

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL - PPGBV

MILENA NUNES BERNARDES GOETZ

**INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS NA COMPOSIÇÃO E ABUNDÂNCIA DE
SAMAMBAIAS AQUÁTICAS OCORRENTES NO ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL.**

RECIFE

2018

MILENA NUNES BERNARDES GOETZ

**INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS NA COMPOSIÇÃO E ABUNDÂNCIA DE
SAMAMBAIAS AQUÁTICAS OCORRENTES NO ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL.**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Biologia Vegetal da Universidade
Federal de Pernambuco, como
requisito para obtenção do Título de
Mestre em Biologia Vegetal

Área de concentração: Ecologia

Orientadora: Pra. Dra. Iva Carneiro Leão Barros

Co-Orientador: Dr. Ênio Wocyli Dantas

RECIFE

2018

Catálogo na fonte:
Bibliotecário Bruno Márcio Gouveia - CRB-4/1788

Goetz, Milena Nunes Bernadez

Influência de fatores abióticos na composição e abundância de samambaias aquáticas ocorrentes no Estado da Paraíba, Brasil / Milena Nunes Bernadez Goetz. – 2018.

48 f. : il.

Orientadora: Pra. Dr^a. Iva Carneiro Leão Barros.

Coorientador: Dr. Ênio Wocyli Dantas.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Recife, 2018.

Inclui referências e anexos.

1. . Limnologia. 2. Pteridofitas. 3. Macrófitas aquáticas. I. Barros, Iva Carneiro Leão (Orientadora). II. Dantas, Ênio Wocyli (Coorientador). III. Título.

587.3

CDD (22.ed.)

UFPE/CB – 2018 – 445

MILENA NUNES BERNARDES GOETZ

**INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS NA COMPOSIÇÃO E
ABUNDÂNCIA DE SAMAMBAIAS AQUÁTICAS OCORRENTES NO ESTADO DA
PARAÍBA, BRASIL.**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Biologia Vegetal da Universidade
Federal de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Biologia
Vegetal.

Aprovada em 20/02/2018

BANCA EXAMINADORA:

Pra. Dra. Iva Carneiro Leão Barros – UFPE (Orientadora)

Pr. Dr. Sergio Romero da Silva Xavier – UEPB (Examinador externo)

Pr. Dr. Augusto César Pessoa Santiago – UFPE (Examinador Interno)

*Ao meu marido, João Batista
Goetz que sempre me apoiou e me
incentivou.
Com amor DEDICO.*

AGRADECIMENTOS

Esses últimos dois anos foram intensos, mas dentre toda essa atribulação pude perceber que existem pessoas ao meu redor que realmente torcem pelo meu crescimento, conheci pessoas que me ajudaram muito e me deram toda força que precisava para perseverar.

Tenho tanto a agradecer que fica difícil colocar em um só pedaço de papel tudo o que estou sentido e senti durante essa minha formação.

Começo a agradecer ao meu marido João Batista Goetz que sempre me apoiou em qualquer decisão, pois a vontade era tanta de fazer o mestrado que muitas vezes esquecia o quanto esta decisão iria mudar os nossos planos. Te agradeço por estar sempre ao meu lado me reerguendo e me incentivando nos momentos críticos. Te agradeço por sempre se preocupar comigo, pelo.... *“Te cuida, vai devagar”* nas inúmeras vezes que viajei para Recife. Muito Obrigada. Te Amo Muito.

Após decidir em participar da seleção, mergulhei nos estudos e nesta etapa tentei absorver todo o assunto em pouquíssimo tempo, mas tive sorte de ter pessoas que me ajudaram muito.

Meus pais que me receberam no Rio Grande do Sul e me proporcionaram um ambiente de estudo aconchegante. Não teria lugar melhor, Muito Obrigada e Amo Vocês. Não podia deixar de agradecer a minha afilhada Manuela, que mesmo tendo apenas seis anos, estudou comigo todos os tipos de frutos, de flores, de folhas, sobre a polinização e a dispersão. Acho que vamos ter mais uma bióloga na família.

Agradeço aos meus colegas do laboratório de Pteridófitas Rafael e Lucas, que me nortearam nos assuntos mais importantes para a realização da prova escrita e que me tranquilizaram para a entrevista. Muito Obrigada por todo apoio que vocês me deram, não só nesta etapa de seleção, mas em todo o desenvolvimento do meu projeto também. Muito Obrigada por toda ajuda.

Após a confirmação da minha aprovação, iniciaram-se as disciplinas, essas sim começaram com toda força. Disciplinas intensas, mas que me proporcionaram um amadurecimento acadêmico e que me agregaram muito conhecimento. Nesta etapa conheci os meus colegas mestrando que acabaram virando amigos e companheiros de estudos. Muito obrigada a todos, mas em especial para Nathalia, Wanessa, Wagner e Jakelyne.

Para o desenvolvimento do meu projeto tive dois orientadores que foram essenciais para a conclusão deste estudo. Profa. Dra. Iva e Prof. Dr. Ênio, sempre solícitos, atenciosos e

compreensivos. Estou muito grata por enfrentarem comigo esta etapa de minha vida, por compartilharem seus conhecimentos e suas vivências. Muito Obrigada!

Tenho a sorte e o prazer de ter amigos parceiros em meu ambiente de pesquisa, pessoas que pude contar a qualquer momento, pessoas que me alegraram em momentos difíceis e que foram meus companheiros de coleta. Alan, Davi, Irma, Natália, Thainá e Túlio (OBS: coloquei por ordem alfabética), vocês fizeram a total diferença para o desenvolvimento desta pesquisa. Vocês tornaram minhas coletas divertidas e proveitosas, muitas vezes deixando de realizar suas tarefas para coletar as minhas Samambaias. Com certeza esta gravado em minha memória “*Tem samambaia aí?*”, “*Olha a Marsileeeaaa*”. Muito Obrigada a todos, e podem contar comigo sempre.

Agradeço também a Amanda por ter auxiliado nas tarefas laboratoriais e ao Prof. Dr. Sérgio pelo auxílio na identificação das plantas.

Agradeço a Universidade Estadual da Paraíba e a Capes que ajudaram na realização da pesquisa.

Enfim, agradeço a todos que de alguma maneira ajudaram na realização da minha pesquisa de Mestrado.

De coração.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Os corpos aquáticos continentais servem de abrigo para uma grande variedade de organismos, dentre eles as macrófitas aquáticas, as quais são de grande importância na estruturação e funcionamento dos ecossistemas aquáticos. Neste grupo estão incluídos vários grupos taxonômicos, dentre eles as Samambaias aquáticas, que são representadas pelas famílias Marsileaceae, Salviniaceae e pelos gêneros *Ceratopteris* Brongn., *Acrostichum* L. e *Cyclosorus* Link. Os ecossistemas aquáticos são influenciados pelo seu ambiente de entorno e pelas características da água, portanto, ações antrópicas como: a agricultura, urbanização, poluição, dentre outras podem descaracterizar esses ecossistemas, afetando negativamente as espécies, mas também aumentam os níveis de nitrogênio e fósforo, acelerando o processo de eutrofização e favorecendo a proliferação de espécies flutuantes (por exemplo, *Salvinia* Seg.). Um total de 53 ecossistemas aquáticos foi amostrado, destes 37 obtiveram registros de samambaias aquáticas e os demais foram utilizados como controle. Foram coletadas as espécies localizadas diretamente em contato com a água e em ambiente palustre, estas foram identificadas e classificadas conforme sua forma biológica, (Anfíbias, Emergentes, Flutuantes fixas e Flutuantes livres). Em cada ambiente foi mensurada a abundância de cada espécie categorizando os níveis de infestação (0 a 5) e coletadas amostras de água para a análise do Fósforo Total e Clorofila *a*. Os ecossistemas aquáticos foram classificados de acordo com o seu estado trófico e a área de influência de entorno classificada em Rural, Urbano ou Vegetação. Para compreender a influência dos fatores abióticos foram realizados Modelos Lineares Generalizados (GLM), Análise de Correspondência Canônica Parcial (pCCA) e análise de espécies indicadora (ISA), ambos no software R. Foram registradas nove espécies de samambaias aquáticas distribuídas em oito gêneros e três famílias, sendo *Salvinia auriculata* Aubl. a espécie mais frequente (22) e também a que apresentou a maior abundância (89%). A forma biológica Anfíbia foi a mais representativa (cinco espécies) seguindo por Flutuante Livre (três). A maioria dos ambientes apresentou níveis elevados de eutrofização e *Marsilea* L. e *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn. foram considerados como indicadores de ambientes Oligotrófico e Ultraoligotrófico. Os modelos gerados pelo GLM indicaram que a ocorrência e a abundância da comunidade de Samambaias aquáticas apresentaram uma relação negativa com a Clorofila *a*. A ocorrência de cada espécie mostrou que tanto o ambiente do entorno quanto a qualidade da água influenciam no estabelecimento destas espécies, porém esta influência está mais fortemente relacionada com as características

do entorno. No entanto, a abundância das espécies apresentou um maior número de relações e tanto o ambiente do entorno quanto as características da água apresentaram relações significantes. Desta forma, o estudo conclui que tanto a qualidade da água quanto o ambiente que circundam os ecossistemas aquáticos são influenciadores da ocorrência e abundância das espécies de Samambaias aquáticas, necessitando assim, da conservação de ambos, a fim de garantir o correto funcionamento dos ecossistemas aquáticos.

Palavras-Chave: Limnologia. Macrófitas Aquáticas. Pteridófitas.

ABSTRACT

Continental aquatic bodies provide shelter for a wide variety of organisms, including aquatic macrophytes, which are of great importance in structuring and functioning aquatic ecosystems. In this group are included several taxonomic groups, among them the aquatic ferns, that are represented by the families Marsileaceae, Salviniaceae and by the genus *Ceratopteris* Brongn., *Acrostichum* L. and *Cyclosorus* Link. Aquatic ecosystems are influenced by their surrounding environment and water characteristics, therefore, anthropic actions such as: agriculture, urbanization, pollution, among others can de-characterize these ecosystems, negatively affecting species, but also increase nitrogen and phosphorus, accelerating the process of eutrophication and favoring the proliferation of floating species (eg, *Salvinia* Seg.). A total of 53 aquatic ecosystems were sampled, of which 37 obtained records of aquatic ferns and the others were used as controls. The species located directly in contact with the water and in the marsh environment, were identified and classified according to their biological form (Amphibious, Emergent, Rooted Floating and Free Floating). In each environment, the abundance of each species was measured by categorizing infestation levels (0 to 5) and water samples were collected for a Total Phosphorus and Chlorophyll *a*. Aquatic ecosystems were classified according to their trophic state and an area of influence of environment classified in Rural, Urban or Vegetation. In order to understand the influence of the abiotic factors, Generalized Linear Models (GLM), Partial Canonical Correspondence Analysis (pCCA) and indicator species analysis (ISA) were performed, both in R software. Nine species of aquatic ferns distributed in eight genus and three families were recorded, being *Salvinia auriculata* Aubl. the most frequent species (22) and also the one with the greatest abundance (89%). The biological form Amphibious was the most representative (five species) followed by Free Floating (three). Most environments presented high levels of eutrophication and *Marsilea* L. and *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn. were considered as indicators of Oligotrophic and Ultraoligotrophic environments. The models generated by GLM indicated that the occurrence and abundance of the aquatic fern community showed a negative relation with Chlorophyll *a*. The occurrence of each species showed that both the surrounding environment and water quality influence the establishment of these species, but this influence is more strongly related to the characteristics of the surrounding environment. However, the abundance of the species presented a greater number of relationships and both the surrounding environment and the water characteristics presented significant relationships.

Thus, the study concludes that both the water quality and the environment surrounding the aquatic ecosystems are influencing the occurrence and abundance of the aquatic fern species, thus requiring the conservation of both, in order to ensure the correct functioning of aquatic ecosystems.

KEYWORDS : Limnology. Aquatic Macrophytes. Pteridophytes.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 AMBIENTE AQUÁTICO.....	14
2.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	16
2.3 SAMAMBAIAS AQUÁTICAS	18
3 INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS NA COMPOSIÇÃO E ABUNDÂNCIA DE SAMAMBAIAS AQUÁTICAS OCORRENTES NO ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL.	23
4 CONCLUSÕES GERAIS	43
REFERÊNCIAS	44
ANEXO A - NORMAS PARA SUBMISSÃO DE MANUSCRITO A REVISTA HYDROBIOLOGIA.....	48

1 INTRODUÇÃO

Os corpos aquáticos continentais são representados por lagos, rios, represas, tanques artificiais, poças naturais, áreas alagadas e estuários (TUNDISI; MATSUMARA-TUNDISI, 2008). Servem de abrigo para uma grande variedade de organismos, dentre eles as macrófitas aquáticas, as quais possuem representantes de quase todos os grupos taxonômicos, incluindo as samambaias (COOK, 1974). De acordo com Thomaz e Esteves (2011) são de grande importância na estruturação e funcionamento dos ecossistemas aquáticos, sendo também utilizadas pelo homem para diversos fins.

