


LEONARDO RAFAEL CHAVES COELHO XAVIER



**EFEITOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE A COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DAS
COMUNIDADES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS AO LONGO DO RIO
CAPIBARIBE – PERNAMBUCO – BRASIL.**

**Recife
2014**

LEONARDO RAFAEL CHAVES COELHO XAVIER

**EFEITOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE A COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA
COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS AO LONGO DO RIO CAPIBARIBE
– PERNAMBUCO – BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB), da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para a obtenção do título de Mestre em Botânica.

ORIENTADORA:

Profa. Dr^a. Sonia Maria Barreto Pereira

CO-ORIENTADORES:

Profa. Dr^a. Roxana Cardoso Barreto

Prof. Dr. Douglas Correia Burgos

Recife

2014

Ficha catalográfica

X3e Xavier, Leonardo Rafael Chaves Coelho
 Efeitos da urbanização sobre a composição e
estrutura
 das comunidades de macrófitas aquáticas ao longo do
Rio
 Capibaribe – Pernambuco – Brasil / Leonardo Rafael
Chaves
 Coelho Xavier. – Recife, 2014.
 71 f. : il.

 Orientadora: Sonia Maria Barreto Pereira.
 Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Biologia,
 Recife, 2014.
 Inclui referências e anexo(s).

Biomassa 1. Plantas aquáticas 2. Ecossistemas lóticos 3.
 4. Brasil, Nordeste I. Pereira, Sonia Maria Barreto,
 orientadora II. Título

CDD 581

**EFEITOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE A COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA
COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS AO LONGO DO RIO CAPIBARIBE
– PERNAMBUCO – BRASIL.**

LEONARDO RAFAEL CHAVES COELHO XAVIER

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB),
da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Botânica. Dissertação defendida e aprovada pela
banca examinadora:

Orientadora: _____
Dra. Sonia Maria Barreto Pereira
Titular / UFRPE

Examinadores:

Dra. Iva Carneiro Leão Barros
Titular/UFRPE

Dra. Carmen S. Zickel
Titular/UFRPE

Dra. Enide Esquimazi Leça
Titular/UFRPE

Dra. Maria de Fátima de Oliveira Carvalho
Suplente/UFRPE

Data da aprovação: / /2014

RECIFE

2014

Dedicatória

Dedico à toda minha família,
minha base, onde o amor, o apoio e
o respeito não se medem.

AGRADECIMENTOS

Em Deus eu acredito e confio! Sem Ele, nada seria possível!

Obrigado aos meus pais, Luciene Chaves e Antonio Xavier Filho! Vocês são os meus maiores exemplos de amor e respeito. Obrigado por me ensinarem o verdadeiro significado dessas palavras!

Aos meus irmãos, Antonio, João Paulo, Luciana e Laura, eu serei sempre grato pelo apoio, pelas conversas, pelo carinho e pelo amor que transborda em nossos corações! Vocês são os melhores amigos e companheiros que alguém poderia ter! Estarei sempre ao lado de vocês!

Aos meus avôs paternos, Reginalda (vovó Dada) e Antonio (vovô Totô), que hoje estão em companhia do bom Deus! Levarei sempre em meu coração eternas e felizes lembranças!

Aos meus avôs maternos, Severina (Beata, Mogueca ou, simplesmente, vovó) e Valdemar (vovô Dema), por todo amor, carinho e torcida dedicadas, não apenas para mim, mas pra todos os filhos e netos.

À minha namorada linda, Thaíris Arruda! Dona de meus sorrisos. Àquela que tem me ensinado a me apaixonar mais todos os dias e que tem dado um ar mais ameno e calmo aos meus dias mais tensos e tenebrosos. Obrigado por isso, meu amor!

Um obrigado mais do que especial à minha amiga e orientadora, Profa. Sonia Maria B. Pereira, por todos os ensinamentos profissionais e também de vida!

Aos meus conselheiros, Douglas e Profa. Roxana, e também ao meu amigo Fernando Scherner. Muito obrigado pelos ensinamentos!

Aos meus primos, em especial Rivaldo, Daniele, Bruna, Paulo Henrique e Fernanda, no qual tive o privilégio de conviver os melhores anos de minha vida (a infância) quase que diariamente.

A todos os meus tios, em especial a Roberval, Laudicéa, Romoaldo, Zé, Maurício, Marilene, Paulo e Adriana. Obrigado por todo apoio e carinho!

A todos os professores do PPGB/UFRPE.

A CAPES/CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado.

Obrigado ao Prof. Willian Severe e Teresa Paiva, pela ajuda nas análises laboratoriais do meu trabalho de dissertação.

Aos amigos e companheiros do LABOFIC/UFRPE, Fátima, Douglas, Fernando, Beth, Khey, Manoel, Cássio, Mayara, Samara, Carol.

Aos colegas pela ajuda nas coletas de campo, Douglas, Cassio, Lourenço, Edson, Mayara, Samara e Manoel. Obrigado pela ajuda!

Aos amigos e irmão que fiz no mestrado, Lourenço, Angélica, Maria Luíza, Natália, André, Laís, Elhane, Ana Maria e Priscila. Obrigado pelas horas de descontração e as alegrias. Sentirei falta disso tudo!

Aos amigos do PPGB/UFRPE, Diego Natan, Patrícia Lima, Liliane, Nízia, Patrícia Campos, Juliana, Mauro e Marcílio.

Às minhas amigas, Paula Regina e Talita Oliveira. Obrigado pela amizade, ensinamentos e companheirismo! A vocês, eu devo o amor a minha profissão!

Aos amigos do LEcoBio/ITEP, Alane, Rafael, Katarina, Patrícia, Renata, Suzana, Antônio, José Henrique, Ismael e Thomas. Obrigado pelo apoio e ensinamentos diários.

Aos amigos e funcionários do PPGB/UFRPE, Manasses, Kênia, Michele e Carla.

Aos meus eternos amigos Fernando Jr., Darlan, Denis e Eduardo Coelho, a quem considero como irmãos.

Aos meus eternos amigos da graduação, Talita, Yuri, Ayrles, Thiago, Pollyanna e Diego. Graças a vocês, a minha caminhada profissional e pessoal foi repleta de vitórias e alegrias.

Aos meus sogros, Dona Graça e Seu Adeilton, e meus Cunhados Thiago, Verucci, Ayane, Caio, Rafael e Élissa.

Às minhas amigas do interior Maria do Carmo (Nenem), Diangela e suas pequenas (Débora e Dáfine), Thalita, Maria e Neidinha.

À minha amiga Juliana, que agora está na companhia do bom Deus. Obrigado por me presentear com sua amizade e tantos ensinamentos em minha breve história como professor do Colégio Diocesano de Belo Jardim! Descanse em paz, minha amiga!

A todos que não mencionei e que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação.

Divido essa conquista com cada um de vocês! Obrigado a todos!

RESUMO

Em todo o planeta vem sendo observado que a utilização indiscriminada dos ecossistemas aquáticos continentais, por ações antrópicas, altera a qualidade dos recursos hídricos, conduzindo a diversos impactos ambientais. No estado de Pernambuco, o aumento populacional, principalmente, em centros mais desenvolvidos, é responsável por uma marcada pressão urbana. Nesta condição se encontram os municípios localizados as margens da bacia hidrográfica do rio Capibaribe acarretando, com isto, numa série de impactos no referido rio, um dos principais do referido Estado. Como consequência danosa dessa íntima relação entre o homem e este recurso ocorre a eutrofização, com o aumento da produtividade e, conseqüente, proliferação de determinadas espécies de macrófitas aquáticas. O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos da urbanização sobre a composição e estrutura das comunidades de macrófitas aquáticas ocorrentes em diferentes trechos do rio Capibaribe. Os pontos de coleta foram selecionados em quatro municípios, dois localizados na zona do Agreste (Santa Cruz do Capibaribe e Toritama) e dois localizados na região metropolitana (São Lourenço e Recife) levando em consideração áreas urbanizadas e não urbanizadas. Estes pontos foram visitados bimestralmente entre os meses de janeiro e julho de 2013 para a observação da variação estacional (Estações seca e chuvosa). Em campo, indivíduos de cada espécie encontrados foram coletados, prensados, identificados e inseridos no acervo do Herbário Professor Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Para a análise da biomassa, em cada Ponto de Coleta foram plotados, na região litorânea, três transectos, com 9,75m de comprimento cada, equidistantes 10 metros. O material botânico foi coletado a um metro da margem e, em cada transecto, lançados três quadrados (0,25m x 0,25m), equidistantes três metros. Todas as plantas contidas nos quadrados foram coletadas, acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e transportadas ao Laboratório de Ficologia (LABOFIC) do Programa de Pós Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGB/UFRPE). Em laboratório, o material foi lavado, triado e levados a estufa (70°C) para obtenção dos valores médios de biomassa (g.PS/m²). Para a avaliação da influência de fatores ambientais sobre a comunidade de macrófitas aquáticas, foram analisados variáveis hidrológicas (transparência, temperatura, turbidez, salinidade e nutrientes). Foi analisada a distribuição espaço temporal das plantas e sua frequência de ocorrência. Para uma

melhor interpretação dos dados obtidos, serão realizados testes estatísticos específicos. Foram identificadas 31 espécies de macrófitas aquáticas. A Divisão Monilophyta esteve representada por *Salvinia auriculata* e *Azolla caroliniana*, ambas pertencentes à família Salviniaceae. A família mais representativa da Divisão Magnoliophyta foi Poaceae, com quatro espécies, seguida de Amaranthaceae, Araceae, Asteraceae, Cyperaceae, Nymphaeaceae, Onagraceae e Polygonaceae, cada uma com duas espécies. No município de Santa Cruz do Capibaribe, a área urbanizada teve uma maior ocorrência de espécies (cinco spp.), quando comparado à área não urbanizada do mesmo município (uma spp.). Na Região Metropolitana do Recife houve um número de espécies próximo entre a área não urbanizada (11 spp.) e a área urbanizada (12 spp.). Em Toritama, a área não urbanizada também apresentou um número de espécies superior (17 spp.) à área urbanizada (três spp.). Com relação à frequência de ocorrência, apenas *Ipomoea asarifolia* (58,3%), *Eichhornia crassipes* (54,2%), e *Paspalum* sp1. (50%), foram consideradas como frequentes. As espécies *E. crassipes* (637,39 g.PS/m²) e *Paspalum* sp2. (559,70 g.PS/m²) foram as que apresentaram maiores valores de biomassa. As análises multivariadas baseadas nos dados de biomassa indicaram diferenças globais significativas entre áreas urbanizadas e não urbanizadas ($R = 0.044$, $p = 0.001$) e também entre os períodos seco e chuvoso ($R = 0.018$; $p = 0.019$). Diante da heterogeneidade apresentada no ecossistema estudado, devido à grande variação física, química e biológica entre as áreas urbanizadas e não urbanizadas estudadas, observou-se que o fator urbanização influenciou significativamente na composição florística e na estrutura das comunidades de macrófitas ao longo do rio Capibaribe.

PALAVRAS-CHAVE: plantas aquáticas, ecossistemas lóticos, biomassa, Nordeste brasileiro.

ABSTRACT

It has been observed worldwide that the indiscriminate use of freshwater ecosystems by human activities alters the quality of water resources causing to a variety of environmental impacts. In Pernambuco state, the population increase, especially in more developed centres, is responsible for a marked urban pressure. At this condition are the municipalities located on the borders of the watershed of the Capibaribe River leading to numerous impacts on the river, which is a major river of the State. As a detrimental consequence of this intimate relationship between man and this resource eutrophication occurs, with increased productivity and the consequent proliferation of certain species of aquatic macrophytes. The present study aimed to analyze the effects of urbanization on the composition and community structure of aquatic macrophytes occurring in different areas of the Capibaribe River. The sampling sites were selected in four municipalities, two of them located in the Agreste zone (Santa Cruz do Capibaribe and Toritama) and two located in the metropolitan area (São Lourenço and Recife) considering urbanized and non-urbanized areas. These sites were visited bimonthly between January and July 2013 to observe the seasonal variation (wet and dry seasons). In the field, individuals of each species found were collected, pressed, identified and included in the collection of the Herbarium Professor Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) of the Federal Rural University of Pernambuco. For the biomass analysis at each sampling site three transects measuring 9.75 m long each were plotted on the margins, spaced 10 meters from each other. The botanical material was collected at one meter from the margins along each transect, using three quadrats (0,25 m x 0,25 m), spaced three meters from each other. All plants within the quadrats were collected, placed in labelled plastic bags and transported to the Laboratory of Phycology (LABOFIC) of the Post-Graduation Program in Botany at the Federal Rural University of Pernambuco (PPGB/UFRPE). In the laboratory, the material was washed, sorted and taken to the oven (70° C) to obtain the average values of biomass (g.PS/m²). For the evaluation of the influence of environmental factors on the aquatic macrophytes community hydrological variables (transparency, temperature, turbidity, salinity and nutrients) were analyzed. Space-time distribution of plants and their frequency of occurrence was analyzed. For a better interpretation of the data, specific statistical tests were performed. 31 species of aquatic macrophytes were identified. The Division Monilophyta was represented by *Salvinia auriculata* and *Azolla caroliniana*, both

belonging to the family Salviniaceae. Poaceae was the most abundant family of the Division Magnoliophyta, with four species, followed by Amaranthaceae, Araceae, Asteraceae, Cyperaceae, Nymphaeaceae, Onagraceae and Polygonaceae, with two species each. In the municipality of Santa Cruz do Capibaribe the urbanized area had a higher occurrence of species (five spp.) when compared to the non-urbanized area in the same city (one spp.). In the Metropolitan Region of Recife the number of species was similar between the non-urbanized area (11 spp.) and urban area (12 spp.). In Toritama the non-urbanized area also showed a higher number of species (17 spp.) comparing to the urbanized area (three spp.). With respect to the frequency of occurrence only *Ipomoea asarifolia* (58.3 %), *Eichhornia crassipes* (54.2 %), and *Paspalum* sp1. (50%) were considered as being frequent. The species *E. crassipes* (637.39 g.PS/m²) and *Paspalum* sp2. (559.70 g.PS/m²) showed the highest biomass values. Multivariate analyzes based on biomass data indicated significant overall differences between urbanized and non-urbanized areas ($R = 0.044$, $p = 0.001$) and also between the dry and rainy seasons ($R = 0.018$, $p = 0.019$). Given the heterogeneity of the studied ecosystem, due to the large variation in physical, chemical and biological aspects between the urbanized and non-urbanized areas studied, it was observed that the urbanization factor influenced significantly on the floristic composition and structure of the macrophyte communities along the Capibaribe River.

KEYWORDS : Aquatic plants, lotic ecosystems, biomass, Northeast Brazil.

