



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA – PRPGP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO-PPGEC**

BRUNO MELO DE SOUSA

**OCORRÊNCIA E COBERTURA DE SAMAMBAIAS AQUÁTICAS E SUAS
RELAÇÕES COM OS FATORES ABIÓTICOS**

**CAMPINA GRANDE
2016**

BRUNO MELO DE SOUSA

**OCORRÊNCIA E COBERTURA DE SAMAMBAIAS AQUÁTICAS E SUAS
RELAÇÕES COM OS FATORES ABIÓTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Área de concentração: Ecologia e Conservação

Orientador: Prof. Dr. Ênio Wocyli Dantas

Coorientador: Dr. Sergio Romero Da Silva Xavier

**CAMPINA GRANDE
2016**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S725o Sousa, Bruno Melo de.
Ocorrência e cobertura de samambaias aquáticas e suas relações com os fatores abióticos [manuscrito] / Bruno Melo de Sousa. - 2016.
45 p. : il. color.

Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2016.
"Orientação: Prof. Dr. Ênio Wocylí Dantas, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa".
"Co-Orientação: Prof. Dr. Sergio Romero da Silva Xavier."

1. Florística. 2. Macrófitas aquáticas. 3. Limnico. 4. Samambaias aquáticas. 5. Ecossistemas aquáticos. I. Título.
21. ed. CDD 581.76

BRUNO MELO DE SOUSA

OCORRÊNCIA E COBERTURA DE SAMAMBAIAS AQUÁTICAS E SUAS
RELAÇÕES COM OS FATORES ABIÓTICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Área de Concentração: Ecologia e Conservação

Aprovado em: 29/02/2016.


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Ênio Wocylí Dantas (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Cleber Ibraim Salino
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Eliete Lima de Paula Zarate
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

AGRADECIMENTOS

A Deus, Jesus e Nossa Senhora pela força e sabedoria concedidas para traçar mais uma etapa de minha vida.

Ao meu orientador Ênio e coorientador Sergio, por toda paciência, estímulo e orientação no processo de desenvolvimento do trabalho.

Aos Meus pais, Suely e Edinaldo, por todo carinho, dedicação, força e orientação durante toda a minha vida, assim como aos meus irmãos, Erik e Núbia e aos Meus avós, Maria e José que me concederam sábias orientações para tomadas de decisões na vida.

A todos os professores da graduação e Pós-graduação pelo conhecimento à mim transmitido.

A todos os colegas de Laboratório, em especial a Davi Freire, Milena Nunes e Natália Carvalho, pela contribuição no desenvolvimento do trabalho.

A todos os que, de certa forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

OCORRÊNCIA E COBERTURA DE SAMAMBAIAS AQUÁTICAS E SUAS RELAÇÕES COM OS FATORES ABIÓTICOS

Bruno Melo de Sousa*

RESUMO

Quando em superpopulações, as samambaias podem acarretar inúmeros problemas ecológicos e econômicos, tornando necessário o conhecimento ecológico da espécie para a tomada de medidas de controle populacionais. Neste contexto, objetiva-se estabelecer quais e como as variáveis abióticas analisadas influenciam a cobertura e ocorrência de samambaias aquáticas. O estudo foi desenvolvido no Estado da Paraíba em 20 reservatórios localizados em três hidrográficas e duas sub-bacia. Em cada reservatório trabalhou-se em uma parcela e sete transecções para coleta de dados bióticos e abióticos. Foram realizados GLM e uma CCA para correlacionar as samambaias com as variáveis. Foram encontradas sete espécies de samambaias. *Salvinia auriculata* Aubl. e *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn. estiveram relacionadas a ambientes com elevadas concentrações de nitrato e amônia. *Azolla filiculoides* esteve relacionada a baixos valores de pH, nitrato, amônia e oxigênio dissolvido e *Marsilea* sp. com elevados valores de pH. As variáveis selecionadas nos modelos da GLM apresentaram uma maior semelhança entre as espécies de samambaias com mesma forma de vida. Conclui-se que a cobertura das espécies de samambaias aquáticas é influenciada por diferentes variáveis abióticas, e que essas variáveis são mais semelhantes para explicar a ocorrência entre espécies com mesma forma de vida.

Palavras-chaves: Macrófitas aquáticas, Paraíba, Reservatórios.

1.INTRODUÇÃO

As samambaias aquáticas desempenham importantes papéis ecológicos no ecossistema límico como no controle da erosão hídrica das margens dos ecossistemas; produção primária de energia; proteção e abrigo para diversos animais; e participação na ciclagem de nutrientes (POTT & POTT, 2000). No entanto algumas samambaias aquáticas estão associadas à problemática de superpopulação como, por exemplo, o gênero *Salvinia* Ség. (THOMAZ & BINI, 2003), podendo afetar o uso múltiplo da água e acarretar inúmeros problemas, como: impedimento da navegação; obstrução ou redução do fluxo de entrada de água nas turbinas de hidroelétricas; criação de condições para o crescimento de mosquitos e caramujos, transmissores de doenças humanas (ESTEVES, 1998); elevação da taxa de evapotranspiração dos mananciais (THOMAZ, 2002) e aceleração do processo de eutrofização (THOMAZ & BINI, 2003). Em contrapartida, algumas espécies são importantes na economia, a exemplo do gênero *Azolla* Lam. utilizada como adubo verde para o cultivo de arroz irrigado (FIORE,

*Aluno da Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba- Campus I. Email: Biobruno2010.1@hotmail.com.

1984). Nesse contexto, tona-se fundamental o conhecimento ecológico desse grupo, para tomada de medidas de controle populacional.