Estima-se que existam cerca de 9.000 espécies de samambaias em todo mundo, dentre essas, as samambaias verdadeiramente aquáticas representam uma parcela de apenas 1% (SMITH et al., 2006). A diversidade brasileira é representada pelas famílias Marsileaceae (7 sp.), Salviniaceae (10 sp.) e pelo gênero *Ceratopteris* Brongn. (2 sp.). As espécies que não são verdadeiramente aquáticas, mas suportam o solo encharcado estão inseridas nos gêneros *Acrostichum* L. (2 sp.) e *Cyclosorus* Link (1 sp.) (FLORA DO BRASIL, 2018).

As samambaias aquáticas podem ser classificadas de acordo com a sua forma de vida no ambiente, podendo ser: 1) Anfíbias: são plantas semi-aquáticas capazes de viver tanto em área alagada como fora da água (p. ex. *Cyclosorus interruptus* (Willd.) H.Itô); 2) Emergentes: plantas enraizadas e parcialmente submersas e parcialmente fora da água (p. ex. *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn.), 3) Flutuantes fixas: plantas enraizadas com caule e/ou ramos e/ou folhas flutuantes (p. ex. *Marsilea deflexa* A. Braun); 4) Flutuantes livres: plantas não enraizadas podendo ser levadas pelo vento ou correnteza (p. ex. espécies do gênero *Salvinia* Ség. e *Azolla* Lam.) (THOMAZ; ESTEVES, 2011).

Os corpos aquáticos são influenciados pelo seu ambiente de entorno, no entanto, apresentam ainda a qualidade da água como influenciador. Portanto, fatores bióticos, fatores abióticos intrínsecos (qualidade da água) e fatores abióticos extrínsecos (clima e o ambiente do entorno), podem interferir na distribuição e abundância das espécies aquáticas (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Porém, ações antrópicas como: a agricultura, urbanização, poluição, dentre outras podem descaracterizar esses ecossistemas, afetando as espécies (CERVI et al., 2009).

A poluição da água, ocasionada pelo homem, modifica as características do ambiente aquático e aumenta os níveis de nitrogênio e fósforo, acelerando o processo de eutrofização e

favorecendo a proliferação de espécies flutuantes (p. ex. *Salvinia*) (THOMAZ; ESTEVES, 2011). Desta forma, o estado trófico dos ecossistemas aquáticos reflete a influência antrópica na qualidade da água e do funcionamento ecológico dos rios, lagos e reservatórios (CUNHA et al., 2013).

As Samambaias aquáticas são geralmente tratadas juntamente com os exemplares terrestres destes grupos (PROCTOR, 1985; MORAN; RIBA, 1995; PIETROBOM; BARROS, 2002; PEREIRA et al., 2011; XAVIER et al., 2012; SANTIAGO et al., 2014; XAVIER et al., 2015) ou então em estudos que englobam as macrófitas aquáticas de modo geral (FERREIRA et al., 2010; ARAÚJO et al., 2012; MOURA-JÚNIOR et al., 2013). Ainda mais escassos, estudos que analisaram a influência de fatores abióticos em que registraram samambaias aquáticas (PEREIRA et al., 2012; FERREIRA et al., 2015).

Estudos específicos que abordam a comunidade de Samambaias aquáticas no Brasil são escassos, até o momento somente três estudos foram realizados (ROLON; MALTCHIK, 2004; SANTOS et al., 2014; SOUSA, 2016). No entanto, espécies do gênero *Salvinia* são alvo de estudos, os quais relacionam sua elevada biomassa a ambientes eutrofizados (PEDRALLI, 2003; SULLIVAN; POSTLE, 2012).

Desta forma, percebe-se que tanto a qualidade da água quanto o ambiente do entorno desses corpos aquáticos possuem uma grande influência sobre as samambaias aquáticas. Por isso, abordagens com foco na diversidade e distribuição destas espécies, especialmente com relação à análise comparativa dos fatores abióticos, revestem-se de importância ímpar para um melhor entendimento dos ecossistemas aquáticos.

Assim, o presente estudo busca elucidar questões relacionando a composição e a abundância de espécies de samambaias aquáticas com os fatores abióticos relacionados à qualidade da água e as características de entorno (Rural, Urbano e Vegetação). Bem como, realizar um levantamento florístico das espécies encontradas na Paraíba, apresentando a distribuição espacial destas espécies.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AMBIENTE AQUÁTICO

A Terra é popularmente conhecida como Planeta Azul, isso devido a sua grande cobertura por água, no entanto, Bicudo et al., (2010), afirmam que somente 2,6 % são de água doce e destes apenas 0,3 % estão na superfície em forma de áreas alagadas, rios, lagos e represas. Estes mesmos autores alertam para a vulnerabilidade dos ambientes aquáticos frente ao crescimento urbano, resultando em uma má qualidade da água, e no caso do Brasil, ainda com um agravante de problemas estratégicos, diagnósticos e de gestão de seus Recursos Hídricos.

Com o objetivo de assegurar a disponibilidade de água para a atual e as futuras gerações em padrões de qualidade adequados, foi sancionada no Brasil em 1997 a Política Nacional de Recursos Hídricos através da Lei das Águas (Lei nº 9.433), a qual também estimula a utilização racional e integrada dos recursos hídricos além de prevenir e defender contra eventos hidrológicos de origem natural ou de uso inadequado. Esta mesma lei criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos cujos seus objetivos principais são de planejar, controlar o uso, preservar e recuperar os recursos hídricos.

A Legislação brasileira, através da resolução CONAMA 357/2005 complementada pela 430/2011, classifica os corpos aquáticos em águas doces, salobras e salinas os quais são ordenados segundo a qualidade da água requerida para o seu uso, como por exemplo, as águas doces são divididas em cinco classes (Especial, 1, 2, 3 e 4), iniciando por uma água mais limpa utilizada para consumo humano, para preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e para preservação dos ambientes aquáticos em Unidades de Conservação, finalizando por uma água de má qualidade que só pode ser utilizada para navegação ou paisagismo.

Os ambientes aquáticos são amplamente utilizados para o abastecimento de água doméstico e industrial, irrigação na agricultura, geração de energia elétrica, produção de alimento, dentre outros (ESTEVEZ; MENEZES, 2011), no entanto, no último século houve um aumento na demanda destes Recursos Hídricos que acabaram por desenvolver dois problemas principais, a escassez devido ao consumo não sustentável e a redução da qualidade da água ocasionada pelo aumento populacional (FOLEGATTI et al., 2010). Esta crise hídrica

atinge cerca de 40% da população mundial, os quais não têm acesso à água de boa qualidade e sofrem com o estresse hídrico (CONFALONIERI et al., 2010).

De acordo com Tundisi e Matsumara-Tundisi (2008), as características naturais de um ambiente aquático continental é resultado de um conjunto de processos químicos e da interação entre os sistemas terrestres, aquáticos e a atmosfera, no entanto, essas características podem sofrer modificações, seja por processos naturais provenientes dos próprios mecanismos de funcionamento dos ecossistemas ou produzidos pelas atividades humanas, as quais determinam um direcionamento no sentido oligotrofia-eutrofia.

Cunha et al. (2013), afirmam que o estado trófico dos ecossistemas aquáticos reflete a influência antrópica na qualidade da água e do funcionamento ecológico dos rios, lagos e reservatórios, desta forma, os índices de estado trófico passam a ser importantes nos estudos de qualidade da água, auxiliando na gestão dos recursos hídricos. Neste estudo os autores propuseram um índice do estado trófico para reservatórios tropicais/subtropicais e ilustraram as concentrações limites para Fósforo Total e Clorofila *a* para seis níveis de estado trófico: ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico.

Segundo Thomaz e Esteves (2011), a eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, passando da condição oligotrófico e mesotrófico para eutrófico e este processo pode ser ocasionado naturalmente ou artificialmente. O processo natural da eutrofização é originado pelo acréscimo de nutrientes vindos da chuva e do escoamento da água pela superfície terrestre até o ambiente aquático, é um processo lento e contínuo denominado pelo autor de “envelhecimento natural” do ecossistema. A eutrofização artificial consiste no “envelhecimento precoce” do ambiente aquático, processo pelo qual é acelerado pelo homem através da liberação de nutrientes advindos dos efluentes domésticos, industriais e/ou agrícolas.

O ambiente aquático no estado mesotrófico é considerado como um ecossistema com valores intermediários de riqueza dos nutrientes, no entanto, a partir do nível eutrófico a qualidade da água começa a ser comprometida, chegando ao nível de hipereutrofia que é caracterizado por um enriquecimento excessivo de nutrientes, deste modo, levando o ambiente ao estado de eutrofização e restringindo o seu uso para diversos fins, principalmente devido ao aumento do crescimento de algas e plantas aquáticas indesejáveis e escassez de oxigênio (KHAN; MOHAMMAD, 2014).

2.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

As terminologias de uso, ocupação e cobertura da terra ou do solo apresentam definições similares. Para Rosa (1990), o uso da terra é a forma pelo qual o espaço está sendo ocupado pelo homem e para Leite e Rosa (2012) a cobertura da terra está diretamente associada com os tipos de cobertura natural ou artificial, e é exatamente essa característica que os sensores remotos conseguem registrar. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística propõem que o uso da terra estaria mais relacionado com a função socioeconômica (agricultura, habitação, proteção ambiental, dentre outros), no entanto a cobertura da terra estaria associada com os elementos da natureza (vegetação, água, gelo, rocha, areia), além das construções artificiais (IBGE, 2013).

O Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013) define que o levantamento de uso e ocupação do solo consiste em identificar a distribuição geográfica das tipologias do uso da cobertura terrestre e ainda determina um sistema básico de classificação da cobertura e do uso da terra; este representando o modelo para o mapeamento das principais categorias e subcategorias da cobertura terrestre no planeta, cujas categorias são: 1) Áreas Antrópicas não Agrícolas: áreas urbanizadas e de mineração; 2) Áreas Antrópicas Agrícolas: culturas temporárias e permanentes, pastagem, silviculturas; 3) Áreas de Vegetação Natural: área florestal e campestre; 4) Água: águas continentais e costeiras e 5) Outras Áreas: áreas descobertas.

Neste contexto, os avanços tecnológicos de sensoriamento remoto têm proporcionado aos estudos sobre o uso e ocupação do solo uma maior precisão e também uma maior agilidade na identificação das classes de uso e ocupação do solo (BATISTA et al., 2010). O solo pode ser utilizado de diversas formas, porém o uso desordenado deste pode causar sérias consequências ao meio ambiente, como por exemplo, descaracterizar os ecossistemas aquáticos, frente a isso, os estudos relacionados ao uso e ocupação do solo se tornam ainda mais importantes (ROSA, 1990).

A contaminação dos ambientes aquáticos esta relacionada com a emissão de efluentes contendo resíduos orgânicos, inorgânicos, urbanos, industriais e insumos de atividades agrícolas que podem ser de forma pontual ou difusa. A contaminação pontual consiste no lançamento do poluente no ambiente aquático de forma contínua e com localização definida assim facilitando sua identificação, são exemplos de poluição pontual os efluentes

domésticos, descargas industriais e os dejetos produzidos na criação de animais de confinamento (MERTER; MINELLA, 2002). A contaminação difusa é o resultado do mau uso do solo, ela está associada a geologia, ao uso do solo e a morfologia de drenagem da bacia, desta forma, chega ao ambiente aquático através da lixiviação superficial dificultando sua identificação e controle (MERTER; MINELLA, 2002; NOVOTNY, 2003).

Mundialmente a agricultura é o maior consumidor dos recursos hídricos, 69 % de toda água disponível é destinada para essa atividade, 23% é consumida pela indústria e 8% são destinadas para o abastecimento da população (FOLEGATTI et al., 2010). Para o Brasil, no ano de 2015, o setor de irrigação foi o responsável pelo maior consumo de água (75%), seguido pelo consumo animal (9%) e abastecimento humano urbano (8%) (ANA, 2016).

Folegatti et al. (2010), ressalta que essa mesma água que é utilizada pelo homem para diversos fins retorna para o ambiente aquático com a qualidade inferior de que foram retirados. Assim, do mesmo modo que a agricultura é maior consumidor, ela também é o maior poluidor dos recursos hídricos, ela está fortemente associada com a salinização do solo e da água, com o excesso de nutrientes e acúmulo de pesticidas encontrados nos ecossistemas aquáticos e também com o acúmulo de nitratos em águas subterrâneas (MATEO-SAGASTA; BURKE, 2010). De acordo com Bernhardt (1990) quanto maior for a densidade populacional e a área utilizada para fins agrícolas maior é a quantidade de águas residuais que escoam para os reservatórios, assim necessitando de tratamentos mais complexos que acabam por impossibilitar, na maioria das vezes, o abastecimento satisfatório da água.