SUMÁRIO

Resumo	VIII
Abstract	X
Lista de Tabelas	XIII
Lista de Figuras	XV
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1. Florística e Ecologia de Macrófitas Aquáticas no Mundo	19
2.2. Florística e Ecologia de Macrófitas Aquáticas no Brasil	21
2.3. A urbanização sobre as Assembleias de Macrófitas Aquáticas	26
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
4. MANUSCRITO QUE SERÁ SUBMETIDO AO PERIÓDICO HYDROBIOLOGIA :	
Efeitos da urbanização sobre a composição e estrutura das comunidades de macrófitas em um ecossistema lótico do estado de Pernambuco, Brasil.	37
Urbanization Effects on the Composition and Structure of Macrophytes Communities in a Lotic Ecosystem of Pernambuco state, Brazil.	
5. ANEXO (Normas do Periódico Hydrobiologia)	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sinopse das espécies de macrófitas encontradas no rio Capibaribe (PE), durante o período de janeiro a julho de 2013 com suas respectivas famílias, formas biológicas, Frequência de Ocorrência, análise de contribuição estatística ANOSIN referente ao fator urbanização e estacionalidade (período seco e chuvoso) e ocorrência das espécies por Pontos de Coleta. (F.O.= Frequência de Ocorrência; N.Urb.= Ponto não Urbanizado; Urb.= Ponto Urbanizado; A = Anfíbia; E = Emergente; FF = Flutuante fixa; FL = Flutuante livre; S = Submersa; - = ausência; x = presença). **49**

Tabela 2 – Índice de Shannon-Wiener, com os desvios padrões respectivos, dos dados quantitativos das espécies de macrófitas, Média dos Índices de Estado trófico e Classificação do Estado trófico das áreas estudadas do rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil, entre o período de janeiro e julho de 2013. **52**

Tabela 3 – Valores de biomassa média das macrófitas aquáticas, com os respectivos desvios padrões, ocorrentes no Ponto de Coleta 6 (área urbanizada da Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, Brasil), entre o período de janeiro e julho de 2013. **52**

Tabela 4 – Valores de biomassa média das macrófitas, com os respectivos desvios padrões, ocorrentes no Ponto de Coleta 5 (área não urbanizada da Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, Brasil), entre o período de janeiro e julho de 2013. **52**

Tabela 5 – Valores de biomassa média das macrófitas, com os respectivos desvios padrões, ocorrentes no Ponto de Coleta 3 (área urbanizada do município de Toritama, Pernambuco, Brasil), entre o período de janeiro e julho de 2013. **53**

Tabela 6 – Valores de biomassa média das macrófitas, com os respectivos desvios padrões, ocorrentes Ponto de Coleta 2 (área urbanizada do município de Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco, Brasil), entre o período de janeiro e julho de 2013. **53**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil, indicando os Pontos de Coleta dos Municípios de Santa Cruz do Capibaribe - PE (quadrado branco: área não urbanizada; e quadrado preto: área urbanizada), Toritama - PE (círculos branco: área não urbanizada; e círculo preto: área urbanizada) e da Região Metropolitana do Recife (triângulo branco: área não urbanizada; e triângulo preto: área urbanizada). 54
- Figura 2** – Gráfico de padrão MDS referente à estacionalidade (estação seca e chuvosa). 55
- Figura 3** – Gráfico de padrão MDS referente ao fator urbanização (áreas urbanizadas e não urbanizadas). 56
- Figura 4** – Gráfico de padrão MDS referentes aos locais estudados (Pontos de Coleta). 57
- Figura 5** – Trecho do rio Capibaribe de uma área urbanizada do Município de Toritama (PE). (A) Extensa área coberta por *Eichhornia crassipes* no mês de dezembro de 2012 e (B) com expressiva quantidade de biomassa morta da mesma espécie no mês de março de 2013. 58
- Figura 6** – Médias dos dados físicos-químicos dos Pontos de Coletas das áreas não urbanizadas (barras em branco) e das áreas urbanizadas (barras em preto) do rio Capibaribe, referentes aos períodos seco (janeiro a março de 2013) e chuvoso (maio a julho de 2013). 59

1. INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas são consideradas como toda a vegetação visível a olho nu, independente da classificação taxonômica, que ocorrem desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos. Desempenham importante papel no ecossistema, constituindo a base da cadeia trófica, participando diretamente na ciclagem de nutrientes. (Esteves & Camargo, 1986).

Atualmente, no Brasil, os trabalhos publicados sobre os referidos vegetais enfocam, principalmente, os sistemas lênticos e artificiais (lagoas, alagados, açudes e reservatórios), existindo, portanto, uma escassez de estudos em sistema lótico (rios e riachos) (Thomaz e Bini, 2003). Nas últimas três décadas vem sendo observada uma maior frequência de impactos antropogênicos em ecossistemas lóticos e, conseqüente, desaparecimento de diversas espécies, especialmente em áreas de conservação. Diante dessa evidência o monitoramento e pesquisas sobre amostragens se tornam cada vez mais importantes, identificando, desta forma, espécies bioindicadoras de impactos ambientais, bioremediadoras de ambientes antropizados e a ocorrência de sucessões ecológicas nesses ambientes (Esteves, 1998; Thomaz et al., 2004; Ferreira et al., 2010).

Segundo o censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população, em 2000, na área que compreende a bacia hidrográfica do rio Capibaribe, situado no estado de Pernambuco ($8^{\circ}49'05''S$ – $36^{\circ}56'24''W$), era de 3.108.341 habitantes, dos quais 86% residentes em áreas urbanas, e destes mais de 45% no município de Recife, capital do Estado. Posteriormente, em 2007, o IBGE, em novo levantamento demográfico, assinalou o crescimento dessa população para 3.312.972 habitantes. A razão desse crescimento, que ocorre principalmente nos centros urbanos, é conseqüência do

desenvolvimento econômico em diferentes regiões da bacia hidrográfica (PROJETEC-BRLi, 2010a), sendo responsável por uma série de impactos ambientais devido à íntima relação que se estabelece entre o homem e o rio Capibaribe. Esses impactos ambientais causam grande perturbação nesse sistema fluvial, onde 36 municípios, dos 42 pertencentes à referida bacia, liberam seus esgotos domésticos e industriais sem tratamento adequado diretamente em suas águas ou em alguns de seus afluentes (Pereira, 2004; PROJETEC-BRLi, 2010a).

Uma das principais consequências dos referidos problemas ambientais é a chamada eutrofização, processo de enriquecimento de corpos d'água por nutrientes, principalmente fosfatos e compostos nitrogenados. Este fato é responsável por consequências desastrosas no ambiente devido ao aumento exagerado na oferta de nutrientes, a proliferação indesejável e aceleração na produtividade de populações de macrófitas aquáticas (Neiff, 1990; Esteves, 1998; Machado, 2001; Goulart e Callisto, 2003; Tundisi et al., 2006). A espécie *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae) é um bom exemplo desse fato. Conhecida como aguapé, camalote ou baronesa, essa espécie apresenta uma alta produtividade e é responsável por formar ilhas flutuantes, que prejudicam atividades antrópicas, como a navegação e a pesca, além de aumentar a taxa de evaporação de um corpo d'água, pela evapotranspiração, de duas a oito vezes mais rápida do que se estivesse com a superfície livre (Marcondes e Tanaka, 1997; Greco e Freitas, 2002; Pott e Pott, 2000; Barbosa e Espindola et al., 2004). Pereira et al. (2008) observaram, também, a invasão da macrófita submersa *Egeria densa* Planch (Hydrocharitaceae) no reservatório da Hidroelétrica de Paulo Afonso, Bahia, Brasil, prejudicando a produção de energia, pelo entupimento das turbinas.

Este trabalho teve como objetivo analisar os efeitos da urbanização sobre a composição e estrutura de comunidade das macrófitas aquáticas ao longo do rio Capibaribe e avaliar a saúde ambiental e a qualidade da água desse sistema fluvial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Florística e Ecologia de Macrófitas Aquáticas no Mundo

Em nível mundial, os primeiros estudos limnológicos foram realizados em lagos profundos de regiões temperadas da Europa, levando em consideração, apenas, as comunidades de fitoplâncton como produtores primários dos ambientes limnéticos. No entanto, com o aumento no número de pesquisas limnológicas em todo o mundo, comprovou-se a importância da comunidade de macrófitas aquáticas não só como produtores mas como a principal fonte de biomassa na maioria desses ecossistemas estudados (Janauer & Kum, 1996; Esteves, 1998).

Weldon & Blackburn (1962) e Lawrence & Weldon (1964) foram os pioneiros na publicação de guias ilustrados para a identificação das macrófitas daninhas, classificando esses vegetais de acordo com sua forma biológica (marginal, emersa, submersa e flutuante). Cook (1974, 1996), fez umas das mais importantes e completas contribuições para o estudo florístico e taxonômico dessa vegetação. Atualmente, essas publicações são utilizadas como base para os estudos sobre as macrófitas.

Devido a ocupação de *Egeria densa* em uma área de aproximadamente 10.000 hectares do sistema fluvial de Santee-Cooper, na Carolina do Sul (USA), Getsinger & Dillon (1984) analisaram a sua dinâmica populacional. No Japão, Haramoto & Ikusima (1988), estudando o ciclo ecofisiológico da referida espécie, igualmente responsável por grandes propagações em ecossistemas temperados, demonstraram que o sucesso dessa propagação está relacionado com a hibernação, pela acumulação de amido, seguida do rápido aumento de sua biomassa, quando as plantas ainda estão latentes. Twilley et al. (1985) analisaram a

produção de biomassa de várias espécies em função do aporte de nutrientes do rio Chowan, Carolina do Norte (USA). Estimaram a biomassa de *Justicia americana* (L.) Vahl (Acanthaceae) em 173 g.PS/m² por estação de crescimento e uma maior reposição de nutrientes por *Nuphar luteum* (L.) Sibth. & Smith (Nymphaeaceae), neste caso, devido a decomposição de suas folhas. Wijk (1988), analisou alguns aspectos ecológicos, como biomassa e ciclo de vida, de *Potamogeton pectinatus* L. (Potamogetonaceae). Observou uma variação na biomassa de diferentes populações de ambientes aquáticos da Holanda de 73,2 g.PS/m² para 1312,5 g.PS/m² e da França de 375,7 para 668,0 g.PS/m², relacionando a maior perda de biomassa em épocas de pastoreio de aves aquáticas.

Ferreira et al. (1998) apresentaram um levantamento das macrófitas da parte portuguesa da bacia hidrográfica do rio Guadiana, sul na península Ibérica, catalogando 182 espécies entre a vegetação ripária e aquática. Os autores evidenciaram que a irregularidade pluviométrica, com forte tendência de intermitência, teve uma grande influência no decréscimo do número de espécies.

Bowen (2006) analisou, em diferentes fluxos de rios de várzea australianos, a importância das macrófitas na entrada de matéria orgânica. Demonstrou que a manipulação de fluxo pode ser usada para influenciar o aporte de matéria orgânica desses vegetais, interferindo no metabolismo do ecossistema e nas interações tróficas. Szoszkiewicz et al. (2009) observaram, em rios da Polônia, grande variação na abundância e diversidade de macrófitas, relacionando estes fatos com a variação da intensidade luminosa.

Chambers et al. (2008) e Franklin et al. (2008), condensaram, nessas duas obras, revisões sobre os trabalhos florísticos de macrófitas até então

publicados. Esses autores ressaltam, ainda, a necessidade da realização de estudos para delimitação de um maior conhecimento sobre as comunidades de macrófitas, enfocando tanto aspectos descritivos como quali-quantitativos. Os referidos autores consideraram que esse tipo de abordagem pode indicar e delimitar parâmetros ecológicos, como abundância e distribuição espacial, biogeográfica, e, também, a qualidade ambiental. Chambers et al. (2008), também, analisaram o número e a distribuição de espécies macrófitas vasculares ocorrentes em todo mundo, resultando em um total de 2.614 espécies, das quais 39% são endêmicas de determinadas regiões biogeográficas do mundo.

No continente africano, a diversidade de ecossistemas de água doce, aliado ao clima extremamente variado e geomorfologias diversificadas são importantes fatores para a ocorrência de uma grande variedade de plantas aquáticas, as quais, até recentemente, pouco se conhecia (Bignoli, 2011). Com o esforço de alguns pesquisadores, trabalhos florísticos e ecológicos vem sendo realizados com o objetivo de analisar a biodiversidade e avaliar o grau de degradação desses ecossistemas. Dentre essas publicações destacam-se os trabalhos de Niang-Diop & Ouedraogo (2009) no oeste africano, Sieben (2009) no sul, Rhazi & Grillas (2010) no norte e Ghogue (2011) na África central. Os resultados dos trabalhos desses pesquisadores mostraram marcada diversidade de plantas aquáticas, totalizando cerca de 718 espécies, das quais 67,4% são endêmicas.

2.2. Florística e Ecologia de Macrófitas Aquáticas no Brasil

Apesar dos estudos relacionados as macrófitas aquáticas ainda serem bastante escassos no Brasil, vem sendo observado um número crescentes de trabalhos publicados após a década de 80. Esse fato se deve ao reconhecimento da

importância ecológica desempenhada por essa comunidade vegetal, aliado aos prejuízos causados nas atividades econômicas, decorrentes do crescimento excessivo desses vegetais (Thomaz & Bini, 2003). Pompêo (2008) comenta que estudos enfocando essa vegetação ampliam o conhecimento de sua ecologia e são visto como básicos para o monitoramento e manejo do ecossistema.

Os primeiros trabalhos realizados no Brasil sobre macrófitas aquáticas foram do dinamarquês Eugene Warming, publicado em 1892 no livro “Lagoa Santa Et Bidrag til den biologiske Plantegeografi”, traduzido para a língua portuguesa, em 1908. Esta obra tornou-se um clássico na literatura da ecologia mundial, tratando de sistemática, fitogeografia e ecologia da vegetação aquática, como também da terrestre adjacente a lagoa (Thomaz & Bini, 2003).

Estudos que relacionam a biodiversidade com as alterações ambientais podem ser importantes ferramentas para o monitoramento de impactos antropogênicos, onde, a partir do conhecimento e monitoramento físico, químico e biológico dos ecossistemas aquáticos é possível identificar espécies bioindicadoras ou remediadoras e ocorrência de sucessões ecológicas (Esteves, 1998; Thomaz et al., 2004). Dentre os estudos sobre a ecologia das macrófitas aquáticas em regiões tropicais, merece destaque o de Esteves & Camargo (1986) sobre a importância dessa vegetação na ciclagem e estocagem de nutrientes de regiões tropicais.

Dentre os trabalhos realizados na região Sul, pode-se destacar o de Neiff (1990), que comparou a produção primária do fitoplâncton, perifíton e macrófitas do baixo rio Paraguai e Paraná. O autor comenta que a vegetação herbácea apresentou uma forte resposta à hidrodinâmica dos rios e uma maior produtividade, quando comparados aos outros grupos biológicos. Em Santa Catarina, Caris et al.

(2007) utilizaram macrófitas no monitoramento de águas residuais provenientes da suinocultura, com a finalidade de reconhecimento do processo de biorremediação. Freitas e Thomaz (2011), analisando o crescimento das espécies submersas *Egeria najas* Planch. e *E. densa*, na Bacia do Alto rio Paraná, a partir da disponibilidade de carbono inorgânico, observaram que a alcalinidade afetou todas as variáveis em ambas as espécies e que a disponibilidade de carbono inorgânico é um fator limitante no desenvolvimento dessas espécies. Alguns estudos florísticos também podem ser destacados como os de Lisboa e Gastal-Júnior (2003) que identificaram 37 espécies de macrófitas ocorrentes nos corpos hídricos do município de Guaíba (RS). Cervi et al. (2009) registraram 117 espécies de macrófitas de áreas úmidas do município General Carneiro (PR), havendo um predomínio de espécies da família Cyperaceae (21%) em relação aos táxons encontrados. Ferreira et al. (2011) apresentaram o *check-list* das macrófitas ocorrentes no Alto Rio Paraná assinalando a ocorrência de 153 espécies. Estes autores compararam seus resultados com outros realizados em áreas alagáveis da América do Sul, evidenciando uma alta dissimilaridade entre estas áreas.

Para a região Sudeste merece destaque trabalho de Meyer & Franceschinelli (2011), que analisaram a influência de variações limnológicas em macrófitas de rios e lagoas da Cadeia do Espinhaço (MG), registrando a ocorrência de 70 espécies. Verificaram que nos ecossistemas lóticos não ocorreu grandes densidades de macrófitas, provavelmente associado a menores concentrações de nitrogênio amoniacal e nitrogênio total. Pivari et al. (2013), analisando a flora do rio Pandeiros, afluente do São Francisco (MG), inventariaram 101 espécies de macrófitas.

Na região Centro-Oeste, a presença do ecossistema pantanal favorece a ocorrência de grandes comunidades de macrófitas aquáticas (Pott & Pott, 2002). No entanto, existe uma pequena concentração de estudos realizados em ecossistemas lóticos, destacando-se o de Santos-Junior & Costacurta (2011). Estes autores analisaram a dinâmica da composição e cobertura das espécies do rio Sucuri (MS), com a finalidade de apontar espécies que indiquem impactos ambientais em sistemas aquáticos naturais utilizados no ecoturismo. Identificaram 17 espécies de macrófitas sendo que *Gomphrena elegans* Mart. (Amaranthaceae) apresentou o maior índice de cobertura relativa.