A riqueza de samambaias no Brasil é de ca. 1.000 espécies (PRADO & SYLVESTRE, 2015), distribuídas em 122 gêneros e 33 famílias. Algumas famílias de samambaias são exclusivamente de representantes de ambientes aquáticos como Salviniaceae e Marsileaceae, outras são tipicamente encontradas em estudos florísticos de macrófitas aquáticas como Pteridaceae e Thelypteridaceae.

Não se tem conhecimento de estudos exclusivos com samambaias que analisam os efeitos das variáveis abióticas na sua distribuição e ocorrência, de maneira geral, os estudos de macrófitas aquáticas falam sobre a comunidade. As samambaias são descritas apenas quando elas são abundantes nos ambientes ou em grupos que focam na forma de vida adotada pela planta. Alguns possíveis fatores influenciadores das samambaias em ambientes aquáticos são a concentração de nitrogênio e fósforo (FINLAYSON, 1984; BINI: THOMAZ & CAMARGO, 1999), a luminosidade, a concentração de carbono (CAVENACHI *et al.* 2003, 2005; LEUNG, 2005), condutividade elétrica, salinidade, entre outros (ESTEVES, 1998).

Também são poucos os estudos florísticos das samambaias aquáticas no Brasil podendo se destacar o estudo realizado por Santos *et al.* (2014) na Bacia do Rio Contas na Bahia, onde foram encontradas 14 espécies distribuídos em quatro famílias, e o estudo realizado por Rolon e Maltchik (2004), no Rio Grande do Sul, onde foram encontradas seis espécies distribuídas em quatro famílias.

Esse estudo, objetiva estabelecer quais e como as variáveis abióticas analisadas influenciam a cobertura e ocorrência de samambaias aquáticas nos reservatórios estudados.

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Área de estudo

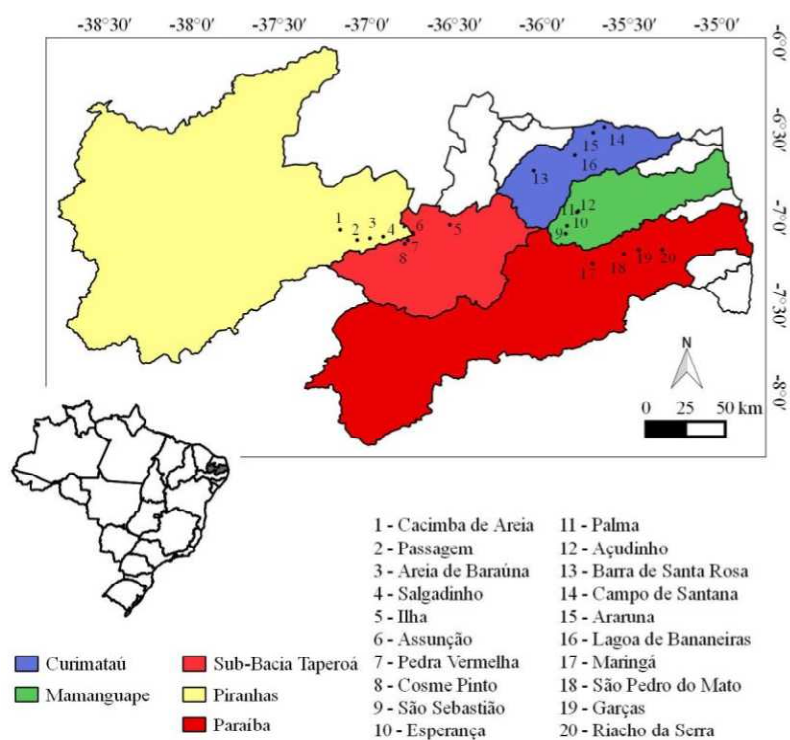
As coletas foram realizadas no Estado da Paraíba em diferentes bacias hidrográficas, a saber, Bacias do Rio Paraíba (baixo curso), Sub-bacia do Rio Taperoá, Bacia do Rio Piranhas (sub-bacia Espinharas), Bacia do Rio Mamanguape e Bacia do Rio Curimataú, algumas características dessas Bacias hidrográficas são citadas na Tab. 1. Para a coleta foram escolhidos aleatoriamente quatro reservatórios de cada bacia e da Sub-bacia do Rio Taperoá (Fig. 1) e realizadas duas coletas em cada reservatório, em períodos hidrológicos diferentes.

Tabela 1. Caracterização das Bacias hidrográficas estudadas.

| | Paraíba | Taperoá | Piranhas | Mamanguape | Curimataú |
|-------------------------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|
| Área (Km ²) | 14.443,44 | 5.666,38 | 26.047,49 | 3.522,69 | 3.313,58 |
| Ocupação na Paraíba (%) | 25,56 | 10,03 | 46,15 | 6,24 | 5,88 |
| Principal mesorregião de ocorrência | Agreste | Borborema | Sertão | Agreste | Agreste |
| Pluviometria anual média (mm) | 800 | 500 | 700 | 825 | 650 |
| Período Chuvoso predominante | Abril e julho | Abril e julho | Fevereiro e maio | Abril e julho | Abril e julho |

Fonte: PERH-PB (2006).

Figura 1. Mapa da Paraíba com reservatórios e bacias hidrográficas de coleta.



2.2 Variáveis climatológicas e hidrológicas analisados

Alguns fatores abióticos como temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/l⁻¹), pH, turbidez (NTU), condutividade elétrica, salinidade (%), potencial de oxidação/redução (mV) e sólidos dissolvidos totais (g/L) foram coletados por um medidor multiparâmetro em campo,

já a transparência da água (m) foi medida com o disco de Secchi. Todos os dados da sonda e transparência da água foram coletados em duplicatas e analisados através da média. Também foram coletados dados pluviométricos dos 30 dias antecedentes à coleta, os quais foram disponibilizados pela AESA, das cidades de ocorrência dos reservatórios ou cidade mais próxima.

