistemas aquáticos da bacia do rio Apodi/Mossoro encontram-se situados na Caatinga do semi-árido nordestino, cuja precipitação média anual fica em torno de 700 mm na maior parte da bacia. Tal fato indica que, apesar de estarem localizadas em diferentes regiões a riqueza de macrófitas aquáticas na Caatinga é similar àquela observada entre as bacias da região sudeste.

A maioria das espécies identificadas neste no presente pertence ao grupo das emergentes, as quais são caracterizadas como plantas marginais de lugares rasos. Segundo Sculthorpe (1967), a margem dos reservatórios constitui a área de interface entre o ambiente terrestre e o aquático, onde ocorre uma grande diversidade de espécies e de formas biológicas,

principalmente, as anfíbias e emergentes, apesar disso a riqueza de espécies por reservatório foi considerada baixa.

As espécies de forma biológica flutuante livre podem apresentar estratégias para sobreviver nas margens dos reservatórios, como foi observado em alguns indivíduos de *Eichhornia crassipes* e *Ludwigia helminthorrhiza*, que se apresentaram enraizadas em solos úmidos nos reservatórios de Tapacurá (zona da mata/litoral), Arcoverde e Jazigo (zona do sertão).

Foi observado também que 58,46% dos táxons encontrados são espécies ruderais ou oportunistas. Segundo Lorenzi (2008), este fato pode ser facilmente explicado pelos atributos: alta capacidade de adaptação e resistência das mesmas, grande produção de sementes, facilidade na dispersão das sementes e longevidade das mesmas. Outros trabalhos registraram espécies ruderais ou invasoras, por exemplo, Kita e Souza (2003), Bove et al. (2003) e Henry-Silva et al. (2010) representando cerca de 29%, 23% e 47,5%, respectivamente.

A relação entre a distribuição dos indivíduos amostrados nas diversas espécies inventariadas presente em cada reservatório, e retratada pela Equabilidade de Pielou através dos valores encontrados para o Prata (0,190), Tapacurá (0,305), Tabocas (0,342) e Arcoverde (0,037) foram considerados os mais baixos. Em relação ao estudo de Pitelli et al. (2008) não encontraram expressivas variações mensais para o índice de shannon ($H' = 2,59$ a $2,80$ nats/ind) e equabilidade ($J' = 0,76$ a $0,81$), ao longo de um ano no reservatório de Santana-RJ. Porém, para os autores estes valores já eram esperados, uma vez que o número de espécies variou de 27 a 34 spp., e que o reservatório se apresenta relativamente isolado de fontes de novas espécies, além de possuir uma diversidade elevada, considerando comunidades de macrófitas aquáticas. Isso demonstra que esses baixos valores encontrados determinam certa dominância ecológica de poucas espécies predominando na comunidade, indicando uma redução da diversidade. Fato que pode justificar essa afirmativa é a ocorrência de alta densidade das espécies *Eleocharis interstincta*, *Salvinia auriculata*, *Fuirena umbellata*, *Eichhornia crassipes*, para o reservatório do Prata, Tapacurá, Tabocas e Arcoverde, respectivamente.

Os reservatórios que apresentaram diversidade elevada durante o período chuvoso, provavelmente deve estar relacionado à maior disponibilidade de água neste período, o que possibilitou maior desenvolvimento das macrófitas. Todavia, foi possível verificar que, mesmo estando sob condições de clima e precipitação pluviométrica diferenciada, estes fatores não foram predominantes na formação da riqueza, e que possivelmente outros fatores estão incidindo. Isso se deve ao fato de que, além da temperatura e disponibilidade de luz

outras variáveis também exercem influência no crescimento de macrófitas aquáticas, como luminosidade, nutrientes, pH, alcalinidade, salinidade, velocidade da corrente, variação no nível d'água e interações ecológicas (Barendregt e Bio, 2003; Neiff e Neiff, 2003; Henry-Silva e Camargo, 2005).

Durante o estudo foi observado que alguns dos reservatórios apresentaram alteração fitofisionômica marcante relacionada ao período chuvoso, com o aumento da cobertura vegetal nas margens dos reservatórios. Segundo Thomaz e Bini (1998) os níveis de água constituem-se variável chave, que influencia os processos de colonização e crescimento de plantas aquáticas. Para reservatórios, tem sido demonstrado que oscilações de nível intermediário estimulam o aumento da riqueza de espécies, enquanto a ausência de oscilação leva ao crescimento explosivo de poucas espécies (Thomaz e Bini, 1998). Além disso, Bornette et al. (1998) consideram que a redução do nível da água é responsável pela baixa diversidade das plantas, pois ela reduz a conectividade entre os ambientes, aumentando a competição e impedindo o aporte de propágulos que são principalmente dispersos pela água.

Estudos que abordam o levantamento da diversidade florística e a análise dos padrões de distribuição das espécies oferecem importantes subsídios para o estabelecimento de prioridades de conservação das comunidades vegetais e das espécies (Bini et al. 2001). Para este trabalho, foi observado que as macrófitas estão distribuídas nos diferentes reservatórios de maneira diferenciada, e que não foi comprovada a exclusividade de espécies por regiões fitogeográficas. Contudo, o período seco e chuvoso interfere efetivamente na diversidade de espécies.

Agradecimentos

A primeira autora agradece ao CT-Hidro - Fundo Setorial de Recursos Hídricos, pela concessão da bolsa de estudos. À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) a Liliane Ferreira Lima. Aos pesquisadores Edson Moura Jr. pelo grande ajuda nas coletas e Eduardo Bezerra de Almeida Jr. pelo auxílio a pesquisa.

5. Referências

Angiosperm Phylogeny Group – APG, 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Bot. J. Linn. Soc.* 141, 399-436.

Anuário Estatístico de Pernambuco - AEP, 1988. Recife. Condepe 37, 1-324.

Barbieri, R., Pinto, M. C. P., 1999. Study on the aquatic vegetation in the São Bento Country - Baixada maranhense (Maranhão, Brasil). Bol. Lab. Hidrob. 12, 95-105.

Barendregt, A., Bio, A.M.F., 2003. Relevant variables to predict macrophytes communities in running waters. Ecol. Model. 160, 205-217.

Bini, L.M., Thomaz, S.M., Souza, D.C., 2001. Species richness and β diversity of aquatic macrophytes in the Upper Paraná River floodplain. Archiv. für Hydrobiologie. 151, 511-525.

Bini, L.M., Oliveira, L.G., Souza, D.C., Carvalho, P., Pinto, M.P., 2005. Patterns of the aquatic macrophyte cover in Cachoeira Dourada Reservoir (GO-MG). Braz. J. Biol. 65, 19-24.

Bornette, G., Amoros, C., Lamouroux, N., 1998. Aquatic plant diversity in riverine wetlands: the role of connectivity. Fresh. Biol. 39, 267-283.

Bove, C.P., Gil, A.S.B., Moreira, C.B., Anjos, R.F.B., 2003. Hidrófitas fanerogâmicas de ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Acta Bot. Bras. 17, 119-135.

Camargo, A.F.M., Pezzato, M.M., Henry-Silva, G.G., 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S. M., Bini, L.M. (Eds.). Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Maringá. EDUEM, pp.59-83.

Carvalho, F.T., Galo, M.L.B.T., Velini, E.D., Martins, D., 2003. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Barra Bonita, no Rio Tietê. Planta Daninha 21,15-19.

Carvalho, F.T., Velini, E.D., Martins, D., 2005. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Bariri, no rio Tietê. Planta Daninha 23,371-374.

Fidalgo, O., Bononi, V.L.R., 1989. Técnica de coleta, preservação e herborização de material botânico, São Paulo.

França, F., Melo, E. de, Neto, A.G., Araújo, D., Bezerra, M.G., Ramos, H.M., Castro, I., Gomes, D., 2003. Flora vascular de açudes de uma região do semi-árido da Bahia, Acta Bot. Bras. 17, 549-559.

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

Henry-Silva, G.G., Camargo, A.F.M., 2005. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. Hoehnea. 32, 445-452.

Henry-Silva, G.G., Moura, R.S.T., Dantas L.L.O., 2010. Richness and distribution of aquatic macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. Acta Limnol. Bras. 22, 147-156

Heo, W., Kim, B., 2004. The effect of artificial destratification on phytoplankton in a reservoir. Hydrobiol. 524, 229-239.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2002. Resolução nº 05, de 10 de outubro de 2002. DOU (Seção 1) 198, 48 -65.

Irgang, B.E., Pedralli, G., Waechter, J.L., 1984. Macrófitas aquáticas da Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. Roessléria 1, 395-404.

Irgang, B.E., Gastal Jr., CV.S., 1996. Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. UFRGS, porto Alegre.