No Norte do país, devido ao intenso desmatamento existente na região, ocorre, como consequência, a contaminação de mercúrio no rio Tapajós, principalmente pelo processo de lixiviação. Em vista desse fato Coelho-Souza et al. (2007) analisaram a importância das macrófitas na bioacumulação de mercúrio em suas raízes, evidenciando a função dessa vegetação no ciclo do mercúrio em ambientes contaminados.

No Nordeste brasileiro, apesar do esforço de algumas Instituições e pesquisadores, o conhecimento das comunidades vegetais aquáticas está apenas se iniciando (França, 2008). Trabalhos florísticos têm sido feitos, baseados em revisões bibliográficas e/ou dados de herbários da região, mostrando sua importância na avaliação ambiental e na ampliação do conhecimento da biodiversidade dessas comunidades vegetais nos ecossistemas aquáticos como um todo. Dentre esses trabalhos, destaca-se Moura-Junior et al. (2013), que, baseado em uma pesquisa bibliográfica sobre os estudos feitos para o Nordeste, publicaram um check-list, com 412 taxons. Os Estados mais representativos foram o de Pernambuco (370 spp.), Bahia (360 spp.), Ceará (267 spp.) e Paraíba (261 spp.).

Campelo et al. (2012) realizaram o inventário florístico dos Eixos Leste e Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco, que cruzam os estados de Ceará, Paraíba e Pernambuco, registrando 191 táxons, distribuídos em 116 gêneros e 49 famílias, onde a mais representativa qualitativamente foi Cyperaceae (26 espécies).

Dentre os trabalhos florísticos realizados em ecossistemas fluviais da região Nordeste do Brasil, destacam-se os de Barbieri & Pinto (1999), citando 19 espécies de macrófitas na Baixada Maranhense; Henry-Silva et al. (2010) que avaliaram a riqueza e distribuição das macrófitas em ecossistemas aquáticos temporários da bacia do rio Apodi, em Mossoró (RN), comparando as mudanças ocorridas nas assembléias de macrófitas após o desvio artificial do rio São Francisco. Encontraram um total de 40 espécies evidenciando que a riqueza de macrófitas na caatinga é semelhante ao observado em outras bacias hidrográficas brasileiras. Pedro et al. (2006) analisaram a variação de biomassa de macrófitas em dois rios intermitentes no estado da Paraíba, encontrando um total de nove espécies e constatando uma rápida proliferação e recolonização de *Najas marina* L.. Após 38 dias da inundação do local estudado ocorreu um aumento significativo da biomassa (443%) e uma produtividade média de 5,5 g.PS/m².dia¹. Baseado em registros do Herbário Professor Vasconcelos Sobrinho, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Lima et al. (2009) realizaram um levantamento das macrófitas ocorrentes em ecossistemas aquáticos do estado de Pernambuco, registrando um total de 119 espécies. Sobral-Leite (2010), a partir das informações fornecidas no banco de dados dos herbários de Pernambuco, apresentaram um *check-list* das macrófitas vasculares ocorrentes em Pernambuco, com um total de 189 espécies, com um predomínio de espécies emergentes (77 espécies).

2.3. A urbanização sobre as Assembleias de Macrófitas Aquáticas

De um modo geral, existe um maior número de publicações tratando da florística e ecologia de macrófitas aquáticas de ecossistemas lóticos. Apesar do fator urbanização ser sempre apontado como um dos principais causadores de proliferações de plantas aquáticas daninhas nesses ambientes, poucos estudos abordam os seus efeitos sobre o ecossistema. Dentre estes, vale ressaltar o trabalho de Wakefielf & Beck-Jr. (1962), que, apesar de se tratar apenas observações pessoais, se tornou uma publicação pioneira, retratando o efeito da poluição sobre a vegetação aquática. Sheffield (1970) resalta os problemas causados pela eutrofização, relacionados ao crescimento excessivo de plantas daninhas aquáticas, que podem ser acentuados por atividades antrópicas, e menciona a importância de pesquisas emergenciais aplicadas ao manejo e conservação desses ecossistemas.

Balanson et al. (2005), analisaram a diversidade e abundância das macrófitas aquáticas em 20 pontos do rio Cuyahoga e seus afluentes, no estado de Ohio (Estados Unidos). Identificaram um total de 11 espécies, não sendo observado uma aparente correspondência entre o teor de nutrientes dos córregos e o grau de impacto dessa comunidade vegetal. Os referidos autores comentam que existe um limiar de resposta dessa vegetação aos impactos da urbanização, ocorrendo uma perda completa da diversidade nos locais de qualidade de água inferior.

Na Europa, Schaumburg et al. (2004) apresentaram um enfoque ecológico de macrófitas aquáticas ocorrentes em rios da Alemanha, evidenciando mudanças na composição taxonômica, com variações na diversidade de espécies submersas associadas ao aumento da degradação nos rios estudados, e

abundância da biocenose de espécies emergentes. Com a finalidade de analisar a estrutura de comunidades das macrófitas aquáticas de locais preservados e não preservados do rio Walloon (Bélgica), Sossey-Alaoui e Rosillon (2013) descreveram a distribuição das assembleias em função dos parâmetros físico-químicos. Encontraram 30 espécies distribuídas na maioria dos córregos e rios estudados. Verificaram, ainda, que a abundância pode ser limitada por condições ambientais desfavoráveis como concentração de nutrientes, solo, e conservação de mata ciliar. Em uma revisão sobre a poluição de ecossistemas aquáticos, Dhote e Dixit (2009) evidenciaram que espécies potenciais de macrófitas podem ser utilizadas na melhoria da qualidade dos corpos hídricos através da remoção de nutrientes e metais pesados e remediação de ecossistemas aquáticos de áreas onde a urbanização, industrialização e o crescimento populacional são os principais responsáveis pelo aumento da poluição nos ecossistemas aquáticos,

Chadwick et al. (2010) analisaram a dinâmica da entrada de matéria orgânica e os efeitos da urbanização em tributários do rio ST. John, na Flórida (USA). Demonstraram que a entrada de matéria orgânica é influenciada tanto pela urbanização, como pelo estado de conservação da mata ciliar, devido a influência que a mesma desempenha nesses ambientes. Desta forma, esses autores demonstraram que a urbanização pode afetar as assembleias de macrófitas em diferentes escalas espaciais. Outros trabalhos podem ser destacados nas regiões das áreas úmidas ou “Wetlands”, no nordeste americano, como o de Campbell et al. (2010). Esses autores publicaram um guia de campo para a identificação das principais plantas aquáticas invasoras.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balanson, S.; Walton, B.M.; Wolin, J.A.; Mal, T.K. 2005. Aquatic Macrophyte Diversity and Habitat Characterization of the Cuyahoga River Watershed in Northeastern Ohio. **The Ohio Journal of Science** 105(4):88-96.
- Barbieri, R.; Pinto, M.C.P. 1999. Study on the Aquatic Vegetation in the São Bento County – Baixada Maranhense (Maranhão, Brasil). **Boletim Laboratório de Hidrobiologia** 12:1-10.
- Barbosa, D.S.; Espíndola, E.L.G. 2004. Introdução: Algumas teorias ecológicas aplicadas a sistemas lóticos. In Brigante, J, ELG. Espínola (eds). **Limnologia fluvial: Um estudo no Rio Mogi-Guaçu**. São Carlos-SP: RiMa. 2ªEd.: xv – xxii.
- Bignoli, D. 2011. Aquatic plants of Africa: diversity, distribution and conservation. *In*: Darwall, W.R.T.; Smith, K.G.; Allen, D.J.; Holland, R.A.; Harrison, I.J.; Brooks, E.G.E. (Eds.). **The Diversity of Life in African Freshwaters: Under Water, Under Threat. An analysis of the status and distribution of freshwater species throughout mainland Africa**. Cambridge, United Kingdom and Gland, Switzerland: IUCN. p. 202-227.
- Bowen, P.M. 2006. **Modelling Microbial Utilisation of Macrophyte Organic Matter Inputs to Rivers under Different Flow Conditions**. Thesis (Doctor of Philosophy Degree). University of Canberra. 2006. 250p.

- Campbell, S.; Higman, P.; Slaughter, B.; Schools, E. 2010. **A Field Guide to Invasive Plants of Aquatic and Wetland Habitats for Michigan**. Michigan State University Extension. 91p.
- Campelo, M.J.A.; Siqueira-Filho, J.A.; Cotarelli, V.M.; Souza, E.B.; Pimenta, W.A.; Pott, V.J. 2012. Macrófitas aquáticas nas áreas do Projeto de Integração do Rio São Francisco. *In*: Siqueira-Filho, J.A. **Flora das Caatingas do Rio São Francisco: História Natural e Conservação**. Andrea Jakobsson Estúdio Editorial Ltda. Ministério da Integração Nacional. p.192 – 230.
- Caris, M.E.; Nunes, E.O.; Philippi, L.S. 2007. Caracterização de macrófitas e monitoramento de nutrientes em águas residuárias provenientes da suinocultura em duas regiões subtropicais distintas (estado de Santa Catarina, Brasil). **Evidência** 7(2):101-118.
- Cervi, A.C.; Bona, C.; Moço, M.C.C.; von Linsingen, L. 2009. Macrófitas aquáticas do município de General Carneiro, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica** 9(3):215-222.
- Chadwick, M.; Huryn, A.; Benke, A.; Dobberfuhl, D. 2010. Coarse organic matter dynamics in urbanised tributaries of the st. Johns river, Florida. **Freshwater Forum** 28:77–93.
- Chambers, P. A.; Lacoul, P.; Murphy, K.J.; Thomaz, S.M. 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. **Hydrobiologia** 595:9–26.
- Coelho-Souza, S.A.; Miranda, M.R.; Guimarães, J.R.D. 2007. Importância das macrófitas aquáticas no ciclo do mercúrio na bacia do rio Tapajós (PA). **Oecologia Brasiliensis** 112:252-263.

- Cook, C.D.K. **Aquatic Plant Book**. The Hague, The Netherlands: SPB Academic Publishing, 1996, 228p.
- Cook, C.D.K. **Water Plants of the World**. The Hague, Junk B.V., 1974, 555p.
- Dhote, S; Dixit, S. 2009. Water quality improvement through macrophytes - a review. **Environmental Monitoring and Assessment** 152:149–153.
- Esteves, F.A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência – FINEP.
- 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.
- Fernando, A.F.; Mormul, R.P.; Pedralli, G.; Pott, V.J.; Pott, A. 2010. Estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Hoehnea** 37(1): 43-52.
- Ferreira, F.A.; Mormul, R.P.; Thomaz, S.M.; Pott, A.; Pott, V.J. 2011. Macrophytes in the upper Paraná river floodplain: checklist and comparison with other large South American wetlands. **Revista de biologia tropical** 59 (2): 541-556.
- Ferreira, M.T.; Godinho, F.N.; Cortes, R.M. 1998. Macrophytes in a southern Iberian River. Stuttgart. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie** 26:1835-1841.
- França, F. 2008. O Estudo de Angiospermas Aquáticas Vasculares no Nordeste Brasileiro. *In*: **Mesa-redonda Biodiversidade de Ecossistemas Aquáticos**.

Anais do 59º Congresso Nacional de Botânica (Atualidades, Desafios e Perspectivas da Botânica no Brasil). Rio Grande do Norte. p. 435-436.

Franklin, P.; Dunbar, M.; Whitehead, P. 2008. Flow controls on lowland river macrophytes: A review. **Science Of The Total Environment** 400:369-378.

Freitas, A.; Thomaz, S.M. 2011. Inorganic carbon shortage may limit the development of submersed macrophytes in habitats of the Paraná River basin. **Acta Limnologica Brasiliensia** 23(1):57-62.

Getsinger, K.D.; Dillon, C.R. 1984. Quiescence, growth and senescence of *Egeria densa* in Lake Marion. Amsterdam, **Aquatic Botany** 20:329-338.

Ghogue, J.P. 2011. The status and distribution of freshwater plants of central Africa. *In*: Brooks, E.G.E.; Allen, D.J.; Darwall, W.R.T. (Compilers). **The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Central Africa**. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN. p. 92-109.

Goulart, M.; Callisto, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM** 2(1):1-9.

Greco, M.K.B.; Freitas, J.R. 2002. On two methods to estimate production of *Eichhornia crassipes* in the eutrophic Pampulha reservoir (MG, Brazil). **Brazilian Journal of Biology** 62(3): 463-471.

Haramoto, T.; Ikusima, I. 1988. Life cycle of *Egeria densa* Planch., an aquatic plant naturalized in Japan. **Aquatic Botany** 30:389-403.

- 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.
- Janauer G.A.; Kum, G. 1996. Macrophytes and flood plain water dynamics in the River Danube ecotone research region (Austria). **Hydrobiologia** 340:137-140.
- Lawrence, J.M.; Weldon, L.W. 1964. Identification of aquatic weeds. **Journal of Aquatic Plant Management** 4:5-17.
- Lima, L.F.; Lima, P.B.; Soares-Júnior, 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.
- Lisbôa, F.F.; Gastal-Junior, 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.
- Machado, P.J.O. 2001. Recursos Hídricos: Uso e Planejamento. **Revista Geosul** 16(31): 103-115.
- Meyer, S.T.; Franceschinelli, E.V. 2011. Influência de variáveis limnológicas sobre a comunidade das macrófitas aquáticas em rios e lagoas da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia** 62(4):743-758.
- Moura-Júnior, E.G.; Lima, L.F.; Silva, S.S.L.; Paiva, R.M.S.; Ferreira, F.A.; Zickel, C.S.; Pott, A. 2013. Aquatic macrophytes of Northeastern Brazil: Checklist, richness, distribution and life forms. **Check List** 9(2): 298–312.

- Neff, J.J. 1990. Aspects of primary productivity in the lower Parana and Paraguay riverine System. **Acta Limnologica Brasiliensia** 3:77-113.
- Niang-Diop, F.; Ouedraogo, L.R. 2009. Aquatic plants of western Africa. *In*: Smith, K.G., Diop, M.D.; Niane, M.; Darwall, W.R.T. (Compilers). **The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Western Africa**. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN. p.73-82.
- Pedro, F.; Maltchi K.L.; Bianchini Jr., I. 2006. Hydrologic cycle and dynamics of aquatic macrophytes in two intermittent rivers of the semi-arid region of Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 66(2B):575-585.
- Pereira, R.S. 2004. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos** 1:20-36.
- 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. (Eds.). **Biodiversidade, Potencial Econômico e Processos Eco-Fisiológicos em Ecossistemas Nordestinos**. Volume 1. Nupeea: 209-234.
- Pivari, M.O.D.; Viana, P.L.; Leite, F.S.F. 2013. The Aquatic Macrophyte Flora of the Pandeiros River Wildlife Sanctuary, Minas Gerais, Brazil. **Check List** 9(2): 415–424, 2013.
- Pompêo, M. 2008. Monitoramento e Manejo de Macrófitas Aquáticas. **Oecologia Brasiliensis** 12(3):406-424.

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

PROJETEC – BRLi. (a), 2010. Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe: Tomo I - diagnóstico hidroambiental. Projetos Técnicos. Recife.

Rhazi, L.; Grillas, P. 2010. Status and distribution of aquatic plants. In: García, N., Cuttelod, A.; Abdul Malak, D. (Eds.). **The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Northern Africa**. Gland, Switzerland, Cambridge, UK, and Malaga, Spain: IUCN. p.81-102.

Santos-Junior, A.; Costacurta, M.B. 2011. Dinâmica da composição e cobertura de espécies de macrófitas aquáticas e a escolha de indicadores de impacto ambiental em um rio com ecoturismo. **Ambiência Guarapuava** 7(3):535-550.

Schaumburg, J.; Schranz, C.; Foerster, J.; Gutowski, A.; Hofmann, G.; Meilinger, P.; Schneider, S.; Schmedtje, U. 2004. Ecological classification of macrophytes and phytobenthos for rivers in Germany according to the Water Framework Directive. **Limnologica** 34:283–301.