Sass et al. (2010) avaliaram os padrões de riqueza e abundância de espécies de macrófitas aquáticas em relação aos níveis de perturbação do uso do solo. Observaram que tanto o desenvolvimento urbano quanto a agricultura reduziram a riqueza de espécies, porém também favoreceram o crescimento de espécies invasoras.

Um dos maiores problemas que também afeta os ambientes aquáticos é a substituição da vegetação do seu entorno para criar áreas de plantio e de pastagem. Esta vegetação possui uma grande importância na manutenção do equilíbrio ecológico desses ambientes e são consideradas Áreas de Preservação Permanente de acordo com a Legislação brasileira (Lei 12.651/2012). O desmatamento dessas áreas de preservação pode causar a degradação da qualidade da água e redução da biota através da eutrofização, aumento da toxicidade, declínio do nível da água e aumento da taxa de sedimentação por falta da vegetação (TUNDISI; MATSUMARA-TUNDISI, 2010).

2.3 SAMAMBAIAS AQUÁTICAS

De acordo com a classificação mais recente, Schuettpelz et al., (2016), as samambaias são divididas em quatro subclasses e 11 ordens, no entanto seus representantes aquáticos estão inseridos na subclasse Polypodiidae nas ordens Salviniales e Polypodiales. Salviniales é uma ordem composta pelas famílias Salviniaceae representada pelos gêneros *Salvinia* Ség. e *Azolla* Lam. (12 e nove espécies, respectivamente) e Marsileaceae com os gêneros *Marsilea* L., *Pilularia* L. e *Regnellidium* Lindm. (55, cinco e uma espécie, respectivamente). Algumas espécies não são verdadeiramente aquáticas, mas suportam o ambiente saturado e estas estão inseridas na ordem Polypodiales representadas pelas famílias Pteridaceae com os gêneros *Acrostichum* L. e *Ceratopteris* Brongn. (três e seis espécies, respectivamente) e a família Thelypteridaceae com os gêneros *Cyclosorus* Link e *Christella* H.Lév. (duas e 70 espécies, respectivamente).

De acordo com a Flora do Brasil (2018), os exemplares aquáticos de samambaias representam 2% de toda a diversidade deste grupo no país. Marsileaceae sendo representada por sete espécies, Salviniaceae com 10 espécies, *Ceratopteris* e *Acrostichum* duas espécies cada e a família Thelypteridaceae com uma espécie. A região Nordeste é onde se concentra a maior riqueza de espécies aquáticas (16 sp.), seguido pelas regiões Sul e Norte (14 sp. cada), Sudeste (13 sp.) e por fim o Centro-Oeste (12 sp.). Para a Paraíba, são registradas seis espécies, sendo o gênero *Salvinia* o mais representativo com duas espécies e *Acrostichum*, *Ceratopteris*, *Azolla* e *Cyclosorus* com uma espécie cada. Estudos publicados, realizados na Paraíba, adicionam ainda quatro espécies de samambaias encontradas em ambientes aquáticos, são elas: *Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch., *Christella hispidula* (Decne.) Holttum, *Marsilea minuta* L. e *Pityrogramma calomelanos* (L.) Link (FARIAS; XAVIER; BARROS, 2012; BARROS; XAVIER, 2013; LOURENÇO; XAVIER, 2013; SILVESTRE; XAVIER, 2013; SANTIAGO et al., 2014;).

Devido às macrófitas aquáticas incluírem vários grupos taxonômicos, essas plantas são geralmente classificadas conforme a sua forma de vida, dentre todas as categorias existentes, pode-se encontrar representantes de samambaias aquáticas nas seguintes formas biológicas: 1) Anfíbia: são plantas semi-aquáticas capazes de viver tanto em área alagada como fora da água (p. ex. *Cyclosorus interruptus* (Willd.) H.Itô); 2) Emergente: planta enraizada e parcialmente

submersa e parcialmente fora da água (p. ex. *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn.), 3) Flutuante fixa: planta enraizada com caule e/ou ramos e/ou folhas flutuantes (p. ex. *Marsilea deflexa* A. Braun); 4) Flutuante livre: plantas não enraizadas podendo ser levadas pelo vento ou correnteza (p. ex. espécies do gênero *Salvinia* e *Azolla*) (THOMAZ; ESTEVES, 2011).

De acordo com estes mesmos autores, a forma biológica é o hábito da planta e expressa a sua forma de crescimento em relação à superfície da água. As espécies de samambaias aquáticas apresentam características que permitem o seu estabelecimento em ambientes aquáticos em diferentes formas biológicas. Como por exemplo, o gênero *Ceratopteris* possui um pecíolo inflado possibilitando sua flutuabilidade (TRYON; STOLZE, 1989).

As Samambaias aquáticas são geralmente tratadas juntamente com os exemplares terrestres destes grupos ou então em estudos que englobam as macrófitas aquáticas de modo geral; esses estudos trazem acréscimos no que diz respeito às características morfológicas, aspectos ecológicos, riqueza e distribuição dessas espécies aquáticas. Outra característica interessante que se observa é a elevada diversidade de espécies dos demais, frente à riqueza observada das Samambaias aquáticas.

Dos estudos florísticos-taxonômicos de Samambaias realizados na região Neotropical, vale destacar Proctor (1985) com Samambaias na Jamaica, Mickel e Beitel (1988) com a Flora Pteridofítica de Oaxaca no México e Moran e Riba (1995) com a Flora Mesoamericana, ambos registraram em torno de 2% de espécies associadas ao ambiente aquático ou em áreas permanentemente úmidas, estas estão incluídas nas famílias Marsileaceae, Salviniaceae, Pteridaceae e Thelypteridaceae.

Para o Brasil, destaca-se os trabalhos florísticos-taxonômicos de Pietrobon e Barros (2002) na Floresta Atlântica em São Vicente Férrer em Pernambuco onde encontraram 20 espécies da família Pteridaceae, duas destas eram aquáticas com a forma de vida anfíbia (*Pityrogramma calomelanos* (L.) Link e *Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch.). Fernandes et al. (2012) na Usina Hidroelétrica de Tucuruí no Pará encontraram 82 espécies, sendo quatro espécies aquáticas com forma biológica flutuante livre (*Salvinia auriculata* Aubl. e *Salvinia radula* Baker) e anfíbia (*P. calomelanos* e *Cyclosorus interruptus* (Willd.) H. Ito). Moura e Salino (2016) e Moura et al. (2016) na flora de cangas na Serra dos Carajás no Pará registraram 10 espécies de Pteridaceae, sendo uma emergente (*Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn.) e sete espécies de Thelypteridaceae das quais duas eram anfíbias (*C. interruptus* e *Christella hispidula* (Decne.) Holttum).

Inventários florísticos realizados no nordeste brasileiro também trouxeram contribuições: Santiago (2006) em sua pesquisa encontrou 254 espécies na Floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco, destas, nove estavam presentes em ambiente aquático. Pereira et al. (2011) na Reserva Ecológica de Gurjaú, Pernambuco encontrou 77 espécies, onde cinco estão associadas ao ambiente aquático. Xavier et al. (2012) inventariou a região semiárida brasileira e encontrou um total de 42 espécies, sendo 11 aquáticas.

Estudos florísticos que englobaram todo o grupo de macrófitas obtiveram registros de samambaias aquáticas, destaca-se: Ferreira et al. (2010) analisando a estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas no Parque do Rio Doce em Minas Gerais, onde encontraram um total de 32 espécies, destas duas eram samambaias, uma flutuante livre da família Salviniaceae e uma espécie emergente de Thelypteridaceae. Araújo et al. (2012) avaliaram a riqueza e diversidade das macrófitas em mananciais da Caatinga e encontraram 52 espécies de macrófitas, sendo quatro de samambaias aquáticas cuja forma biológica foi flutuante livre. Moura-Júnior et al. (2013) analisando toda a região nordeste registrou 412 taxa, destas 16 espécies foram de Samambaias aquáticas, sendo oito flutuantes livres, três anfíbias, uma emergente e outras quatro encontradas tanto como emergentes quanto anfíbias.

Poucos estudos em que foram encontradas Samambaias aquáticas abordaram a influência dos parâmetros hidrológicos. Pereira et al. (2012) encontraram em seu estudo em lagos subtropicais no sul do Brasil 43 macrófitas, destas três são samambaias aquáticas flutuantes. *Salvinia biloba* Raddi e *Salvinia minima* Baker foram encontradas pelos autores em ambientes com condições intermediárias de concentração de clorofila “a”, matéria em suspensão e concentrações de nutrientes, bem como *Azolla filiculoides* Lam. em ambientes com baixos valores de pH, alcalinidade e oxigênio dissolvido. Ferreira et al. (2015) realizaram um estudo sobre padrões de distribuição das macrófitas e encontraram 32 espécies, sendo duas samambaias, uma flutuante livre *Salvinia auriculata* Aubl. em ambiente de água ácida a neutra e com baixa transparência, enquanto que outra emergente *Cyclosorus interruptus* (Willd.) H. Ito em água neutra com transparência alcançando o sedimento.

Estudos específicos que abordam a comunidade de Samambaias aquáticas no Brasil são escassos, até o momento somente três estudos foram realizados: Rolon e Maltchik (2004) avaliaram a riqueza e distribuição das samambaias aquáticas nas zonas úmidas do Rio Grande do Sul e encontraram seis espécies, sendo a *Azolla filiculoides* a espécie mais frequente (10.9%) e a planície costeira a região com maior riqueza. Santos et al. (2014) com as

Samambaias aquáticas da Bacia do Rio de Contas na Bahia encontraram 14 espécies, as mais frequentes foram *Salvinia auriculata*, *Ceratopteris thalictroides* e *Salvinia minima*, encontradas preferencialmente em tributários. Sousa (2016) abordou a ocorrência e cobertura de Samambaias aquáticas e suas relações com os fatores abióticos, o autor registrou sete espécies sendo *Salvinia auriculata* a espécie com maior cobertura, além disso, verificou que as samambaias apresentaram uma dependência pelas variáveis de nitrogênio total, ortofosfato, transparência da água e elevação.

Espécies do gênero *Salvinia* Ség., em condições favoráveis de nutrientes, apresentam um elevado crescimento vegetativo, e por este motivo são alvo de estudos, os quais relacionam sua elevada biomassa a ambientes eutrofizados. Pedralli (2003) afirma que a presença de *Salvinia auriculata* pode indicar que o ambiente no qual se encontra apresenta uma baixa qualidade de água, desta forma, relacionando-a com uma progressiva eutrofização. Sullivan e Postle (2012) afirmam que na Austrália as populações de *Salvinia molesta* D.S. Mitch. podem dobrar de tamanho em oito dias formando tapetes densos na superfície da água atribuídos a elevados níveis de nutrientes, esses tapetes impedem a entrada de luz matando várias plantas subaquáticas, suas folhas mortas formam uma camada de matéria orgânica que acaba por reduzir o oxigênio da água criando uma condição anaeróbica no ambiente, além disso restringe o uso da água para irrigação, uso para o gado ou uso recreativo.

Outro exemplo de bioindicação foi encontrado por Ceschin et al. (2010), estes autores avaliaram o papel das macrófitas aquáticas como bioindicadoras de qualidade da água e verificaram que a espécie *Azolla filiculoides* esteve presente em regiões com elevadas concentrações de fósforo e nitrogênio devido a prevalência da agricultura nessas regiões concluindo que a presença desta espécie indica uma condição eutrófica bastante elevada da água.

Alguns estudos afirmam que os impactos provenientes da ação humana ao meio ambiente ocasionam uma redução na riqueza, alterações na distribuição e na abundância das macrófitas aquáticas, sobretudo as Samambaias. Cervi et al. (2009) em seu estudo em um município paranaense, afirmam que a silvicultura, atividades agrícolas, desenvolvimento urbano, projetos de drenagem e poluição afetam a distribuição e abundância das espécies aquáticas, além disso, estes autores relataram que *Salvinia auriculata* é uma espécie comum e abundante nestes ambientes com má qualidade de água.

Vale destacar também Dong et al. (2012) que avaliaram a influencia das alterações ambientais realizadas pelo homem na distribuição da samambaia flutuante *Ceratopteris pteridoides* (Hook.) Hieron., esses autores verificaram que a redução na área total de áreas úmidas promovidas pela atividade antrópica ocasionaram a redução populacional e até mesmo a extinção dessa espécie em alguns locais. Afirmam ainda que apesar da distribuição da espécie ter sido relacionada com o pH e oxigênio dissolvido, evidências levantadas no estudo, revelam que o precursor para a redução da população desta espécie no País foi a redução das áreas pantanosas e a poluição da água, oriundas da agricultura, turismo, desenvolvimento imobiliário, pesca e escoamento de água poluída.