Jacomine, P.K.T., Cavalcanti, A.C., Burgos, N., Pessoa, S.C.P., Silveira, C.O., 1973. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Pernambuco. Recife, Ministério da Agricultura/SUDENE. Boletim técnico 26, Série Pedológica, 14. Divisão de Pesquisa Pedológica 1, 1-359.

Júlio Jr., Thomaz, S.M., Agostinho, A.A, Latini, J.D., 2005. Distribuição e caracterização dos reservatórios. In: Rodrigues, L.; Thomaz, S.M.; Agostinho, A.A.; Gomes, L.C. (Orgs.) Biocenose em reservatórios: padrões espaciais e temporais. São Carlos: Rima. pp. 1-16.

Kita, K.K., Souza, M.C., 2003. Levantamento florístico e fitofisionomia da lagoa Figueira e seu entorno, planície alagável do alto rio Paraná, Porto Rico, Estado do Paraná, Brasil. Acta. Sci. Biol. Sci. 25, 145-155.

Köppen, W., 1948. Climatologia: con um estúdio de los climas de la Tierra. México: Fondo de Cultura Economica.

Lacerda, F., Ferreira, M.A.F., Souza, W.M., 2006a. Precipitação pluviométrica média anual de Pernambuco. In: Silva, S.R. (Coord.) Atlas de Bacias hidrográficas de Pernambuco. SECTMA- Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente. 104p.

Lacerda, F., Ferreira, M.A.F., Souza, W.M., 2006b. Temperaturas do ar médias anuais de Pernambuco. In: Silva, S.R. (Coord.), Atlas de Bacias hidrográficas de Pernambuco. SECTMA- Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente. 104 pp.

Lima, L.F., Lima, P.B., Soares Jr., R.C., Pimentel, R.M.M., Zickel, C.S., 2009. Diversidade de macrófitas aquáticas no estado de Pernambuco: Levantamento em Herbário. Revista de Geografia 26, 307-319.

Lorenzi, H., 2008. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum.

Ludwig, J.A., Reynolds, J.F., 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. John Wiley & Sons, New York.

Martins, D., Velini, E.D., Piteli, R.A., Tomazella, M.S., Negrisoli, E., 2003. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Ligth- RG. Planta Daninha 21, 105-108.

Martins, D., Costa, N.V, Terra, M.A., Marchi, S.R., 2008. Caracterização da comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios pertencentes a cinco bacias hidrográficas do estado de São Paulo. *Planta Daninha* 26, 17-32.

Matias, L.Q., Amado, E.R., Nunes, E.P., 2003. Macrófitas aquáticas da lagoa de Jijoca de Jericoacoara, Ceará, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 17, 623-631.

Missouri Botanical Garden., 2010. Tropicos. org. Missouri Botanical Garden. Available from: www.tropicos.org. Access in: 06/09/2010.

Molle, F.; Cadier, E., 1992. Manual de pequeno açude: construir, conservar e aproveitar pequenos açudes no Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE.

Moura Jr., E.G., Silva, S.S.L., Lima, L.F., Lima, P.B., Almeida Jr, E.B., PESSOA, L.M., Santos-Filho, F.S., Medeiros, D.P.W., Pimentel, R.M.M., Zickel, C.S., 2009. Diversidade de plantas aquáticas vasculares em açudes do Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), Recife-PE. *Revista de Geografia* 26, 263-278.

Moura Jr., E.G., Abreu, A.N., Severi, W., Lira, G.A.S.T., 2010. Macroflora aquática do reservatório Sobradinho – BA, trecho sub-médio do Rio São Francisco. In: Moura, A.N., Araújo, E.L., Bittencourt-Oliveira, M.C., Pimentel, R.M.M., Albuquerque, U.P.; (Eds.), *Reservatórios do nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e Manejo*. Nupeea, pp.187-214.

Nascimento, P.R.F., Pereira, S.M.B., Sampaio, E.V.S.B., 2008. Biomassa de *Egeria densa* nos reservatórios da Hidroelétrica de Paulo Afonso – Bahia. *Planta Daninha* 26, 481-486.

Neiff, J.J., Neiff, A.S.G.P., 2003. Connectivity processes as a basis for the management of aquatic plants. In: Thomaz, S. M., Bini, L.M. (Eds.). *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. Maringá. EDUEM, pp.39-58.

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. *Série Ciências Biológicas. Brasil. Sitientibus Série Ciências Biológicas* 6, 24-29.

Oliveira, N.M.B., Sampaio, E.V.S.B., Pereira, S.M.B., Moura Jr., A.M., 2005. Capacidade de regeneração de *Egeria densa* nos reservatórios de Paulo Afonso, BA. *Planta Daninha*. 23, 363-369.

Pereira, M.C.T., 2002. Distribuição e abundância de macrófitas aquáticas em relação às características limnológicas em cinco áreas da bacia do rio Itanhaem, litoral sul do Estado de São Paulo. Rio Claro. Universidade Estadual Paulista – UNESP. [Master thesis].

Pereira, S.M.B., Nascimento, P.R.F., Sampaio, E.V.S.B., Carvalho, M.F.O., Moura JR., A.M., 2008. Monitoramento e manejo da macrófitas aquática *Egeria densa* Planchon no nordeste brasileiro. Estudo de caso. In: Moura, A.N., Araújo, E.L., Albuquerque, U.P. (org.). *Biodiversidade, Potencial Econômico e Processos Eco-Fisiológicos em Ecossistemas Nordestinos*. Recife, Ed. Nupeea, v. 1. 209-234.

Pereira, S.M.B., Nascimento, P.R.F., 2009. Macrófitas aquáticas. In: Burgos, K., Arantes, E. (Org.), *Açude de Apipucos: história e ecologia*, pp.1-176.

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

Pott, V.J., Pott, A., 2000. *Plantas aquáticas do Pantanal*. Brasília: EMBRAPA.

Prado, K.L.L., 2008. Indicadores macrófitas aquáticas. In: Cavalcante, K.V., Rivas, A.A.F., Freitas, C.E.C. (Orgs.), *Indicadores socioambientais e atributos de referência para o trecho Urucu-Coari-Manaus, Rio Solimões, Amazônia Acidental*. Manaus: EDUA, pp.117-128.

Sarmiento, A.C., 1959. *Flora fanerogâmica lacustre e marginal da Lagoa de Maranguape*. Nova série de publicações. Instituto de Pesquisas agronômicas, Publicação nº10.

Sarmiento, A.C., 1960. *fito-fisionomia da Lagoa do Pau-Sangue*. *Arquivo do Instituto de Pesquisas Agronômicas* 5, 223-257.

Scremin-Dias, E., Pott, V.J., Hora, R.G., Souza, P.R., 1999. Nos jardins submersos da Bodoquena: guia para identificação de plantas aquáticas de Bonito e região. Campo Grande, UFMS/ECOA.

Schulthorpe, C.D., 1967. The biology of aquatic plants. Edward Arnold, London.

Shepherd, G. J., 1996. Fitopac 1, manual do usuário. Campinas, São Paulo. Unicamp.

Smith, A.R., Pryer, K.M., Schettapel, E., Korall, P. Scheider, H., Wolf, P., 2006. A classification for extant ferns. *Taxon* 55, 705-731.

Sobral-Leite, M., Campelo, M.J.A., Filho, J.A.S., Silva, S.I., 2010. Checklist das macrófitas vasculares de Pernambuco: Riqueza de espécies, formas biológicas e considerações sobre distribuição. In: Albuquerque, U.P., Moura, A.N., Araújo, E.L., (Orgs.), Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos. Nupeea, 2, pp.255-280.