Para análise de nutrientes e clorofila “a” foram coletadas amostras de águas em garrafas de polietileno e acondicionadas em uma caixa de isopor com gelo. Posteriormente, as águas foram filtradas para a determinação de clorofila, segundo a metodologia de Chorus e Bartram (1999) e quantidade de nutrientes nitrogenados (íon amônia, nitrito, nitrato e nitrogênio total) e fosfatado (ortofosfato e fosfato total) segundo a metodologia proposta por Mackereth (1978) e Apha (1992), respectivamente.

2.3 Plantas aquáticas

Foram fotografados e coletados exemplares de cada espécie dentro da parcela de 30x30m, onde foram lançadas as transecções, assim como as samambaias próximas ao entorno dos ecossistemas aquáticos, com potenciais de ocorrerem dentro da água em períodos de cheia. As plantas foram prensadas em campo e levadas para o laboratório de Limnologia e Botânica da Universidade Estadual da Paraíba Campus V, onde foram secas em uma estufa a 70°C durante 96 horas. Após secas, foram realizadas as identificações das samambaias e classificação das outras macrófitas aquáticas segundo sua forma de vida em; a) Macrófitas aquáticas anfíbias: plantas capazes de viver bem tanto em áreas alagadas como fora da água, geralmente modificando a morfologia da fase aquática para terrestre b) Macrófitas aquáticas emersas: plantas enraizadas no sedimento e com folhas fora d’água. c) Macrófitas aquáticas flutuantes: plantas enraizadas ou não no sedimento, com folhas flutuando na superfície da água. d) Macrófitas aquáticas submersas: plantas enraizadas ou não no sedimento, que crescem totalmente submersas na água. As exsicatas foram depositadas no herbário JPB e IPA (THIERS, 2015).

A identificação das samambaias ocorreu através de bibliografia especializada e em alguns casos com auxílio de especialistas. A circunscrição adotada para as famílias de samambaias foi a proposta por Smith *et al.* (2006). As demais macrófitas foram classificadas segundo sua forma de vida.

Para determinação da cobertura, foram estabelecidas sete transecções fixas de 25 m, sentido margem centro do reservatório, com cinco metros de distância entre si. O ponto inicial

das transecções foi o início do banco de macrófitas aquáticas no período de seca dos ecossistemas. Em cada transecção foram lançados quadrantes de 250 cm² com distância de um metro, sendo o primeiro quadrante lançado 50 cm da margem do reservatório. As coberturas das macrófitas aquáticas foram estimadas segundo o método de Braun-Blanquet (1964). Para as espécies submersas, as coberturas foram calculadas pelo percentual do volume infestado (PVI) segundo Sayer, Davidson e Jones (2010).

2.4 Tratamento estatístico

Os dados coletados foram organizados em três tabelas: uma de presença, uma de cobertura e uma de fatores abióticos.

Para verificar se as variáveis abióticas dos ecossistemas com samambaias eram diferentes das variáveis dos demais ambientes com macrófitas aquáticas calculou-se as médias e desvios padrões dos ecossistemas e posteriormente realizou-se uma ANOVA um fator.

Foram realizados Modelos lineares generalizados (GLM) para averiguar possíveis dependências da presença de samambaias com variáveis abióticas, sendo um modelo geral (presença de samambaias) e outro para cada espécie, utilizando uma distribuição binomial. Quando o quociente entre o resíduo e o grau de liberdade foi maior que o parâmetro de dispersão da família, usou-se um modelo Quasi-binomial para a correção dos erros padrões.

Para correlacionar as variáveis ambientais com a cobertura de samambaias realizou um CCA com a matriz de dados de cobertura e a matriz de variáveis abióticas contendo o somatório da cobertura das macrófitas aquáticas de acordo com a forma de vida adotada, a cobertura das espécies de samambaias e os dados abióticos (n=25).

Todos os testes estatísticos foram realizados no programa R Core Team (2014).

3. RESULTADOS

Foram encontradas sete espécies de samambaias distribuídas em seis gêneros, a saber: *Salvinia auriculata* Aubl., *Salvinia minima* Baker, *Azolla filiculoides* Lam. *Marsilea* sp., *Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch., *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn. e *Cyclosorus interruptus* (Willd.) H. Itô. As famílias mais representativas foram Salviniaceae, com três espécies, e Pteridaceae, com duas espécies, as famílias Marsileaceae e Thelypteridaceae apresentaram uma espécie cada. As formas de vida encontradas para as samambaias foram flutuante com 57,14% (quatro espécies), anfíbia com 28,57% (duas

espécies) e emergente 14,29% (uma espécie). Não houve ocorrência de samambaias na Bacia do Rio Taperoá e Piranhas (Tab. 2).

Dos reservatórios estudados no período seco 12 apresentaram cobertura de macrófitas aquáticas, desses, quatro ecossistemas com cobertura de samambaias. No período chuvoso 13 reservatórios possuíam cobertura de macrófitas aquáticas, sendo quatro desses com cobertura de samambaias.

Os ecossistemas no período chuvoso apresentaram maiores concentração de componentes nitrogenados, fosfatados, pH mais ácidos, elevada turbidez, temperatura, clorofila “a” e salinidade comparado ao período seco, que mostraram-se com maior condutividade elétrica, com águas mais oxigenados e um maior potencial de oxirredução. (Tab. 3). Os reservatórios com samambaias apresentaram maior concentração de nitrogênio total no período chuvoso e menor concentração de nitrito e oxigênio dissolvido no período seco quando comparado com ambientes sem samambaias e com outras macrófitas aquáticas (Tab. 3).