Sheffield, C.W. 1970. Eutrophication and aquatic weeds. **Journal of Aquatic Plant Management** 8(B):26-28.

Sieben, E.J.J. The status and distribution of vascular plants (Magnoliophyta, Lycophyta, Pteridophyta). In: Darwall, W.R.T.; Smith, K.G.; Tweddle, D.; Skelton, P. (Eds.). **The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Southern Africa**. Gland, Switzerland: IUCN and Grahamstown, South Africa: SAIAB. 2009. p.83-98.

- Sobral-Leite, M.; Campelo, M.J.A.; Siqueira-Filho, J.A.; Silva, SI. 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. (Eds.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos**. vol. II. p. 253-280
- Sossey-Alaoui, K.; Rosillon, F. 2013. Macrophytic Distribution and Trophic State of Some Natural and Impacted Watercourses - Belgium Wallonia. **International Journal of Water Sciences** 2(2):1-11.
- Szoszkiewicz, K.; Zbierska, J.; Staniszewski, R.; Jusik, S. 2009. The variability of macrophyte metrics used in river monitoring. **International Journal of Oceanography and Hydrobiology** 38(4):117-126.
- Thomaz, S.M.; Bini, L.M. 2003. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. *In*: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá : EDUEM. p.19-38.
- Thomaz, S.M.; Bini, L.M.; Pagioro, T.A. 2004. Métodos em Limnologia: macrófitas aquáticas. *In*: Bicudo, C.E.M.; Bicudo, D.C. (Org.). **Amostragem em limnologia**. São Carlos, SP: Rima. p.193-211.
- Thomaz, SM., 2002. Fatores Ecológicos Associados à Colonização e ao Desenvolvimento de Macrófitas Aquáticas e Desafios e Manejo. **Planta Daninha** 20:21-33.
- Tundisi, J.G.; Tundisi, T.M.; Abe, D.S.; Rocha, O.; Starling, F. 2006. Limnologia de Águas Interiores: Impactos, Conservação e Recuperação de Ecossistemas Aquáticos. *In*: Rebouças, A.C.; Braga, B.; Tundisi, J.G. (Eds.), **Águas Doces**

no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. 3ª Ed. São Paulo: Escrituras Editora: 203-240.

Twilley, R.R.; Blanton, L.R.; Brinson, M.M.; Davis, G.J. 1985. Biomass production and nutrient cycling in aquatic macrophyte communities of the Chowan River, North Carolina. **Aquatic Botany** 22(3-4):231-252.

Wakefielf, J.W.; Beck-Jr., W.M. 1962. Effects of water pollution on aquatic vegetation. **Journal of Aquatic Plant Management** 1:12-12.

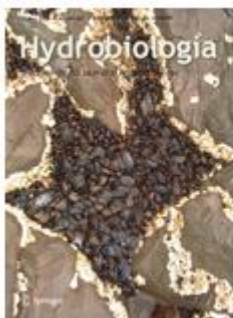
Weldon, L.W.; Blackburn, R.D. 1962. Identification of common aquatic weeds. **Journal of Aquatic Plant Management** 1:32-37.

Wijk, R.J.V. 1988. Ecological studies on *Potamogeton pectinatus* L. I. General characteristics, biomassproduction and life cycles under field conditions. **Aquatic Botany** 31(3-4):211–258.

4. MANUSCRITO QUE SERÁ SUBMETIDO AO PERIÓDICO HYDROBIOLOGIA

**EFEITOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE A COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DAS
COMUNIDADES DE MACRÓFITAS EM ECOSISTEMA LÓTICO DO ESTADO DE
PERNAMBUCO, BRASIL.**

**URBANIZATION EFFECTS ON THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF
MACROPHYTES COMMUNITIES IN A LOTIC ECOSYSTEM OF PERNAMBUCO
STATE, BRAZIL.**



Hydrobiologia
 **Springer**

Leonardo Rafael Chaves Coelho Xavier¹, Fernando Scherner¹, Roxana Cardoso Barreto², Douglas Correia Burgos³, Sonia Maria Barreto Pereira^{1,4}.

Urbanization effects on the composition and structure of macrophytes communities in a lotic ecosystem of Pernambuco State, Brazil.

1 – Universidade Federal Rural de Pernambuco - Programa de Pós-graduação em Botânica (PPGB) Avenida Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE, Brasil.

2 – Universidade Federal de Pernambuco - Av. Jorn. Aníbal Fernandes, Cidade Universitária, Recife, 50740-560

3 – Secretaria Estadual de Educação de Pernambuco, Gerência Regional de Educação Recife Sul.

4 – Autor para correspondência: soniabp@terra.com.br; Telefone: (+55) xx81 33206361; Fax: (+55) xx81 33206360.

Abstract - The population growth in urban areas causes changes in freshwater ecosystems with consequences on macrophyte communities. This fact has been occurring in municipalities that border the Capibaribe river (07°15'45"/09°28'18"S and 034° 48'35"/041°19'54"W), Pernambuco, Brazil. This work reports the effects of urbanization on the composition and structure of macrophytes in areas along the river. Considering urbanized and non-urbanized areas the following sampling sites were chosen: Site 1 and 2 (municipality of Santa Cruz do Capibaribe), Sites 3 and 4 (municipality of Toritama), sites 5 and 6 (Metropolitan Region of Recife). These sites were visited every two months (January - July/2013) for the observation of seasonal variation (wet and dry seasons). A total of 31 species were identified. The family Poaceae was the most abundant (4 spp.). Generally, the sites of non-urbanized areas had a higher number of species. Multivariate analyzes indicated significant overall differences between urbanized and non-urbanized areas ($R = 0.044$; $p = 0.001$) and between seasons ($R = 0.018$; $p = 0.019$). Due to the large variation in physical, chemical and biological characteristics between urbanized and non-urbanized areas it was observed that the urbanization factor influenced significantly on floristic composition and community structure of macrophytes.

Keywords: Aquatic macrophytes; Lotic ecosystems; Biomass; Urbanization

INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas são consideradas como toda a vegetação visível a olho nu, independente da classificação taxonômica, que apresentam partes fotossintetizantes ativas submersas ou flutuantes, ocorrendo desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos. Desempenham importante papel no ecossistema, sendo consideradas base da cadeia trófica, participando diretamente na ciclagem de nutrientes (Esteves & Camargo, 1986).

Atualmente, no Brasil, os trabalhos publicados sobre os referidos vegetais enfocam, principalmente, os sistemas lênticos e artificiais (lagoas, alagados, açudes e reservatórios), existindo, portanto, uma escassez de estudos em sistema lótico (rios e riachos) (Thomaz e Bini, 2003). Uma outra abordagem ainda pouco explorada em estudos ecológicos relacionados a essa comunidade vegetal é o efeito de atividades antrópicas e da urbanização sobre essa vegetação, que é responsável pelo desaparecimento de diversas espécies, especialmente em áreas de conservação. Desta forma, monitoramentos e pesquisas sobre amostragens se tornam cada vez mais importantes, identificando espécies bioindicadoras de impactos ambientais (Ferreira et al., 2010). Uma das principais consequências dos referidos problemas ambientais é a chamada eutrofização, processo de enriquecimento de corpos d'água por nutrientes, principalmente fosfatos e compostos nitrogenados. Este fato é responsável por consequências desastrosas no ambiente devido ao aumento exagerado na oferta de nutrientes, aceleração na produtividade e uma consequente proliferação indesejável de populações de macrófitas aquáticas (Neiff, 1990; Esteves, 1998; Machado, 2001; Goulart & Callisto, 2003; Tundisi et al., 2006). Além disso, o crescimento populacional de espécies infestantes podem, ainda, ser agravados pelo enriquecimento de nutrientes associados às variações de fatores ambientais adicionais (Demars & Harper, 1998). Esse fato favorece a colonização de vastas áreas, acarretando em alterações na qualidade da água e prejuízos aos diversos usos do ecossistema (Thomaz, 2002; Pompêo, 2008).

Na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, situado no estado de Pernambuco ($8^{\circ}49'05''S - 36^{\circ}56'24''W$), segundo o censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população, em 2000, era de 3.108.341 habitantes, dos quais 86% residentes em áreas urbanas, e destes mais de 45% no município de Recife, capital do Estado. Posteriormente, em 2007, o IBGE fez novo levantamento demográfico assinalando o crescimento dessa população para 3.312.972 habitantes. A razão desse crescimento, que ocorre principalmente nos centros urbanos, é consequência do desenvolvimento econômico em diferentes regiões da bacia hidrográfica (PROJETEC-BRLi., 2010a), sendo responsável por uma série de impactos ambientais devido à íntima relação que se estabelece entre o homem e o rio Capibaribe. Esses impactos ambientais causam uma enorme perturbação nesse sistema fluvial, onde 36 municípios, dos 42 pertencentes à bacia hidrográfica do Capibaribe, liberam seus esgotos domésticos e industriais sem um tratamento adequado diretamente em suas águas ou em alguns de seus afluentes (Pereira, 2004; PROJETEC-BRLi., 2010a).

Este trabalho teve como objetivo analisar os efeitos da urbanização sobre a composição e estrutura de comunidade das macrófitas aquáticas ao longo do rio Capibaribe, avaliar a saúde ambiental e a qualidade da água desse sistema fluvial.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da Área Estudada

Dentre as bacias hidrográficas presentes no estado de Pernambuco ($07^{\circ}15'45''/09^{\circ}28'18''S$ e $034^{\circ}48'35''/041^{\circ}19'54''W$) a do rio Capibaribe é uma das mais importantes, percorrendo 42 municípios do Estado, distribuídos nas zonas fitogeográficas do Agreste, da Mata e do Litoral, possuindo uma área total de $7.454,88\text{Km}^2$. Essa distribuição sub-regional atribui à bacia um ambiente complexo, apresentando contrastes de clima, relevo, solo e cobertura vegetal (PROJETEC-BRLi., 2010a).

O seu principal rio, o Capibaribe, com aproximadamente 253 km, nasce no alto da Serra do Jacarará ($8^{\circ}04'27,8''S - 36^{\circ}34'05,2''W$), a uma altitude de 1.100 metros acima do nível do mar, no município de Poção, na região Agreste de Pernambuco, e desemboca no Porto do Recife ($8^{\circ}03'27,4''S - 34^{\circ}52'28,8''W$), na capital do Estado (PROJETEC-BRLi., 2010b).

Embora o Capibaribe, ainda tenha um potencial na utilização de atividades, como a pesca, a agricultura, o abastecimento de água e outras atividades industriais e de serviço, devido ao elevado nível de ocupação, vem sofrendo com desequilíbrios ambientais, tanto pelo uso intensivo dos solos, como, também, pela irregularidade pluviométrica, principalmente na região do Alto Capibaribe (PROJETEC-BRLi., 2010a).

Etapas de campo

Desenho Amostral

Para a coleta do material botânico, foram selecionados quatro municípios baseando-se em dados populacionais do Censo de 2010 do IBGE. Dois dos quais situados na Zona do Agreste de Pernambuco (Santa Cruz do Capibaribe – 07°56'31"S/36°13'54"W e Toritama – 07°59'56"S/36°03'07"W) e dois na região metropolitana do Recife (Municípios de São Lourenço da Mata – 08°00'12"S/35°01'16"W e Recife – 08°03'16"S/34°52'52"W).

Foram plotados e georreferenciados com GPS (Global Positioning System) seis Pontos de Coletas. Nos municípios do Agreste, no alto Capibaribe, foram plotados os Pontos 01 e 02 localizados, respectivamente, antes e após a área urbana do município de Santa Cruz do Capibaribe e os Pontos 03 e 04 localizados, respectivamente, antes e após a área urbana do município de Toritama – PE (Fig. 01). Essa região do Alto rio Capibaribe apresenta uma setor industrial bastante diversificado, onde se destaca um importante polo de confecções têxtil, o que causa fortes impactos ambientais pelos efluentes dos processos de lavagem e destonagem de tecidos (PROJETEC-BRLi., 2010a).

Como na Região Metropolitana do Recife a faixa urbana não sofre interrupção entre os municípios do baixo Capibaribe, foram plotados mais dois Pontos de Coletas. O Ponto 05 localizado antes do centro urbano do município de São Lourenço da Mata e o Ponto 06 na cidade de Recife (Fig. 01). Os pontos de coletas foram visitados bimestralmente entre os meses de janeiro e março (período seco), e maio e julho (período chuvoso) de 2013.

Florística

Para a identificação dos táxons, foram coletados e prensados representantes de cada espécie encontrada nos Pontos de Coleta. O material, após identificação, foi incluído no acervo do Herbário Professor Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

As espécies coletadas foram, também, classificadas de acordo com o seu grupo ecológico como macrófitas emergentes, com folhas flutuantes, submersas enraizadas, submersas livres, flutuantes livres, anfíbias e epífitas: crescem sobre outras macrófitas (Cook, 1974; Pedralli, 1990; Esteves, 1998).

Frequência de Ocorrência (F.O.)

Com base em Accioly (1992) foi calculada a frequência de ocorrência, em função do número de amostras em que o táxon ocorreu, em relação ao número total de amostras, com o resultado em porcentagem. As espécies foram classificadas nas seguintes categorias: muito frequentes: $\geq 85\%$; frequentes: $< 85\% - \geq 50\%$; pouco frequentes: $< 50\% - \geq 15\%$; e Raras: $< 15\%$.

Biomassa

Para a análise da biomassa, em cada ponto de coleta foram plotados, na região litorânea, três transectos, com 9,75m de comprimento cada, equidistantes 10 metros. O material botânico foi coletado a um metro da margem e, em cada transecto, lançados três quadrados, com espaço amostral de 0,25m x 0,25m, confeccionados a partir de cano de PVC, equidistantes três metros. Todas as plantas que ocorreram nos quadrados, foram coletadas, acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e transportadas ao Laboratório de Ficologia (LABOFIC) do Programa de Pós Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGB/UFRPE) para a identificação.

Variáveis Hidrológicas

Durante todo o período de coleta, com a finalidade de avaliar a influência de fatores abióticos sobre a comunidade de macrófitas aquáticas, foram analisadas algumas variáveis hidrológicas, em triplicata, como

transparência da água (disco de Secchi), temperatura da água (termômetro de campo), turbidez da água (turbidímetro).

Visando uma melhor compreensão da estrutura das comunidades de macrófitas aquáticas sob os impactos da urbanização e da saúde ambiental dos locais estudados, análises dos teores de nutrientes foram realizadas. Para a análise de nutrientes (nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, ortofosfato e fósforo total), foram coletadas, em cada ponto de coleta, amostras de água, em duplicata, armazenadas em recipientes plásticos, e, posteriormente, acondicionadas em caixas de isopor com gelo e transportados para análise no Laboratório de Limnologia do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEP/UFRPE).

Etapas de Laboratório

Identificação das Macrófitas

A identificação das plantas coletadas foram feitas através de chaves analíticas e bibliografia especializada como Hoehne (1948), Sculthorpe (1967), Cook (1974, 1996), Scremin-Dias et al. (1999), Pott & Pott (2000). Além de comparações com exsicatas dos Herbários PEUFR, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e UFP, da Universidade Federal de Pernambuco, e consultas a especialistas.

Estimativa da Biomassa e Produção Primária

As macrófitas coletadas foram triadas e lavadas para a remoção de material aderido a sua superfície, em seguida foram colocadas em sacos de papel e levadas para a estufa (70°C), onde permaneceram até atingir o peso seco constante. Posteriormente, as amostras foram pesadas em balança digital e os valores obtidos convertidos para biomassa média, expressa em gramas de peso seco por metro quadrado (g.PS/m²).

Análise dos Nutrientes

As amostras de água coletadas foram analisadas, verificando as concentrações de fósforo total, ortofosfato, nitrato, nitrito e amônia foram feitas, seguindo a metodologia proposta por de Valderrama (1981) e Strickland & Parsons (1965).