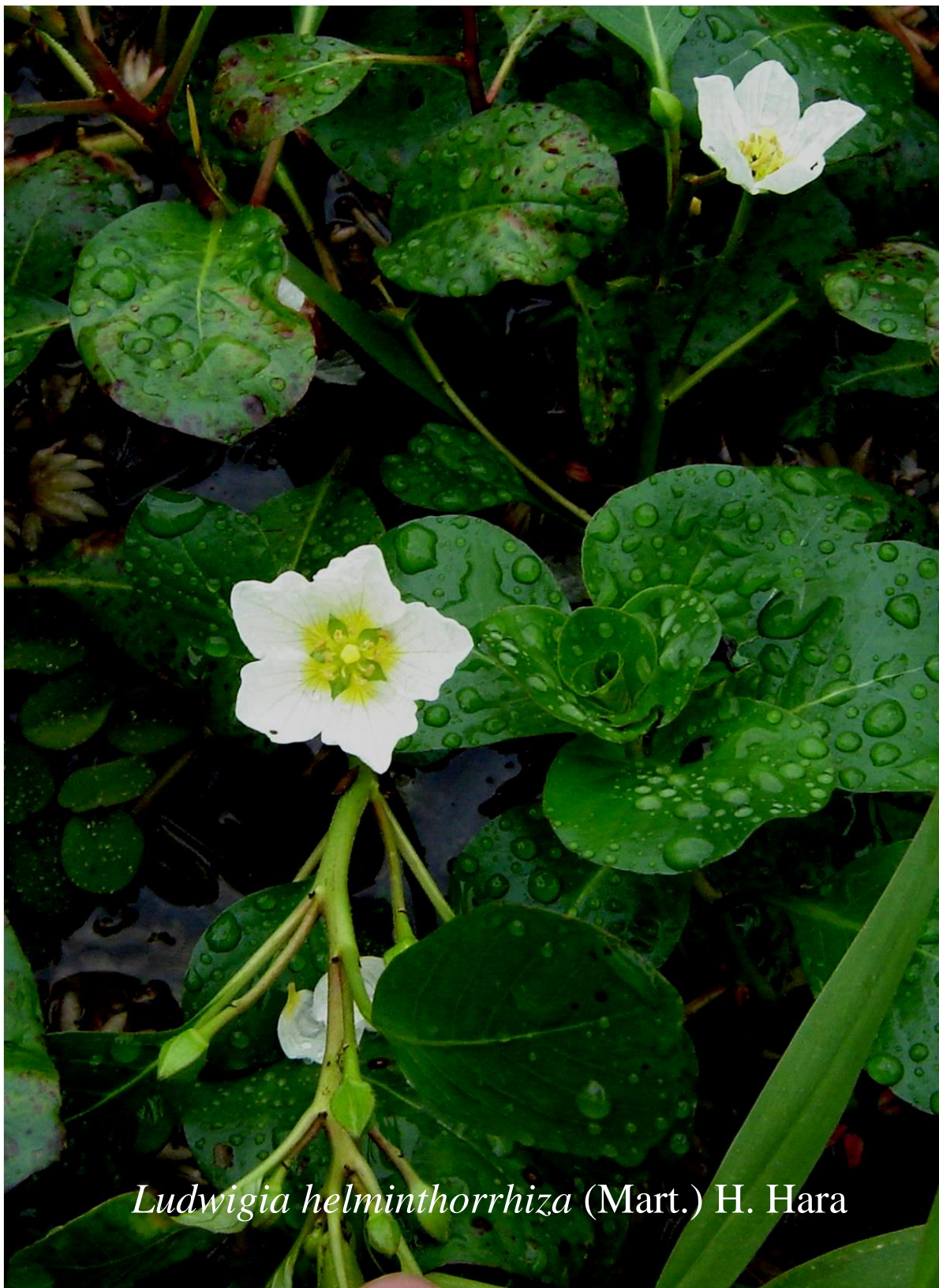
Tanaka, R.H., Cardoso, L.R., Martins, D., Marcondes, D.A.S., Mustafá, A.L. 2002. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da companhia energética de São Paulo. *Planta Daninha* 20,101-111.

Thomaz, S.M., Bini, L.M., 1998. Ecologia de macrófitas aquáticas em reservatórios. *Acta Limnol. Bras.* 10,103-116.

Tundisi, J.G., 2007. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicação e perspectivas para usos múltiplos. In: Henry R. (Ed.). *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. FUNDIBIO. pp. 19-38.

Viana, S.M., 2005. Riqueza e distribuição de macrófitas aquáticas no rio monjolinho e tributários (São Carlos, SP) e análise de sua relação com as variáveis físicas e químicas. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. [Master thesis].

Wood, R.D., Imahori, K., 1965. A revision of the Characeae. 1: monograph of the Characeae. Weinheim: J. Cramer.



Ludwigia helminthorrhiza (Mart.) H. Hara

MANUSCRITO 2

Relação entre macrófitas aquáticas e fatores abióticos em reservatórios do nordeste do Brasil

A ser enviado ao Periódico

AQUATIC BOTANY



Relação entre macrófitas aquáticas e fatores abióticos em reservatórios do nordeste do Brasil

Simone Santos Lira Silva^{a*}, Ariadne do Nascimento Moura^b, Carmen Silvia Zickel^c

^a Programa de Pós-Graduação em Botânica, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Avenida Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP:52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.

^{b,c} Departamento de Biologia, Área de Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Avenida Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP:52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.

* autor para correspondência simolira@ig.com.br

Resumo O objetivo deste estudo foi verificar se a partir da composição florística em oito reservatórios no estado de Pernambuco, e em diferentes regiões fitogeográficas (zona da mata/litoral, agreste e sertão) é possível identificar a relação de quais variáveis abióticas (transparência da água, temperatura do ar, temperatura da água, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, condutividade, turbidez, pH, fósforo total, fósforo total dissolvido, ortofosfato e nitrogênio total) poderão influenciar na distribuição das espécies de macrófitas. Para a coleta de macrófitas aquáticas foram realizadas excursões aos reservatórios de Apipucos, Prata, Tapacurá, Jucazinho, Tabocas, Mundaú, Arcoverde e Jazigo de diferentes regiões fitogeográficas de Pernambuco, em dois períodos do ano (seco e chuvoso), de abril de 2008 a fevereiro de 2010. Para a amostragem da estrutura foram estabelecidos 5 transectos, cada um com 10 m de comprimento com espaçamento de 10 m entre eles. As coletas foram realizadas alternadamente a cada 2 m do transecto, em parcelas de 50 x 50 cm, totalizando 25 parcelas por reservatório, em cada período sazonal. A coleta de água para as análises físico-químicas também foram realizadas nos oito reservatórios. Foram levantadas no total 65 espécies, distribuídas em 29 famílias. De acordo com o índice de estado trófico, os reservatórios foram classificados como eutróficos. Análise de Correspondência Canônica (CCA) permitiu separar as espécies *Azolla caroliniana*, *Alternanthera philoxeroides*, *Brachiaria mutica*, *Cyperus compressus*, *Cynodon dactylon*, *Digitaria ciliares*, *Ipomoea asarifolia*, *Nymphoides indica*, *Paspalidium geminatum*, *Salvinia auriculata* e *Sporobolus indicus* nos reservatórios baseados nas variáveis abióticas ortofosfato, turbidez, pH, transparência da água e condutividade. Contudo, não foi verificada correlação entre as espécies de macrófitas e os fatores abióticos.

Palavras-chave: zonas fitogeográficas, bioindicadoras, eutrofização, florística, Pernambuco

1. Introdução

A construção de grandes reservatórios no Brasil foi idealizada principalmente para atender à crescente demanda energética (Júlio Jr. et al., 2005) e abastecimento público, atingindo seu máximo desenvolvimento, nas décadas de 60 e 70 (Tundisi, 2007). No entanto, em decorrência dos diversos usos aos quais são designados, há dificuldade de manejo, acelerando o processo de eutrofização, ocasionando a perda da qualidade da água resultando numa significativa perda do valor econômico e ambiental (Heo e Kim, 2004) dos reservatórios.

Apesar de sua importância econômica, a construção dos reservatórios ocasiona, diretamente ou indiretamente, grandes alterações na dinâmica dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Essas alterações ocorrem não só com as características físicas, químicas, biológicas da água, como também com a fauna e a flora, principalmente quando se refere à infestação do mesmo por espécies de macrófitas aquáticas (Branco e Rocha, 1977; Straskraba et al., 1993).

Entretanto, as macrófitas aquáticas desempenham papéis importantes para o funcionamento dos ecossistemas aquáticos (Scremin-Dias et al., 1999), sendo considerada como a principal fonte produtora de matéria orgânica (Piedade et al., 1991), servindo de abrigo e/ou alimentação para diversos tipos de organismos, além de atuarem na despoluição dos ambientes aquáticos, na produção de biomassa e obtenção de biogás, no controle de erosão hídrica, melhoramento físico e nutricional do solo (fixação de nitrogênio), e na ciclagem de nutrientes (efeito de bombeamento), sendo também uma importante variável no controle de vetores de veiculação hídrica (Pedralli, 1990; Irgang e Gastal Jr., 1996; Esteves, 1998; Pott e Pott, 2000). Existe a utilização de macrófitas como bioindicadoras da qualidade da água em ambientes lóticos e lênticos, isso pode ser considerado como uma das funções mais relevantes (Pedralli, 2003).

Há evidências de que as macrófitas aquáticas respondem de forma previsível às características físicas e químicas da água. A maioria das macrófitas aquáticas, além de serem fáceis de visualizar, são facilmente amostrados e razoavelmente simples de identificar ao nível genérico. Como resultado, as macrófitas têm sido sugeridas como potenciais bioindicadoras de condições ambientais (Ali et al., 1999). Butcher (1933) foi um dos primeiros pesquisadores que sugeriu que relação entre a distribuição das macrófitas aquáticas e importantes características físicas e químicas como tamanho do rio, vazão, velocidade da corrente, disponibilidade de nutrientes na água e sedimentos dos rios influenciam na bacia de drenagem.