A cobertura média das samambaias, dos ecossistemas em que ocorreram samambaias, foi maior no período chuvoso (11,84%) em comparação ao período seco (2,34 %) (Fig. 2). *Salvinia auriculata* foi à espécie que apresentou a maior cobertura entre as samambaias (Tab. 2).

O modelo geral (presença de samambaias) selecionado na GLM mostrou que as samambaias são dependentes das variáveis de nitrogênio total, ortofosfato, transparência da água e elevação (26% de explicabilidade). Apenas a variável ortofosfato se mostrou com dependência negativa com as samambaias. *Salvinia auriculata*, *Azolla filiculoides* e *Marsilea* sp. apresentaram dependência para as variáveis fósforo total e pH. *S. minima* e *Ceratopteris thalictroides* apresentaram dependência para as variáveis oxigênio dissolvido e Potencial de óxido redução. As variáveis selecionadas para cada modelo gerado na GLM e seus respectivos valores de AIC e explicabilidade (r^2) encontram-se na Tab. 4.

A CCA realizada mostrou que o oxigênio dissolvido, pH, nitrato e amônia explicam 52% da distribuição das espécies (Inércia total= 3.55, inércia explicada= 1.85, $F=5.44$, $p<0.05$) desse, 43% explicado pelo eixo um e 35% pelo eixo dois. *Salvinia auriculata* e *Ceratopteris thalictroides* estiveram relacionadas a ambientes com elevadas concentrações de nitrato e amônia; *Azolla filiculoides* a ambientes com baixo valores de pH, nitrato, amônia e oxigênio dissolvido e *Marsilea* sp. a elevados valores de pH (Fig. 3). Os valores dos eixos e do teste ANOVA realizado na CCA encontra-se na Tab. 5.

Tabela 2. Porcentagem de cobertura e ocorrência das espécies de macrófitas aquáticas de acordo com a forma de vida adotada e espécies de samambaias. Onde: “-“ = ausência, “+” = presença.

| Taxons | Forma de vida | Período Hidrológico | Piranhas | Taperoá | Curimataú | Mamanguape | Baixa Paraíba |
|--|---------------|---------------------|----------|---------|---------------|------------|---------------|
| SAMAMBAIAS | | | | | | | |
| MARSILEACEAE | | | | | | | |
| <i>Marsilea</i> sp. | Flutuante | Seco Chuvoso | - - | - - | - - | - - | - 10.91 |
| PTERIDACEAE | | | | | | | |
| <i>Acrostichum danaeifolium</i> Langsd. & Fisch. | Anfíbia | Seco Chuvoso | - - | - - | - - | - + | + 0.01 |
| <i>Ceratopteris thalictroides</i> (L.) Brongn. | Anfíbia | Seco Chuvoso | - - | - - | - - | + + | 0.36 |
| THELYPTERIDACEAE | | | | | | | |
| <i>Cyclosorus interruptus</i> (Willd.) H. Itô. | Anfíbia | Seco Chuvoso | - - | - - | - - | - + | - - |
| SALVINIACEAE | | | | | | | |
| <i>Azolla filiculoides</i> Lam. | Flutuante | Seco Chuvoso | - - | - - | 0.83 - | - - | 0.03 - |
| <i>Salvinia auriculata</i> Aubl. | Flutuante | Seco Chuvoso | - - | - - | 0.60 36.07 | - - | 0.64 - |
| <i>Salvinia minima</i> Baker | Flutuante | Seco Chuvoso | - - | - - | 1.43 - | 6.88 - | 0.01 0.03 |
| OUTRAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS | | | | | | | |
| Flutuantes | | | | | | | |
| | | Seco | - | 15.93 | - | 18.28 | 35.10 |
| | | Chuvoso | - | 0.12 | 0.03 | 11.78 | 1.09 |
| Submersas | | | | | | | |
| | | Seco | 0.15 | 76.27 | 0.74 | 3.82 | 25.72 |
| | | Chuvoso | - | - | - | 3.57 | 18.74 |
| Anfíbias | | | | | | | |
| | | Seco | 8.96 | 10.20 | 4.66 | 8.47 | 4.33 |
| | | Chuvoso | 3.22 | 44.87 | + | 2.58 | 18.47 |
| Emergentes | | | | | | | |
| | | Seco | - | - | + | 0.10 | 3.07 |
| | | Chuvoso | - | - | + | + | 0.36 |

Figura 2. Reservatórios com cobertura (%) de samambaias por período hidrológico.

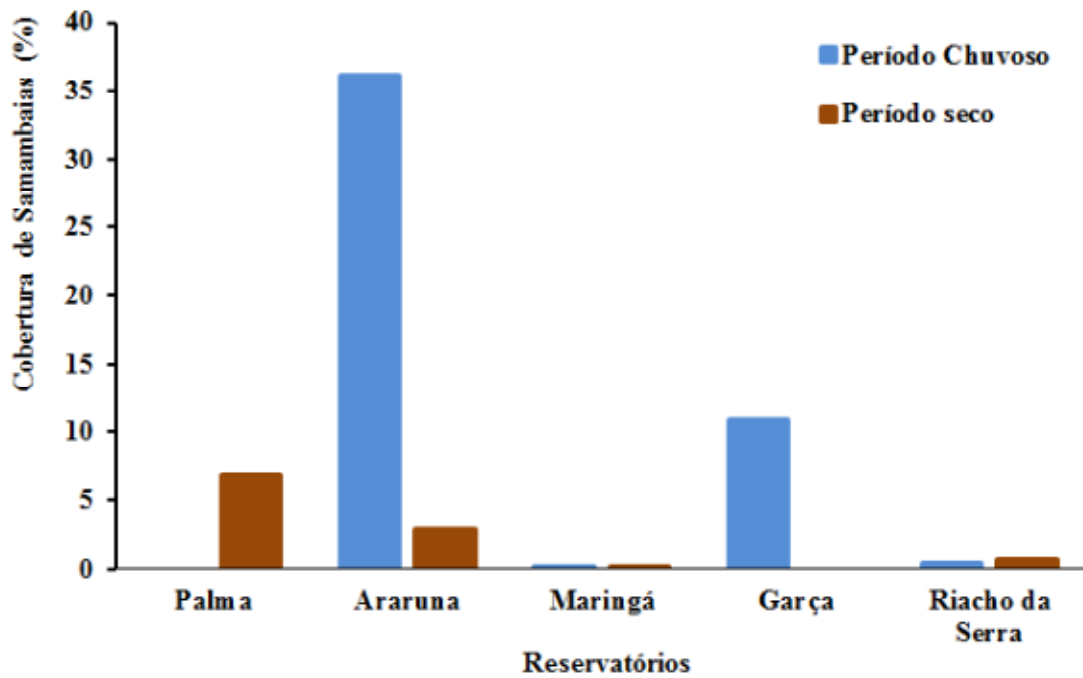


Figura 3. Diagrama do CCA da ordenação da biomassa das espécies de samambaias e outras macrófitas de acordo com as variáveis abióticas, mostrando a explicabilidade dos seus respectivos eixos. Onde: SAA= *Salvinia auriculata*, SAM= *Salvinia minima*, AZF= *Azolla filiculoides*, CET= *Ceratopteris thalictroides*, MAS= *Marsilea* sp., ANF= Macrófitas aquáticas Anfíbias, EME= Macrófitas aquáticas emergentes, FLU= Macrófitas aquáticas flutuantes, SUB= Macrófitas aquáticas submersa.

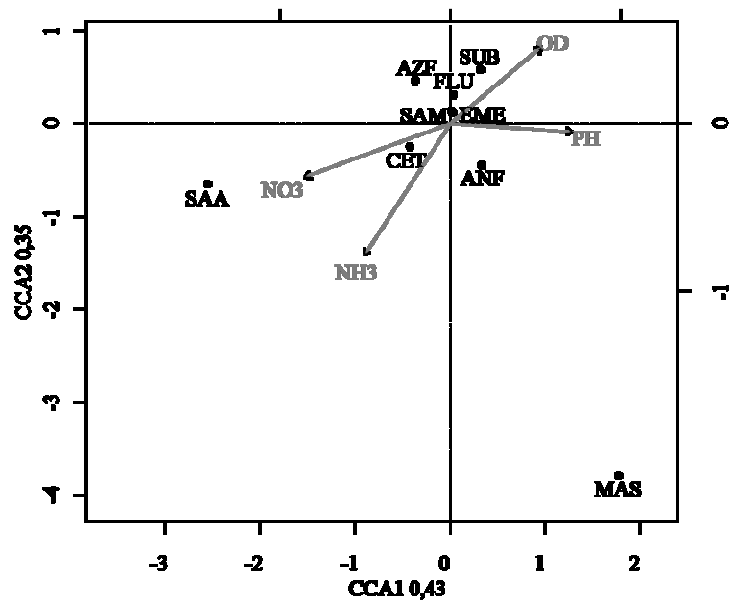


Tabela 3. Média e desvio padrão (DP) dos parâmetros climatológicos e hidrologicos analisados por ambientes com macrófitas e ambiente com samambaias. ORT: Ortofosfato, PT: fósforo total, NT: nitrogênio total, PLU: Pluviosidade, TEM: Temperatura da água, pH: potencial hidrogeniônico, ORD: Potencial oxido redução, CE: condutividade elétrica, TUR: Turbidez, OD: oxigênio dissolvido, STD: sólidos dissolvidos totais, SAL: salinidade, TRA: transparência da água, CLO-a= Clorofila “a”, ELE: Elevação do reservatório, n.s= não significativo, *= significativo p<0,05. A.S.= Ecossistemas com samambaias, A.P.= Ecossistemas com outras macrófitas.

| | Período chuvoso | | | | Período seco | | | |
|-------------------|-----------------|-----------------|------|------|-----------------|-----------------|-------|------|
| | A.S | A.P | F | p | A.S | A.P | F | p |
| NH3 (mg/l) | 228.84 ± 159.21 | 114.53 ± 89.51 | 4.28 | n.s. | 30.00 ± 16.97 | 40.00 ± 16.52 | 0.43 | n.s. |
| NO3-(mg/l) | 216.67 ± 237.91 | 87.46 ± 91.93 | 3.21 | n.s. | 18.48 ± 2.90 | 23.51 ± 10.72 | 0.38 | n.s. |
| NO2-(mg/l) | 4.29 ± 4.38 | 6.83 ± 95.59 | 0.37 | n.s. | 1.16 ± 0.13 | 2.08 ± 0.27 | 18.64 | * |
| NT (mg/l) | 632.89 ± 316.72 | 330.52 ± 155.50 | 8.47 | * | 330.20 ± 34.13 | 304.90 ± 148.28 | 0.05 | n.s. |
| ORT (mg/l) | 42.33 ± 23.33 | 111.94 ± 136.02 | 1.50 | n.s. | 11.50 ± 0.00 | 16.50 ± 5.00 | 1.80 | n.s. |
| PT (mg/l) | 134.92 ± 80.65 | 170.75 ± 104.00 | 0.56 | n.s. | 113.25 ± 22.98 | 72.83 ± 30.24 | 2.50 | n.s. |
| CLO-a | 10.92 ± 5.95 | 34.75 ± 64.29 | 0.52 | n.s. | 12.78 ± 14.89 | 11.42 ± 12.59 | 0.03 | n.s. |
| PLU (mm) | 128.00 ± 99.51 | 54.89 ± 61.68 | 4.08 | n.s. | 39.20 ± 16.40 | 38.50 ± 9.95 | 0.00 | n.s. |
| TEM(°c) | 26.27 ± 1.16 | 27.89 ± 2.14 | 2.97 | n.s. | 27.97 ± 0.10 | 27.62 ± 1.87 | 0.06 | n.s. |
| pH | 8.68 ± 1.47 | 8.43 ± 0.81 | 0.25 | n.s. | 7.61 ± 0.12 | 8.52 ± 0.45 | 7.11 | n.s. |
| ORD (mv) | 40.52 ± 64.38 | 45.73 ± 63.18 | 0.03 | n.s. | 216.25 ± 268.35 | 94.93 ± 39.61 | 0.70 | n.s. |
| CE (ms/cm) | 1.47 ± 1.32 | 0.90 ± 1.85 | 0.46 | n.s. | 2.61 ± 0.63 | 1.44 ± 1.56 | 0.94 | n.s. |
| TUR (NTU) | 83.40 ± 60.40 | 131.46 ± 114.75 | 0.92 | n.s. | 38.03 ± 27.33 | 43.83 ± 17.11 | 0.09 | n.s. |
| OD (mg/l) | 10.07 ± 3.20 | 9.31 ± 2.36 | 0.35 | n.s. | 9.21 ± 1.19 | 12.79 ± 0.57 | 22.28 | * |
| STD (g/L) | 0.94 ± 0.86 | 0.52 ± 1.17 | 0.62 | n.s. | 1.68 ± 0.41 | 0.92 ± 1.00 | 0.96 | n.s. |
| SAL (%) | 0.09 ± 0.06 | 0.07 ± 0.12 | 0.18 | n.s. | 0.14 ± 0.04 | 0.08 ± 0.08 | 0.81 | n.s. |
| TRA (m) | 0.33 ± 0.21 | 0.24 ± 0.11 | 1.77 | n.s. | 0.49 ± 0.13 | 0.38 ± 0.04 | 2.21 | n.s. |
| ELE (M) | 343.17 ± 221.19 | 443.00 ± 161.81 | 1.29 | n.s. | 159.50 ± 92.63 | 262.67 ± 229.01 | 0.34 | n.s. |

Tabela 4. Modelos gerados pela GLM utilizando a distribuição de Guassiana. Onde: PLU=pluviosidade, OD= oxigênio dissolvido, PT= Fósforo total, TDS=sólidos totais dissolvidos, SAL= Salinidade, SEC= transparência da coluna da água, ELE= elevação, ORD= Potencial de oxido redução, NH3= Amônia, NO3= Nitrato, NO2= Nitrito, PO4= Ortofosfato, PH= Potencial de hidrogênio, K= número de parâmetros na análise, AIC= Critério de Informação de Akaike, r²= explicabilidade do modelo.

| Espécies | Modelos | k | r ² | AIC |
|--|---|---|----------------|-------|
| Para todas as Samambaias | NT-PO ₄ +SEC+ELE | 5 | 0.26 | 10.00 |
| Para <i>Acrostichum danaeifolium</i> | -NH ₃ +NO ₂ +NT-PO ₄ | 5 | 0.11 | 10.00 |
| Para <i>Cyclosorus interruptus</i> | NO ₃ | 2 | 0.38 | 4.00 |
| Para <i>Ceratopteris thalictroides</i> | -ORD-OD+TDS-SAL | 5 | 0.12 | 10.00 |
| Para <i>Azolla filiculoides</i> | -NH ₃ -PT-pH-SEC | 5 | 0.04 | 10.00 |
| Para <i>Salvinia auriculata</i> | -NO ₃ -PT-pH-ORD | 5 | 0.05 | 10.00 |
| Para <i>Salvinia minima</i> | PLU+ORD+OD+ELE | 5 | 0.33 | 10.00 |
| Para <i>Marsilea</i> sp. | -PT+pH | 3 | 0.11 | 6.00 |

Tabela 5. Valores dos eixos e teste ANOVA da CCA realizada para cobertura das samambaias. “-“= célula vazia.

| | CCA1 | CCA2 | F | p |
|---|-------|-------|------|-------|
| Autovalor | 0.80 | 0.65 | - | - |
| Proporção explicada | 0.22 | 0.18 | - | - |
| F | 9.37 | 7.65 | - | - |
| p | * | *** | - | - |
| Biplot scores for constraining variables | | | | |
| Amônia | -0.50 | -0.79 | 7.42 | 0.01 |
| Oxigênio dissolvido | 0.53 | 0.46 | 4.40 | 0.05 |
| Nitrato | -0.85 | -0.32 | 6.89 | 0.001 |
| pH | 0.71 | -0.05 | 3.04 | 0.1 |

4. DISCUSSÃO

A riqueza de espécies de samambaias encontrada no estudo (sete espécies) representa 20% das espécies de samambaias levantadas em estudos florísticos de macrófitas do Brasil (MARTINS *et al.* 2009; ROLON: HOMEM & MALTCHIK, 2010; PIVARI *et al.* 2011; MOURA-JÚNIOR *et al.* 2013; GALINDO & ALMEIDA, 2013; MAGALHÃES: BORTOLUZZI & MANTOVANI, 2013; SANTOS *et al.* 2014; MOURA-JÚNIOR *et al.* 2015). *Salvinia auriculata* e *S. minima* são frequentes em estudos florísticos de macrófitas aquáticas, sendo consideradas como espécies daninhas (THOMAZ & BINI, 2003). As demais samambaias possuem frequências de ocorrência baixas em estudos florísticos, provavelmente por serem espécies poucos generalistas, enfatiza a singularidade e importância dos reservatórios estudados.

As Bacias do Rio Taperoá e Piranhas estão localizadas nas mesorregiões Paraíba do Sertão e Borborema, regiões que apresentam baixo índice pluviométrico e elevadas

temperaturas (PERH-PB, 2006) sendo, ambientes menos propícios para o desenvolvimento de samambaias, entretanto, a ausência de samambaias nessas regiões não se dá devido a restrições as essas condições e sim pela amostragem aleatória que não capturou espécies nessas bacias, já que espécies de samambaias foram levantadas em ambientes aquáticos de regiões com condições semelhantes (SANTOS *et al.* 2009; ARAÚJO *et al.* 2012).

Todas as variáveis selecionadas, no modelo geral da GLM para a ocorrência de samambaias se repetiram em alguns modelos individuais das espécies. Para as espécies anfíbias todas as variáveis estiveram relacionadas a nutrientes nitrogenadas e fosfatadas. *Ceratopteris thalictroides* mostrou uma dependência com os sólidos totais dissolvidos. As espécies flutuantes mostraram-se com dependências negativas dos nutrientes nitrogenados, fosfatados e pH da água, com exceção da espécie *Salvinia minima*, que não mostrou dependência com esses, e *Marsilea* sp. que mostrou uma dependência positiva como o pH. O resultado aqui encontrado contradiz o que foi encontrado por Bini *et al.* (1999), em um estudo na represa de Itaipu, onde havia uma maior ocorrência de espécies flutuantes (p. e. *Salvinia auriculata*) em ambientes com maior concentração de nitrogênio e fósforo. *C. thalictroides* mostrou-se dependente da concentração de oxigênio dissolvido da água e do potencial de oxido redução sendo influenciado negativamente por essas variáveis, o mesmo ocorreu para *S. minima*, mas com influência oposta.

Biudes e Camargo (2006), em estudo de biomassa de macrófitas aquáticas, concluíram que o aumento da concentração de nitrogênio total eleva a produção de biomassa de plantas emergentes. Segundo Bini *et al.* (1990) e Thomaz e Bini (2003) a concentração de nitrogênio e fósforo é um fator que influencia positivamente a ocorrência e desenvolvimento das espécies flutuantes. Esses estudos relatam possíveis correlações dessas formas de vida à concentração elevadas de nutrientes nitrogenados e corroboram os resultados aqui encontrados para *Salvinia auriculata* e *Ceratopteris thalictroides*.

Henry-Silva, Camargo e Pezzato (2008) observaram que *Salvinia molesta* apresentou uma elevada taxa de crescimento específico (0.029/dia) em ambientes com teores médios de nitrogênio total (0.20mg/l). Esse crescimento também foi observado por Benassi e Camargo (2000), em um experimento em água pobre em nitrogênio e fósforo, sendo o resultado semelhante ao constatado aqui para *Azolla filiculoides*, que esteve relacionada à ambientes com baixa concentração de nitrato.

O valor de oxigênio dissolvido pode ser influenciado por diversos fatores bióticos como excessiva proliferação de macrófitas; elevada demanda de oxigênio na respiração pelos

organismos aquáticos; aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), em consequência da morte e decomposição das plantas; redução das taxas de trocas gasosas entre o ambiente aquático e a atmosfera; a interferência na produção primária fitoplanctônica, entre outros fatores (THOMAZ & BINI, 2003). *Salvinia minima*, pode estar influenciando o oxigênio dissolvido da água de forma indireta, por sombreamento e morte de espécies flutuantes ou de forma direta, por uma elevada demanda de oxigênio pelas espécies, na proliferação. *Azolla filiculoides*, embora seja uma espécie flutuante, esteve relacionada a reservatórios com uma maior concentração de oxigênio dissolvido em comparação a *S. minima*, provavelmente por ser uma espécie de menor porte e menos espessa do que essa, facilitando a penetração de luz na água para as espécies submersas e ou por ter apresentado uma menor cobertura em comparação à *S. minima*.

A utilização do bicarbonato como fonte adicional de carbono é bastante difundida entre as macrófitas (MADSEN & MABERLY, 1991), sendo responsável pelo fornecimento de vantagem adaptativa quando a disponibilidade de CO₂ é baixa (principalmente em águas com valores mais elevados de pH) e a razão HCO₃/CO₂ é alta (SAND-JENSEN & GORDON, 1986). No nosso estudo *Marsilea* sp. esteve relacionada à ambiente com elevado valor de pH, o que reflete uma provável adaptação da espécie para a utilização de bicarbonato como fonte de carbono.

5. CONCLUSÃO

A presença de cada espécie de samambaia encontradas nesse estudo é dependente de diferente(s) variável(is) abiótica(s) apresentando na maioria das espécies flutuantes dependência negativa para o fósforo total e pH, enquanto que as espécies anfíbias apresentaram dependência à nutrientes nitrogenados e fosfatados e a emergente dependência à sólidos totais dissolvidos.

A cobertura de cada espécie de samambaias é influenciada por diferentes variáveis abióticas, sendo essas variáveis mais semelhantes entre espécies de samambaias com mesma forma de vida.

OCCURRENCE AND COVERAGE OF AQUATIC FERNS AND YOUR RELATIONS WITH THE FACTORS ABIOTIC

SUMMARY

When in overcrowding, the ferns can cause numerous ecological and economic problems, requiring the ecological knowledge of the species for making population control

measures. In this context, the objective is to establish which and how abiotic variables influence the coverage and occurrence of aquatic ferns. The study was conducted in the state of Paraíba in 20 reservoirs located in three basins and two sub-basin. In each tank worked on a part-seven transects to collect biotic and abiotic data. GLM and CCA were performed to correlate the ferns with the variables. seven species of ferns found. *Salvinia auriculata* Aubl. and *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn. They were related to environments with high concentrations of nitrate and ammonia. *Azolla filiculoides* was related to low pH, nitrate, ammonia and dissolved oxygen and *Marsilea* sp. at high pH values. The variables selected in GLM models showed greater similarity between the species of ferns with the same way of life. It is concluded that the coverage of the aquatic ferns and influenced by different environmental variables, and these variables are more similar to explain the occurrence of species with the same way of life.

Keywords: Aquatic macrophytes, Paraíba, Reservoirs.

REFERÊNCIAS

- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. Washington, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 1992.
- ARAÚJO, E. S. et al. Riqueza e diversidade de macrófitas aquáticas em mananciais da Caatinga. **Diálogos & Ciência**, v. 32, p. 229-233, 2012.
- BENASSI, R. F.; CAMARGO, A. F. M. Avaliação do processo competitivo entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* D. S. Mitchell. **Revista de Iniciação Científica**, v. 1, p. 59-66, 2000.
- BINI, L. M. et al. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 415, p. 147–154, 1999.
- BIUDES, J. F.V.; CAMARGO, A. F. M. Changes in biomass, chemical composition and nutritive value of *Spartina alterniflora*, Due to organic Pollution in the Itanhaém river basin (SP, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n.3, p. 781-789, 2006.
- BRAUN-BLANQUET, J. Fitosociologia bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid (Espanã). Ed. H. Blume ediciones, 1964.
- CAVENAGHI, A. L. et al. Caracterização da qualidade de água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do Rio Tiête. **Planta Daninha**, v. 21, p. 43-52, 2003.
- CAVENAGHI, A. L. et al. Monitoramento de problemas com plantas aquáticas e caracterização da qualidade de água e sedimento na UHE Mogi-Guaçu. **Planta Daninha**, v. 23, n. 2, p. 225-231, 2005.
- CHORUS, L; BARTRAM, J. Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management, 1999.
- ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência, 2º ed., p. 226, 1998.
- FINLAYSON, C. M. Growth of *Salvinia molesta* in lake Moondarra, Mount Isa, Australia. **Aquatic Botany**, v. 18, p. 257-262, 1984.

FIORE, M. F. Efeito da utilização de Azolla na produção de arroz irrigado. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 387-390, mar. 1984.

GALINDO, M. T.; ALMEIDA, V. P. Plantas Aquáticas de Duas Represas da Floresta Nacional de Ipanema, Iperó, SP. **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 6, n. 1, p. 102-113, 2013.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M. Growth of free-floating aquatic macrophytes in different concentrations of nutrients. **Hydrobiologia**, v. 610, p. 153–160, 2008.

HOMAZ, S. M. & BINI, L. M. **Ecologia e Manejo de Macrófitas aquáticas**. Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2003.

LEUNG, R. **Distribuição de macrófitas aquáticas em relação a variáveis ambientais em ecossistemas lóticos da Bacia do Rio Itanhaém**. 2005. (doutorado em Ciências biológicas)-Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2005.

MACKERETH, J. F. H. Water analysis: some revised methods for limnologists. **Freshwater Biological Association**, v. 36, 1978.

MADSEN, T. V; MABERLY, S. C. Diurnal variation in light and carbon limitation of photosynthesis by two species of submerged freshwater macrophyte with a differential ability to use bicarbonate. **Freshwater Biology**, v. 26, p. 175-187, 1991.

MAGALHÃES, T. L.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A. Levantamento florístico em três áreas úmidas (banhados) no Planalto de Santa Catarina, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 11, n. 3, p. 269-279, 2013.

MARTINS, D. et al. Levantamento da infestação de plantas aquáticas em porto primavera antes do enchimento final do reservatório. **Planta Daninha**, v. 27, Número Especial, p. 879-886, 2009.

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-JÚNIOR, E. G. et al. Updated checklist of aquatic macrophytes from Northern Brazil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 2, p. 111 – 132, 2015.

PERH-PB. Plano estadual de recursos hídricos: resumo executivo & atlas/ Governo do Estado da Paraíba; Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, SECTMA; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. Brasília, DF: Consórcio TC/BR – Concremat, 2006.

PIVARI, M. O. et al. Macrófitas aquáticas do sistema lacustre do Vale do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 62, n. 4, p. 759-770. 2011.

POTT, J. V.; POTT, A. **Plantas Aquáticas do Pantanal**. Corumbá, Embrapa, 404 p., 2000.
PRADO, J.; SYLVESTRE, L. Samambaias e Licófitas in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:
<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB128483>>. Acesso em: 17 mai. 2015.

R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 08 mar. 2016.

ROLON, A. S.; HOMEM, H. F.; MALTCHIK, L. Aquatic macrophytes in natural and managed wetlands of Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 2, p. 133-146, 2010.

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

SAND-JENSEN, K; GORDON, D. M. Variable HCO₃-affinity of *Elodea canadensis* Michaux in response to different HCO₃-and CO₂ concentrations during growth. **Oecologia**, v. 70, p. 426-432, 1986.

SANTOS, R. C. et al. Macrófitas aquáticas em lagos temporários no semiárido pernambucano: Riqueza, frequência e parâmetros físicos e químicos da água. **Enciclopédia biosfera**, v. 5, n. 8, p. 1-8, 2009.

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

SAYER, C. D.; DAVIDSON, T. A.; JONES, J. I. Seasonal dynamics of macrophytes and phytoplankton in shallow lakes: a eutrophication-driven pathway from plants to plankton?. **Freshwater Biology**, v. 55, p. 500–513, 2010.

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

THIERS B. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. 2015. <http://sweetgum.nybg.org/ih/>. 19 Julho de 2015.

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