A caracterização dos ecossistemas foi realizada através do Índice de Estado Trófico (IET) para regiões tropicais, mediante à concentração de fósforo total encontradas nas amostras de água coletadas (Cunha et al., 2013). Desta forma, o IET pode ser classificado com ultraoligotrófico ($\leq 51,1$), oligotrófico (51,2 – 53,1), mesotrófico (53,2 – 55,7), eutrófico (55,8 – 58,1), supereutrófico (58,2 – 59,0) e hipereutrófico ($\geq 59,1$).

Tratamento dos Dados

Foi utilizado o teste de Mann-Whitney's U para avaliar as possíveis diferenças entre as variáveis da qualidade da água e entre áreas urbanizadas e não urbanizadas. O teste de Kruskal-Wallis H seguido pelo teste de comparação múltipla foi utilizado para comparações entre locais para o índice de diversidade alfa, verificando, desta forma possíveis diferenças significativas entre os Pontos de Coleta. Esses procedimentos foram realizados usando o programa STATISTICA 7.0 (StatSoft Inc., 2004).

Análises de similaridade (ANOSIM) foram realizadas com os dados de biomassa para se avaliar as possíveis diferenças entre áreas urbanizadas e não urbanizadas e entre as estações seca e chuvosa, utilizando o programa PRIMER 6 (PRIMER-E Ltd., Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, United Kingdom). Matrizes de dissimilaridade por Distância Euclidiana foram geradas usando todas amostras com dados não transformados e análises qualitativas foram realizadas utilizando o coeficiente de Sorensen. Dados obtidos a partir de cada quadrado amostral foram tratados como replica. Gráficos MDS foram gerados para auxiliar na observação dos padrões obtidos. As contribuições percentuais de cada espécie para as diferenças observadas entre as áreas e estações do ano foram determinadas utilizando Percentuais de Similaridade – contribuições de espécies (SIMPER) (Clarke, 1993).

RESULTADOS

Foram identificadas 31 espécies de macrófitas ao longo do Rio Capibaribe, pertencentes as Divisões Monilophyta e Magnóliophyta (Tab. 01). As Monilophyta estiveram representadas, apenas, por *Salvinia auriculata* Aubl. e *Azolla caroliniana* Willd., ambas pertencentes à família Salviniaceae. Entre as Magnoliophyta, as famílias mais representativas foram Poaceae, com quatro espécies, seguida de Amaranthaceae, Araceae, Asteraceae, Cyperaceae, Nymphaeaceae, Onagraceae e Polygonaceae, cada uma com duas espécies. Representadas, apenas, por uma espécie foram encontradas as famílias Acanthaceae, Aizoaceae, Alismataceae, Araliaceae, Commelinaceae, Convolvulaceae, Gratiolaceae, Hydrocharitaceae, Hydroleaceae, Pontederiaceae, Typhaceae (Tab. 01).

Em geral, durante o período estudado foi observada a ocorrência de macrófitas em todos os Pontos de coleta. No município de Santa Cruz do Capibaribe, a área urbanizada (Ponto 02) teve uma maior ocorrência de espécies, quando comparado à área não urbanizada (Ponto 01) do mesmo município, com cinco (15,6% do total de espécies registradas) e uma espécie, respectivamente (3,12%). Neste último, a quase total ausência de espécies de macrófitas deve-se à ausência de água e de qualquer vegetação no leito do rio no período de estiagem, compreendido entre os meses de janeiro a março de 2013, se caracterizando, portanto, como um rio intermitente. Então, devido a isso, como observado no gráfico MDS, esta área mostra um padrão separado das demais (Fig. 02, 03 e 04). Na Região Metropolitana foi observado um número de espécies próximo entre a área não urbanizada (Ponto 05), no município de São Lourenço da Mata, com 11 espécies (34,4%), e a área urbanizada (Ponto 06), no município de Recife, com 12 espécies (37,5%). Entre os pontos de Coleta do município de Toritama, a área não urbanizada (Ponto 03) apresentou um número de espécies superior à área urbanizada (Ponto 04), com 17 e três espécies, respectivamente, equivalendo a 53,1% e 9,4% do total encontradas.

Levando-se em consideração o fator urbanização e o índice ecológico de diversidade alfa, todos os Pontos de Coleta apresentaram diferença significativa entre as áreas urbanizadas e não urbanizadas. Essa diferença se dá pela diferença de diversidade de macrófitas encontrada nos referidos Pontos, não havendo espécies em comum nas áreas urbanizadas e não urbanizadas dos municípios de Santa Cruz do Capibaribe (Pontos 1 e 2; $p = 0,00$) e de Toritama (Pontos 3 e 4; $p = 0,00$). Entre os Pontos de Coleta da região metropolitana do Recife (Pontos 5 e 6), apesar de ocorrerem oito espécies em comum (Tab.1), mostram, também, uma diferença significativa entre a área urbanizada e não urbanizada ($p = 0,035$).

Considerando as formas biológicas, a anfíbia foi a que apresentou maior registro (14 spp), seguida pela emergente (10 spp), flutuante livre (cinco spp), flutuante fixa (duas spp), e submersa fixa (uma spp) (Tab. 01). Não foi registrada nenhuma espécie epífita e submersa livre.

Com relação à classificação da frequência de ocorrência, nenhuma espécie foi classificada como muito frequente. *Ipomoea asarifolia*, *Eichhornia crassipes*, e *Paspalum* sp1., com um percentual de ocorrência de 58,3%, 54,2% e 50%, respectivamente foram relacionadas como frequentes. Essa pouca representatividade de espécies frequentes pode ser explicado pela grande variação de ambientes encontrados na área estudada. Cerca de 48,4% de todas as espécies foram classificadas como pouco frequentes, merecendo destaque *Salvinia auriculata* (37,5%) e *Pistia stratiotes* (33,3%). As demais espécies apresentaram um percentual de frequência de ocorrência inferior a 30% (Tab. 01).

Um outro fator que, também, influenciou a frequência de ocorrência de algumas espécies foi a estacionalidade. Algumas espécies classificadas como raras só tiveram ocorrência na estação chuvosa, entre os meses de maio a julho, como *Echinochloa polystachia* (8,3%) ocorrendo nos Pontos 05 e 06 (área não urbanizada e urbanizada da Região Metropolitana do Recife, respectivamente), *Enydra radicans* (4,2%), *Nymphaea* sp. (8,3%) e *Stemodia maritima* (4,2%) no Ponto 03 (área não urbanizada de Toritama) e *Sesuvium portulacastrum* (4,2%) no Ponto 01 (área não urbanizada de Santa Cruz do Capibaribe). A macrófita *Cyperus odoratus*, apesar de ser considerada como pouco frequente (21,9%), também só foi registrada no período de chuvas no Ponto 04 (área urbanizada de Toritama). Outras espécies, no entanto, só tiveram registro na estação seca, como por exemplo, *Commelina obliqua* (9,4%) e *Limnocharis flava* (6,2%), no Ponto 06, e *Egeria densa* (9,4%), no Ponto 03. Algumas espécies classificadas como pouco frequentes e frequentes, também ocorreram, apenas, na estação

seca em alguns dos pontos de coletas. Dentre elas, estão *E. crassipes* (53,1%) no Ponto 04, e *P. stratiotes* (31,2%) e *S. auriculata* (37,5%) no Ponto 06 (Tab. 01).

De acordo com os índice de Shannon-Wiener, não foram observadas diferenças significativas entre os Pontos de Coletas (Tab. 02). No entanto, as análises multivariadas baseadas nos dados de biomassa (ANOSIM) indicaram diferenças globais significativas entre áreas urbanizadas e não urbanizadas ($R = 0,044$; $p = 0,001$). As maiores contribuições para essas diferenças, de acordo com o SIMPER, foram das espécies *E. crassipes* (51,23%), *Paspalum* sp1. (22,0%) e *Paspalum* sp2. (18,36%) (Tab. 01). Para a estacionalidade, também foram observadas diferenças significativas ($R = 0,018$; $p = 0,019$). As principais espécies responsáveis por essas diferenças foram as mesmas, onde *E. crassipes* contribuiu com 50,17%, *Paspalum* sp1., com 22,37% e *Paspalum* sp2., com 19,73% (Tab. 01). Essas diferenças podem ser visualizados pelos gráficos MDS (Fig. 02, 03 e 04), que indicam uma separação entre as amostras das áreas urbanizadas e não urbanizadas, enquanto que as amostras dos períodos chuvoso e seco tiveram uma menor separação nos padrões formados.

Esses dados podem ser associados, aos dados de abióticos analisados, onde, de um modo geral, também apresentaram diferenças significativas entre as áreas não urbanizadas e urbanizadas. Essas diferenças podem ser verificadas nas concentrações de nitrato apresentaram diferenças significativas entre os Pontos de Coleta do município de Santa Cruz do Capibaribe ($p = 0,0003$), de nitrito entre os Pontos da Região Metropolitana do Recife ($p = 0,0027$) e de Santa Cruz do Capibaribe ($p = 0,0068$) e de amônia na Região Metropolitana do Recife ($p = 0,0052$). A turbidez também se mostrou superior nos Pontos de áreas urbanizadas, tanto no período seco, como no chuvoso. Apesar de terem apresentado altas concentrações nos ambientes estudados, os teores de ortofosfato e fósforo total, não foram observadas diferenças significativas, comparando-se os Pontos de áreas não urbanizadas e urbanizadas de cada município estudado (Fig. 06).

Levando em consideração o Índice do Estado Trófico (IET) e a saúde ambiental dos Pontos de Coleta amostrados, em resposta aos altos índices de nutrientes encontrados, evidenciado que todos os Pontos estudadas foram classificadas como hipereutróficas. O menor índice (IET = 60,977), ocorreu no Ponto de Coleta 05 (área não urbanizada da região metropolitana do Recife), no município de São Lourenço da Mata, e o maior (IET = 72,069) no Ponto 02 (área urbanizada de Santa Cruz do Capibaribe) (Tab.02).

Os maiores valores de biomassa média foram registrados no maio de 2013 (estação chuvosa), por *Eicchornia crassipes*, no Ponto 05 (área não urbanizada da região metropolitana do Recife), com 637,39 g.PS/m². No Ponto 06 (área urbanizada da mesma região), a mesma espécie apresentou biomassa apenas no mês de janeiro de 2013 (estação seca), com 260,46 g.PS/m² (Tab. 03 e 04). Esses valores de biomassa encontrados estão diretamente relacionados ao incremento de nutrientes, onde na área não urbanizada houve uma maior concentração de nutrientes no período chuvoso e na área urbanizada no período seco (Fig. 06 e 07).

Nos Pontos de Coleta 03 e 04 (município de Toritama) não foi observada uma biomassa significativa de *E. crassipes*. No entanto, em trechos do Rio inseridos dentro da área urbanizada do referido município, foi observado uma grande cobertura dessa espécie. Apesar disso, no mês de março de 2013, foi encontrado uma grande biomassa morta dessa espécie no leito do mesmo rio (Fig. 05). Esse fato, possivelmente, pode estar relacionado com o excesso de dejetos industriais de pequenas empresas existentes no município.

As duas espécies do gênero *Paspalum*, também, registraram altos valores de biomassa. *Paspalum* sp.1 alcançou maiores biomassa média nos Pontos não urbanizados de Toritama (Ponto 03) e da região metropolitana do Recife (Ponto 05), com 382,08 g.PS/m² e 250,79 g.PS/m², respectivamente (Tab. 04 e 05), e *Paspalum* sp.2 no Ponto urbanizado de Santa Cruz do Capibaribe, com 559,70 g.PS/m² (Tab. 06). Desta forma, pode-se considerar *Paspalum* sp.2 como planta indicadora de ambientes antropizados, sendo este, o Ponto de Coleta com o maior teor de nutrientes dentre todas as áreas monitoradas.

DISCUSSÃO

A comparação entre os dados florísticos das publicações levantadas na revisão com a presente pesquisa não é recomendável pois está se tratando de diferentes metodologias e, conseqüente, esforço de coleta. Apenas é preciso assinalar que em algumas pesquisas foi verificado um maior número de espécies como em

Ferreira et al. (1998), no rio Iberian (Portugal), encontraram 85 espécies de macrófitas e Pivari et al. (2013) inventariaram 101 espécies de macrófitas no rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. No entanto, alguns trabalhos já registraram um número menor de espécies como o de Santos-Junior & Costacurta (2011), que assinalaram 17 espécies no rio Sucuri (MS) e Sossey-Alaoui & Rosillon (2013), que encontraram 30 espécies para o rio Walloon (Bélgica).

Ao analisar as diferenças entre áreas urbanizadas e não urbanizadas em tributários do rio ST. John, na Flórida (Estados Unidos), Chadwick et al. (2010) comentam que o fator urbanização pode afetar a diversidade específica das assembleias de macrófitas de ecossistemas lóticos em diferentes escalas espaciais e ressaltaram a importância da realização de manejo. A representatividade das famílias ocorrentes nas áreas estudadas também foi prejudicada. Se verifica que a família Poaceae teve boa representação no presente estudo, assim como em outros estudos em ecossistemas aquáticos. Dentre estes, Carvalho et al. (2005), sobre o grau de infestação de macrófitas do rio Tietê, registrando cinco espécies (33,3% do total) e Henry-Silva et al. (2010), identificando cinco espécies (11,36% do total) dessa família em ecossistemas fluviais do semi-árido brasileiro.

Com relação à baixa diversidade de macrófitas encontrada no trecho intermitente do rio Capibaribe estudado, Ferreira et al. (1998) evidenciaram que a irregularidade pluviométrica exerce grande influência no decréscimo do número de espécies de macrófitas. Pedro et al. (2006), analisando o ciclo hidrológico e a dinâmica das macrófitas de rios intermitentes da região semi-árida do estado da Paraíba (nordeste brasileiro), verificaram que a ocorrência da estacionalidade (estação seca e chuvosa) é fator determinante, estando relacionadas as respostas de resistência e resiliência dessas plantas. Ao analisar o quantitativo de espécies nas áreas urbanizadas e não urbanizadas rio do Cuyahoga (Ohio, Estados Unidos), Balanson et al. (2005), observaram que não existe uma aparente correspondência entre o teor de nutrientes dos córregos e do grau de impacto sobre as comunidades de macrófitas. Apesar disso, esses autores observaram um limiar de resposta dessa vegetação aos impactos da urbanização, notando uma perda completa da diversidade de macrófitas nos locais de qualidade de água inferior.

A variação na distribuição e na diversidade das macrófitas aquáticas, como visto nas áreas estudadas da presente pesquisa (Tab. 01), podem estar diretamente relacionados com fatores bióticos, como herbivoria, dispersão e competição, como também com abióticos, como as condições climáticas, turbidez da água e disponibilidade de nutrientes, onde, esta última, pode estimular o crescimento indesejado de macrófitas aquáticas, dado pelo processo de eutrofização (Thomaz, 2002; Bianchini-Junior, 2003).

A grande representatividade de espécies das formas anfíbia e emergente encontrada no presente estudo também foi corroborada por Alves et al. (2011), onde estas formas representaram cerca de 74,6% da composição florística das macrófitas ocorrentes em lagoas de Restinga de Massambu (SC).

Segundo o guia de monitoramento ambiental referente a avaliação da qualidade de corpos d'água desenvolvido pela UNESCO-WHO-UNEP (1996), em ecossistemas naturais a forma mais comum de encontrar nitrogênio combinado é como nitrato, mas em condições anaeróbicas é reduzido à nitrito. As concentrações de nitrato e nitrito são, geralmente, bem baixas, não ultrapassando a concentração de 5 mg/l e 1mg/l, respectivamente. No entanto, concentrações excedentes desses íons são geralmente associados às descargas domésticas e industriais, o que justifica os altos índices encontrados no presente trabalho, principalmente nas áreas urbanizadas do rio Capibaribe. As altas concentrações de amônia encontradas, estão relacionadas às grandes descargas de efluentes domésticos e industriais, principalmente no período seco das áreas urbanizadas (Conselho Nacional do Meio Ambiente – Brasil, 2012), no qual foi observada concentrações significativamente mais elevadas nas áreas urbanizadas.