Estudos relacionados à distribuição das espécies de macrófitas, assim como à abundância, biomassa e densidade das comunidades de macrófitas, visam o conhecer os aspectos ecológicos desta importante comunidade, analisando quais variáveis favorecem ou não a sua ocorrência (Ali et al., 1999; Camargo et al., 2003; Pedralli et al., 2001). A compreensão destes aspectos e das diferentes espécies de macrófitas torna-se importante para a sua utilização como bioindicadores no monitoramento da poluição das águas, no controle destas onde seu crescimento excessivo é indesejável e no manejo de áreas degradadas, como também, programas de monitoramento ambiental (Camargo et al., 2003; Pedralli et al., 2001).

A hipótese do presente estudo é que a flora de macrófitas esta relacionada com as variáveis abióticas (transparência da água, temperatura do ar, temperatura da água, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, condutividade, turbidez, pH, fósforo total, fósforo total dissolvido, ortofosfato e nitrogênio total) nos reservatórios no estado de Pernambuco de diferentes regiões fitogeográficas (zona da mata/litoral, agreste e sertão)

2. Metodologia

2.1 Áreas de estudo

O estado de Pernambuco, localizado na região nordeste do Brasil, possui uma área de 98.311,616 km² de extensão (IBGE 2002), situa-se entre os meridianos de 34° 48' 35" e 41°19'54" de longitude a Oeste de Greenwich e os paralelos de 7° 15' 45" e 9° 28' 18" de latitude Sul (Jacomine et al., 1973). A linha de costa estende-se por 187 km, e partindo do litoral na direção oeste, o território pernambucano se alonga por 748 km. Essa forma espacial reflete a existência de sucessivas paisagens geográficas, dando lugar à existência de três zonas fitogeográficas bem definidas: zona da mata/litoral, agreste e sertão (AEP, 1988). Os oito reservatórios estudados com seus respectivos municípios e zona fitogeográfica encontram-se na Tabela 1. A área de extensão para cada zona fitogeográfica, assim como o clima, precipitação pluviométrica e temperaturas constam na Tabela 2.

2.2 Procedimentos de Campo

2.2.1 Amostragem dos parâmetros bióticos

A metodologia adotada nos oito reservatórios para a coleta dos dados fitossociológicos foi o de parcelas (Müeller-Dombois e Ellenberg, 1974).

Foram estabelecidos 5 transectos, entre si e em posição perpendicular à margem, cada um com 10 m de comprimento com espaçamento de 10 m entre eles. Para cada transecto foram anotadas as coordenadas com auxílio de um GPS (Garmin Etrex). O ponto zero do

transecto foi considerado a partir da região litorânea (margem inundável) em direção ao interior do reservatório. As coletas foram realizadas alternadamente a cada 2 m do transecto, em parcelas de PVC de 50 x 50 cm, totalizando 25 parcelas por reservatório em cada período. Em todas as parcelas, os indivíduos de cada espécie foram contabilizados, e posteriormente, espécimes foram coletados para identificação e confecção de exsiccatas.

Tabela 1. Relação dos reservatórios estudados, com os respectivos municípios e localização geográfica, no Estado de Pernambuco, nordeste do Brasil.

Reservatórios	Latitude	Longitude	Região Fitogeográfica	Município
Prata	08°00'17.2" S	34°57'00.4" W	Zona da Mata/Litoral	Recife
Apipucos	08°01'16" S	34°55'53.3" W	Zona da Mata/Litoral	Recife
Tapacurá	08°02'28.7" S	35°11'49.9" W	Zona da Mata/Litoral	São Lourenço da Mata
Jucazinho	07°59'04.3" S	35°48'36.1" W	Zona do Agreste	Cumarú
Tabocas	08°14'58.7" S	36°22'31.2" W	Zona do Agreste	Belo Jardim
Mundaú	08°56'43.0" S	36°29'27.3" W	Zona do Agreste	Garanhuns
Arcoverde	08°33'25.0" S	36°59'30.9" W	Zona do Sertão	Pedra
Jazigo	08°00'04.0" S	38°12'39.4" W	Zona do Sertão	Serra Talhada

Tabela 2. Dados referentes à área, precipitação, clima e temperaturas para cada zona fitogeográfica do Estado de Pernambuco, nordeste do Brasil.

	Zona da mata/litoral	Zona do agreste	Zona do sertão
Área	10.800 km ²	19.130 km ²	68.800 km ²
Precipitação pluviométrica	Entre 1.000 a 2.000 mm. Nas áreas litorâneas até 2.200 mm.	Entre 600 e 1.000 mm	Entre 400 a 800 mm
Clima	Ams' e As' – clima tropical úmido.	Transição (As' e BSwh')	BSwh' - clima quente e semi-árido.
Temperatura do ar (anuais)	Média (25° C) Máximas (29° e 31° C) Mínimas (20 e 21° C)	Média (20° C) Máximas (24° e 31° C) Mínimas (16° e 20° C)	Média (26° C) Máximas (27° a 34° C) Mínimas (16° e 22° C)

Fonte: Köppen (1948), Lacerda (2006a; 2006b)

Foram realizadas coletas de macrófitas aquáticas em todos os reservatórios, em duas épocas do ano (seco e chuvoso), no período de abril de 2008 a fevereiro de 2010. O método

empregado para coleta e herborização das macrófitas aquáticas seguiu a metodologia de Fidalgo e Bononi (1989).

2.2.2 Amostragem dos parâmetros abióticos

A coleta da água para as análises físico-químicas foram realizadas simultaneamente durante os procedimentos de amostragem dos parâmetros bióticos. No momento da coleta, no transecto central da amostragem biótica durante os anos de 2008 e 2010 foram medidos os seguintes parâmetros: profundidade do ponto (m); oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), saturação do oxigênio (%), além da temperatura do ar e da água ($^{\circ}\text{C}$), sendo determinadas com o auxílio do Oxímetro de Handylab OX1/SET; transparência da água (cm) com disco de Secchi; e a condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) por meio do condutivímetro Handylab LF1.

Para análises posteriores, amostra da água foi recolhida e colocada em frascos de 100ml de cor âmbar e levadas ao Laboratório de Ficologia (LABFIC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para análise da turbidez (UNT) com turbidímetro HANNA HI93703 e o pH com o Potenciômetro DMPH – 2.

Para determinação das concentrações de fósforo total (PT), fósforo total dissolvido (PTD), ortofosfato (PO_4) e nitrogênio total (NT), coletas de amostras da água foram realizadas e armazenadas em 2 garrafas plástica com capacidade de 250 ml (cada) e transportadas sob refrigeração para o Laboratório de Ficologia (LABFIC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

2.3 Procedimentos de laboratório

2.3.1 Estudos bióticos

As fanerógamas foram listadas seguindo o sistema de classificação *Angiosperm Phylogeny Group II* (APG II 2003), as pteridófitas seguindo Smith et al. (2006) e para as macroalgas (Characeae) Wood e Imahori (1965). As formas biológicas das espécies foram definidas com base na classificação proposta por Irgang et al. (1984).

Para a identificação das espécies, além de consulta à literatura específica utilizaram-se comparações com as coleções dos herbários - Prof. Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) da UFRPE e IPA - Dárdano de Andrade-Lima da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Os espécimes com problemas de identificação foram enviados para especialistas. Para a verificação e correção de grafia das espécies foi utilizado o banco de dados do Missouri Botanical Garden (2010).

2.3.2 Estudos abióticos

Foram analisadas as variáveis hidrológicas: fósforo total, fósforo total dissolvido, ortofosfato e nitrogênio total por meio de equipamentos e metodologias específicas (Tabela 3).

Para caracterização do estado trófico dos reservatórios, foi utilizado o índice de estado trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo et al. (1983), com base nas concentrações do fósforo total.

Tabela 3. Relação das variáveis químicas analisadas e os respectivos métodos de obtenção dos dados abióticos em reservatórios de Pernambuco, nordeste do Brasil.

Variáveis	Abreviação	Unidade	Metodologia
Fósforo total	PT	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Valderrama (1981)
Fósforo total dissolvido	PDT	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Strickland e Parsons (1965)
Ortofosfato	PO ₄	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Valderrama (1981)
Nitrogênio total	NT	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Valderrama (1981)

2.3.3 Tratamento e análise estatística dos dados

A densidade relativa (DeR) foi calculada utilizando o pacote estatístico FITOPAC (Shepherd, 1996). Para testar a hipótese da existência de correlação com os dados bióticos, abióticos e os períodos de amostragem (seco/chuvoso) nos reservatórios estudados foi empregada a Análise de Correspondência Canônica (CCA). A significância de cada variável físico-química no modelo, foi testada através do teste de Monte Carlo, onde as variáveis hidrológicas foram adicionadas passo a passo, utilizando o programa CANOCO (versão 4.5) (Ter Braak e Smilauer, 2002).