Bruni et al. (2013) realizaram um estudo onde um dos objetivos foi analisar os riscos de extinção da espécie *Marsilea quadrifolia* L. na Europa. Verificaram que a poluição da água foi a principal causa para a sua redução populacional, esta poluição é causada principalmente pelas atividades agrícolas e da silvicultura através da liberação excessiva de nutrientes, herbicidas e pesticidas. Impactos como a erosão causada pelo desenvolvimento urbano, captação de água para a irrigação agrícola e a modificação do curso d'água, também foram considerados fatores de risco para a sobrevivência da espécie.

3 INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS NA COMPOSIÇÃO E ABUNDÂNCIA DE SAMAMBAIAS AQUÁTICAS OCORRENTES NO ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL.

Milena Nunes Bernardes Goetz; Ênio Wocyli Dantas; Iva Carneiro Leão Barros

- Milena Nunes Bernardes Goetz, Iva Carneiro Leão Barros - Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco. Avenida Professor Moraes Rêgo, s/n, Cidade. E-mail: milenabernardes@yahoo.com.br.
- Ênio Wocyli Dantas - Universidade Estadual da Paraíba - Campus V, Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas. Rua Horácio Trajano de Oliveira, s/n, Cristo Redentor, CEP: 58070-450, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

Resumo

Os ecossistemas aquáticos são influenciados pelo ambiente de entorno e pela qualidade da água e sua descaracterização pode afetar as espécies. Assim, o objetivo foi relacionar a composição e a abundância de espécies de Samambaias aquáticas com os fatores abióticos de qualidade da água e as características de entorno. Analisamos um total de 53 ecossistemas aquáticos, dos quais utilizamos como fatores abióticos o Fósforo Total e a Clorofila *a*, bem como a classificação de uso e ocupação do solo do entorno. Registramos nove espécies de Samambaias aquáticas as quais, em conjunto, mostraram preferir ambientes com qualidade da água preservada e sensibilidade as atividades rurais e urbanas. A análise individual das espécies revelou que ambos os fatores abióticos influenciam na ocorrência e abundância das espécies, com destaque para *Cyclosorus interruptus* (Willd.) H. Ito que mostrou ser resistente a ambientes impactados. *Marsilea* L. e *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn. foram consideradas bioindicadoras de boa qualidade da água. Este estudo revelou a capacidade deste grupo de colonizar e proliferar em ambientes com diferentes níveis de conservação.

Palavras-Chaves: Limnologia, Macrófitas Aquáticas, Pteridófitas, Qualidade da água, Uso do Solo.

Introdução

As macrófitas aquáticas são organismos fotossintéticos possíveis de serem vistos a olho nu, cuja suas partes vegetativas crescem ativamente em contato com a água e são representadas por diversos grupos taxonômicos, incluindo as samambaias aquáticas (Chambers et al., 2008). As samambaias aquáticas podem apresentar diferentes tipos de formas biológicas, como: emersa, flutuante fixa, flutuante livre e anfíbia, e juntamente com as macrófitas, são de grande importância na estruturação e funcionamento dos ecossistemas aquáticos (Thomaz & Esteves, 2011).

Os representantes aquáticos das samambaias estão inseridos nas Salviniaceae e Marsileaceae, no entanto, algumas espécies não são verdadeiramente aquáticas, mas suportam o ambiente saturado e estão inseridas em Pteridaceae e Thelypteridaceae (PPGI, 2016). Estima-se que 2% das espécies de samambaias encontradas no Brasil sejam aquáticas, as quais são representadas pelos gêneros *Salvinia* Ség (8 sp.), *Marsilea* L. (5 sp.) *Ceratopteris* Brongn. (2sp.), *Acrostichum* L. (2sp.) e *Cyclosorus* Link. (1 sp.) (Flora do Brasil, 2018).

As características naturais de um ecossistema aquático são resultado de um conjunto de processos químicos e da interação entre os sistemas terrestres, aquáticos e a atmosfera (Tundisi & Matsumara-Tundisi, 2008). Deste modo, os ambientes aquáticos além de serem influenciados pelo seu entorno, apresentam também a qualidade da água como influenciador. Ações antrópicas como: a agricultura, urbanização, poluição, podem descaracterizar esses ecossistemas (Cervi et al., 2009). Estas ações podem ter efeito negativo, como nas espécies *Ceratopteris pteridoides* (Hook.) Hieron. e *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn. que foram incluída na lista das espécies ameaçadas de extinção na China devido a esses fatores (Dong et al., 2005; Dong et al., 2012) ou favorecer outras espécies elevando a sua cobertura, a exemplo de *Salvinia auriculata* Aubl. (Pedralli, 2003).

As alterações do uso e ocupação do solo como a criação de áreas agrícolas ou a retirada de cobertura florestal podem comprometer a qualidade da água (Calijuri et al., 2015). Essas alterações modificam as características do meio aquático e aumenta os níveis de nitrogênio e fósforo, acelerando o processo de eutrofização e favorecendo a proliferação de espécies flutuantes (por exemplo, *Salvinia*) (Thomaz & Esteves, 2011). Desta forma, o estado trófico dos ecossistemas aquáticos é um reflexo da influência antrópica na qualidade da água e do seu funcionamento ecológico (Cunha et al., 2013).

As samambaias aquáticas são geralmente tratadas em estudos florísticos de macrófitas aquáticas de modo geral (Ferreira et al., 2010; Araujo et al., 2012; Moura-Júnior et al., 2013) e também em estudos ecológicos abordando a influência dos parâmetros hidrológicos nas espécies (Pereira et al., 2012; Ferreira et al., 2015; Saluja & Garg, 2017; Ceschin et al., 2010). Inventários florísticos, sobre as samambaias trouxeram acréscimos com respeito aos seus representantes aquáticos (Xavier et al., 2012; Prado et al., 2015; Rajput et al., 2016).

Estudos específicos que abordam a comunidade de licófitas e samambaias aquáticas no Brasil são escassos, até o momento somente três estudos foram realizados: Rolon & Maltchik (2004), Santos et al. (2014) e Sousa (2016). No entanto, algumas espécies são frequentemente alvo de estudos, a exemplo de *Salvinia auriculata*, citada em estudos que relacionam sua elevada biomassa em ambientes eutrofizados (Pompêo, 2008; Moura et al., 2009) e *Azolla filiculoides* Lam. é alvo de estudos devido a sua simbiose com a cianobactéria *Anabaena azollae* Strasb. que capta o nitrogênio atmosférico (N₂) proporcionando uma grande utilização da espécie flutuante (Gomes et al., 2018).

Devido a essa crescente problemática da poluição da água causada muitas vezes pelo uso e ocupação desordenado do solo e juntamente com a grande importância ecológica e econômica das samambaias aquáticas, o presente estudo busca elucidar questões de como ocorre a distribuição e a proliferação das samambaias aquáticas em diferentes níveis de qualidade ambiental e também se essas espécies podem indicar os diferentes níveis de estado trófico. Desta forma, o objetivo principal do estudo foi relacionar a composição e a abundância de espécies de samambaias aquáticas com os fatores abióticos relacionados à qualidade da água e a características de entorno (Rural, Urbano e Vegetação).

Material e métodos

Área de Estudo

A Paraíba (06°01'48" a 08°18'10"S. e 34°47'30" a 38°46'17"O.) localiza-se no Nordeste Brasileiro e apresenta fisionomias vegetais de Floresta Atlântica e Caatinga. De acordo com a classificação climática de Koppen, na região do Litoral e da Mata o clima é do tipo As' (clima quente e úmido, com chuvas de outono-inverno), região central do Estado e na Superfície do Planalto da Borborema é de Bsh (Semi-Árido quente) e Aw' (quente e úmido, com chuvas de verão-outono) na porção mais ocidental do Estado.

Foi amostrado um total de 53 ecossistemas aquáticos com características lânticas ou com pouca correnteza, destes, 37 obtiveram registros de samambaias aquáticas e os demais foram utilizados como controle, pois não tiveram registros de espécies deste grupo (Fig. 1).

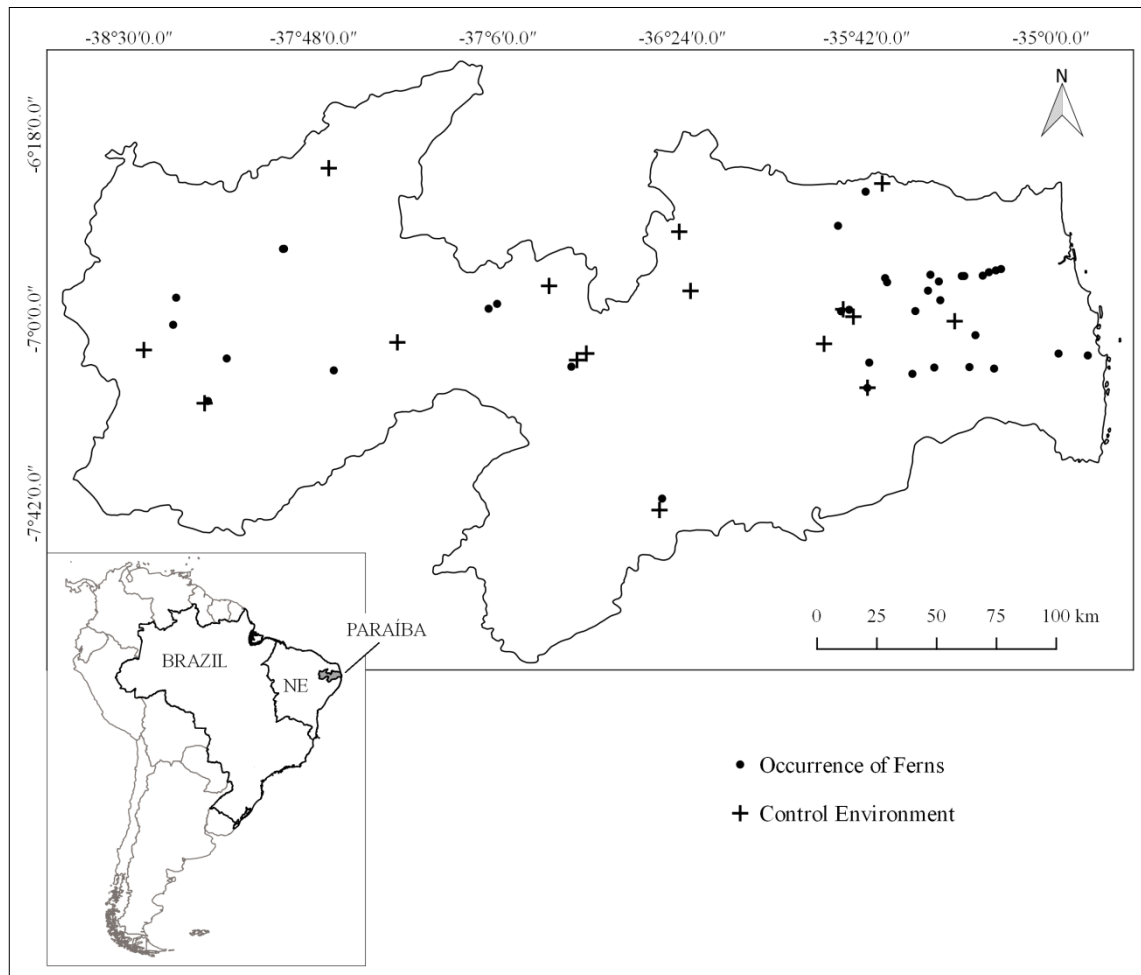


Fig. 1 Localização dos ecossistemas amostrados no estado da Paraíba, Brasil.

Coleta de Dados

A coleta das Samambaias ocorreu em todo o perímetro do ecossistema e/ou em até 200 m ao longo da margem. Foram incluídas as espécies em contato diretamente com a água, bem como aquelas encontradas em ambiente palustre em torno do ecossistema. As espécies foram identificadas conforme Smith et al. (2006) e a abundância das espécies de samambaias aquáticas foi mensurada categorizando os níveis de infestação dos ambientes, os quais variam de 0 a 5, representando a ausência do táxon a 100% de cobertura do ambiente.