Analisando o crescimento de *Eichhornia crassipes*, Fitzsimons & Vallejos (1986), no médio rio Paraná (Argentina), verificou uma produtividade média anual de 108 a 164g.PF/m².d. No estudo realizado por Téllez et al. (2008) sobre essa espécie como planta infestante na bacia do rio Guadiana, na Espanha, comentam que *E. crassipes* pode apresentar um crescimento populacional estimado em 400-700 ton/ha.dia. Os referidos autores comentam que essa elevada produtividade de biomassa está associada ao grande aporte de nutrientes de ecossistemas aquáticos. Essa espécie é referida na literatura como uma planta infestante. No entanto, ela também apresenta uma capacidade de remover grandes quantidades de nutrientes, pelo processo de biorremediação

(Patton & Starnes, 1970), o que pode explicar a menor concentração de nutrientes na área não urbanizada da Região Metropolitana do Recife. Esta característica nos leva a sugerir a utilização dessa macrófita, a partir de um manejo periódico, como biorremediadora em ecossistemas aquáticos de áreas urbanizadas. A alta produtividade de representantes do gênero *Paspalum* foi, também, verificada por Conserva & Piedade (2001) e Meirelles et al. (2006). Estes autores indicam essas plantas como potenciais forrageiras.

Lacoul & Freedman (2006) comentam que em ambientes lóticos, em geral, as comunidades de macrófitas tem um melhor desenvolvimento com um maior fornecimento de nutrientes. No entanto, ao analisar a biomassa dos Pontos de Coletas do município de Toritama (Pontos 3 e 4) e da região metropolitana do Recife (Pontos 05 e 06), verifica-se uma maior biomassa de macrófitas no período chuvoso nas áreas não urbanizadas. Nesse período foi observado uma menor concentração de nutrientes, quando comparados as áreas urbanas e não urbanizadas de cada município (Tab. 3, 4 e 5). Sobre isso, Neiff (1990) explica que existe uma íntima relação entre o nível hidrométrico e a produtividade da vegetação herbácea ocorrentes em rios, apresentando uma forte resposta à hidrodinâmica desses ecossistemas, onde a taxa de produção pode ser de três a 10 vezes maior no inverno do que no resto do ano.

O fator urbanização influenciou na composição florística e na estrutura das comunidades de macrófitas ao longo do rio Capibaribe, não existindo uma homogeneidade no ecossistema estudado devido a grande variação física, química e biológica entre as áreas urbanizadas e não urbanizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Accioly, MC., 2012. Metodologia de amostragem e zonação das comunidades bentônicas do costão rochoso da praia de Pedra do Xaréu – Estado de Pernambuco (Brasil). Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

Alves, JAA., AS. Tavares & R. Trevisan, 2011. Composição e distribuição de macrófitas aquáticas na lagoa da Restinga do Massiambu, Área de Proteção Ambiental Entorno Costeiro, SC. Rodriguésia 62(4): 785-801.

Balanson, S., BM. Walton, JA. Wolin & TK. Mal, 2005. Aquatic Macrophyte Diversity and Habitat Characterization of the Cuyahoga River Watershed in Northeastern Ohio. The Ohio Journal of Science 105(4): 88-96.

Barbosa, DS. & ELG. Espíndola, 2004. Introdução: Algumas teorias ecológicas aplicadas a sistemas lóticos. In Brigante, J, ELG. Espíndola (eds), Limnologia fluvial: Um estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos-SP: RiMa. 2ªEd.: xv – xxii.

Bianchini-Junior, I., 2003. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In Thomaz, SM. & LM. Bini (eds), Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. 1ed. Maringá, Eduem: 85-126.

Carvalho, FT., ED. Velini & D. Martins, 2005. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Bariri, no rio Tietê. Planta Daninha 23(2): 371-374.

Chadwick, M., A. Huryn, A. Benke & D. Dobberfuhl, 2010. Coarse organic matter dynamics in urbanised tributaries of the st. Johns river, Florida. Freshwater Forum 28:77–93.

Clarke, KR., 1993 Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Australian Journal of Ecology 18:117–143.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (BRASIL). 2012. Resoluções do Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Ministério do Meio Ambiente (MMA) Brasília, Brasil: 1126 p.

- Conserva, AS. & MTF. Piedade, 2001. Ciclo de vida e ecologia de *Paspalum fasciculatum* Willd. Ex. Fluegge (Poaceae), na várzea da Amazonia Central. *Acta Amazonica*. 31(2): 205-220.
- Cook, CDK., 1974. *Water Plants of the World*. The Hague, Junk B.V.
- Cook, CDK., 1996. *Aquatic Plant Book*. The Hague, The Netherlands: SPB Academic Publishing.
- Cunha DGF., MC. Calijuri & MC. Lamparelli, 2013. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSI_{tr}). *Ecological Engineering* 60: 126-134.
- Demars, BOL. & DM. Harper, 1998. The aquatic macrophytes of an English lowland river system: assessing response to nutrient enrichment. *Hydrobiologia* 384: 75–88.
- Esteves, FA. & AFM. Camargo, 1986. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. *Acta Limnologica Brasiliensia* 1: 273-298.
- Esteves, FA., 1998. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência – FINEP.
- Ferreira, FA., RP. Mormul, G. Pedralli, VJ. Pott, & A. Pott, 2010. Estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Hoehnea* 37(1): 43-52.
- Ferreira, MT., FN. Godinho & RM. Cortes, 1998. Macrophytes in a southern Iberian River. *Stuttgart. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 26: 1835-1841.
- Fitzsimons, RE., RH. Vallejos, 1986. Growth of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) in the middle Paraná River (Argentina). *Hydrobiologia* 131: 257-260.
- Goulart, M. & M. Callisto, 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM* 2(1): 1-9.
- Greco, MKB. & JR. Freitas, 2002. On two methods to estimate production of *Eichhornia crassipes* in the eutrophic Pampulha reservoir (MG, Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 62(3): 463-471.
- Henry-Silva, GG., RST. Moura & LLO. Dantas, 2010. Richness and distribution of aquatic macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22(2): 147-156.
- Hoehne, FC. *Plantas Aquáticas*. São Paulo: Secretaria de Agricultura de São Paulo, 1948.
- Lacoul, P. & B. Freedman, 2006. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. *Environmental Reviews* 14: 89–136.
- Machado, PJO., 2001. Recursos Hídricos: Uso e Planejamento. *Revista Geosul* 16(31): 103-115.
- Meirelles, PRL., LAR. Batista, C. Costa, MGB. Silva, MA. Factori, JPF. Silveira & FA. Cavasano, 2013. Germoplasma do gênero *Paspalum* com potencial para produção de forragem. *Bioscience Journal* 29(1): 1587-1595.
- Neiff, JJ., 1990. Aspects of primary productivity in the lower Parana and Paraguay riverine System. *Acta Limnologica Brasiliensia* 3: 77-113.
- Patton, VD. & WE. Starnes, 1970. Aquatic weed and water pollution. *Journal of Aquatic Plant Management* 8: 48-49.
- Pedralli, G., 1990. Macrófitas aquáticas: técnicas e métodos de estudos. *Estudos de Biologia* 26: 5-24.

- Pedro, F., L. Maltchik & I. Bianchini-Júnior, 2006. Hydrologic cycle and dynamics of aquatic macrophytes in two intermittent rivers of the semi-arid region of Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66(2B): 575-585.
- Pereira, RS., 2004. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos* 1: 20-36.
- Pereira, SMB., PRF. Nascimento, EVSB. Sampaio, MFO. Carvalho & AM. Moura-Júnior, 2008. Monitoramento e manejo da macrófita aquática *Egeria densa* Planchon no nordeste brasileiro. Estudo de caso. In Moura, AN., EL. Araújo & UP. Albuquerque (eds), *Biodiversidade, Potencial Econômico e Processos Eco-Fisiológicos em Ecossistemas Nordestinos*. Volume 1. Nupeea: 209-234.
- Pivari, MOD., PL. Viana & SFS. Leite, 2013. The Aquatic Macrophyte Flora of the Pandeiros River Wildlife Sanctuary, Minas Gerais, Brazil. *Check List* 9(2): 415-424.
- Pompêo, M., 2008. Monitoramento e Manejo de Macrófitas Aquáticas. *Oecologia Brasiliensis* 12(3) 406-424.
- Pott VJ. & A. Pott, 2000. *Plantas Aquáticas do Pantanal*. Brasília: EMBRAPA.
- PROJETEC – BRLi. (a), 2010. Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe: Tomo I - diagnóstico hidroambiental. *Projetos Técnicos*. Recife.
- PROJETEC – BRLi. (b), 2010. Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe: Tomo II - Cenários Tendenciais e Sustentáveis. *Projetos Técnicos*. Recife.
- Santos-Junior, A., MB. Costacurta, 2011. Dinâmica da composição e cobertura de espécies de macrófitas aquáticas e a escolha de indicadores de impacto ambiental em um rio com ecoturismo. *Ambiência Guarapuava* 7(3) 535-550.
- Scremin-Dias, E., VJ. Pott, Vj., Hora, Rg. And Souza, Pr., 1999. Nos jardins submersos da Bodoquena: guia para identificação de plantas aquáticas de Bonito e região. UFMS/ECO.A.
- Sculthorpe, CD., 1967. *The biology of aquatic vascular plants*. New York: St. Martins Press.
- Siqueira, RMB. & GG. Henry-Silva, 2011. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e o funcionamento dos ecossistemas fluviais. *Boletim da Associação Brasileira de Limnologia* 39(2): 1-15.
- Sossey-Alaoui, K. & F. Rosillon, 2013. Macrophytic Distribution and Trophic State of Some Natural and Impacted Watercourses - Belgium Wallonia. *International Journal of Water* 2(2): 1-11.
- STATSOFT, 2004. *Statistica for windows, version 7.0* Copyright Statsoft.
- Strickland, JD. & TR. Parsons, 1965. A manual of sea water analysis. *Bull. Fisheries Research Board of Canada* 125: 1-185.
- Télles T.R., EMR. López, GL. Granado, EA. Pérez, RM. López & JMS. Guzmán, 2008. The Water Hyacinth, *Eichhornia crassipes*: an invasive plant in the Guadiana River Basin (Spain). *Aquatic Invasions* 3(1): 42-53.
- Thomaz, SM. & LM. Bini, 2003. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. In Thomaz, SM. & LM. Bini (eds), *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: EDUEM: 19-38.
- Thomaz, SM., 2002. Fatores Ecológicos Associados à Colonização e ao Desenvolvimento de Macrófitas Aquáticas e Desafios e Manejo. *Planta Daninha* 20: 21-33.

Tundisi, JG., TM. Tundisi, DS. Abe, O. Rocha & F. Starling, 2006. Limnologia de Águas Interiores: Impactos, Conservação e Recuperação de Ecossistemas Aquáticos. In Rebouças, AC., B.Braga & JG. Tundisi (eds), Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. 3ª Ed. São Paulo: Escrituras Editora: 203-240.

UNESCO/WHO/UNEP. 1996. Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Second Edition, published on behalf of WHO by F & FN Spon.

Valderrama, GC., 1981. The Simultaneous Analysis of Total Nitrogen and Total Phosphorus in Natural Waters. Marine Chemistry 10: 109-122.

Tabela 1 – Sinopse das espécies de macrófitas encontradas no rio Capibaribe (PE), durante o período de janeiro a julho de 2013 com suas respectivas famílias, formas biológicas, Frequência de Ocorrência, análise de contribuição estatística ANOSIN referente ao fator urbanização e estacionalidade (período seco e chuvoso) e ocorrência das espécies por Pontos de Coleta. (F.O.= Frequência de Ocorrência; N.Urb.= Ponto não Urbanizado; Urb.= Ponto Urbanizado; A = Anfíbia; E = Emergente; FF = Flutuante fixa; FL = Flutuante livre; S = Submersa; - = ausência; x = presença).

Família	Espécies	Forma Biológica	F.O. (%)	ANOSIN Urb. (Contrib%)	ANOSIN Est. (Contrib%)	Pontos de Coleta					
						Santa Cruz do Capibaribe		Toritama		Região Metropolitana	
						N.Urb.	Urb.	N.Urb.	Urb.	N.Urb.	Urb.
Salviniaceae	<i>Azolla caroliniana</i> Willd.	FL	16,67	0,00	0,00	-	-	x	-	-	-
	<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	FL	37,50	0,08	0,07	-	-	x	-	x	x
Acanthaceae	<i>Justicia comata</i> (L.) Lam	A	16,67	0,00	0,00	-	-	-	-	-	x
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L.	A	4,17	0,00	0,00	x	-	-	-	-	-
Alismataceae	<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchenau	E	4,17	0,00	0,00	-	-	-	-	-	x
Amaranthaceae	<i>Blutaparon portulacoides</i> (A.St.-Hil.) Mears	A	16,67	0,51	0,55	-	x	-	-	-	-
	<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	E	29,17	4,57	3,98	-	-	-	-	x	x
Araceae	<i>Lemna valdiviana</i> Phil.	FL	29,17	0,00	0,00	-	x	x	-	x	x
	<i>Pistia stratiotes</i> L.	FL	33,33	0,00	0,00	-	-	x	-	x	x
Araliaceae	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f.	E	33,33	0,00	0,00	-	-	-	-	x	x
Asteraceae	<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	A	12,50	0,00	0,00	-	-	x	-	-	-
	<i>Enydra radicans</i> (Willd.) Lack	E	4,17	0,04	0,04	-	-	x	-	-	-
Commelinaceae	<i>Commelina obliqua</i> Vahl	A	12,50	0,00	0,00	-	-	-	-	-	x
Convolvulaceae	<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem. & Schult.	A	58,33	0,00	0,00	-	-	x	-	-	-
Cyperaceae	<i>Cyperus articulatus</i> L.	E	16,67	0,00	0,00	-	-	x	-	-	-

Tabela 1 (Cont.) – Sinopse das espécies de macrófita encontradas no rio Capibaribe (PE), durante o período de janeiro a julho de 2013 com suas respectivas famílias, formas biológicas, Frequência de Ocorrência, análise de contribuição estatística ANOSIN referente ao fator urbanização e estacionalidade (período seco e chuvoso) e ocorrência das espécies por Pontos de Coleta. (F.O.= Frequência de Ocorrência; N.Urb.= Ponto não Urbanizado; Urb.= Ponto Urbanizado; A = Anfíbia; E = Emergente; FF = Flutuante fixa; FL = Flutuante livre; S = Submersa; - = ausência; x = presença).

Família	Espécies	Forma Biológica	F.O. (%)	ANOSIN Urb. (Contrib%)	ANOSIN Est. (Contrib%)	Pontos de Coleta					
						Santa Cruz do Capibaribe		Toritama		Região Metropolitana	
						N.Urb.	Urb.	N.Urb.	Urb.	N.Urb.	Urb.
Cyperaceae	<i>Cyperus odoratus</i> L.	A	25,00	0,00	0,00	-	-	x	x	-	-
Gratiolaceae	<i>Stemodia maritima</i> L.	A	4,17	0,00	0,00	-	-	x	-	-	-
Hydrocharitaceae	<i>Egeria densa</i> Planch.	S	8,33	0,00	0,00	-	-	x	-	-	-
Hydroleaceae	<i>Hydrolea spinosa</i> L.	A	4,17	0,00	0,00	-	-	-	-	-	x
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea ampla</i> (Salisb.) DC.	FF	16,67	1.88	1.90	-	-	x	-	-	-
	<i>Nymphaea</i> sp.	FF	8,33	0,00	0,00	-	-	x	-	-	-
Onagraceae	<i>Ludwigia elegans</i> (Cambess.) H.Hara	A	4,17	0,00	0,00	-	-	x	-	x	-
	<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H.Raven	A	4,17	0,00	0,00	-	-	x	-	-	-
Poaceae	<i>Paspalum</i> sp1.	A	50,00	22.00	22.37	-	-	x	-	x	x
	<i>Paspalum</i> sp2.	A	16,67	18.36	19.63	-	x	-	-	-	-
	<i>Paspalidium geminatum</i> (Forssk.) Stapf	E	16,67	0.07	0,08	-	x	-	-	-	-
	<i>Echinochloa polystachia</i> (Kunth) Hitchc.	E	8,33	0,00	0,00	-	-	-	-	x	x

Tabela 1 (Cont.) – Sinopse das espécies de macrófitas encontradas no rio Capibaribe (PE), durante o período de janeiro a julho de 2013 com suas respectivas famílias, formas biológicas, Frequência de Ocorrência, análise de contribuição estatística ANOSIN referente ao fator urbanização e estacionalidade (período seco e chuvoso) e ocorrência das espécies por Pontos de Coleta. (F.O.= Frequência de Ocorrência; N.Urb.= Ponto não Urbanizado; Urb.= Ponto Urbanizado; A = Anfíbia; E = Emergente; FF = Flutuante fixa; FL = Flutuante livre; S = Submersa; - = ausência; x = presença).