Os dados foram organizados em duas matrizes (espécies e variáveis abióticas) para realizar a correlação entre os mesmos. A matriz de espécies foi constituída pelos valores de DeR de cada espécie presente nas parcelas, porém foram incluídas apenas aquelas que obtiveram valores acima de 10%. A eliminação de espécies que apresentaram poucos indivíduos na amostragem é considerada conveniente nas técnicas de ordenação em geral, pois espécies raras ou de baixa densidade aumentam o volume de cálculo e os erros de interpretação (Gauch, 1982). A segunda matriz foi formada pelas variáveis físico-químicas da água. As análises foram realizadas separadamente para cada região fitogeográfica e a partir de testes preliminares as variáveis redundantes ou que apresentassem pouca explicação para a distribuição eram eliminadas e novos testes eram realizados.

3. Resultados

3.1 Análises dos parâmetros bióticos

Foram identificadas 65 espécies pertencentes a 29 famílias (Tabela 4), nas amostragens realizadas nos oito reservatórios no estado de Pernambuco e distribuídas nas zonas fitogeográficas (zona da mata/litoral, agreste e sertão).

Tabela 4. Relação das espécies de macrófitas aquáticas (e respectivas siglas de referência), encontradas nos reservatórios de Pernambuco, seguidas de formas biológicas e área de ocorrência. Formas biológicas: emergente (EM), flutuante livre (FL), flutuante fixa (FF), submersa fixa (SF). Reservatórios: Apipucos (1), Prata (2), Tapacurá (3), Jucazinho (4), Tabocas (5), Mundaú (6), Arcoverde (7), Jazigo (8). Zona fitogeográfica: zona da mata/litoral (M), zona do agreste (A), zona do sertão (S).

3.2 Análises dos parâmetros abióticos

Houve variação nas variáveis físicas analisadas nos dois períodos chuvosos e dois secos (Tabela 5), entre os reservatórios da zona do litoral/mata (Apipucos, Prata e Tapacurá), zona do agreste (Jucazinho, Tabocas e Mundaú) e zona do sertão (Arcoverde e Jazigo).

A menor e maior profundidade do ponto (medida no transecto central) foi observada nos reservatórios de Jucazinho (20 cm) no período seco e Prata (2,20 m) no período chuvoso, respectivamente. A maior transparência da água foi verificada no período chuvoso para o reservatório Prata (2,20 m), e a menor foi constatado em Jazigo (0,10 m). Quanto à temperatura do ar, foram encontrados valores acima de 30°C nos reservatórios de Apipucos, Prata, Tapacurá (período seco), Mundaú (período chuvoso) e Arcoverde (período seco e chuvoso) e o menor valor em Tabocas (período chuvoso). Os valores de temperatura da água registrados para os reservatórios evidenciaram águas relativamente quentes, apresentando valores acima de 26°C, como o reservatório de Apipucos que se apresentou elevado (31,4° C) no período seco.

Os baixos valores para a saturação de oxigênio foi obtido para o reservatório de jazigo, com 13% no período chuvoso e 14% no seco, sendo elevado para os demais avaliado. Foi observado também que os menores valores de oxigênio dissolvido ocorreram nos reservatórios de Apipucos (1,7 mg/L⁻¹) para o período chuvoso, Arcoverde (1 mg/L⁻¹) no seco e Jazigo (1 mg/L⁻¹) em ambos os períodos. Entretanto, nos reservatórios de Jucazinho e Mundaú houve um aumento considerável da concentração de oxigênio dissolvido com 9,35 mg/L⁻¹ e 9,2 mg/L⁻¹, ambos para o período seco, respectivamente.

Os valores mais elevados de condutividade da água ocorreram tanto nos períodos chuvosos como nos secos para o reservatório de Jucazinho variando de 1.021 a 1.751 μS cm⁻¹. Enquanto os menores valores ocorreram no período seco para Tapacurá (0,46 μS cm⁻¹) e Prata (19,5 μS cm⁻¹). Os reservatórios Mundaú (período seco) e Jazigo (período chuvoso e seco) apresentaram turbidez elevada com 633 UNT, 273 UNT e 338 UNT, respectivamente, enquanto o Prata apresentou uma turbidez menor que 1 UNT nos períodos secos e chuvosos.

Tabela 5. Variações sazonais dos parâmetros físico-químicos, obtidos da água para os reservatórios no Estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. Períodos sazonais: R1C – 1º período chuvoso, R2C 2º período chuvoso, R1S – 1º período seco, R2S – 2º período seco. Parâmetros abióticos: Profundidade do ponto - Prof , Transparência da água – Tra agu, Temperatura do ar - Tem ar, Temperatura da água – Tem agu, Oxigênio dissolvido - Ox dis, Saturação de Oxgênio – Sat oxi, Condutividade – cond, Turbidez – Turb, Potencial hidrogeniônico – pH, Fósforo total – PT, Fósforo Total Dissolvido – PTD, Ortofosfato – PO4, Nitrogênio total – NT.

continuação

Os reservatórios que apresentaram pH alcalino para os períodos chuvoso e seco foram Mundaú e Jazigo, e para os períodos secos Tapacurá, Jucazinho e Arcoverde. O único com pH ácido em ambos os períodos foi o Prata.

Quanto ao estado trófico, o reservatório do Prata apresentou-se mesotrófico e oligotrófico para os períodos chuvosos, e eutrófico para os períodos secos, enquanto que Apipucos, Tapacurá, Jucazinho, Tabocas, Mundaú, Arcoverde e Jazigo foram classificados com eutróficos (Tabela 6).

Tabela 6. Classificação trófica e suas respectivas zonas fitogeográficas obtidas para os reservatórios do Estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. Períodos sazonais: R1C - 1º período chuvoso; R2C - 2º período chuvoso; R1S - 1º período seco; R2S - 2º período seco.

Zona da mata/litoral				
Reservatórios	R1C	R2C	R1S	R2S
Apipucos	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Prata	Mesotrófico	Oligotrófico	Eutrófico	Eutrófico
Tapacurá	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Zona do agreste				
	R1C	R2C	R1S	R2S
Jucazinho	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Tabocas	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Mundaú	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Zona do sertão				
	R1C	R2C	R1S	R2S
Arcoverde	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Jazigo	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico

3.3 Análise de Correspondência Canônica (CCA)

Análise de Correspondência Canônica (CCA) permitiu separar os reservatórios baseados nas variáveis abióticas e nas espécies registradas (Figuras 1a a 3b e Tabela 7). O Teste de Monte Carlo foi significativo ($p < 0,05$).

Nas análises realizadas, utilizando todos os reservatórios, não foram encontradas correlação entre as variáveis abióticas e bióticas entre as diferentes zonas fitogeográficas. No entanto, analisando individualmente cada zona fitogeográfica com seus respectivos reservatórios foram observadas influências de diferentes fatores abióticos.

Os reservatórios da zona da mata/litoral formaram três grupos, um grupo explicado pelo eixo 2, com o ortofosfato e fósforo total como variáveis que contribuíram para este agrupamento (Fig. 1a). A presença de *Digitaria ciliaris* e *Alternanthera philoxeroides* foi observada apenas no reservatório de Apipucos, uma vez que o mesmo apresenta elevadas concentrações de ortofosfato e fósforo total (Fig 1a e 1b). O grupo central pode ser considerado

como generalista uma vez que nenhum dos elementos testados apresentou forte influência para a separação das espécies. O terceiro grupo, formado pela variável transparência da água separou as espécies *Eleocharis interstincta* e *Websteria confervoides* que foram registradas apenas no reservatório do Prata.