As espécies foram classificadas de acordo com a sua forma biológica seguindo Thomaz

& Esteves (2011), podendo ser: Anfíbias: plantas semi-aquáticas capazes de viver tanto em área alagada como fora da água. Emergentes: plantas enraizadas e parcialmente submersas e parcialmente fora da água. Flutuantes fixas: plantas enraizadas com caule e/ou ramos e/ou folhas flutuantes. Flutuantes livres: plantas não enraizadas podendo ser levadas pelo vento ou correnteza. Em cada ambiente foram coletadas amostras de água para a realização da análise dos nutrientes do Fósforo Total (PT) seguindo a metodologia proposta por Apha (1992) e para a análise de Clorofila *a* seguindo Chorus & Bartram (1999). Foi mensurada também a transparência da água através do Disco de Secchi.

Para a classificação do estado trófico dos ambientes aquáticos foi adotado o Índice de Estado Trófico proposto por Cunha et al. (2013), o qual utilizam os valores de Fósforo Total, Clorofila *a* e Transparência da água categorizando os ambientes em: Ultraoligotrófico, Oligotrófico, Mesotrófico, Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico. A área de entorno do ambiente aquático foi determinada através das curvas de níveis de altitude, limitando-se a maior altitude ou a 200m de distância da margem do ambiente aquático utilizando imagens do Projeto Brasil em Relevo da EMBRAPA (<https://www.cnpemembrapa.br/projetos/relevobr/download/>). Para a classificação do solo foi realizado primeiramente o reconhecimento em campo dos tipos de ambientes que o circundam, e posteriormente a Classificação de Máxima Verossimilhança utilizando imagens RGB do satélite Sentinel-2, resolução de 10 m, obtidas no banco de dados da AWS (<http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/>). Foram mapeadas três classes principais para o uso e ocupação do solo, sendo: 1) Rural (pasto, cultivo ou solo exposto), 2) Urbano (estradas ou construção civil) e 3) Vegetação (vegetação arbórea, Caatinga e vegetação rala). Foi calculada a porcentagem de cada classe dentro da área total de influência determinada anteriormente.

Análise Estatística

A frequência relativa de todas as espécies foi estimada utilizando o seu número de ocorrência sobre o número total de ambientes em que houve registro de Samambaias aquáticas.

Utilizamos Modelos Lineares Generalizados (GLM) para determinar quais variáveis abióticas da água (Fósforo Total e Clorofila *a*) e do ambiente do entorno (Rural, Vegetação e Urbano) mais explicam a ocorrência e abundância de samambaias aquáticas nos ambientes,

bem como, de cada espécie encontrada. Desta forma, para a ocorrência das espécies foi utilizada a família Binomial e para a abundância a família Poisson, utilizando ainda, a Análise de Critério de Informação de Akaike (AIC) e quando necessário o Critério de Akaike corrigido (AICc) para determinação do modelo melhor explicativo.

Foi realizado uma Análise de Correspondência Canônica Parcial (pCCA) afim de avaliar a influência do conjunto destes mesmos fatores abióticos (água e entorno) frente a Composição e Estrutura das samambaias aquáticas.

Para a redução de ruído nas análises de GLM e pCCA foram excluídas as espécies *Christella hispidula* (Decne.) Holttum e *Pityrogramma calomelanos* (L.) Link, pois foram encontradas em apenas um ambiente. Estas espécies foram incluídas apenas no modelo geral de ocorrência e abundância total de Samambaias. Para verificar se existem espécies indicadoras dos estados tróficos dos ambientes, foi realizada uma análise de espécies indicadora (ISA). Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R, versão 3.3.1 (R Core Team, 2014).

Resultados

Foram registradas nove espécies de samambaias aquáticas distribuídas em oito gêneros e três famílias, sendo *Salvinia auriculata* a espécie mais freqüente (59%), seguida por *Ceratopteris thalictroides* (24%) e *Marsilea* (22%). *S. auriculata* também apresentou a maior abundância em um ambiente aquático (89%), seguido por *Marsilea* e *Salvinia minima* Baker (50%, cada) (Tabela 1). Alguns ambientes (15) se destacaram por apresentar uma cobertura acima de 50% de infestação por samambaias aquáticas, sendo as flutuantes livres as responsáveis por este resultado (Recurso Online 1).

A maioria das espécies foi classificada com a forma biológica Anfíbia (5), seguindo pela forma biológica Flutuante Livre (3) e apenas duas espécies foram classificadas como Emergentes, destacando o gênero *Marsilea* que foi registrado tanto como Anfíbia quanto Emergente e Flutuante Fixa (Tabela 1).

Tabela 1 Lista de espécies de Samambaias aquáticas da Paraíba, Brasil. FB: Forma Biológica, AN: Anfíbia, EM: Emergente, FF: Flutuante Fixa, FL: Flutuante Livre; F.: Frequência Relativa; UO: Ultraoligotrófico; OL: Oligotrófico; ME: Mesotrófico; EU: Eutrófico, SE: Supereutrófico; HE: Hipereutrófico.

Grau de Infestação (%)	Índice de Estado Trófico
------------------------	--------------------------

Famílias / Espécies	FB	F (%)	Méd.	Máx.	UO	OL	ME	EU	SE	HE
Marsileaceae										
<i>Marsilea</i> L.	AN/EM/FF	22	30	50	13	25	13	13		38
Pteridaceae										
<i>Acrostichum</i> <i>danaeifolium</i> Langsd. & Fisch.	AN	16	17	30	-	-	17	33	17	33
<i>Ceratopteris</i> <i>thalictroides</i> (L.) Brongn.	EM	24	9	18	11	-	33	-	11	44
<i>Pityrogramma</i> <i>calomelanos</i> (L.) Link	AN	3	5	5	-	-	-	-	-	100
Salviniaceae										
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	FL	19	30	60	-	-	14	29	14	43
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	FL	59	31	89	-	5	27	14	23	32
<i>Salvinia minima</i> Baker	FL	16	22	50	-	-	33	33	-	33
Thelypteridaceae										
<i>Christella</i> <i>hispidula</i> (Decne.) Holtum	AN	3	6	6	-	-	-	100	-	-
<i>Cyclosorus</i> <i>interruptus</i> (Willd.) H. Ito	AN	11	18	40	-	-	25	25	25	25

De todos os ambientes amostrados, 79% deles foram considerados eutrofizados. Analisando os 37 ambientes com registro de samambaias, 70% foram classificados em categorias com baixa qualidade de água (Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico) e os demais em categorias intermediárias a boas (Mesotrófico, Oligotrófico e Ultraoligotrófico) (Recurso Online 2).

A análise de espécies indicadoras selecionou o gênero *Marsilea* associada aos ambientes Oligotrófico e Ultraoligotrófico tanto para sua ocorrência quanto para sua abundância, e ainda, *Ceratopteris thalictroides* associada a ambientes Ultraoligotróficos (Tabela 2).

Quanto ao uso e ocupação do solo na área de influência dos ambientes aquáticos, com presença de samambaias, 62% destes ambientes estavam envoltos por uma predominância de uso rural (cultivo, pasto e solo exposto), seguindo por uma matriz vegetal (38%). A

classe urbana não superou as demais classes em nenhum ambiente, no entanto esteve presente em mais da metade dos ecossistemas aquáticos (57%) (Recurso Online 2).

Tabela 2 Resultado da análise de espécies indicadoras (ISA) de estado trófico.

Espécie	Estado Trófico	Valor Indicador	<i>p</i>
Abundância			
<i>Ceratopteris thalictroides</i> (L.) Brongn.	Ultraoligotrófico	0,83	<0,01
<i>Marsilea</i> L.	Oligotrófico Ultraoligotrófico	0,91	<0,01
Ocorrência			
<i>Marsilea</i> L.	Oligotrófico Ultraoligotrófico	0,90	<0,01

Os modelos gerados pelo GLM indicaram que a ocorrência e a abundância do conjunto de espécies de Samambaias foram influenciadas negativamente pelo ambiente de entorno, porém somente a relação negativa com a Clorofila *a* foi significativa. (Tabela 3).

Tabela 3 Resultado dos modelos gerados pelo GLM para a ocorrência e abundância da comunidade de Samambaias e suas respectivas espécies encontradas na Paraíba, Brasil. AIC = valor de Akaike; AICc = valor de Akaike corrigido. Ambiente do entorno: Rur. = Rural; Veg. = Vegetação; Urb. = Urbano. Fatores da água: PT = Fósforo Total; Clo *a* = Clorofila *a*. **Negrito** = *p* significativo.

Ocorrência	AICc	AIC	R ²	Intercept	Entorno			Água	
					Rur.	Veg.	Urb.	PT	Clo <i>a</i>
Samambaias		54,91	0,23	80,76	-0,77	-0,81	-0,86	-	-0,02
<i>Acrostichum danaeifolium</i>		39,44	-	-	-	-	-	-	-
<i>Azolla filiculoides</i>		40,79	0,05	-2,01	-	-	-0,31	0,01	-0,03
<i>Ceratopteris thalictroides</i>		50,29	-	-	-	-	-	-	-
<i>Marsilea</i>		42,07	0,06	-0,29	-	-	-	0,01	-
<i>Salvinia auriculata</i>		68,21	0,08	-0,83	-0,02	-	-	-	-0,02
<i>Salvinia minima</i>		37,86	0,06	-4,23	0,04	-	-	-	-
<i>Cyclosorus interruptus</i>		29,87	0,04	9,95	-0,13	-0,14	-	-	-0,02
Abundância									
Samambaias	761,83		0,13	8,45	-0,05	-0,06	-0,06	0,00	-0,01
<i>Acrostichum danaeifolium</i>	212,94		0,02	-1,32	0,02	-	-	0,00	-0,02
<i>Azolla filiculoides</i>	234,07		0,09	17,30	-0,17	-0,19	-0,49	0,01	-0,03
<i>Ceratopteris thalictroides</i>	169,7		0,04	3,56	-0,03	-0,05	-	0,00	-0,01
<i>Marsilea</i>	320,24		0,06	2,43	-	-	0,02	-0,02	0,01
<i>Salvinia auriculata</i>	762,90		0,04	0,76	0,01	0,02	-	-0,00	-0,01
<i>Salvinia minima</i>	236,74		0,11	-4,25	0,071	-	-	-0,00	-
<i>Cyclosorus interruptus</i>	124,44		0,01	4,17	-0,06	-0,06	-	0,01	-0,08

A análise do GLM para a ocorrência de cada espécie mostrou que tanto o ambiente do entorno quanto os determinantes da qualidade da água influenciam no estabelecimento destas espécies, porém esta influência está mais fortemente relacionada com as características do entorno. Isto devido ao modelo gerado para *Cyclosorus interruptus* (Willd.) H. Ito que apresentou relação negativa significativa com o entorno Rural e a Vegetação. Os modelos gerados para *Azolla filiculoides*, *S. Auriculata*, *S. minima* e *Marsilea* indicaram relações com as variáveis Urbano, PT e Clo *a*, porém não significativas. A ocorrência das espécies *Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch. e *Ceratopteris thalictroides* não obtiveram relações com nenhuma das variáveis amostradas (Tabela 3).

A análise para a abundância das espécies apresentou um maior número de relações comparando com a ocorrência, e tanto o ambiente do entorno quanto as características da água apresentaram relações significativas. Estas relações ocorreram para *A. filiculoides*, que foi negativa com os fatores abióticos do entorno e Clorofila *a* e positiva com o PT; e para *Marsilea*, onde apenas PT foi selecionado como o principal influenciador negativo para sua abundância. Apesar da indicação de relações parcimoniosas com as variáveis do entorno e de qualidade da água para as demais espécies, essas variáveis não apresentaram efeito direto na abundância (Tabela 3).

A pCCA não formou modelos confiáveis para o conjunto dos fatores abióticos do ambiente de entorno e dos parâmetros de qualidade da água, tanto para a composição quanto para estrutura das samambaias aquáticas da Paraíba (Tabela 4).

Tabela 4 Resultado da pCCA para a composição e estrutura da comunidade de Samambaias encontradas na Paraíba, Brasil.

			Inércia			
Modelo	Explicativo	Condicional	Não explicada	Água	Entorno	Anova
Composição	Água	Entorno	86,47%	4,09%	9,45%	>0.05
	Entorno	Água		4,84%	8,70%	>0.05
Estrutura	Água	Entorno	78,80%	8,10%	11,10%	>0.05
	Entorno	Água		9,40%	11,81%	>0.05

Discussão

Sobre a frequência das espécies, *Salvinia auriculata*, *Ceratopteris thalictroides* e *Marsilea* estiveram presentes em maior número de ambientes amostrados, corroborando com os resultados obtidos por Santos et al. (2014) com *S. auriculata* e *C. thalictroides* sendo as mais frequentes e Rolon & Maltchik (2004) com *Marsilea ancylopoda* A.Braun em seu

levantamento. No presente estudo, *S. auriculata* também obteve destaque quanto a sua abundância, esta predominância também foi observada por Sousa (2016) em sua pesquisa.