Família	Espécies	Forma Biológica	F.O. (%)	ANOSIN Urb. (Contrib%)	ANOSIN Est. (Contrib%)	Pontos de Coleta					
						Santa Cruz do Capibaribe		Toritama		Região Metropolitana	
						N.Urb.	Urb.	N.Urb.	Urb.	N.Urb.	Urb.
Polygonaceae	<i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd.	E	16,67	1.15	1.11	-	-	-	-	x	-
	<i>Polygonum acuminatum</i> Kunth	A	16,67	0.09	0,10	-	-	-	-	x	-
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	FL	54,16	51.23	50.17	-	x	-	x	x	x
Typhaceae	<i>Typha domingensis</i> Pers.	E	12,50	0,00	0,00	-	-	x	x	-	-
Total de espécies por Ponto de Coleta						1	5	17	3	11	12

Tabela 2 – Índice de Shannon-Wiener, com os desvios padrões respectivos, dos dados quantitativos das espécies de macrófitas, Média dos Índices de Estado trófico e Classificação do Estado trófico das áreas estudadas do rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil, entre o período de janeiro e julho de 2013.

Pontos de Coleta	Shannon-Wiener		IET _{PT}	Classificação do IET
Toritama (Ref.)	0,29	± 0,264412	68,409	Hipereutrófico
Toritama (Urb.)	0,00	0	70,078	Hipereutrófico
Santa Cruz do Capibaribe (Ref.)	0,00	0	67,925	Hipereutrófico
Santa Cruz do Capibaribe (Urb.)	0,15	± 0,281503	72,069	Hipereutrófico
R. Metropolitana do Recife (Ref.)	0,59	± 0,319083	60,977	Hipereutrófico
R. Metropolitana do Recife (Urb.)	0,58	± 0,185921	66,52	Hipereutrófico

Tabela 3 – Valores de biomassa média das macrófitas aquáticas, com os respectivos desvios padrões, ocorrentes no Ponto de Coleta 6 (área urbanizada da Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, Brasil), entre o período de janeiro e julho de 2013.

Espécie	Estação seca					Estação Chuvoso				
	Janeiro de 2013		Março de 2013			Maio de 2013		Julho de 2013		
	Biomassa (g.PS/m ²)		Biomassa (g.PS/m ²)			Biomassa (g.PS/m ²)		Biomassa (g.PS/m ²)		
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	11,00	± 23,65	215,54	± 155,30	189,99	± 64,05	181,28	± 48,09		
<i>Eichhornia crassipes</i>	260,46	± 133,65	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00		
<i>Hydrocotyle ranunculoide</i>	2,36	± 5,40	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00		
<i>Justicia comata</i>	0,00	± 0,00	3,47	± 6,98	0,00	± 0,00	1,37	± 0,74		
<i>Paspalum sp.1</i>	145,35	± 137,03	344,87	± 180,93	325,32	± 145,50	247,20	± 29,62		
<i>Pistia stratiotes</i>	3,18	± 9,37	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00		
<i>Salvinia auriculata</i>	0,04	± 0,11	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00		

Tabela 4 – Valores de biomassa média das macrófitas, com os respectivos desvios padrões, ocorrentes no Ponto de Coleta 5 (área não urbanizada da Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, Brasil), entre o período de janeiro e julho de 2013.

Espécie	Estação seca					Estação Chuvoso				
	Janeiro de 2013		Março de 2013			Maio de 2013		Julho de 2013		
	Biomassa (g.PS/m ²)		Biomassa (g.PS/m ²)			Biomassa (g.PS/m ²)		Biomassa (g.PS/m ²)		
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	1,78	± 3,87	0	± 0	1,01	± 3,04	0	± 0		
<i>Eichhornia crassipes</i>	333,9	± 415,29	310,8	± 360,55	637,39	± 415,89	526,99	± 592,16		
<i>Paspalum sp.1</i>	241,97	± 160,76	250,79	± 160,18	137,5	± 112,35	161,15	± 154,48		
<i>Polygonum acuminatum</i>	0	± 0	21,48	± 52,51	0	± 0	0	± 0		
<i>Polygonum ferrugineum</i>	46,77	± 73,15	72,66	± 124,07	62,61	± 75,50	24,20	± 44,41		
<i>Salvinia auriculata</i>	15,8	± 10,08	21,93	± 25,64	20,94	± 23,68	15,80	± 12,10		

Tabela 5 – Valores de biomassa média das macrófitas, com os respectivos desvios padrões, ocorrentes no Ponto de Coleta 3 (área urbanizada do município de Toritama, Pernambuco, Brasil), entre o período de janeiro e julho de 2013.

Espécie	Estação seca						Estação Chuvoso					
	Janeiro de 2013			Março de 2013			Maio de 2013			Julho de 2013		
	Biomassa (g.PS/m ²)			Biomassa (g.PS/m ²)			Biomassa (g.PS/m ²)			Biomassa (g.PS/m ²)		
<i>Nymphaea ampla</i>	92,60	±	209,14	85,12	±	35,83	34,68	±	42,16	25,55	±	45,62
<i>Azolla caroliniana</i>	0	±	0	0	±	0	0	±	0	0,04	±	0,07
<i>Egeria densa</i>	0	±	0	0,14	±	0,43	0	±	0	0	±	0
<i>Lemna valdiviana</i>	0	±	0	0,00	±	0	0	±	0	0,18	±	0,13
<i>Paspalum sp.1</i>	295,89	±	240,58	51,11	±	43,79	218,86	±	143,48	382,08	±	215,94
<i>Pistia stratiotes</i>	0,11	±	0,32	0,00	±	0	0	±	0	0	±	0
<i>Salvinia auriculata</i>	0	±	0	0,07	±	0,21	0,11	±	0,23	0,64	±	1,39

Tabela 6 – Valores de biomassa média das macrófitas, com os respectivos desvios padrões, ocorrentes Ponto de Coleta 2 (área urbanizada do município de Santa Cruz do Capibaribe, Pernambuco, Brasil), entre o período de janeiro e julho de 2013.

Espécie	Estação seca						Estação Chuvoso					
	Janeiro de 2013			Março de 2013			Maio de 2013			Julho de 2013		
	Biomassa (g.PS/m ²)			Biomassa (g.PS/m ²)			Biomassa (g.PS/m ²)			Biomassa (g.PS/m ²)		
<i>Eichhornia crassipes</i>	228,87	±	101,50	0,26	±	0,46	0	±	0	10,44	±	22,52
<i>Blutaparon portulacoides</i>	0	±	0	0	±	0	0	±	0	61,99	±	119,72
<i>Enydra radicans</i>	0	±	0	0	±	0	0	±	0	16,50	±	32,74
<i>Ipomea sp.</i>	0,84	±	2,51	0	±	0	0	±	0	0	±	0
<i>Paspalidium geminatum</i>	0	±	0	0	±	0	0	±	0	26,52	±	42,26
<i>Paspalum sp.2</i>	6,36	±	12,27	0,00	±	0,01	0	±	0	559,70	±	563,86

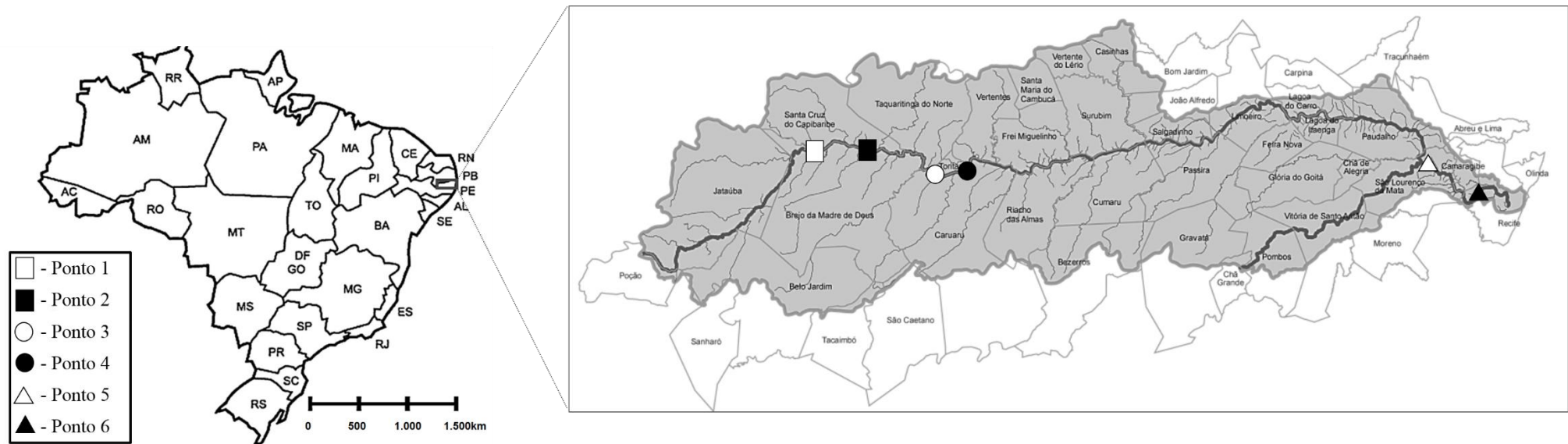


Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil, indicando os Pontos de Coleta dos Municípios de Santa Cruz do Capibaribe - PE (quadrado branco: área não urbanizada; e quadrado preto: área urbanizada), Toritama - PE (círculos branco: área não urbanizada; e círculo preto: área urbanizada) e da Região Metropolitana do Recife (triângulo branco: área não urbanizada; e triângulo preto: área urbanizada).

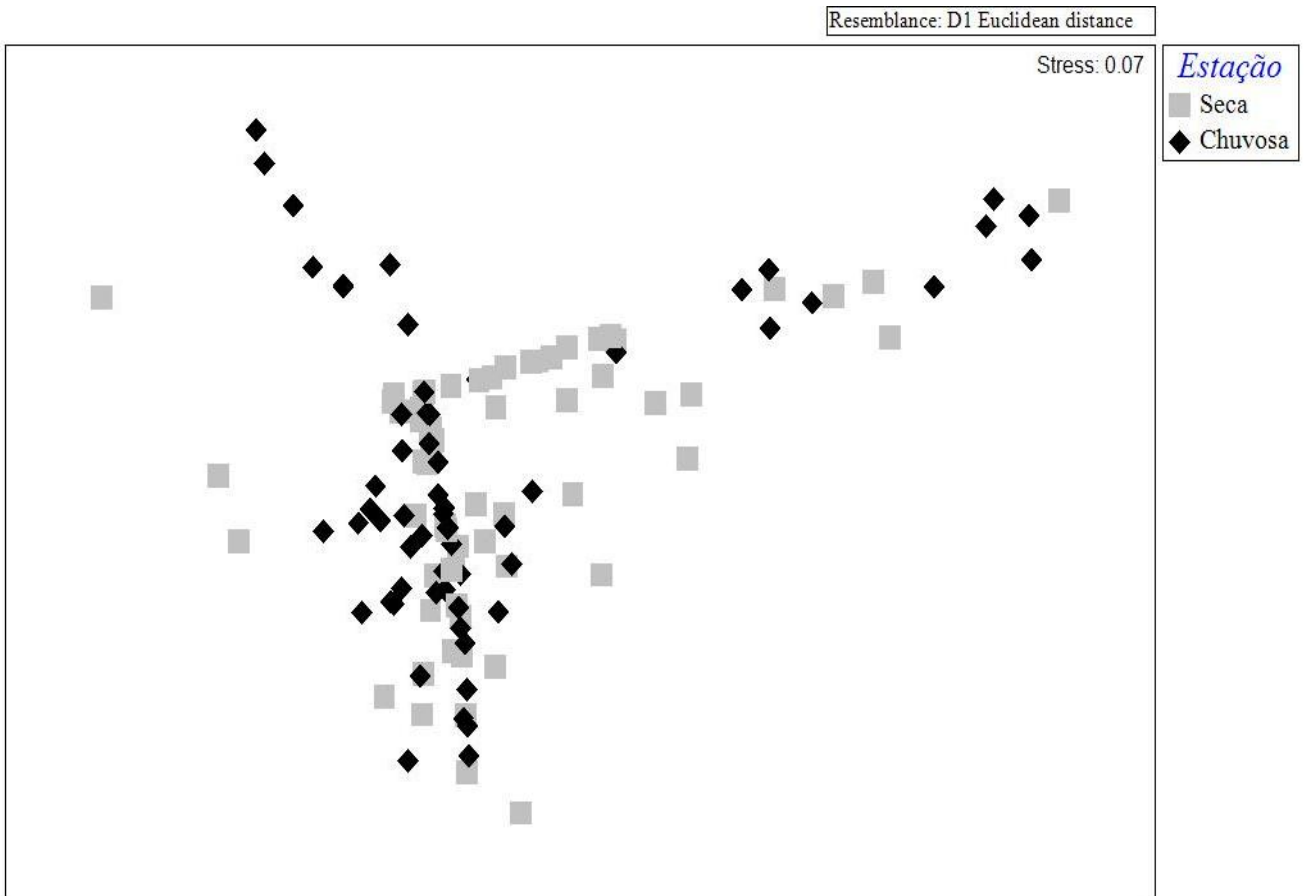


Figura 2 - Gráfico de padrão MDS referente à estacionalidade (estação seca e chuvosa).

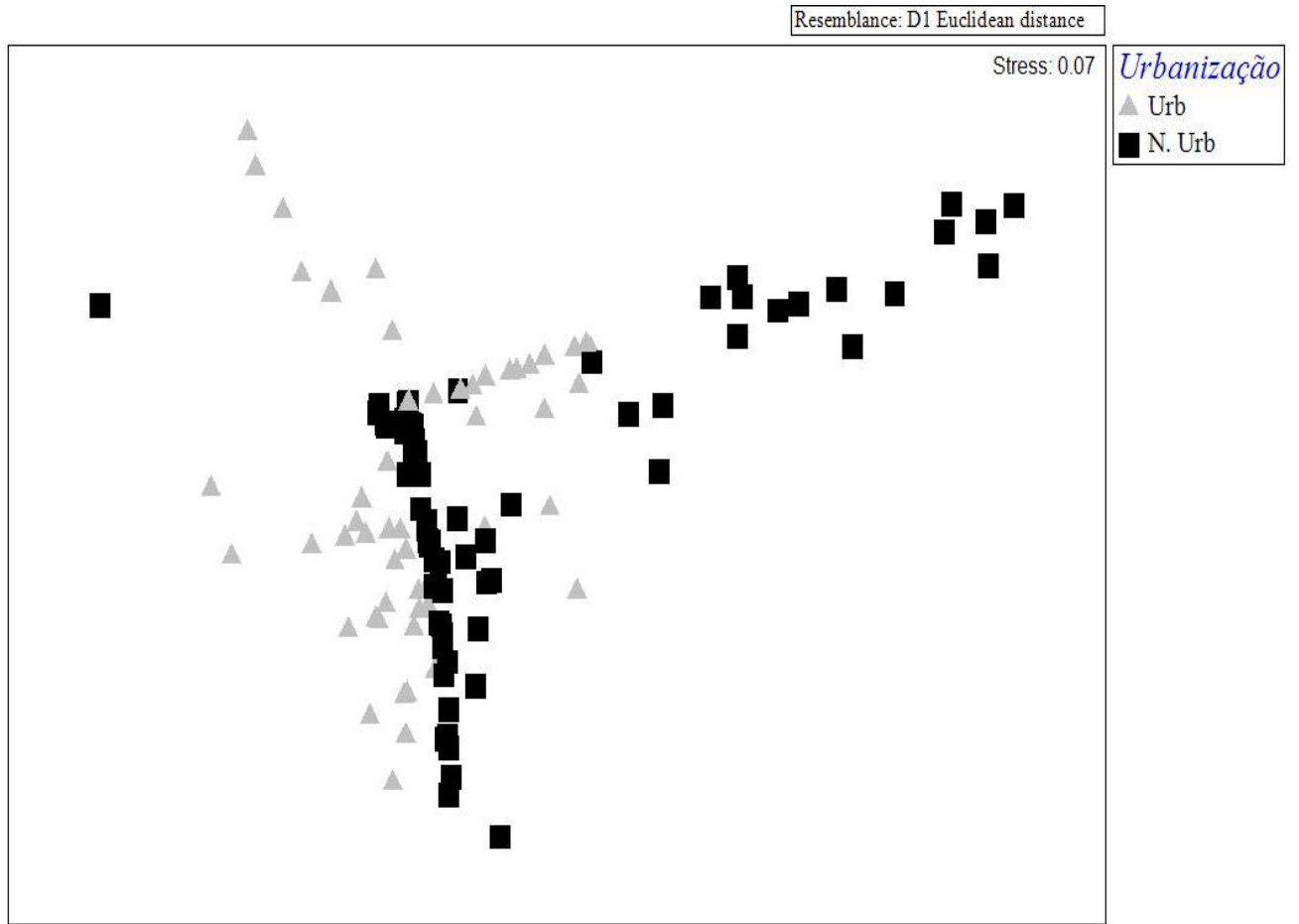


Figura 3 - Gráfico de padrão MDS referente ao fator urbanização (áreas urbanizadas e não urbanizadas).

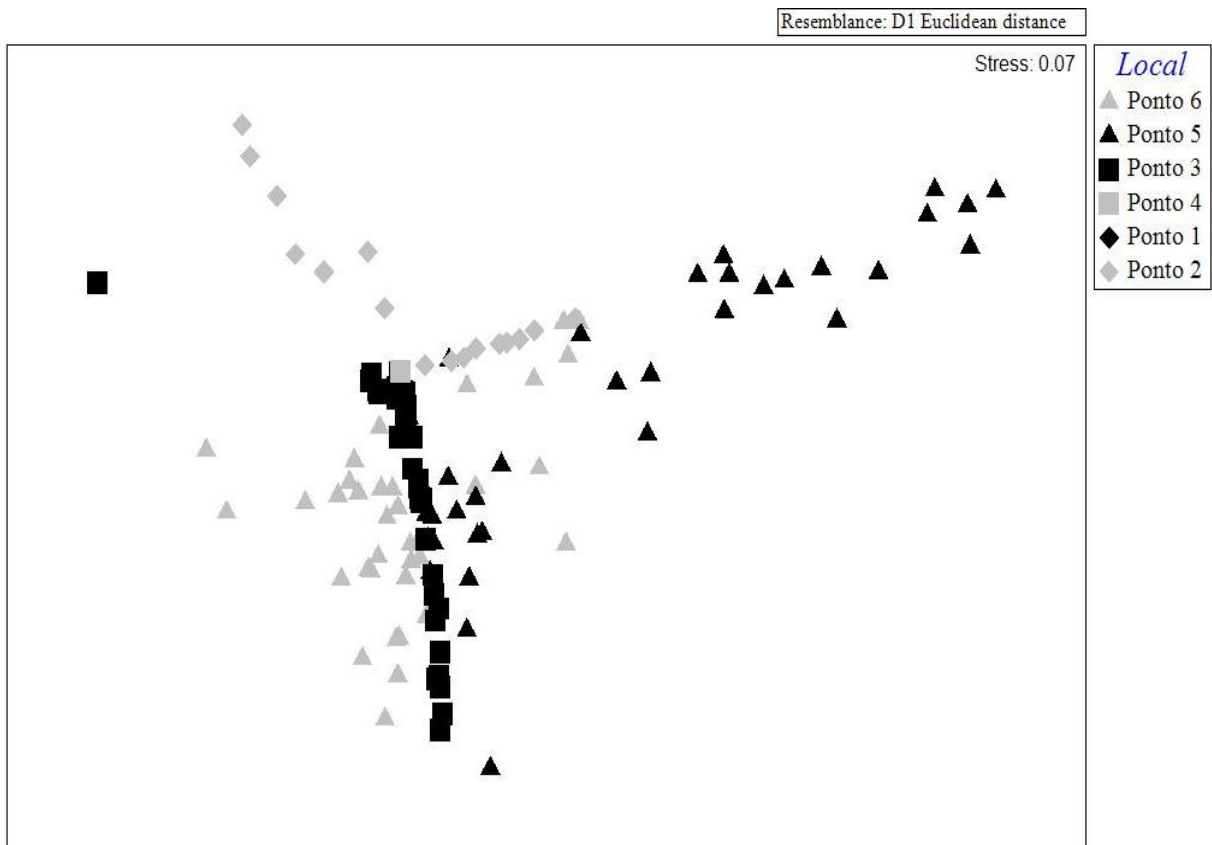


Figura 4 - Gráfico de padrão MDS referentes aos locais estudados (Pontos de Coleta).

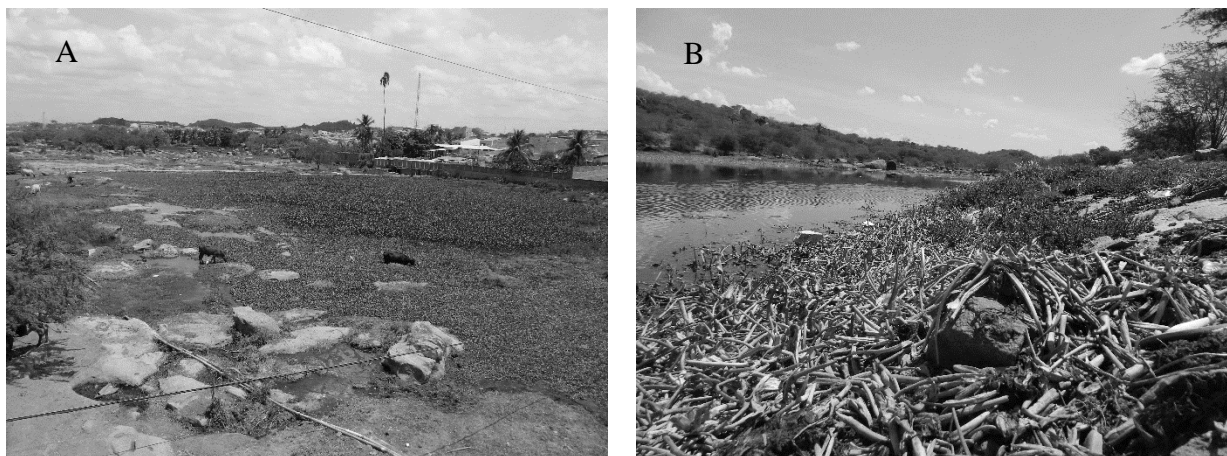


Figura 5 – Trecho do rio Capibaribe de uma área urbanizada do Município de Toritama (PE). (A) Extensa área coberta por *Eichhornia crassipes* no mês de dezembro de 2012 e (B) com expressiva quantidade de biomassa morta da mesma espécie no mês de março de 2013.

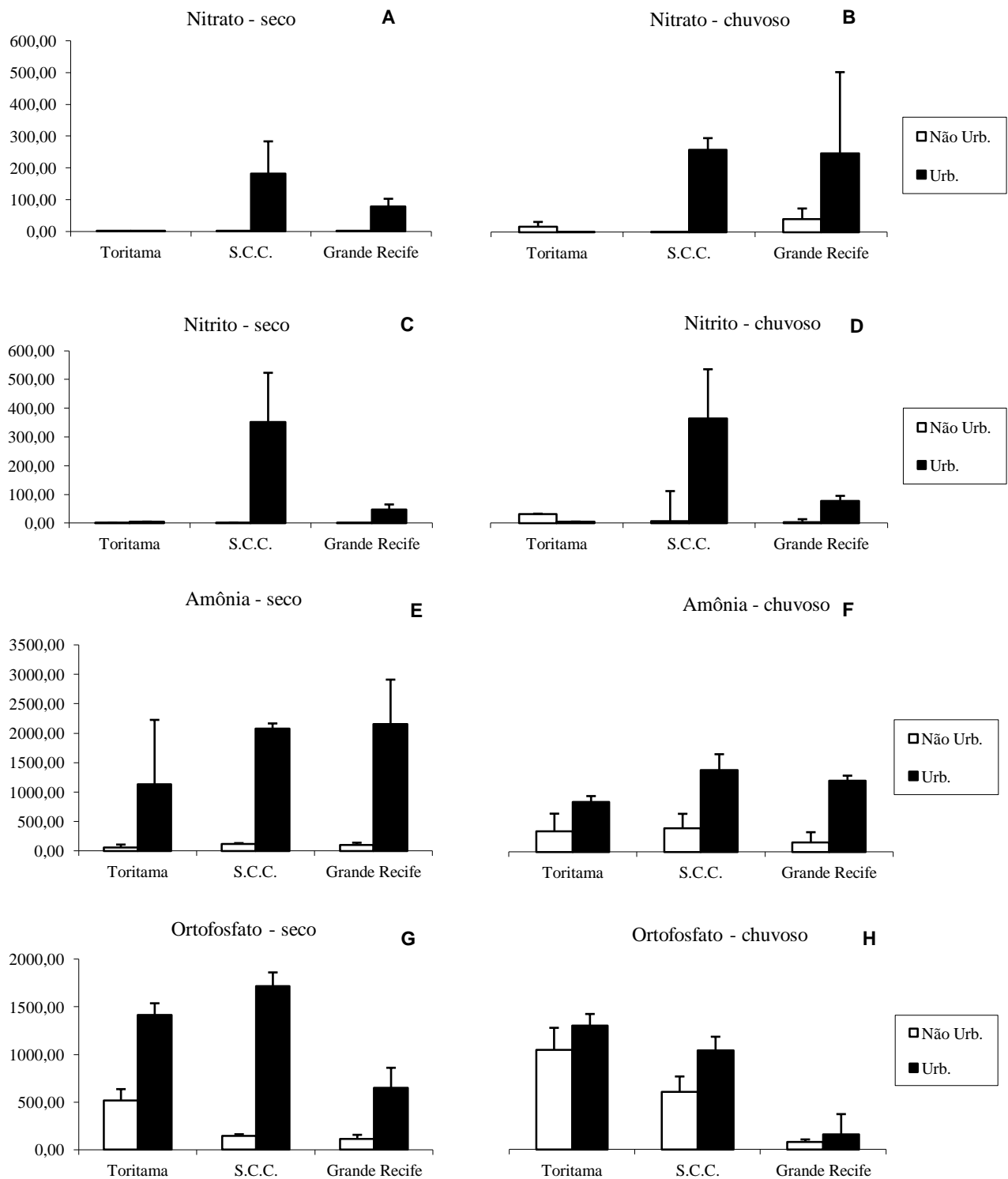


Figura 06 – Médias dos dados físicos-químicos dos Pontos de Coletas das áreas referências (barras em branco) e das áreas urbanizadas (barras em preto) do rio Capibaribe, referentes aos períodos seco (janeiro a março de 2013) e chuvoso (maio a julho de 2013).

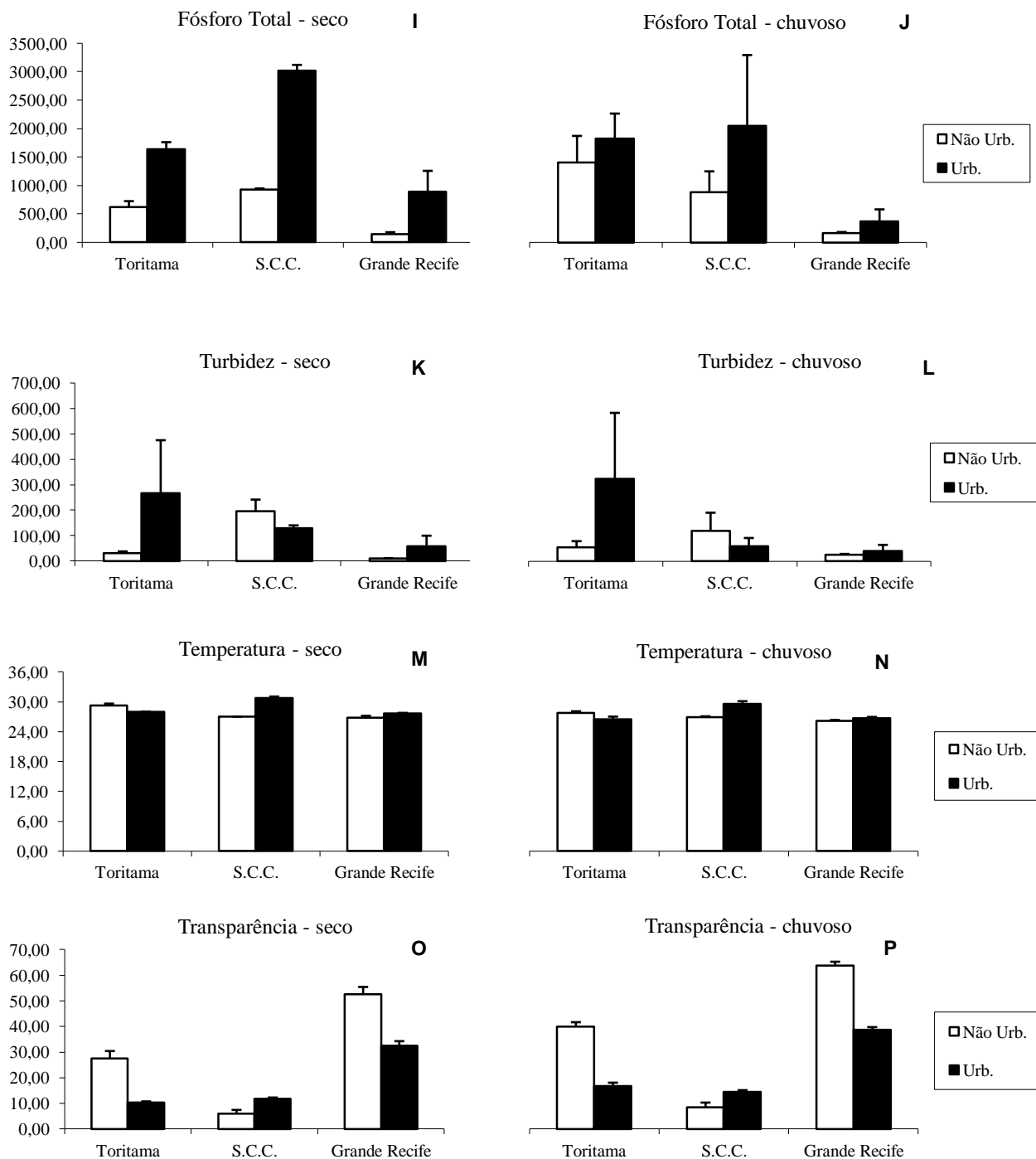


Figura 06 (Cont.) – Médias dos dados físico-químicos dos Pontos de Coletas dos Pontos não Urbanizadas (barras em branco) e dos Pontos Urbanizadas (barras em preto) do rio Capibaribe, referentes aos períodos seco (janeiro a março de 2013) e chuvoso (maio a julho de 2013).

5. ANEXO (Normas do Periódico Hydrobiologia)