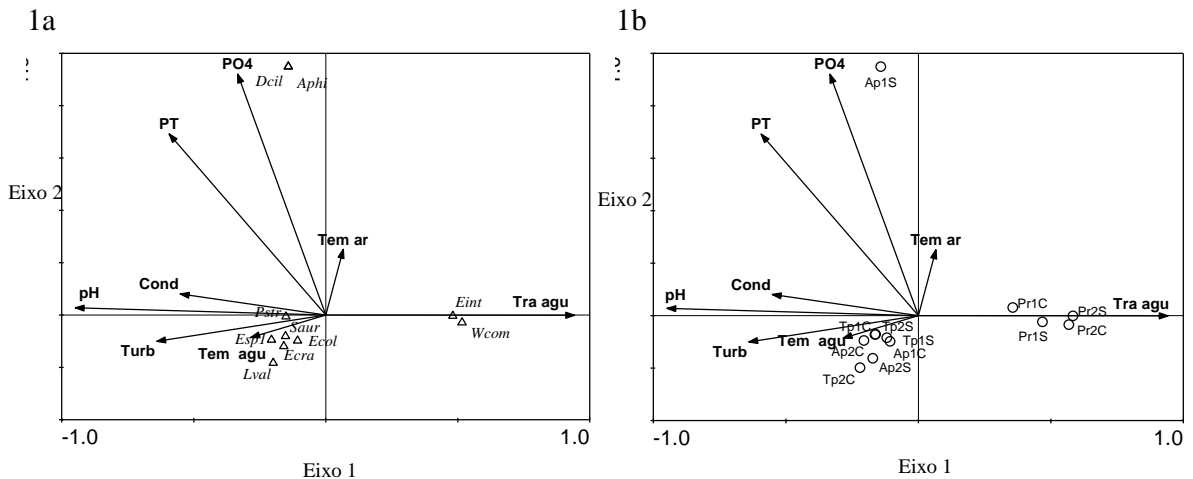


Figura 1a e 1b. Diagrama gerado pela análise de correspondência canônica (CCA) entre as espécies de macrófitas aquáticas em três reservatórios da zona da mata/litoral, do estado de Pernambuco, nordeste do Brasil, e as variáveis abióticas significativas (setas). As macrófitas aquáticas estão identificadas por siglas na Tabelas 5. As variáveis abióticas e os períodos sazonais na Tabela 6. Reservatórios: Apipucos – Api, Prata – Pr, Tapacurá – Tp.

O grupo formado na zona do agreste é composto por espécies registradas no reservatório de Jucazinho, Mundaú e Tabocas (Fig. 2a). As espécies de macrófitas presente em Mundaú receberam maior influência do pH e turbidez. No reservatório de Tabocas a baixa influencia de todas as variáveis analisadas contribuiu para o agrupamento das espécies (Fig. 2a e 2b).

Na zona do sertão a CCA mostrou a formação de 2 grupos, onde o primeiro grupo encontra-se recebendo uma maior influência das variáveis transparência e condutividade, que foram registradas apenas para o reservatório de Arcoverde. Em Jazigo, por sua vez, a turbidez foi a variável que contribuiu para o agrupamento das espécies *Salvinia auriculata* e *Azolla caroliniana* (Fig 3a e 3b).

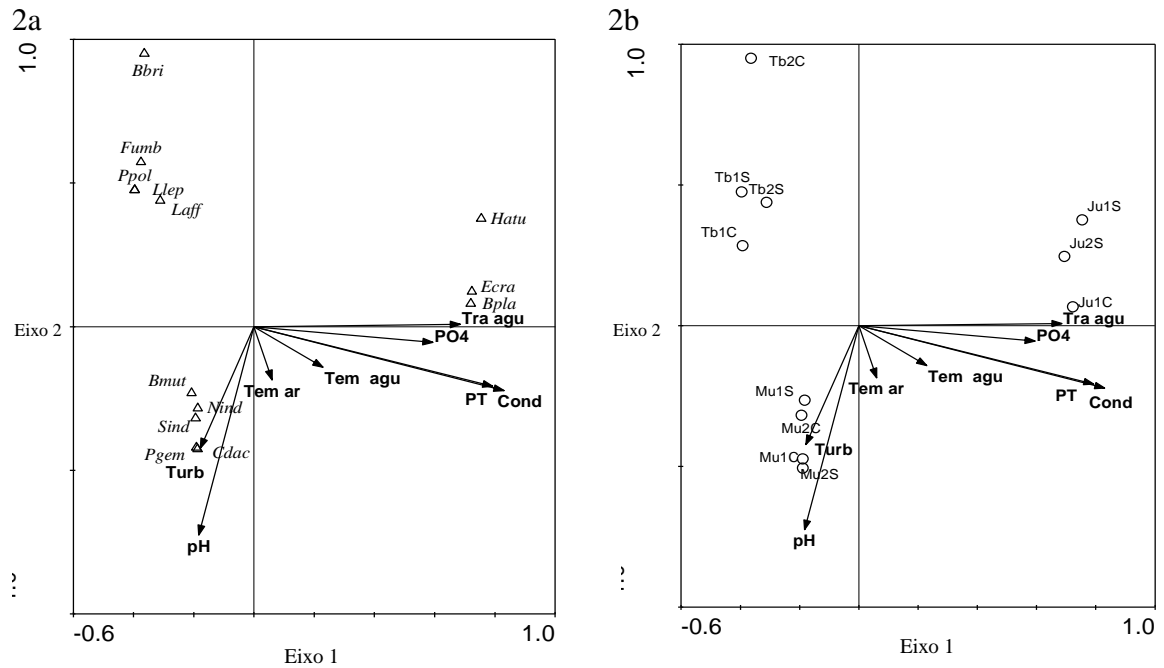


Figura 2a e 2b. Diagrama gerado pela análise de correspondência canônica (CCA) entre as espécies de macrófitas aquáticas em três reservatórios do agreste, do estado de Pernambuco, nordeste do Brasil, e as variáveis abióticas significativas (setas). As macrófitas aquáticas estão identificadas por siglas na Tabelas 5. As variáveis abióticas e os períodos sazonais na Tabela 6. Reservatórios: Jucazinho – Ju, Tabocas – Tb, Mundaú – Mu.

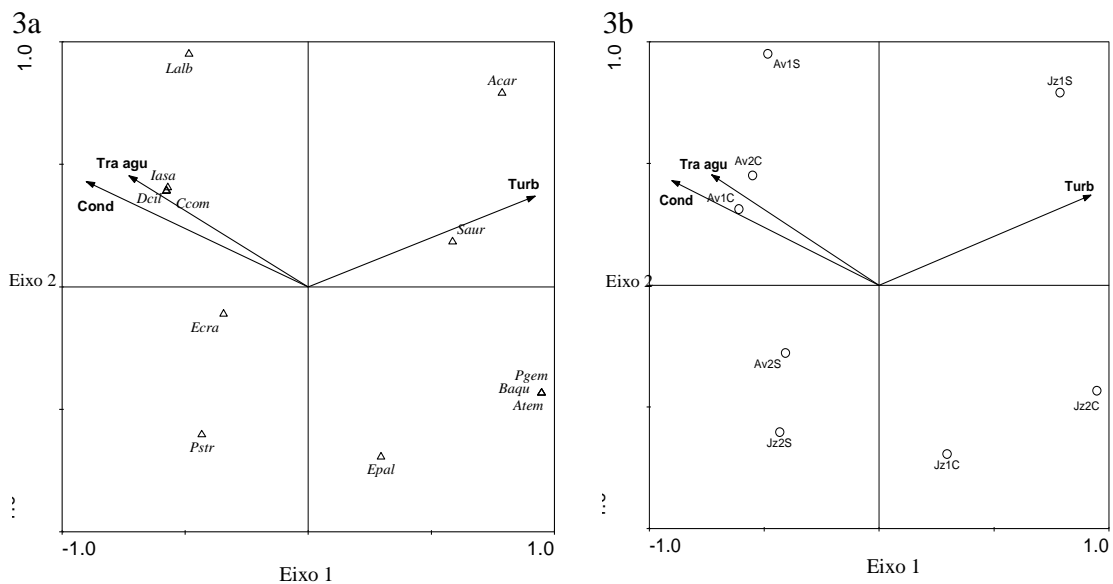


Figura 3a e 3b. Diagrama gerado pela análise de correspondência canônica (CCA) entre as espécies de macrófitas aquáticas em dois reservatórios do sertão, do estado de Pernambuco, nordeste do Brasil, e as variáveis abióticas significativas (setas). As macrófitas aquáticas estão identificadas por siglas na Tabelas 5. As variáveis abióticas e os períodos sazonais na Tabela 6. Reservatórios: Arcoverde - Av, Jazigo - Jz.

Tabela 7. Resumo estatístico e coeficientes de correlação entre as macrófitas e variáveis abióticas dos dois primeiros eixos da CCA, nos reservatórios da zona da mata/litoral (Apipucos, Prata e Tapacurá), zona do agreste (Jucazinho, Tabocas e Mundaú) e zona do sertão (Arcoverde e Jazigo), no estado de Pernambuco, nordeste do Brasil.

	Zona da mata/litoral		Zona do agreste		Zona do sertão	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
Eigenvalues	0,97	0,69	0,99	0,88	0,97	0,47
Correlação biótico-abiótico	0,98	0,99	1,00	0,96	0,99	0,86
Variância acumulada dos dados bióticos (%)	28,3	48,7	23,9	45,0	26,4	40,3
Variância acumulada da relação biótico-abiótico (%)	34,6	59,6	26,4	49,7	52,1	79,5
Teste de Monte Carlo						
Significância do primeiro eixo canônico - <i>p</i>	0,016		0,004		0,040	
Significância de todos os eixos canônicos - <i>p</i>	0,058		0,004		0,126	

4. Discussão

A maioria das espécies identificadas pertence ao grupo das macrófitas emergentes, caracterizadas como plantas marginais de lugares rasos. Para Sculthorpe (1967), a margem dos reservatórios constitui uma área de interface entre o ambiente terrestre e o aquático, local de grande diversidade de espécies e de formas biológicas, principalmente, as anfíbias e emergentes.