S. auriculata é amplamente distribuída nos trópicos e apresenta características que favorecem a sua colonização e proliferação no ambiente, como a reprodução clonal e sexual. De acordo com Coelho et al. (2005), esta espécie utiliza suas estratégias reprodutivas em diferentes momentos dependendo da situação do ambiente, por exemplo, ela muda sua reprodução vegetativa para sexual em condições de alta densidade, da mesma forma que a produção de esporocarpo é maior quando o ambiente está secando, garantindo sua permanência na próxima cheia devido a resistência a dessecação dos esporocarpos mantendo sua viabilidade.

As samambaias dificilmente superam as angiospermas nos ambientes aquáticos, no entanto, pode-se observar em mais da metade dos ambientes uma cobertura expressiva destas plantas, que por sua vez, está atribuída a forma biológica flutuante livre. Saluja & Garg (2017) encontraram *Salvinia natans* (L.) All. sendo uma das espécies mais frequentes, com maior valor de densidade e de importância frente todas as outras macrófitas amostradas, os autores ressaltam que apesar da sua onipresença, as maiores densidades foram em ambientes com elevadas concentrações de nutrientes, ilustrando que um aumento da influência antropogênica favorece a sua infestação. As espécies flutuantes livres estão diretamente relacionadas com a concentração de nutrientes da água e, portanto, associadas com elevados níveis de eutrofização do ecossistema (Thomaz & Esteves, 2011), e juntamente com o seu rápido crescimento em áreas tropicais podem formar tapetes verdes cobrindo todo o ambiente (Henry-Silva et al., 2008).

A maior riqueza da forma biológica Anfíbia pode estar relacionada a sua capacidade de adaptação tanto ao ambiente terrestre quanto ao da água, suportando assim, estações secas e chuvosas. Sua maior frequência foi nos ambientes localizados nos climas As' e Aw', onde ocorre o maior volume de chuva (AESAs, 2018), corroborando com o resultado obtido por Ferreira et al (2015), que encontrou maior incidência de anfíbias em ambientes com maior nível de água e na estação chuvosa.

A maioria dos ambientes amostrados foram considerados eutrofizados, isso pode explicar a maior frequência de ocorrência e abundância das macrófitas flutuantes livres, sobretudo da espécie *S. auriculata*. As condições climatológicas dos trópicos como temperaturas e precipitação elevadas, juntamente com ambientes de baixa profundidade e

elevado tempo de residência da água, são fatores que favorecem a eutrofização natural dos ecossistemas aquáticos tropicais (Esteves & Suzuki, 2011; Tundisi & Matsumara-Tundisi, 2008), características essas compartilhadas entre os ambientes amostrados no presente estudo.

No entanto, o ambiente do entorno também pode ter influenciado na eutrofização desses ambientes, que se apresentaram, na sua maioria, envoltos por atividades rurais. Bonnet et al. (2008) em seu estudo no estado de Goiás, encontraram relações entre o Índice de Qualidade da Água (IQA) com o uso e ocupação do solo em torno das bacias hidrográficas, observaram que os ambientes com baixa qualidade de água estavam inseridos em áreas com elevado índice de desenvolvimento humano. Pereira et al. (2016), encontraram na sua área amostral uma representatividade maior de pastagem, onde os piores índices de qualidade da água estão inseridos, além disso, destaca que o solo exposto e a agricultura, apesar de terem sido pouco representativas, contribuíram direta e indiretamente para a depreciação da qualidade da água.

Os ambientes classificados como Ultraoligotrófico, Oligotrófico e Mesotrófico, apesar de apresentarem em seu entorno predominância rural, conseguiram manter os preditores da qualidade da água a níveis aceitáveis. Cunha et al. (2013) ilustra em seu trabalho que muitos fatores podem influenciar no estado trófico de um ecossistema aquático, como por exemplo, micronutrientes, hidrologia, interações com outras comunidades biológicas, mudanças climáticas dentre outros. Com isso, apesar de sofrerem os impactos geridos por uma matriz rural, outros fatores como o clima, a morfometria do ambiente, presença de macrófitas submersas, dentre outros, podem estar agindo mantendo essas condições.

Apesar das samambaias aquáticas da Paraíba terem se relacionado também com as características do ambiente de entorno, elas ocorrem preferencialmente em ambientes com pouca Clorofila *a*. Ferreira et al. (2008) ilustraram em seu estudo a competição direta por recurso entre as macrófitas e o fitoplâncton, onde as simulações ecológicas ilustraram o predomínio de macrófitas flutuantes ao decaimento abrupto das microalgas. Bem como, Lürling et al. (2006) que encontrou um efeito antagonista de macrófitas na biomassa do fitoplâncton.

Cyclosorus interruptus é uma espécie que frequentemente é encontrada em ambientes paludosos, áreas degradadas, clareiras, beira de estradas, terrenos baldios e florestas secundárias (Salino & Semir, 2002; Silvestre & Xavier, 2013; Lourenço & Xavier, 2013; Barros & Xavier, 2013; Santiago et al., 2014). No presente estudo, apesar dela não ter apresentado relações com áreas urbanas, ela ocorreu em ambientes com valores consideráveis

de urbanização e a sua relação negativa com a vegetação reforça que a espécie suporta ambientes impactados.

O modelo selecionado para a espécie flutuante livre *Azolla filiculoides* reflete a sensibilidade deste táxon frente a sua ocorrência em ambiente com entorno impactados e água com concentrações elevadas de Clorofila *a*. No entanto, a concentração de PT e a falta de vegetação circundando o ambiente parecem favorecer sua abundância. Ceschin et al. (2010), registraram esta espécie em ambientes com elevadas concentrações de fósforo e nitrogênio, configurando um ambiente eutrófico e influenciado pela agricultura.

O PT também apresentou relações com o gênero *Marsilea*, no entanto esta foi negativa, ilustrando que é sensível a depreciação da qualidade da água. Bruni et al. (2013) também observou esta sensível interação com a espécie *Marsilea quadrifolia* L., o qual atribuiu a poluição da água causada por atividades agrícolas como a principal ameaça a espécie. Estes fatores corroboram com a seleção do gênero *Marsilea* como espécie indicadora de ambientes Oligotróficos e Ultraoligotróficos.

As espécies *Salvinia auriculata* e *Salvinia minima* são freqüentes em ambientes considerados eutrofizados (Pedralli, 2003), no entanto, apesar da maioria dos ecossistemas serem eutrofizados, e estas espécies serem muitas vezes utilizadas como bioindicadoras deste estado trófico, estiveram presentes em ambientes também meso- e oligotróficos, mostrando que são espécies com características generalistas. Pereira et al. (2012), encontraram *Salvinia herzogii* de la Sota e *S. minima* associadas a condições intermediárias de concentração de Clorofila *a*, matéria em suspensão e concentrações de nutrientes. Saluja & Garg (2017) encontraram uma associação positiva da *S. natans* com o nitrato, porém ressaltam a resiliência dessa espécie há uma ampla gama de fatores limnológicos.

Ceratopteris thalictroides também foi selecionado como uma espécie indicadora de ambientes com boa qualidade da água. Dong et al. (2005) indicam que as atividades agrícolas, urbanismo, aquicultura e poluição da água foram os precursores para a redução populacional da espécie e até mesmo sua extinção em determinados lugares, além disso, a alteração do pH e condutividade ocasionada por essas atividades humanas estiveram relacionados com a distribuição e a ocorrência da espécie. No entanto, Sousa (2016) encontrou dependência dessa espécie com ambientes eutrofizados, uma vez que mostraram relações positivas com baixa oxigenação da água e compostos nitrogenados. Estes resultados ilustram que esta espécie ocorre em uma ampla gama de fatores e que pode estar sendo influenciada por outros

parâmetros, não analisados no estudo, mas que podem estar mantendo o estado de oligotrofia dos ambientes.

Embora a paisagem possa influenciar nos ecossistemas aquáticos (Gergel et al., 2002) e os fatores abióticos da água determinar a distribuição das espécies (Thomaz & Esteves, 2011), a análise em conjunto dos fatores abióticos do ambiente de entorno e dos preditores da qualidade da água utilizados no presente estudo, não apresentaram influências na estrutura e composição de samambaias aquáticas, porém, vimos que esses mesmos fatores abióticos individualmente apresentaram influências na ocorrência e abundância das espécies de samambaias aquáticas separadamente.

Conclusão

A comunidade de samambaias aquáticas apresenta preferência por ambientes com qualidade da água preservada, pois apresentaram relação negativa com a Clorofila *a* e este resultado fortalece a histórica relação de competitividade por recurso das macrófitas aquáticas com o fitoplâncton. Com relação ao ambiente do entorno, apesar de suportar a falta da vegetação, a comunidade é sensível as atividade rurais e urbanas, não suportando de modo geral esses tipos de impactos.

O estudo conclui ainda que tanto os atributos de qualidade da água quanto os tipos ambientes que circundam os ecossistemas aquáticos são influenciadores da ocorrência e abundância das espécies de samambaias aquáticas. Com destaque para *Marsilea* e *Ceratopteris thalictroides* que foram consideradas espécies bioindicadoras de ambientes com boa qualidade da água. *Azolla filiculoides* mostrou ser sensível ao ambiente urbano e atividades rurais, porém resistente a falta da vegetação e a depreciação da qualidade água. *Salvinia auriculata* e *Salvinia minima* demonstraram suas características generalistas ocorrendo em ambientes tanto mais preservados quanto mais impactados.

Agradecimentos

Esta pesquisa recebeu fomento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) por meio da concessão de bolsa de estudos pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e apoio da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) no transporte e análises laboratoriais.

Referências Bibliográficas

- AESA, 2018. Agência Executiva de Gestão das Águas. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>>
- Apha. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association: Washington.
- Araujo, E.S., J.H.F. Sabino, V.M. Cotarelli, J.A.S. Filho & M.J.A. Campelo, 2012. Riqueza e diversidade de macrófitas aquáticas em mananciais da Caatinga. *Diálogos & Ciência* 32: 229-234.
- Barros, S.C.A. & S.R.S Xavier, 2013. Samambaias em remanescente de Floresta Atlântica Nordestina (Parque Estadual Mata do Xém-Xém, Bayeux, Paraíba). *Pesquisas, Botânica* 64: 207-224.
- Bonnet, B.R.P., L.G. Ferreira & F.C. Lobo, 2008. Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica. *Árvore* 32(2): 311-322.
- Bruni, I., R. Gentili, F. DeMattia, P. Cortis, G. Rossi & M. Labra, 2013. A multi-level analysis to evaluate the extinction risk of and conservation strategy for the aquatic fern *Marsilea quadrifolia* L. in Europe. *Aquatic Botany* 111: 35-42.
- Calijuri, M.L., J.S. Castro, L.S., Costa, P.P. Assemany & J.E.M. Alves, 2015. Impact of land use/land cover changes on water quality and hydrological behavior of an agricultural subwatershed. *Environmental Earth Sciences* 74(6): 5373-5382.
- Cervi, A.C., C. Bona, M.C.C. Moço & L. Linsingen, 2009. Macrófitas aquáticas do Município de General Carneiro, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica* 9(3): 215-222.
- Ceschin, S., V. Zuccarello & G. Caneva, 2010. Role of macrophyte communities as bioindicators of water quality: Application on the Tiber River basin (Italy). *Plant Biosystems* 144(3): 528-536.
- Chambers, P.A., P. Lacoul, K.J. Murphy & S.M. Thomaz, 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 9-26.
- Chorus, L. & J. Bartram, 1999. Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. Spon E & EM, London.
- Coelho, F.F, F.S. Lopes & C.F. Sperber, 2005. Persistence strategy of *Salvinia auriculata* Aublet in temporary ponds of Southern Pantanal, Brazil. *Aquatic Botany* 81: 343–352.
- Cunha, D.G.F., M.C. Calijuri & M.C. Lamparelli, 2013. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSI_{tsr}). *Ecological Engineering* 60: 126-134.

- Dong, Y.H, R.W. Gituru, J.M. Chen & Q.F. Wang, 2005. Effect of Habitat Modification on the Distribution of the Endangered Aquatic Fern *Ceratopteris thalictroides* (Parkeriaceae) in China. *Journal of Freshwater Ecology* 20(4): 689-693.
- Dong, Y.H, Q.F. Wang & R.W. Gituru, 2012. Effect of Habitat Modification on the Distribution of the Endangered Aquatic Fern *Ceratopteris pteridoides* (Parkeriaceae) in China. *American Fern Journal* 102(2): 136-146.
- Esteves, F.A. & M.S. Suzuki, 2011. Comunidade Fitoplanctônica. In: Esteves, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. Editora Interciência Ltda.: Rio de Janeiro.
- Ferreira, T.F, C.R.F. Junior & D.M. Marques, 2008. Efeito da Liberação de Nutrientes por Plantas Aquáticas sobre a Dinâmica de Estados Alternativos da Comunidade Fitoplanctônica em um Lago Raso Subtropical. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 13(1): 151-160.
- Ferreira, F.A., R.P. Mormul, G. Pedrali, V.J. 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 F.A., R.P. Mormul, G. Catian, A. Pott & G. Pedralli, 2015. Distribution pattern of neotropical aquatic macrophytes in permanent lakes at a Ramsar site. *Braz. J. Bot* 38(1): 131–139.
- Flora do Brasil 2020 em construção, 2018. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 18 Jan. 2018
- Gergel, S.E., M.G. Turner, J.R. Miller, J.M. Melack & E.H. Stanley, 2002. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. *Aquatic Sciences* 64: 118-128.
- Gomes, M.P., J.C.M. Brito, M.M. L.C. Carneiro, M.R.R. Cunha, Q.S. Garcia, C.C. Figueredo, 2018. Responses of the nitrogen-fixing aquatic fern *Azolla* to water contaminated with ciprofloxacin: Impacts on biofertilization. *Environmental Pollution* 232: 293-299.
- Henry-Silva, G.G., A.F.M. Camargo & M.M. Pezzato, 2008. Growth of free-floating aquatic macrophytes in different concentrations of nutrients. *Hydrobiologia* 610:153-160.
- Lourenço, J.D.S. & S.R.S. Xavier, 2013. Samambaias da Estação Ecologia do Pau-Brasil, Paraíba, Brasil. *Pesquisas, Botânica* 64: 225-242.
- Lürling, M., G. Geest & M. Scheffer, 2006. Importance of nutrient competition and allelopathic effects in suppression of the green alga *Scenedesmus obliquus* by the macrophytes *Chara*, *Elodea* and *Myriophyllum*. *Hydrobiologia* 556:209-220.

- Moura, M.A.M., D.A.S. Franco & M.B. Matallo, 2009. Manejo integrado de macrófitas aquáticas. *Biológico* 71(1): 77-82.
- Moura-Júnior, E.G., L.F. Lima, S.S.L. Silva, R.M.S. Paiva, F.A. Ferreira, C.S. Zickel & A. Pott, 2013. Aquatic macrophytes of Northeastern Brazil: Checklist, richness, distribution and life forms. *Check List* 9(2): 298-312.
- Pedralli, G., 2003. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. In: Thomaz, S.M. & L.M. Bini, (Eds.). *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. Universidade Estadual de Maringá: Maringá.
- Pereira, S.A., C.R.T. Trindade, E.F. Albertoni & C. Palma-Silva, 2012. Aquatic macrophytes as indicators of water quality in subtropical shallow lakes, Southern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 24(1): 52-63.
- Pereira, B.W.F., M.N.M. Maciel, F.A. Oliveira, M.A.M.S. Alves, A.M. Ribeiro, M. Ferreira & E.G.P. Ribeiro, 2016. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água* 11(2): 472-485.
- Pompêo, M., 2008. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. *Oecologia brasiliensis* 12(3): 406-424.
- PPG I. et al., 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution* 54(6): 563-603.
- Prado, J. L.S. Sylvestre, P.H. Labiak, P.G. Windisch, A. Salino, I.C.L. Barros, R.Y. Hirai, T.E. Almeida, A.C.P. Santiago, M.A. Kieling-Rubio, A.F.N. Pereira, B. Øllgaard, C.G.V. Ramos, J.T. Mickel, V.A.O. Dittrich, C.M. Mynssen, P.B. Schwartzburd, J.P.S. Condack, J.B.S. Pereira & F.B. Matos, 2015. Diversity of ferns and lycophytes in Brazil. *Rodriguésia* 66(4): 1073-1083.
- R Development Core Team. (2014). A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. Retrieved from <http://www.R-project.org/>.
- Rajput, K.S, R.N. Kachhiyapatel, S.K. Patel & V.M. Raole, 2016. Assessment of Pteridophyte Diversity and their Status in Gujarat State, Western India. *Plant Science Today* 3(4): 337-348.
- Rolon, A.S & L. Maltchik, 2004. Richness and distribution of aquatic pteridophytes in wetlands of the State of Rio Grande do Sul (Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia* 16(1): 51-61.
- Salino, A. & J. Semir, 2002. Thelypteridaceae (Polypodiophyta) do Estado de São Paulo: *Macrothelypteris* e *Thelypteris* subgêneros *Cyclosorus* e *Steiropteris*. *Lundiana* 3(1): 9-27.

- Saluja, R. & J.K. Garg, 2017. Macrophyte species composition and structure along littoral region in relation to limnological variables of a tropical wetland ecosystem. *Chemistry and Ecology* 33(6): 499-515.
- Santiago, A.C.P., M.A.Sousa, E.S. Santana & I.C.L. Barros, 2014. Samambaias e licófitas da Mata do Buraquinho, Paraíba, Brasil. *Biotemas* 27(2): 9-18.
- Santos, V.V., I.C.L. Barros, A.M.M. Moura-Júnior, W. Severi & K.M. Magalhães. 2014. Samambaias aquáticas da bacia do rio de Contas, Bahia, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation* 9(1): 42-48.
- Silvestre, L.C. & S.R.S. XAVIER, 2013. Samambaias em fragmento de Mata Atlântica, Sapé, Paraíba, Brasil. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais* 8(3): 431-447.
- Smith, A.R, M.P. Kathleen, E. Schuettpelz, P. Korall, H. Schneider & P.G. Wolf, 2006. A classification for extant ferns. *Taxon* 55(3): 705-731.
- Sousa, B.M., 2016. Ocorrência e cobertura de samambaias aquáticas e suas relações com os fatores abióticos, Dissertação, Campina Grande.
- Thomaz, S.M. & F.A. Esteves, 2011. Comunidade de Macrófitas Aquáticas. In: Esteves, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. Editora Interciência Ltda.: Rio de Janeiro.
- Tundisi, J.G. & T. Matsumura-Tundisi, 2008. *Limnologia*. Oficina de Textos: São Paulo.
- Xavier, S.R.S., I.C.L. Barros & A.C.P. Santiago, 2012. Ferns and lycophytes in Brazil's semi-arid region. *Rodriguésia* 63(2): 483-488.

Material Suplementar

Recurso Online 1 Grau de infestação das espécies encontradas na Paraíba, Brasil. Sp1: *Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch.; Sp2: *Azolla filiculoides* Lam.; Sp3: *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn.; Sp4: *Marsilea* L.; Sp5: *Pityrogramma calomelanos* (L.) Link; Sp6: *Salvinia auriculata* Aubl.; Sp7: *Salvinia minima* Baker; Sp8: *Christella hispidula* (Decne.) Holttum; Sp9: *Cyclosorus interruptus* (Willd.) H. Ito.

Ambiente	Sp1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	Sp 5	Sp 6	Sp 7	Sp 8	Sp 9
Pic3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pic5	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0
Pic6	0	0	0	0	0	1	0	0	0
AltPi2	0	0	0	0	0	2	0	0	0
AltPi3	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0
AltPi4	0	0	0	0	0	2	0	0	0
AltPi5	0	0	0	0	0	3,5	0	0	0
Tap5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0
Mam3	0,6	0	0,2	0	0	0,8	0,8	0	0,6
Curi3	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Curi4	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
AltPB4	0	3	0	0	0	0	0	0	0
BxPb2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
BxPb3	0	0	0	2	0	0	0	0	0
BxPb4	1,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0
BxPb5	0,5	0	0	0	0	2	0	0	0
BxPb6	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0
Br3	0	3	0,7	0	0	0	0	0	0
Br4	0	0	0	0	0	4,4	0	0,3	0
Br6	0,6	0	0	0	0	1,5	0	0	0,4
Br8	0	0	0,2	0	0	2	0	0	0
Br9	0	0	0	0	0	0,7	0,3	0	0
Br10	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Br11	0	0	0,1	0,7	0	1,5	1,4	0	0
Br12	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Cat 2	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0
Cat 8	0	0	0	0	0	2	0	0	0
StaR	0	0	0,5	0	0	1	0	0	0,2
JdB	0,8	0	0	0	0	0	0,2	0	2
R6	0	0	0	0,3	0	0,4	0	0	0
R7	0,5	0	0,5	1	0	0,5	0	0	0
R8	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0
R14	0	0	0,8	1,5	0	0	0	0	0
R17	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0
R19	0	0	0	2	0	0,5	0	0	0

R21	0	0,5	0,5	0	0	0	1,8	0	0
R27	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0

Recurso Online 2 Índice do Estado Trófico, Classificação do uso e ocupação do solo e preditores da qualidade da água dos ambientes amostrados no estado da Paraíba, Brasil.

Ambiente	Estado Trófico	Rural	Vegetação	Urbano	Clorofila <i>a</i>	Fósforo Total
Pic1	Eutrófico	15,71	78,85	5,44	10,66	104,50
Pic3	Hipereutrófico	41,77	58,23	0,00	40,28	229,50
Pic4	Hipereutrófico	31,77	67,36	0,87	68,90	339,50
Pic5	Hipereutrófico	72,68	25,35	1,97	16,59	299,50
Pic6	Mesotrófico	65,64	34,36	0,00	1,18	87,00
AltPi1	Hipereutrófico	90,08	0,00	9,92	123,34	529,50
AltPi2	Super eutrófico	46,26	48,23	5,51	9,48	189,50
AltPi3	Hipereutrófico	31,82	45,63	22,55	8,29	444,50
AltPi4	Hipereutrófico	13,26	81,23	5,51	26,07	329,50
AltPi5	Hipereutrófico	7,43	88,99	0,00	10,07	247,00
Tap3	Hipereutrófico	65,04	33,39	1,57	84,39	347,00
Tap4	Mesotrófico	19,25	80,75	0,00	2,96	67,00
Tap5	Eutrófico	50,97	49,03	0,00	7,70	79,50
Mam1	Hipereutrófico	65,88	34,12	0,00	316,51	144,50
Mam3	Hipereutrófico	79,46	3,71	16,83	18,96	112,00
Mam4	Eutrófico	72,79	8,16	19,05	12,44	69,50
Curi2	Hipereutrófico	40,02	9,51	50,47	462,36	704,50
Curi3	Eutrófico	84,16	15,84	0,00	8,29	114,50
Curi4	Hipereutrófico	90,18	9,82	0,00	58,08	62,00
AltPB3	Hipereutrófico	48,98	38,74	11,46	28,44	129,50
AltPB4	Super eutrófico	4,99	76,52	0,00	10,07	167,00
BxPb1	Hipereutrófico	47,19	34,87	17,93	69,31	152,00
BxPb2	Hipereutrófico	29,13	70,87	0,00	19,75	154,50
BxPb3	Eutrófico	34,04	59,09	6,87	8,46	102,00
BxPb4	Hipereutrófico	59,75	38,60	1,65	40,62	282,00
BxPb5	Eutrófico	63,23	28,87	7,89	7,70	107,00
BxPb6	Eutrófico	96,74	3,26	0,00	6,52	79,50
Br1	Eutrófico	32,87	67,13	0,00	12,44	77,00
Br3	Hipereutrófico	52,36	35,87	11,77	41,47	832,00
Br4	Eutrófico	38,27	61,73	0,00	2,96	207,00
Br6	Super eutrófico	82,58	17,42	0,00	24,88	82,00
Br7	Eutrófico	65,43	32,09	2,35	13,63	84,50

Br8	Super eutrófico	10,46	89,54	0,00	36,73	54,50
Br9	Mesotrófico	83,92	13,12	2,96	10,66	32,00
Br10	Super eutrófico	69,00	24,97	6,04	23,70	59,50
Br11	Hipereutrófico	90,85	1,98	7,17	126,35	114,50
Br12	Super eutrófico	96,63	1,89	1,48	13,03	102,00
Cubati 1	Hipereutrófico	30,42	69,58	0,00	313,97	982,00
PdrLav3	Eutrófico	27,81	72,19	0,00	1,97	277,00
Cat 1	Hipereutrófico	36,16	55,68	8,16	799,74	1299,50
Cat 2	Eutrófico	43,14	56,27	0,59	1,78	244,50
Cat 5	Hipereutrófico	15,60	84,40	0,00	26,66	264,50
Cat 8	Mesotrófico	31,50	68,35	0,15	1,18	72,00
StaR	Mesotrófico	33,44	35,46	25,11	6,52	37,00
JdB	Eutrófico	1,87	88,56	8,08	1,78	567,00
R6	Hipereutrófico	78,86	21,14	0,00	15,68	184,50
R7	Mesotrófico	81,82	18,18	0,00	4,44	29,50
R8	Mesotrófico	61,18	37,02	1,79	5,18	32,00
R14	Ultraoligotrófico	59,73	34,09	6,17	0,01	24,50
R17	oligotrófico	76,61	17,22	4,11	2,96	22,00
R19	oligotrófico	60,46	23,98	15,55	4,44	12,00
R21	Mesotrófico	68,29	31,71	0,00	5,92	34,50
R27	Hipereutrófico	68,24	30,59	1,17	125,00	134,50

4 CONCLUSÕES GERAIS

O presente estudo demonstrou que ambos os fatores abióticos de qualidade da água e do ambiente de entorno influenciaram na ocorrência e abundância das espécies de Samambaias aquáticas. Ilustrou ainda que a resposta das espécies a esses fatores podem ser diferentes entre si, uma vez que a poluição desses ecossistemas aquáticos pode limitar algumas espécies ao mesmo tempo em que favorecer a proliferação de outras. Do mesmo modo que algumas espécies suportam um ambiente de entorno impactado, mas não com uma qualidade da água comprometida.

Este estudo demonstrou a elevada capacidade de colonização e proliferação de espécies de Samambaias aquáticas em diferentes níveis de conservação, ilustrando que elas podem ser bioindicadoras de qualidade ambiental, tanto para ambientes preservados como *Marsilea* e *C. thalictroides* quanto para ambientes mais impactados como *S. auriculata* e *C. interruptus*.

Os resultados obtidos neste estudo contribuiu para o conhecimento das respostas deste grupo frente a qualidade da água e do ambiente do entorno, no entanto ainda existem lacunas para a total compreensão, necessitando assim de mais estudos que abordam sua relação com fatores abióticos.

REFERÊNCIAS

- ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2016. Brasília: ANA, 2016.
- ARAÚJO, E. S. et al. Riqueza e diversidade de macrófitas aquáticas em mananciais da Caatinga. **Diálogos & Ciência**, v. 10, n. 32, p. 229–232, 2012.
- BARROS, S. C. A.; XAVIER, S. R. S. Samambaias Em Remanescente De Floresta Atlântica Nordestina (Parque Estadual Mata Do Xém-Xém, Bayeux, Paraíba). **Pesquisas, Botânica**, v. 64, p. 207–224, 2013.
- BATISTA, J. L. O.; SILVA, A. DE B.; SANTOS, R. L. Procedimentos Metodológicos Para O Mapeamento Da Cobertura E Uso Do Solo Da Carta Sc-24-Z-C-I-3 , Utilizando Geotecnologia. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO. 2010, Recife. **Anais [...]**. Recife: 2010.
- BERNHARDT, H. Control of Reservoir Water Quality. In: HAHN, H. H.; KLUTE, R. (Eds.). **Chemical Water and Wastewater Treatment**. Madrid: Springer-Verlag, 1990. p. 285–304.
- BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. **Águas Do Brasil: Análises Estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.
- BRUNI, I. et al. A multi-level analysis to evaluate the extinction risk of and conservation strategy for the aquatic fern *Marsilea quadrifolia* L. in Europe. **Aquatic Botany**, v. 111, p. 35–42, 2013.
- CERVI, A. C. et al. Macrófitas aquáticas do Município de General Carneiro, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, 2009.
- CESCHIN, S.; ZUCCARELLO, V.; CANEVA, G. Role of macrophyte communities as bioindicators of water quality: Application on the Tiber River basin (Italy). **Plant Biosystems**, v. 144, n. 3, p. 528–536, 2010.
- CONFALONIERI, U.; HELLER, L.; AZEVEDO, S. Água e Saúde: Aspectos Globais e Nacionais. In: BICUDO, C. E. DE M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Eds.). **Águas do Brasil: Análises Estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 27–38.
- COOK, C. D. K. et al. **Water plants of the world: A manual for the identification of the genera of freshwater macrophytes**. Dr. W. Junk.: The Hague, 1974.
- CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. DO C.; LAMPARELLI, M. C. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSIts). **Ecological Engineering**, v. 60, p. 126–134, 2013.
- DONG, Y.-H.; WANG, Q.-F.; GITURU, R. W. Effect of Habitat Modification on the Distribution of the Endangered Aquatic Fern *Ceratopteris pteridoides* (Parkeriaceae) in China. **American Fern Journal**, v. 102, n. 2, p. 136–146, 2012.
- ESTEVES, F. DE A.; MENEZES, C. F. S. Papel da Água e da Limnologia na Sociedade Moderna. In: ESTEVES, F. DE A. (Ed.). **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de

Janeiro: Editora Interciência Ltda., 2011. p. 63–72.

FARIAS, R. P.; XAVIER, S. R. S.; BARROS, S. C. A. Samambaias e Licófitas da Cachoeira do Roncador, Paraíba, Brasil. **BioFar**, v. 8, n. 2, p. 165–175, 2012.

FERNANDES, R. S.; MACIEL, S.; PIETROBOM, M. R. Licófitas e monilófitas das Unidades de Conservação da Usina Hidroelétrica - UHE de Tucuruí, Pará, Brasil. **Hoehnea**, v. 39, n. 2, p. 247–285, 2012.

FERREIRA, F. A. et al. Estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Hoehnea**, v. 37, n. 1, p. 43–52, 2010.

FERREIRA, F. A. et al. Distribution pattern of neotropical aquatic macrophytes in permanent lakes at a Ramsar site. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 38, n. 1, p. 131–139, 2015.

FLORA DO BRASIL 2020 em construção, 2018. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 18 Jan. 2018

FOLEGATTI, M. V. et al. Gestão dos Recursos Hídricos e Agricultura Irrigada no Brasil. In: BICUDO, C. E. DE M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Eds.). **Águas do Brasil: Análises Estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 15–23.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

KHAN, M. N.; MOHAMMAD, F. Eutrophication: Challenges and Solutions. In: ANSARI, A. A.; GILL, S. S. (Eds.). **Eutrophication: Causes, consequences and control**. New York: Springer, 2014. p. 1–15.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise Do Uso, Ocupação E Cobertura Da Terra Na Bacia Hidrográfica Do Rio Formiga, Tocantins. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 4, n. 12, p. 90–106, 2012.

Lourenço, J.D.S.; Xavier, S. R. S. Samambaias da Estação Ecológica do Pau-Brasil, Paraíba, Brasil. **Pesquisas, Botânica** v. 64, p. 225-242, 2013.

MATEO-SAGASTA, J.; BURKE, J. **Agriculture and Water Quality Interactions: a global overview**. Rome: FAO, 2010.

MERTER, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent**, v. 3, n. 4, p. 33–38, 2002.

MICKEL, J. T.; BEITEL, J. M. **Pteridophyte Flora of Oaxaca, Mexico**. New York: The New York Botanical Garden, 1988.

MORAN, R. C.; RIBA, R. Psilotaceae a Salviniaceae. In: DAVIDSE, G.; SOUSA, M. S.; KNAPP, S. (Eds.). **Flora Mesoamericana**. Volume 1 ed. Ciudad de Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, 1995. p. 470.

MOURA-JÚNIOR, E. G. et al. Aquatic macrophytes of Northeastern Brazil: Checklist,

richness, distribution and life forms. **Check List**, v. 9, n. 2, p. 298–312, 2013.

MOURA, I. O.; SALINO, A. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Pteridaceae. **Rodriguesia**, v. 67, n. 5, p. 1167–1175, 2016.

MOURA, L. C.; ARRUDA, A. J.; SALINO, A. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Thelypteridaceae. **Rodriguesia**, v. 67, n. 5, p. 1181–1189, 2016.

NOVOTNY, V. **Water Quality: Diffuse Pollution and Watershed Management**. 2. ed. Boston: John Wiley & Sons, 2003.

PEDRALLI, G. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Eds.). **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2003. p. 171–188.

PEREIRA, A. F. N. et al. Florística e distribuição geográfica das samambaias e licófitas da Reserva Ecológica de Gurjaú, Pernambuco, Brasil. **Rodriguesia**, v. 62, n. 1, p. 1–10, 2011.

PEREIRA, S. A. et al. Aquatic macrophytes as indicators of water quality in subtropical shallow lakes, Southern Brazil. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 52–63, 2012.

PIETROBOM, M. R.; BARROS, I. C. L. Pteridófitas de um remanescente de Floresta Atlântica em São Vicente Férrer, Pernambuco, Brasil: Pteridaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 4, p. 457–479, 2002.

POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas Aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2000.

PROCTOR, G. R. **Ferns of Jamaica: A Guide to the Pteridophytes**. London, 1985.

ROLON, A. S.; MALTCHIK, L. Richness and distribution of aquatic pteridophytes in wetlands of the State of Rio Grande do Sul (Brazil). **Acta Limnológica Brasilica**, v. 16, n. 1, p. 51–61, 2004.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: EDEFU, 1990.

SANTIAGO, A. C. P. **Pteridófitas da Floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco: Florística, biogeografia e conservação**. 2006. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

SANTIAGO, A. C. P. et al. Samambaias e licófitas da Mata do Buraquinho, Paraíba, Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 2, p. 9–18, 2014.

SANTOS, V. V. et al. Samambaias aquáticas da bacia do rio de Contas, Bahia, Brazil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 9, n. 1, p. 42–48, 2014.

SASS, L. L. et al. Response of aquatic macrophytes to human land use perturbations in the watersheds of Wisconsin lakes, U.S.A. **Aquatic Botany**, v. 93, p. 1–8, 2010.

SCHUETTPELZ, E. et al. A community-derived classification for extant lycophytes and

ferns. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 54, n. 6, p. 563–603, 2016.

SILVESTRE, L. C.; XAVIER, S. R. S. Samambaias em fragmento de Mata Atlântica, Sapé, Paraíba, Brasil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, v. 8, n. 3, p. 431–447, 2013.

SMITH, A. R. et al. A classification for extant ferns. **Taxon**, v. 55, n. 3, p. 705–731, 2006.

SOUSA, B. M. **Ocorrência e cobertura de Samambaias e suas relações com os fatores abióticos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

SULLIVAN, P.; POSTLE, L. **Salvinia: Biological Control Field Guide**. Australia, 2012.

THOMAZ, S. M.; ESTEVES, F. A. Comunidade de Macrófitas Aquáticas. *In*: ESTEVES, F. DE A. (Ed.). **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda., 2011. p. 461–522.

TRYON, R. M.; STOLZE, R. G. **Pteridophyta of Peru. Part. II. Pteridaceae and Dennstaedtiaceae**. Chicago: Fieldiana, 1989.

TUNDISI, J. G.; MATSUMARA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

TUNDISI, J. G.; MATSUMARA-TUNDISI, T. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 0–9, 2010.

XAVIER, S. R. S.; BARROS, I. C. L.; SANTIAGO, A. C. P. Ferns and lycophytes in Brazil's semi-arid region. **Rodriguesia**, v. 63, n. 2, p. 483–488, 2012.

XAVIER, S. R. S. et al. Lista de Samambaias e Licófitas em trechos de Semiárido na APA das Onças (Paraíba , Brasil). **Pesquisas, Botânica**, v. 68, p. 375–380, 2015.

ANEXO A - NORMAS PARA SUBMISSÃO DE MANUSCRITO A REVISTA HYDROBIOLOGIA

Link de acesso: <http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10750>

Instructions for Authors

General

Hydrobiologia publishes original articles in the fields of limnology and marine science that are of interest to a broad and international audience. The scope of Hydrobiologia comprises the biology of rivers, lakes, estuaries and oceans and includes palaeolimnology and –oceanology, taxonomy, parasitology, biogeography, and all aspects of theoretical and applied aquatic ecology, management and conservation, ecotoxicology, and pollution. Purely technological, chemical and physical research, and all biochemical and physiological work that, while using aquatic biota as test-objects, is unrelated to biological problems, fall outside the journal's scope.

THERE IS NO PAGE CHARGE, provided that manuscript length, and number and size of tables and figures are reasonable (see below). Long tables, species lists, and other protocols may be put on any web site and this can be indicated in the manuscript. Purely descriptive work, whether limnological, ecological or taxonomic, can only be considered if it is firmly embedded in a larger biological framework.

Language

Manuscripts should conform to standard rules of English grammar and style. Either British or American spelling may be used, but consistently throughout the article. Conciseness in writing is a major asset as competition for space is keen.

Editorial policy

Submitted manuscripts will first be checked for language, presentation, and style. Scientists who use English as a foreign language are strongly recommended to have their manuscript read by a native English-speaking colleague. Manuscripts which are substandard in these respects will be returned without review.

Papers which conform to journal scope and style are sent to at least 2 referees, mostly through a member of the editorial board, who will then act as coordination editor. Manuscripts returned to authors with referee reports should be revised and sent back to the editorial as soon as possible. Final decisions on acceptance or rejection are made by the editor-in-chief. Hydrobiologia endeavours to publish any paper within 6 months of acceptance. To achieve this, the number of volumes to be published per annum is readjusted periodically.

Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes (www.gbif.org) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh (www.freshwaterbiodiversity.eu)