No presente estudo as principais variáveis abióticas, ortofosfato, turbidez, pH, transparência da água e condutividade, foram responsáveis para a separação das espécies nos reservatórios: Apipucos (zona da mata/litoral) - *Digitaria ciliares* e *Alternanthera philoxeroides*; Mundaú (zona do agreste) - *Brachiaria mutica*, *Sporobolus indicus*, *Paspalidium geminatum*, *Cynodon dactylon*, *Nymphoides indica*; Arcoverde - *Ipomoea asarifolia*, *Digitaria ciliares* e *Cyperus compressus* e Jazigo - *Salvinia auriculata* e *Azolla caroliniana* para a zona do sertão.

O reservatório do Prata foi classificado como mesotrófico e oligotrófico, nos dois períodos chuvosos, e eutrófico nos períodos secos. No período seco houve uma redução do nível da água e foi observado a mortalidade de vários indivíduos de *Eleocharis interstincta* e de outras espécies. O que pode ter causado um aumento nas concentrações de nutrientes na água, principalmente do fósforo e nitrogênio, ocasionando assim, lento processo de eutrofização. Santos e Esteves (2002), mostraram que o nível da água desempenha um papel

importante na determinação da altura da planta e, portanto, da biomassa de *Eleocharis interstincta*.

Os reservatórios de Arcoverde, Jucazinho e Tapacurá classificados como eutróficos no presente estudo corroboraram com os trabalhos de Silva et al. (2010) e Albuquerque e Oliveira (2010). Todavia, Apipucos, Tapacurá e Jazigo, analisados como eutrófico neste estudo, ocorreu as espécies *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata* e *Pistia stratiotes*, consideradas daninhas e indicadoras de ambientes eutróficos, confirmando assim, a eutrofização destes reservatórios quanto a classificação do estado trófico.

Nos reservatórios do estado de Minas Gerais, a presença de espécies como *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata*, entre outras, indicaram, em geral, que a qualidade das águas não é boa e que os usos podem estar comprometidos (Pedralli, 2003). O mesmo autor afirma que as macrófitas aquáticas podem ser utilizadas como excelentes bioindicadoras da qualidade das águas superficiais, com custos bastante reduzidos, desde que conhecidas a priori, as condições que limitam sua ocorrência e crescimento, fato este comprovado para três reservatórios de Minas Gerais.

Bini et al. (1999) encontraram em seu estudo, no reservatório de Itaipu (Paraná, Brasil), que a concentração de nutrientes na água e sedimento (nitrogênio e fósforo) foi o principal preditor na distribuição de macrófitas aquáticas flutuantes (principalmente *Salvinia auriculata*, *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes*). Já o estudo de Pereira (2002) mostrou que existe um padrão de distribuição espacial das macrófitas aquáticas na bacia do rio Itanhaém (São Paulo, Brasil). Este padrão indicou a presença de dois grupos. Um grupo formado pelas espécies submersas, no qual foram relacionadas a ambientes mais rasos, e com águas que apresentam valores de pH que variaram de neutro a levemente ácido, transparentes e menores concentrações de fósforo total e nitrogênio total na água, no sedimento e na matéria orgânica no sedimento. Enquanto, que as flutuantes livres e emersas foram relacionadas a ambientes com características opostas a aquelas referidas pelas macrófitas submersas.

Todavia, outros estudos mostram que outros fatores podem influenciar na presença de determinadas espécies como demonstraram Khedr e El-Demerdash (1997) onde a distribuição das espécies emergentes e flutuantes em canais de drenagem no nordeste do Delta do Nilo (Egito), está correlacionado com a condutividade elétrica da água e fósforo total. Já Baattrup-Pedersen e Riis (1999) relacionaram a distribuição das espécies de macrófitas aquáticas submersas e emergentes com a composição dos substratos em córregos dinamarqueses.

Neste estudo para os oito reservatórios de Pernambuco não foi verificada correlação entre as espécies de macrófitas e os fatores abióticos. Provavelmente, isto se deve ao fato de

que a maioria das espécies registradas, além de ser emergente, não ocorreu em todos os reservatórios, ou seja, a diversidade entre os reservatórios não permitiu a formação de um padrão de ocorrência de espécies.

Agradecimentos

A primeira autora agradece a CT-Hidro - Fundo Setorial de Recursos Hídricos, pela concessão da bolsa de estudos. À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) a Liliane Lima. Aos pesquisadores Edson Moura Jr. pela grande ajuda nas coletas, Eduardo Fuentes e Eduardo Almeida Jr. pelas análises e interpretação estatística.

5. Referências

Albuquerque, N.L., Oliveira, F.H.P.C., 2010. Avaliação sazonal da qualidade da água dos reservatórios de Carpina e Jucazinho pertencentes à bacia do rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil In: Moura, A.N., Araújo, E.L., Bittencourt-Oliveira, M.C., Pimentel, R.J.M.M., Albuquerque, U.P. (Eds) Reservatórios do nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo. Nupeea, pp. 283-327.

Ali, M.M., Murphy, K.J., Abernethy, V.J., 1999. Macrophyte functional variables *versus* species assemblages as predictors of trophic status in flowing waters. *Hydrobiol.* 415, 131-138.

Angiosperm Phylogeny Group – APG, 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Bot. J. Linn. Soc.* 141, 399-436.

Anuário Estatístico de Pernambuco - AEP, 1988. Recife. Condepe 37, 1-324.

Baatrup-Pedersen, A., Riis, T., 1999. Macrophyte diversity and composition in relation to substratum characteristics in regulated and unregulated Danish streams. *Fresh. Biol.* 42, 375–385.

Bini, L.M. Thomaz, S.M., Murphy, K.J., Camargo, A.F.M., 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiol.* 415, 147-154.

Branco, S.M., Rocha, A.A., 1977. Poluição, proteção e usos múltiplos de represas. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. Editora Edgar Blucher. 185pp.

Camargo, A.F.M., Pezzato, M.M., Henry-Silva G.G., 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S.M., Bini, L.M. (Eds.), *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá EDUEM, pp.59-83.

Carlson, R.E., 1977. A tropic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22, 361-369.

Esteves, F.A., 1998. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro. Interciência/FINEP. Rio de Janeiro.

Fidalgo, O., Bononi, V.L.R., 1989. *Técnica de coleta, preservação e herborização de material botânico*, São Paulo.

Gauch, H.C., 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge: Cambridge University, 298 p.

Heo, W., Kim, B., 2004. The effect of artificial destratification on phytoplankton in a reservoir. *Hydrobiol.* 524, 229-239.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2002. Resolução do IBGE nº 05, de 10 de outubro de 2002. *DOU.* 198, 48-65.

Irgang, B.E., Pedralli, G., Waechter, J.L., 1984. Macrófitas aquáticas da Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. *Roessléria* 1, 395-404.

Irgang, B.E., Gastal Jr., CV.S., 1996. *Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. UFRGS, porto Alegre.

Jacomine, P.K.T., Cavalcanti, A.C., Burgos, N., Pessoa, S.C.P., Silveira, C.O., 1973. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Pernambuco. Recife, Ministério da Agricultura/SUDENE. Boletim técnico 26, Série Pedológica, 14. Divisão de Pesquisa Pedológica 1, 1-359.

Júlio Jr., Thomaz, S.M., Agostinho, A.A, Latini, J.D., 2005. Distribuição e caracterização dos reservatórios. In: Rodrigues, L.; Thomaz, S.M.; Agostinho, A.A.; Gomes, L.C. (Orgs.) Biocenose em reservatórios: padrões espaciais e temporais. São Carlos: Rima. pp. 1-16.

Khedr, A.H.A., El-Demerdash, M.A., 1997. Distribution of aquatic plants in relation to environmental factors in the Nile Delta. *Aquat. Bot.* 56, 75–86.

Köppen, W., 1948. *Climatologia: con um estúdio de los climas de la Tierra*. México: Fondo de Cultura Economica.

Lacerda, F., Ferreira, M.A.F., Souza, W.M., 2006a. Precipitação pluviométrica média anual de Pernambuco. In: Silva, S.R. (Coord.) Atlas de Bacias hidrográficas de Pernambuco. SECTMA- Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente. 104p.

Lacerda, F., Ferreira, M.A.F., Souza, W.M., 2006b. Temperaturas do ar médias anuais de Pernambuco. In: Silva, S.R. (Coord.), Atlas de Bacias hidrográficas de Pernambuco. SECTMA- Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente. 104 pp.

Missouri Botanical Garden., 2010. Tropicos. org. Missouri Botanical Garden. Available from: www.tropicos.org. Access in: 06/09/2010.

Müeller -Dombois, D., Ellenberg., 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley, New York.

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

Pedralli, G., 2003. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. In: Thomaz, S.M., Bini, L.M. (eds.). Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Maringá: EDUEM, pp.171-188.

Pereira, M.C.T., 2002. Distribuição e abundância de macrófitas aquáticas em relação às características limnológicas em cinco áreas da bacia do rio Itanhaem, litoral sul do Estado de São Paulo. Rio Claro. Thesis. Universidade Estadual Paulista, UNESP, 72 pp.

Piedade, M.T.F., Junk, W.J., Long, S.P., 1991. The production of the C4 grass *Echinochloa Polystachya* on the Amazon floodplain. *Ecology* 72, 1456-1463.

Pott, V.J., Pott, A., 2000. Plantas aquáticas do pantanal. EMBRAPA. Corumbá: Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal.

Santos, A.M., Esteves, F.A., 2002. Primary production and mortality of *Eleocharis interstincta* in response to water level fluctuations. *Aquat. Bot.* 74, 189–199.

Scremin-Dias, E., Pott, V.J., Hora, R.G., Souza, P.R., 1999. Nos jardins submersos da Bodoquena: guia para identificação de plantas aquáticas de Bonito e região. Campo Grande, UFMS/ECO.A.

Sculthorpe, C.D., 1967. The biology of aquatic vascular plants. London: Edward Amol.

Shepherd, G. J., 1996. Fitopac 1, manual do usuário. Campinas, São Paulo. Unicamp.

Silva, J.M., Almeida, V.L.S., Dantas, Ê.W., Moura, A.N., 2010. Caracterização limnológica e determinação do estado trófico de seis reservatórios do Estado de Pernambuco. In: Moura, A.N., Araújo, E.L., Bittencourt-Oliveira, M.C., Pimentel, R.J.M.M., Albuquerque, U.P. (Eds) Reservatórios do nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia e manejo. Nupeea, pp. 267-282.

Smith, A.R., Pryer, K.M., Schettapelz, E., Korall, P. Scheider, H., Wolf, P., 2006. A classification for extant ferns. *Taxon* 55, 705-731.

Straskraba, M., Tundisi, J.G., Duncan, A., 1993. Introduction. In: Straskraba, M., Tundisi, J.G., Duncan, A. (Eds.) Comparative reservoir limnology and water quality management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp.7-9.

Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1965. A manual of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Board Can. 125, 1-185.

Ter Braak, C.J.F., Smilauer, P., 2002. CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for canonical community ordination (versão 4.5). Ithaca, New York, US.

Toledo, A.P., Talarico, M., Chinez, S.J., Agudo, E.G., 1983. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais. Camboriú, pp. 1-34.

Tundisi, J.G., 2007. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicação e perspectivas para usos múltiplos. In: Henry R. (Ed.). Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. FUNDIBIO. pp. 19-38.

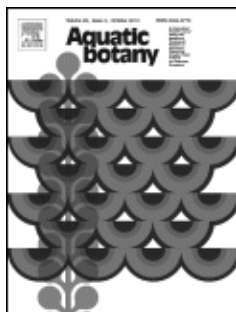
Valderrama, G. C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural Waters. Mar. Chem. 10, 109-122.

Wood, R.D., Imahori, K., 1965. A revision of the Characeae. 1: monograph of the Characeae. Weinheim: J. Cramer.

ANEXO

Normas do Periódico Aquatic Botany

Guide for Authors



AQUATIC BOTANY

An International Scientific Journal dealing with Applied and Fundamental Research on Submerged, Floating and Emergent Plants in Marine and Freshwater Ecosystems

Introduction

Aquatic Botany is concerned with fundamental studies on structure, function, dynamics and classification of plant-dominated aquatic communities and ecosystems, as well as molecular, biochemical and physiological aspects of aquatic plants. It is also an outlet for papers dealing with applied research on plant-dominated aquatic systems, including the consequences of disturbance (e.g. transplantation, influence of herbicides and other chemicals, thermal pollution, biological control, grazing and disease), the use of aquatic plants, conservation of resources, and all aspects of aquatic plant production and decomposition.

Types of paper

1. Original research papers (Regular Papers)
2. Review articles
3. Short Communications
4. Letters to the Editor

Regular papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.

Review articles should cover subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest. They may be submitted or invited.

A *Short Communication* is a concise but complete description of a limited investigation, which will not be included in a later paper. Short Communications should be as completely documented, both by reference to the literature and description of the experimental procedures employed, as a regular paper. They should not occupy more than 6 printed pages (about 12 manuscript pages, including figures, tables and references).

Letters to the Editor offering comment or appropriate critique on material published in the journal are welcomed. The decision to publish submitted letters rests purely with the Editor-in-Chief.

Before You Begin

Ethics in Publishing

For information on Ethics in Publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/ethicalguidelines>.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>.

Submission declaration

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere including electronically in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright see <http://www.elsevier.com/copyright>). Acceptance of the agreement will ensure the widest possible dissemination of information. An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights; for details you are referred to: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the paper for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Language Services

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review.

Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or contact authorsupport@elsevier.com for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/aqbot/>

Referees

Please submit, with the manuscript, the names and e-mail addresses of 4 potential referees.

Page Charges

Aquatic Botany has no page charges.

Preparation

Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed "graphically designed" equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on Electronic illustrations.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your wordprocessor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Experimental

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the

author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name, and, if available, the e-mail address of each author.

- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address.**

- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a "Present address" (or "Permanent address") may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required, no longer than 400 words. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separate from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, they must be cited in full, without reference to the reference list. Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Research highlights

Research highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Research highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters per bullet point including spaces). See <http://www.elsevier.com/researchhighlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Nomenclature and Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI.

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please "save as" or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as "graphics".

TIFF: color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

DOC, XLS or PPT: If your electronic artwork is created in any of these Microsoft Office applications please supply "as is".

Please do not:

- Supply embedded graphics in your wordprocessor (spreadsheet, presentation) document;
- Supply files that are optimised for screen use (like GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to "gray scale" (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either "Unpublished results" or "Personal communication". Citation of a reference as "in press" implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Reference Style

Text:

All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
 2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
 3. *Three or more authors:* first author's name followed by "et al." and the year of publication.
- Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed chronologically.

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

Use the following system for arranging your references:

a. For periodicals

Stewart, D.A., Agnew, D., Boyd, R., Briggs, R., Toland, P., 1993. The derivation of changes in Nephrops per unit effort values for the Northern Ireland fishing fleet. *Fish. Res.* 17, 273-292.

b. For edited symposia, special issues, etc. published in a periodical
Roberts, R.J., 1993. Ulcerative dermal necrosis (UDN) in wild salmonids. In: Bruno, D.W. (Ed.), *Pathological conditions of wild salmonids*. *Fish. Res.* 17, 3-14.

c. For books

Gaugh, Jr., H.G., 1992. *Statistical Analysis of Regional Yield Trials*. Elsevier, Amsterdam.

d. For multi-author books

Bucke, D., 1989. Histology. In: Austin, B., Austin, D.A. (Eds.), *Methods for the Microbiological Examination of Fish and Shellfish*. Wiley, New York, pp. 69-97.

In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained.

However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added. Work accepted for publication but not yet published should be referred to as "in press".

References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to

Index Medicus journal abbreviations: <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>;

List of serial title word abbreviations: <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>;

CAS (Chemical Abstracts Service): <http://www.cas.org/sent.html>.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a maximum size of 10 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Submission checklist

It is hoped that this list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal's Editor for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One Author designated as corresponding Author:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone and fax numbers

All necessary files have been uploaded

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been "spellchecked" and "grammar-checked"
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black and white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

After Acceptance

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. The correct format for citing a DOI is shown as follows (example taken from a document in the journal *Physics Letters B*):
doi:10.1016/j.physletb.2003.10.071

When you use the DOI to create URL hyperlinks to documents on the web, they are guaranteed never to change.

Proofs

One set of page proofs in PDF format will be sent by e-mail to the corresponding author. Elsevier now sends PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader© version 7 (or higher) available free from <http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs. The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/acrobat/acrrsystemreqs.html#70win>.

If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Therefore, it is important to ensure that all of your corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. The PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use. Additional reprints can be ordered on a reprint order form which will be sent to the corresponding author of the accepted article by the publisher.

Author's Discount

Contributors to Elsevier journals are entitled to a 30% discount on most Elsevier books, if ordered directly from Elsevier.

Author Inquiries

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission where available) please visit this journal's homepage. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle> and set up e-mail alerts to inform you of when an article's status has changed. Also accessible from here is information on copyright, frequently asked questions and more. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher.