



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

**Maria Carolina Tonizza Pereira**

**PLANTAS AQUÁTICAS EM LAGOAS TEMPORÁRIAS  
DO SEMIÁRIDO, NORDESTE DO BRASIL**

**RECIFE  
2017**

**Maria Carolina Tonizza Pereira**

**PLANTAS AQUÁTICAS EM LAGOAS TEMPORÁRIAS DO SEMIÁRIDO,  
NORDESTE DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de doutora em Botânica.

Orientador: Prof. Dr. Ênio Wocyli Dantas

Co-orientador (a): Lúcia Helena Piedade Kiill

**RECIFE  
2017**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

P436p      Pereira, Maria Carolina Tonizza  
              Plantas aquáticas em lagoas temporárias do semiárido, nordeste  
do Brasil / Maria Carolina Tonizza Pereira. – 2017.  
              135 f.: il.

              Orientador: Ênio Wocyli Dantas.  
              Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Recife,  
BR-PE, 2017.

              Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

              1. Plantas aquáticas 2. Biomassa 3. Fatores ambientais  
4. Banco de sementes 5. Lagoas temporárias 6. Semiárido  
I. Dantas, Ênio Wocyli, orient. II. Título

CDD 581

Maria Carolina Tonizza Pereira

**PLANTAS AQUÁTICAS EM LAGOAS TEMPORÁRIAS DO SEMIÁRIDO,  
NORDESTE DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Botânica da Universidade Federal Rural de  
Pernambuco como parte dos requisitos para  
obtenção do título de doutora em Botânica.

**Tese defendida e aprovada em: 14 /02 /2017**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

**Dr. Ênio Woclyli Dantas (Orientador e presidente)**  
Universidade Estadual da Paraíba

**Dra. Ariadne do Nascimento Moura (Titular)**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

**Dra. Bárbara França Dantas (Titular)**  
Embrapa Semiárido

**Dra. Carmen Sílvia Zickel (Titular)**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

**Dra. Patrícia Barbosa Lima (Titular)**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

**Dra. Teresa Buril (Suplente)**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

**Dra. Karine Matos Magalhães (Suplente)**  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

**RECIFE  
2017**

## DEDICATÓRIA

*Dedico esta tese aos meus filhos João e Juliana,*

Por suportarem minhas ausências e compreenderem que essa era mais uma etapa importante a ser concretizada em minha vida.

*Ofereço essa tese,*

Ao meu orientador *Ênio Dantas* pela confiança e todo o aprendizado a mim proporcionado.



“Deus é o dono de tudo. Devo a Ele a oportunidade que tive de chegar aonde cheguei. Muitas pessoas têm essa capacidade, mas não têm essa oportunidade. Ele a deu para mim, não sei por quê. Sei que não posso desperdiçá-la.”

*Ayrton Senna*

## AGRADECIMENTOS

A **Deus** e todos os **mestres ascensionados** que estiveram ao meu lado conspirando para que o bem maior acontecesse;

Ao meu orientador **Prof. Dr. Ênio Wocyli Dantas** minha eterna gratidão pela orientação segura, confiança e amizade. O prof. Ênio é um exemplo de profissional competente, inteligente, íntegro, crítico e incansável com o qual pude conviver e aprender muito tanto no aspecto profissional como no aspecto pessoal durante esses quatro longos anos. Ele será para sempre o meu eterno “orientador-amigo-exemplo” aquele a quem deverei recorrer nas minhas angústias científicas;

A minha co-orientadora **Profa. Dra. Lúcia Helena Piedade Kiill** pela co-orientação, sugestões sempre pertinentes, auxílio com o tombamento do material de herbário, confecção das exsiccatas e amizade construída durante esse período;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Botânica, pelos valiosos ensinamentos durante as disciplinas, em especial a **Profa. Ariadne do Nascimento Moura** pelas importantes sugestões, disposição em ajudar desde o início quando cheguei ao PPGB e principalmente por estar presente nas etapas mais cruciais da minha vida profissional;

Ao **Programa de Pós Graduação em Botânica** da Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo apoio concedido durante a elaboração dessa tese;

A todos os funcionários da Universidade Federal Rural de Pernambuco que sempre estiveram disponíveis na resolução dos problemas burocráticos, em especial a assistente da secretaria da Pós Graduação em Botânica **Kênia Freire** por sua presteza, sugestões, alegria e amizade;

Aos coordenadores do Curso de pós-graduação em Botânica **Profa. Dra. Carmen Silvia Zíckel**, **Prof. Dr. Reginaldo de Carvalho** e mais recentemente a **Profa. Teresa Buril** pelas orientações pertinentes;

As profas. **Dra. Karine Matos Magalhães**, **Carmen Silvia Zíckel** e **Sônia Maria Barreto Pereira** pelas contribuições valiosas na disciplina de seminário A e a **Profa. Karine Matos Magalhães** pelas importantes contribuições na disciplina de seminário B;

Aos todos os colegas da pós-graduação pelo bom convívio e importantes trocas de ideias, em especial as amigas, **Carolina Ximenes**, **Fátima Carvalho** e **Mayara Barbosa** pela amizade, conselhos, risadas e ajudas burocráticas;

A **Embrapa Semiárido** por todo auxílio concedido durante a elaboração dessa tese;

Ao coordenador do laboratório de solos da Embrapa Semiárido **Magnus Deon** por ter autorizado as análises de solo;

Ao coordenador do laboratório de água da Embrapa Semiárido **Dr. Lúcio Alberto Pereira** por ter autorizado as análises de água e pelos empréstimos de vários equipamentos de campo bem como pelas críticas construtivas no decorrer desse trabalho;

A pesquisadora da Embrapa Semiárido **Profa. Dra. Bárbara França Dantas** pelo auxílio durante o experimento do banco de sementes, pelo empréstimo do espaço físico e dos funcionários do laboratório de sementes sob sua coordenação e pela amizade construída durante esse período;

A **Profa. Dra. Vali Joana Pott** vice-curadora voluntária do herbário (CGMS) da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul pela identificação de várias espécies de plantas aquáticas;

Ao amigo, o analista **Msc. Raimundo Parente de Oliveira** da Embrapa Semiárido por todas as sugestões e troca de ideias;

Ao Magnífico Reitor da Universidade Federal do Vale do São Francisco **Prof. Dr. Julianeli Tolentino de Lima** e o vice-reitor **Prof. Dr. Télió Nobre Leite** pela concessão do meu afastamento das atividades docentes em todas as suas etapas;

Aos alunos de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Vale do São Francisco, **Nilson Maia** e **Raquel Santos** pelo auxílio nas coletas de campo, pela amizade e pelos bons momentos que vivenciamos durante toda as etapas desse trabalho;

A **Wellington Gomes Oliveira** pelo companheirismo, sugestões e compreensão nos momentos mais críticos.

*As lagoas que estudei com tanto gosto, com tanto amor e com tanto empenho, no sol escaldante desse Sertão Nordestino onde vivo, deixo aqui a certeza do dever cumprido!*

*Minha imensa gratidão a esse lugar que como dizia Rubem Alves é*

**“Infinidamente belo, insuportavelmente efêmero.”**



PEREIRA, Maria Carolina Tonizza. **Plantas aquáticas em lagoas temporárias do semiárido, Nordeste do Brasil**. 2017. 135f. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Fevereiro de 2017. Comitê de orientação: Prof. Dr. Ênio Wocylí Dantas e Dra. Lúcia Helena Piedade Kiill.

### RESUMO

Ecossistemas temporários são caracterizados por apresentarem alternância de fases hidrológicas e condições ecológicas instáveis influenciando a composição e a estrutura das comunidades de plantas aquáticas. O potencial de cada espécie em utilizar nutrientes, matéria orgânica, luz e carbono incorporando-os em sua biomassa bem como, a habilidade em aproveitar as condições ambientais favoráveis para formar um banco de sementes viáveis nos permite inferir sobre as estratégias de vida dos diferentes tipos ecológicos desses vegetais em ambientes temporários. Neste contexto, esse estudo teve dois objetivos principais elucidados em dois manuscritos: O primeiro, intitulado “*Quais os fatores físicos e químicos da água e do sedimento que influenciam a biomassa de plantas aquáticas em lagoas temporárias na região semiárida do Brasil?*” teve como objetivo principal avaliar a influência de parâmetros da água e do sedimento sobre a estrutura das comunidades de plantas aquáticas, para isso, avaliou-se a biomassa das plantas aquáticas e diversos parâmetros da água e do sedimento em 14 lagoas temporárias. O segundo, intitulado “*Composição e estrutura do banco de sementes de plantas aquáticas em lagoas temporárias do semiárido, Brasil.*” teve como objetivo principal compreender como a comunidade de plantas aquáticas se reconstrói a partir do banco de sementes no solo, para isso, um experimento com germinação de sementes foi realizado no qual se avaliou a composição florística e a densidade como um atributo da estrutura do banco de sementes formado em nove lagoas temporárias. De maneira geral, os resultados obtidos no primeiro manuscrito demonstraram que dentre os processos que estruturam a comunidade de plantas aquáticas em lagoas temporárias os parâmetros da água tiveram uma maior contribuição. Espécies abundantes como, por exemplo, *Heteranthera limosa* e *Ludwigia decurrens* apresentaram associação com pH (água), Al (sedimento), Fe (sedimento), NO<sub>3</sub> (água), turbidez (água) e O<sub>2</sub> (água). A composição florística foi similar entre as lagoas enquanto a estrutura foi dissimilar. As espécies oportunistas foram predominantes e apresentaram altos valores de densidade populacional no banco de sementes. Houve diferença entre o que foi germinado no banco de sementes e no campo.

**Palavras-chave:** ambientes lênticos, banco de sementes, biomassa, fatores ambientais, plantas aquáticas.

PEREIRA, Maria Carolina Tonizza. **Aquatic plants in temporary semiarid ponds, Northeastern Brazil**. 2017. 135f. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Fevereiro de 2017. Comitê de orientação: Prof. Dr. Ênio Woclyli Dantas e Dra. Lúcia Helena Piedade Kiill.

### ABSTRACT

Temporary ecosystems are characterized by having alternating hydrological phases and unstable ecological conditions influencing the composition and structure of aquatic plant communities. The potential of each species to use nutrients, organic matter, light and carbon incorporating them into their biomass as well as the ability to take advantage of favorable environmental conditions to form a viable seed bank allow us to infer the life strategies of different ecological types of these plants in temporary environments. In this context, this study had two main objectives elucidated in two manuscripts: The first, titled "*What factors influence the biomass of aquatic plants in temporary ponds of the semiarid region?*", aimed primarily to evaluate the influence of water and sediment parameters on the structure of aquatic macrophyte communities. For this, we assessed the biomass of aquatic plants and various parameters of water and sediment in 14 temporary ponds. The second, titled "*Composition and structure of aquatic plants seed banks in temporary ponds of semiarid Brazil*" aimed primarily to understand how the community of aquatic plants is reconstructed from the seed bank in the soil. For that, an experiment with seed germination was conducted which evaluated the floristic composition and density as an attribute of the structure of the seed banks formed in nine temporary ponds. In general, the results obtained through studies in these environments have shown that among the processes that shape the community of aquatic macrophytes in temporary ponds, water parameters contributed the most. Factors strongly associated with biomass of aquatic plants were total phosphorus (water), ammonia nitrogen (water), dissolved oxygen (water), pH (sediment), organic matter (sediment), iron (sediment) and zinc (sediment). Abundant species such as *Heteranthera limosa* and *Ludwigia decurrens* were associated with pH (water), Al (sediment), Fe (sediment), NO<sub>3</sub> (water), turbidity (water) and O<sub>2</sub> (water). The floristic composition was similar among the studied ponds whereas the structure was dissimilar. Opportunistic species were predominant and presented high values of population density in the seed bank. Most of the species that germinated in the seed bank were different from those germinated in the field.

**Key Words:** lentic environments, seed bank, biomass, environmental factors, aquatics plants.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

- Figura 1** Figura 1. Localização geográfica da área de estudo – Mapa da América do Sul, com a delimitação no mapa do Brasil e destaque da região Nordeste; Mapa da região Nordeste com destaque da região climática Bsh-Semiárida. Mapa em destaque com a localização das 14 lagoas estudadas. Siglas: LG –lagoa Grande; SM- lagoa Santa Maria; JU- lagoa Juazeiro; JUSTA- lagoa Juazeiro Santo Antônio; CAJ- lagoa do Centro de Abastecimento de Juazeiro; SS- lagoa Serra da Santa; PD- lagoa Pedrinhas; M- lagoa Mandacaru; ADAB- Agência de Defesa Agropecuária da Bahia; IF- lagoa do Instituto Federal; CP- lagoa Chico Piriquito; SB1- lagoa Sobradinho1; SB2- lagoa Sobradinho 2; SB3- lagoa Sobradinho 3..... 45
- Figura 2** Diagrama de Venn mostrando a contribuição relativa (% de explicação) da análise de correspondência canônica parcial (CCAp) das variáveis físicas e químicas da água e do sedimento em relação a estrutura das espécies de plantas aquáticas nas 14 lagoas estudadas do semiárido..... 55
- Figura 3** Gráfico de ordenação da análise de correspondência canônica: a) plantas aquáticas; as siglas em negrito são referentes as espécies mais abundantes (siglas das espécies na Tabela 3) e transectos numerados correspondentes as 14 lagoas estudadas no semiárido (1=ADAB, 2=CAJ, 3= CP, 4=IF, 5=JU, 6=JUSTA, 7=LG, 8=M, 9=PD, 10=SB1,11= SB2,12= SB3, 13= SM E 14= SS); b) variáveis físicas e químicas da água e do sedimento..... 56

### Capítulo 2

- Figura 1** Figura 1. Localização geográfica da área de estudo – Mapa da América do Sul, com a delimitação no mapa do Brasil e destaque da região Nordeste; Mapa da região Nordeste com destaque da região climática Bsh-Semiárida. Mapa em destaque com a localização das nove lagoas estudadas. Siglas: ADAB- Agência de Defesa Agropecuária da Bahia; CAJ- lagoa do Centro de Abastecimento de Juazeiro; CP- lagoa Chico Piriquito; IF- lagoa do Instituto Federal; LG –lagoa Grande; SB1- lagoa Sobradinho1; SB2- lagoa Sobradinho 2; SB3- lagoa Sobradinho 3. SM- lagoa Santa..... 72

	Maria.....	
<b>Figura 2</b>	Dendrogramas de similaridade gerado com: a) o índice de similaridade de Sørensen da composição florística e b) o índice de similaridade de Bray-Curtis da estrutura do banco de sementes de nove lagoas temporárias do semiárido brasileiro. Siglas das lagoas (tabela 1).....	84

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

<b>Tabela 1</b>	Tabela 1. Caracterização morfométrica e localização geográfica das 14 lagoas temporárias estudadas no semiárido brasileiro, estados de Pernambuco e Bahia.....	46
<b>Tabela 2</b>	Média, mínimo, máximo das variáveis físicas e químicas da água e do sedimento nas 14 lagoas estudadas do semiárido no período de cheia (dezembro/2014).....	50
<b>Tabela 3</b>	Lista das espécies e siglas correspondentes, forma biológica (Fb), ocorrência das espécies com suas respectivas biomassas (gPS/m <sup>2</sup> ) em cada uma das lagoas estudadas. Biomassa total por lagoa (g.PS/m <sup>2</sup> ), riqueza total por lagoa (S). As espécies mais abundantes estão representadas em negrito. EM= emersa; A= anfíbia; FF= flutuante fixa; FL= flutuante livre; SF= submersa fixa e SL=submersa livre.....	53
<b>Tabela 4</b>	Resumo dos coeficientes de correlação para espécies de plantas aquáticas e variáveis abióticas sobre os dois primeiros eixos da CCA para as 14 lagoas estudadas do semiárido.....	57

### Capítulo 2

<b>Tabela 1</b>	Tabela 1. Caracterização morfométrica e localização geográfica das nove lagoas temporárias estudadas no semiárido brasileiro, estados de Pernambuco e Bahia.....	73
<b>Tabela 2</b>	Lista de espécies de plantas aquáticas, formas biológicas, densidade e média (sementes germinadas/m <sup>2</sup> ), frequência de ocorrência (%), Densidade total (nº sementes germinadas/m <sup>2</sup> ), riqueza (S), diversidade de Shannon (H') e equabilidade de Pielou (J') do banco de sementes da	

comunidade de plantas aquáticas de nove lagoas do semiárido brasileiro. Legendas: Formas biológicas (Fb), submersa fixa (SF); submersa livre (SL); flutuante fixa (FF); flutuante livre (FL); anfíbia (A); emergente (E). Lagoas estudadas (vide Fig.1). (a) táxon abundante e (d) táxon dominante. 78

<b>Tabela 3</b>	Listagem de espécies de plantas aquáticas, ocorrência no campo (c) e no banco de sementes (b) e índice de similaridade de Sørensen em cada uma das nove lagoas temporárias estudadas. Os retângulos destacam a ocorrência de uma espécie tanto no campo como no banco de sementes de um mesmo ecossistema.....	81
-----------------	--	----

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA .....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>xiv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Lagoas temporárias .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Estrutura da comunidade de plantas aquáticas .....</b>	<b>20</b>
<i>2.2.1 Biomassa e fatores ambientais .....</i>	<i>20</i>
<b>2.3 Banco de sementes de plantas aquáticas .....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>29</b>
<b>3 CAPITULO I .....</b>	<b>38</b>
<b>4 CAPÍTULO II.....</b>	<b>66</b>
<b>Considerações Finais .....</b>	<b>96</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE 1– Descrição da área de estudo.....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE 2- Listagem das espécies de plantas aquáticas citadas nesta tese com seus respectivos números de tombamento nos herbários (HTSA- herbário da Embrapa Semiárido; PEUFR- herbário da UFRPE).....</b>	<b>116</b>
<b>APÊNDICE 3- Dendograma de similaridade florística entre as 14 lagoas estudadas ...</b>	<b>119</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO 1 – NORMAS DA REVISTA AQUATIC BOTANY .....</b>	<b>121</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Em regiões mundiais áridas e semiáridas é bastante comum a formação de lagoas temporárias (GRILLAS; ROCHE, 1997; MALTCHIK, 2000; WARWICK; BROCK, 2003; GRILLAS et al, 2004a, b; BAGELLA et al., 2005; BARBOUR et al., 2005; MOLINA, 2005; MÜLLER; DEIL, 2005; PIGNATTI; PIGNATTI, 2005; RUDNER, 2005; RHAZI, L., et al., 2006; ZACHARIAS et al., 2007; DELLA BELLA et al., 2008; KNEITEL; LESSIN, 2010).

De acordo com a Convenção de Ramsar (2002), lagoas temporárias são definidas como qualquer corpo d'água pequeno, raso, isolado de fontes de água permanente, que passam por um ciclo periódico de inundações e seca (RUIZ, 2008), além disso, abrigam espécies altamente adaptadas (LUKÁCS; SRAMKÓ, 2013).

O estudo em ecossistemas temporários permite o entendimento da história de vida das espécies, das dinâmicas das populações e organização das comunidades que nele habitam, além de serem sistemas propícios para estudar os conceitos ecológicos, por serem de fácil manipulação em experimentos que permitem replicações, podem abrigar vetores causadores de diversos tipos de doenças, além de contribuir para o conhecimento da biodiversidade global (BLAUSTEIN; SCHWARTZ, 2001).

No Brasil, especificamente na região semiárida do Nordeste esse tipo de ecossistema é muito comum e desempenha importantes funções tanto no aspecto social, como no aspecto ecológico (MALTCHIK, 2000) uma vez que abriga importantes comunidades incluindo as plantas aquáticas. Algumas importantes contribuições para o entendimento da dinâmica de plantas aquáticas como estruturadoras e produtoras de biomassa em ecossistemas aquáticos temporários do semiárido brasileiro foram enfatizadas por Maltchik e Pedro, (2000); Maltchik e Pedro, (2001); Maltchik et al. (2004); Tabosa, Matias e Martins (2012) e Campelo (2014).

Para que as lagoas temporárias sejam entendidas a partir de uma abordagem sistêmica, todas as fases (cheia e seca) necessitam ser estudadas (DELLA BELLA et al., 2008) . Dentre os fatores ambientais a alternância e imprevisibilidade do regime hidrológico parece ser um dos principais estruturadores das comunidades dos ecossistemas temporários, uma vez que podem alterar significativamente os parâmetros físicos e químicos da água e do sedimento durante os períodos de chuva e conseqüentemente influenciar os padrões de biodiversidade (MEDEIROS; MALTCHIK, 1999; MALTCHIK; SILVA-FILHO, 2000; MALTCHIK; MEDEIROS, 2001; PEDRO; MALTCHIK; BIANCHINI JUNIOR, 2006). Por outro lado, os períodos de seca também influenciam diretamente a estrutura dessas comunidades biológicas por serem considerados períodos desafiadores para a sua

sobrevivência. Um exemplo disso é a formação de bancos de sementes como reservas viáveis de vegetais no solo que podem durar vários anos (BASKIN; BASKIN, 2014). Nos períodos sem água as plantas aquáticas garantem a perpetuação dos seus genes a partir da formação desses bancos mantidos dormentes no solo até a próxima chuva (WARWICK; BROCK, 2003; CASANOVA, 2012).

Em função disso, desenvolveram estratégias de sobrevivência, tais como, esporos resistentes, alta produção de sementes e ciclos de vida curto (CASANOVA; BROCK, 1996; GRILLAS; ROCHE, 1997; WARWICK; BROCK, 2003; GRILLAS et al., 2004, BISSELS et al., 2005; PIGNATTI; PIGNATTI, 2005; RHAZI, M., et al., 2005).

Atualmente os estudos com bancos de sementes tem focado principalmente temas como pressão de propágulos e invasibilidade (THOMAZ; MORMUL; MICHELAN, 2015), restauração ecológica de ecossistemas (RODRIGO et al., 2013) e história pretérita do local (FAIST; FERRENBURG; COLLINGE, 2013).

Assim, estudos que visam relacionar atributos estruturais das plantas aquáticas com fatores ambientais (DELLA BELLA et al., 2007; 2008), bem como, entender as estratégias utilizadas por essa comunidade em relação à manutenção das espécies através da formação de bancos de sementes (APONTE et al., 2010), são de grande importância para entender a dinâmica desses ecossistemas na manutenção da biodiversidade regional além de servir como pré-requisito importante para os esforços de conservação desses ambientes (ZACHARIAS et al., 2007).

No presente estudo, avaliou-se a estrutura da comunidade das plantas aquáticas nessas duas situações: i) inundação pela chuva após um período de estiagem severa de mais de 3 anos, e ii) seca sucessional provocada pelo decréscimo do nível de água completando o ciclo. No manuscrito 1, foi analisado quais fatores físicos e químicos da água e do sedimento atuam na estruturação das espécies de plantas aquáticas. Para este manuscrito nossa hipótese inicial foi que fatores físicos e químicos da água e do sedimento influenciam a estruturação das plantas aquáticas em lagoas temporárias, uma vez que afetam a incorporação de biomassa pelas mesmas. No manuscrito 2 procurou-se entender como é a composição e a estrutura do banco de sementes pelas plantas aquáticas. Para esse manuscrito nossa hipótese é que apesar dos ecossistemas apresentarem composição florística similar, estes são capazes de formar bancos de sementes dissimilares, uma vez que esses ambientes possuem um banco de sementes com espécies que foram deixadas no solo em tempos distintos e que podem estar dormentes no período posterior, garantindo a reestruturação da comunidade de plantas aquáticas no ambiente.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Lagoas temporárias

Lagoas temporárias são consideradas um tipo de “zona úmida”. O termo “zona úmida” foi utilizado pela primeira vez durante a Convenção de Ramsar sobre zonas úmidas de importância internacional (RAMSAR, 1971; RAMSAR, 2013), e foram definidas como: “áreas de pântano, turfeira ou água, naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, com água parada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo água do mar cuja profundidade na maré baixa não exceda os seis metros”. O termo “temporário” é utilizado pelo fato desses ambientes passarem por um ciclo periódico de inundações e secas. Ou seja, uma fase de seca recorrente e cíclica, sendo por isso esse período “seco” caracterizado como o elemento definidor desses ambientes. Segundo Ruiz (2008), qualquer corpo d’água pode secar, no entanto, o que diferencia as lagoas permanentes das temporárias são as espécies que nelas habitam, adaptadas as condições extremas. Em uma lagoa permanente que venha a secar em algum ano excepcional levará a morte toda a sua biota, pois as mesmas não estão adaptadas à seca (WILLIAMS, 2006).

Blaustein e Schwartz (2001) apontaram quatro motivos para se estudar as lagoas temporárias: 1. há evidências que a riqueza total nesses ambientes é maior do que em águas permanentes; 2. as margens das lagoas funcionam como ecótonos com potencial de importantes processos hidrológicos, transporte de nutrientes e sucessão ou transformação do papel desempenhado pela biota. Além desses motivos, esses estudos propiciam o entendimento da história de vida das espécies, das dinâmicas das populações e organização das comunidades que nelas habitam, além de serem sistemas propícios para estudar os conceitos ecológicos, por serem de fácil manipulação em experimentos que permitem replicações (WILLIAMS, 2006).

As lagoas temporárias são encontradas em todo o mundo embora sejam mais frequentes em países que possuem regiões áridas e semiáridas (GRILLAS; ROCHE, 1997; MALTCHIK, 2000). Nesses ambientes habitam uma variedade de espécies de animais e vegetais que podem ser simples ou complexas. Devido à imprevisibilidade ecológica, essas espécies apresentam uma variedade de adaptações à perda periódica de água uma vez que a sobrevivência depende da sua tolerância fisiológica, bem como, de habilidades migratórias tais como dispersão, eficazes nos períodos mais favoráveis a reprodução (WILLIAMS, 2006).

Segundo Giudicelli e Bournaud (1997) há provas de que as variações no ambiente físico das águas temporárias causam impacto na evolução molecular e morfológica alterando

as taxas de mutação por meio da interação genótipo-ambiente. Segundo Junk (1993), ambientes com águas temporárias, são considerados locais de especiação de plantas e animais uma vez que respondem ao pulso de inundação através de adaptações morfológicas, fisiológicas, dentre outras.

Durante muitos anos as lagoas temporárias foram negligenciadas. Um dos primeiros relatos científicos sobre esse fato está descrito em um documento elaborado por países da Comunidade Européia sobre lagoas ou charcos temporários mediterrânicos, onde é explicado o porquê desses ecossistemas peculiares estarem regredindo. Segundo o documento, o principal problema está na natureza efêmera e tamanho pequeno desses ecossistemas. Sua visibilidade limitada leva a uma falta de reconhecimento dos seus valores e funções que faz com que sejam facilmente destruídos ou transformados (RUIZ, 2008), sendo considerados como áreas “desperdiçadas” que poderiam ser drenadas e convertidas em pastos ou utilizadas para a agricultura. Na realidade, as lagoas temporárias são componentes importantes da paisagem global como habitats distintos e únicos para muitas espécies endêmicas, além disso, muitas espécies atingem a sua abundância máxima nesses locais. Por outro lado, sob o ponto de vista de saúde pública essas lagoas podem ser locais de criadouros de vetores de muitos organismos causadores de doenças (WILLIAMS, 2006). Assim, esses ecossistemas estão entre os mais importantes do planeta e nas últimas décadas tem se dado uma atenção especial a essas zonas úmidas temporárias, seja pelo fato de desempenharem um importante papel ecológico, biológico e social, seja pelo desaparecimento desses ambientes em todo o mundo (NICOLET et al 2004; DEIL, 2005; WILLIAMS, 2006).

Em uma edição especial na revista *Hidrobiologia* “Ecology of European Ponds”, Della Bella et al. (2008) discutem a importância da conservação dessas lagoas. Segundo os autores, as lagoas temporárias tendem a ter uma riqueza de espécies menor quando comparadas as lagoas permanentes. No entanto, esses ambientes possuem como diferencial a presença de espécies raras e incomuns. Davies et al. (2007), observaram que a pequena escala das lagoas combinada com sua relativa elevada contribuição para a biodiversidade, oferece uma série de oportunidades de planos conservacionistas por serem mais fáceis e viáveis do que ambientes aquáticos de escalas maiores como rios e lagos. Segundo Williams (2006), isso significa que os esforços despendidos na lagoa podem ser facilmente implementados e tem a potencialidade para produzir benefícios para a biodiversidade que seria visível em um prazo relativamente curto. Além disso, devido a sua pequena escala as lagoas também podem ser facilmente criadas, pois, são rapidamente colonizadas por uma variedade de organismos podendo melhorar a biodiversidade da água doce, além, de servir como alerta precoce de

efeitos de longo prazo como, por exemplo, as mudanças climáticas sobre sistemas aquáticos maiores (WILLIAMS, 2006).

Devido à sua importante contribuição para a biodiversidade de organismos aquáticos as lagoas devem ser consideradas como um elemento estratégico de conservação. Essa lógica conservacionista só será eficaz se for baseada em um sólido conhecimento dos fatores que afetam a estrutura e diversidade das comunidades aquáticas que nelas habitam (DELLA BELLA et al., 2008). Além disso, essas lagoas são importantes, pois, representam um armazenamento significativo de água doce no planeta (RUIZ, 2008).

No Brasil áreas com clima semiárido ocorrem na região Nordeste, cuja maioria dos corpos d'água (rios, lagoas ou ipueiras, poças) é de natureza temporária. Isso ocorre porque nessa região o clima é caracterizado por balanço hídrico negativo com regime de chuvas marcado pela escassez com períodos de seca que podem se estender por sucessivos anos (MOURA et al., 2007). Contudo, as secas são previsíveis e de caráter periódico podendo ser classificadas, segundo Leck (2003), como secas sazonais. Porém, a intensidade das secas em regiões semiáridas pode variar entre os anos devido às variações climáticas (ACUÑA et al., 2005).

A caracterização física das lagoas temporárias do semiárido mostra que as mesmas são isoladas, sem vegetação marginal e cercadas apenas por areia (CAMPELO, 2014). Quanto à morfometria, a altura da coluna de água na maioria das lagoas temporárias depende da quantidade de água pluvial que conseguem acumular e geralmente não excede os quarenta centímetros de profundidade. O período de inundação por sua vez, pode ter uma breve durabilidade secando completamente dentro de três semanas (CAMPELO, 2014). Durante a estiagem a infiltração, a evaporação e o uso secam as lagoas caracterizando-as como temporárias ou intermitentes (TOMAS et al., 2009).

No Brasil as lagoas temporárias são mais numerosas nos estados da Bahia, Ceará e Pernambuco (MALTCHIK, 2000) e desempenham importantes funções, que incluem tanto o aspecto social, servindo de recursos para as atividades de subsistência, quanto o aspecto ecológico, abrigando e estabilizando importantes comunidades biológicas (MALTCHIK, 2000) locais ou circunvizinhas (CAMPELO, 2014).

Apesar da importância desses ecossistemas existem poucos estudos sobre sua dinâmica, a consequência disso é que com poucas informações, torna-se difícil proteger, conservar e gerir esses ambientes. Segundo Maltchik e Medeiros (2006), esses habitats estão em constante ameaça devido às mudanças históricas nas condições climáticas regionais, causada pela antropização que vem intensificando a aridez.

Em alguns lugares do Brasil como no Pantanal e na Amazônia as lagoas temporárias, podem ser formadas de modo natural ou podem ser resultante de modificações antrópicas na paisagem formadas durante a retirada de material particulado para uso na construção civil. As depressões no solo resultantes da retirada desse material são geralmente de pouca profundidade, e no período de chuvas acumulam água e formam pequenas lagoas ao lado das margens da estrada (TOMAS et al., 2009).

Apesar de ser comum a formação desses ambientes aquáticos nessa região, uma parte da sua biodiversidade é composta por uma flora aquática, ainda pouco estudada que constituem um dos principais componentes estruturais desses ecossistemas. Essa flora aquática compreende as formas macroscópicas de vegetação aquática, incluindo: macroalgas, musgos, espécies de samambaias e licófitas adaptadas ao ambiente aquático e as angiospermas, originárias do ambiente terrestre com adaptações para a vida na água.

## **2.2 Estrutura da comunidade de plantas aquáticas**

### *2.2.1 Biomassa e fatores ambientais*

A comunidade de plantas aquáticas desempenha um papel muito importante para a estrutura e funcionamento dos ecossistemas, especialmente em ambientes rasos e com amplas regiões litorâneas (CAMARGO; ESTEVES, 1995). Quando em abundância as plantas aquáticas participam do ciclo do carbono, uma vez que são capazes de produzir uma grande quantidade de biomassa a partir da matéria orgânica acumulada pela fotossíntese (CARR; DUTHIE; TAYLOR, 1997), além da capacidade de acumular poluentes, como por exemplo, metais pesados, e incorporá-los na sua biomassa, desempenhando um papel de filtro nos corpos d'água (GUDKOV et al., 2002).

No Brasil há vários trabalhos que abordam a biomassa e a produtividade primária de plantas aquáticas realizados tanto em ambientes naturais (POMPÊO; HENRY; MOSCHINI-CARLOS, 2001; CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003; SANTOS; ESTEVES, 2002, 2004; CAMARGO et al., 2006; BIUDES; CAMARGO, 2006, 2008) como em laboratórios sob condições controladas (RUBIM; CAMARGO, 2001; PISTORI; CAMARGO; HENRY-SILVA, 2004; PIERINI; THOMAZ, 2004; PALMA-SILVA; ALBERTONI; ESTEVES, 2005; THOMAZ et al., 2006; THOMAZ et al., 2007; HENRY-SILVA; CAMARGO; PEZZATO, 2008). No entanto, na região Nordeste há apenas dois trabalhos citados na literatura que discutem sobre a biomassa de plantas aquáticas (NASCIMENTO, 2002; PEREIRA et al., 2008) ambos realizados em reservatórios.

Em lagoas temporárias, vários estudos mostram que a alternância de fases hidrológicas a que estão submetidas tais habitats bem como a concentração de macro e micro nutrientes na água e no sedimento, luz, temperatura e pH, irão favorecer o crescimento das diferentes formas biológicas das espécies a partir da incorporação de biomassa causando modificações na estrutura e na composição florística da comunidade de plantas aquáticas desses ambientes (CASANOVA; BROCK 2000; VAN DER VALK, 2005; MALTCHIK et al., 2005; LACOUL; FREEDMAN 2006; MALTCHIK; ROLON; SCHOTT, 2007; BOIX et al., 2007; DELLA BELLA et al., 2007, DELLA BELLA et al., 2008).

As variações hidrológicas em lagoas temporárias funcionam como um efeito perturbador e pode interferir tanto na diversidade das espécies contribuindo com o aumento da diversidade de plantas aquáticas a partir do momento em que há aumento de habitats diferentes disponíveis ora favorecendo uma espécie ora favorecendo outra (WILLIAMS, 2006), como na incorporação de biomassa para menos, quando as variações no nível de água não são significativas (CAMARGO; ESTEVES 1995) ou para mais, quando as regiões estão sujeitas a inundações periódicas (NEIFF, 1978; ESTEVES, 2011).

As diferentes formas de vida das plantas aquáticas também parecem ser influenciadas de maneiras diferentes pelas variações hidrológicas, sendo o período de seca o fator mais decisivo para a sobrevivência das espécies. No entanto, o período de cheia ou de encharcamento é considerado igualmente importante. Isso por que, cada espécie apresenta um tempo de germinação, floração e maturação de sementes características e podem desenvolver condições fisiológicas capazes de tolerar a inundação. Algumas espécies toleram a inundação, mas não prosperam sob longos períodos de submersão. Algumas formas de vida como as plantas aquáticas submersas são capazes de germinar e crescer debaixo d'água, mas exigem um considerável período sem água (WILLIAMS, 2006).

Segundo Thomaz (2005), as macrófitas submersas no Reservatório de Itaipu-PR, apresentaram diminuição na sua biomassa quando o nível da água diminuiu. Santos e Esteves (2004), avaliando o nível de água em *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roem. na lagoa Cabiúnas em Macaé-RJ, Brasil, concluíram que houve redução no tamanho da população da espécie, devido a diminuição do nível da água. A flutuação no nível da água, provavelmente representa uma pressão seletiva e auxilia a manter a diversidade de espécies (THOMAZ et al., 2009).

Moura-Júnior et al. (2016) avaliaram o grau de contribuição das variáveis limnológicas para explicar processos envolvendo macrófitas aquáticas após um evento de elevação do nível da água localizada no Nordeste do Brasil e concluíram que as variáveis

limnológicas indicadas não podem ser considerados preditores diretos de mudanças na riqueza de espécies e na composição florística. Assim, segundo os autores há uma correlação indireta entre as alterações limnológicas e a estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas sendo as interações interespecíficas os fatores determinantes na estruturação.

Zedler (2003) afirma que a distribuição de água parada no tempo e no espaço é o fator mais importante que influencia as plantas aquáticas de lagoas temporárias. O estresse físico da inundação é a principal causa das assembleias distintas das espécies aquáticas, mas a umidade do solo pode ser importante também. O estresse da flutuação do nível da água afeta diferentemente as plantas semiemergentes. De fato, Gentelini et al. (2008) em um trabalho experimental realizaram o cálculo da biomassa de dois tipos de plantas aquáticas: *Eichhornia crassipes* (Mart.) (flutuante) e *Egeria densa* (Planch.) (submersa) utilizando o tempo de detenção hidráulica para tentar calcular com maior precisão. No estudo, os autores observaram que a biomassa das plantas, nas duas espécies estudadas variou de acordo com o tempo de detenção hidráulica. No entanto, foi possível observar que a espécie flutuante apresentou maior capacidade de produção de biomassa se comparada com a espécie submersa.

Moura-Junior et al. (2010) estudaram a macroflora aquática do Reservatório de Sobradinho-BA em um trecho do sub-médio do Rio São Francisco e concluíram que a macroflora aquática, bem como, a diversidade de formas biológicas, apresentaram-se bastante diversificada, isso ocorreu devido a bacia do Rio São Francisco apresentar alta heterogeneidade de ecossistemas aquáticos e condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento de uma flora aquática de elevada riqueza. A espécie *Egeria densa* foi uma espécie invasora de ampla ocorrência no reservatório, no entanto, apesar da ocorrência de espécies invasoras no Reservatório de Sobradinho, não se evidenciou superpopulações desses táxons.

Steffenhagen et al. (2012) estudaram a biomassa e o estoque de nutrientes das macrófitas *Ceratophyllum demersum* L. (submersa) e *Lemna minor* L. e *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. (flutuantes) em lagos rasos formados por pântanos reumedecidos degradados na bacia do rio Peene, na Alemanha. Os autores acreditam que estas plantas aquáticas influenciam significativamente as condições de trofia dos corpos d'água superficiais desses pântanos durante o período vegetativo. Eles encontraram como resultado que *Ceratophyllum demersum* obteve a maior produção de biomassa (0,86 - 1,19 toneladas de peso seco/ha<sup>-1</sup>) quando comparado às outras duas espécies (0,64 - 0,71 toneladas de peso seco/ha<sup>-1</sup>). O estoque de nutrientes de macrófitas submersas variaram entre 28-44 kg N/ha<sup>-1</sup> e 8-12 kg P/ha<sup>-1</sup> e das macrófitas flutuantes entre 14-19 kg N/ha<sup>-1</sup> e 4-5 kg P/ha<sup>-1</sup>. Eles registraram um estoque

N e P da biomassa das plantas aquáticas estudadas oito vezes maiores do que a quantidade desses nutrientes na água. Ambas as plantas submersas e flutuantes acumularam quantidades substanciais de nutrientes dissolvidos que são liberados no processo de decomposição. O papel de bombeador de fósforo pelas plantas aquáticas está ligado diretamente à capacidade de manutenção temporal deste fósforo na biomassa viva e nos detritos, já que a decomposição libera os nutrientes para a coluna d'água (STEFFENHAGEN et al., 2012).

Coxon (1987) afirma que a profundidade das inundações foi fundamental no desenvolvimento da vegetação em lagoas temporárias calcáreas carboníferas irlandesas. A vegetação terrestre tornou-se cada vez mais dominada por plantas de pântanos quando a profundidade aumentava para cerca de 3 metros. Alguns dos lagos mais profundos e os de profundidade variável devido a oscilações tinham hidroperíodo curto e era dominado por espécies ruderais de terra mais seca.

Apesar da fundamental influência da inundação na estrutura da comunidade, a competição também é um fator importante. A maioria das espécies de ambientes temporários é restrita a extremidade superior (mais seca) do que ao gradiente de duração-elevação da água pela competição com espécies que são melhores em explorar condições mais secas na extremidade inferior (mais úmida). Assim, espécies morfologicamente e fisiologicamente mais tolerantes a inundação são, provavelmente, melhores competidoras (ZEDLER, 2003).

As mudanças sazonais no fotoperíodo e na radiação solar incidente, que tem relação significativa com a temperatura da água, também podem influenciar na incorporação de biomassa pelas macrófitas. Weirich et al. (2009) realizaram um estudo da biomassa e do comportamento sazonal das plantas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*) durante os períodos de inverno e verão. Os autores comprovaram que *E. crassipes* apresentou grande capacidade de produção de biomassa em ambos os períodos, no entanto, seu desenvolvimento foi melhor entre as temperaturas de 25 °C a 31 °C, tendo apresentado no final do dia o desenvolvimento de biomassa final de 134,00 g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> no período do verão contra 106,00 g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> no período do inverno. Isso mostra que essa espécie possui um grande potencial de incorporar nutrientes em sua biomassa e por isso é uma das plantas mais produtivas no mundo, representado assim problemas em regiões tropicais e sub-tropicais.

As espécies emersas também apresentam um grande acúmulo de biomassa tanto em ambientes aquáticos de clima temperado como em clima tropical. Os altos valores de biomassa dessas plantas representam uma importante fonte de matéria orgânica. Fatores como temperatura do ar e da água bem como estresse hídrico interferiram no crescimento e acúmulo de biomassa de *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth. e *Scirpus cubensis* Poepp. & Kunth. na

Lagoa do Infernãõ-SP. Os autores enfatizaram que além dos processos gerados pelos fatores abióticos, os bióticos foram igualmente importantes. Dentre esses estão a estratégia de crescimento e a competição entre as duas espécies (NOGUEIRA; ESTEVES; PRAST, 1996).

Bini et al. (1999) verificaram que o pH, a concentração de fósforo na água e no sedimento e a disponibilidade de luz foram os principais fatores que afetaram a distribuição de plantas aquáticas no reservatório de Itaipu (PR). Nesse estudo, a distribuição das espécies *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia auriculata* estiveram fortemente associada com locais de maior concentração de nutrientes. Eles concluíram que as espécies flutuantes estão associadas a ambientes mais eutróficos enquanto espécies submersas estão associadas a ambientes mais oligotróficos e com baixa turbidez. Além disso, a acumulação de biomassa também esteve relacionada com as características do sedimento dos corpos d'água.

Linhart e Grant (1996) pontuaram que os solos são fortes agentes de seleção em espécies com ciclo de vida curto. Assim, lagoas localizadas em regiões onde o solo apresenta diferentes tipos de minerais e variações nos valores de pH seriam mais susceptíveis a diferenciação genética de várias espécies do que ambientes mais estáveis com pouca ou nenhuma variação nas características do solo. Gafny e Gaisith (1999) demonstraram que no Lago Kinneret (Israel) a ocorrência de macrófitas eram esporádicas devido a flutuações do nível de água, mas que mesmo assim, as espécies se localizavam exatamente nos mesmos lugares e que eram altamente dependentes da estrutura dos sedimentos. Sedimentos que apresentam uma textura mais fina podem ser importantes na determinação de macrófitas submersas, enquanto substratos de textura mais grossa pode predispor as macrófitas ao desenraizamento e a morte (LI et al., 2012).

As concentrações de substâncias em lagoas temporárias variam mais que em lagoas permanente devido há três processos que tais lagoas estão submetidas: cheia, vazante e seca. Segundo Cole (1968), a condutividade elétrica aumenta cerca de quatro vezes devido à evaporação em lagoas temporárias de regiões áridas e semiáridas. A perda de íons cálcio é acompanhada pelo aumento dos íons sódio e magnésio. Cálcio irá formar carbonato de cálcio, em seguida sulfato de cálcio que irá precipitar no sedimento.

Segundo Williams (2006), a temperatura da água e a turbidez estão intimamente relacionadas e afetam a estrutura da comunidade de plantas aquáticas do local. A ação dos ventos provoca inversões de temperatura, além de movimentarem a água e o sedimento do fundo aumentando a turbidez. A baixa turbidez por sua vez, leva a uma temperatura mais uniforme e a turbidez alta leva a uma maior absorção de calor na superfície.



As variáveis  $O_2$  e  $CO_2$  também são importantes uma vez que ambas flutuam diurnamente como resultado da fotossíntese e respiração. O pico do  $O_2$  ocorre assim que escurece quando termina a fotossíntese caindo gradualmente devido à respiração durante a noite. Com a decomposição, há uma depleção do  $O_2$  e aumento do  $CO_2$  livre (WILLIAMS, 2006). Podrabsky et al (1998) mediu 256% de saturação de oxigênio em meados da tarde e 2% entre 9 e 10 da manhã em poças de água de chuva na Venezuela. Com a depleção do  $O_2$  há o aumento do pH. Com muito material em suspensão, restringe a fotossíntese em camadas superiores e em lagoas com certa profundidade podendo levar a estratificação do pH,  $O_2$  e  $CO_2$ . Se houver diminuição da profundidade com o período seco, isso poderá levar a uma maior incidência de luz favorecendo uma maior produção primária, que irá alterar a concentração de gases dissolvidos na água (WILLIAMS, 2006).

Em alguns ecossistemas aquáticos temporários os níveis de  $O_2$  esgotam-se logo após a inundação. A atividade microbiana é renovada, remove o  $O_2$  criando um potencial redox no sedimento (SPOSITO, 1989). Em um estudo das propriedades físicas e químicas de quatro lagoas temporárias no sul de Ontário, Magnusson e Williams (2006) concluíram que em geral  $O_2$ , pH, turbidez e nutrientes (nitratos, amônia, P-total dissolvidos) mostraram grandes flutuações sazonais entre as lagoas e entre os anos, no entanto, foram mais estáveis nas lagoas que tinham hidroperíodos maiores.

Portanto, as características físicas e químicas interferem fortemente na comunidade de plantas aquáticas durante a fase de cheia. É nessa fase que ocorre a incorporação de nutrientes, carbono e matéria orgânica em sua biomassa para que então se estabeleçam nas lagoas temporárias.

### **2.3 Banco de sementes de plantas aquáticas**

Antes da estação seca e enquanto o período está favorável, as plantas aquáticas produzem diásporos e sementes ajustando seu período de reprodução de acordo com os episódios de chuvas. Esta condição favorece plantas anuais, tanto no período seco como no período de cheia (RUIZ, 2008). Depois disso, na fase seca as várias espécies enfrentam o período de condições climáticas desfavoráveis, no entanto, como houve uma construção de banco de sementes, as espécies geralmente são preservadas o que mantém a diversidade (APONTE et al., 2010).

O termo “banco de sementes” do solo refere-se a uma reserva de sementes de plantas viáveis presentes no solo em estado de latência (BASKIN; BASKIN, 2014). Essas sementes

chegam até o solo através da chuva de sementes e somente deverão germinar e se estabelecer como plântula se as condições forem favoráveis (BEKKER et al., 1998). No entanto, se as condições impostas pelo meio não forem adequadas a sua sobrevivência ou a própria espécie apresentar algum tipo de dormência nata, elas serão incorporadas ao banco e ficarão dormentes por muito tempo (BEKKER et al., 1998). A dormência das sementes de plantas aquáticas nesses ambientes é comum. A função da “dormência” em sementes é uma adaptação importante para evitar a germinação antes ou durante condições ambientais desfavoráveis (BASKIN; BASKIN, 2014). As sementes podem também se apresentar de dois tipos: 1. como sementes transiente e 2. como semente persistente. As sementes transientes germinam após um ano de sua dispersão e pode não se tornar viável no início do próximo crescimento, já as sementes persistentes permanecem viáveis por mais de um ano (THOMPSON et al., 1998; BASKIN; BASKIN, 2014).

Uma condição importante em ambientes terrestres é que as sementes geralmente estão próximas à planta mãe. Em ambientes aquáticos, a probabilidade de isso ocorrer diminui uma vez que a água funciona como um fator dispersor. A dispersão de sementes em ambientes lênticos, geralmente, é guiada pelo vento ou por animais e não há conectividade com outros corpos d'água (WILLIAMS, 2006).

Em ambientes aquáticos fatores como flutuabilidade de sementes e a capacidade de liberar fragmentos vegetativos são importantes para as espécies de macrófitas e ocorrem com frequência (BOEDELTE et al., 2003). As sementes podem flutuar e dependendo da espécie cada uma apresenta uma capacidade de liberar fragmentos vegetativos. Thomaz, Mormul e Michelan (2015) comentam que propágulos como, por exemplo, fragmentos de plantas aquáticas, podem ser extremamente resistentes à seca e são capazes de se estabelecer após distúrbios hidrológicos ficando, no caso de rios, depositados nas margens. Segundo Michelan et al. (2010), fragmentos oriundos de uma espécie africana de Poaceae coletados num reservatório brasileiro ainda eram capazes de regenerar novas plantas após 17 dias de dessecação.

Segundo van der Valk (2005), as fontes naturais de propágulos podem ser de origem endógena ou exógena (levadas pela água, animais aquáticos ou vento). O estabelecimento de espécies em um determinado local, bem como, sua composição e estrutura, irá depender da fonte de propágulos daquele local. Se o banco de propágulos já estava lá ou foi formado a partir de uma fonte de propágulos mais próxima. Assim, são as fontes de propágulos endógenos que irão determinar a composição das espécies de um determinado local (MERRITT; NILSSON; JANSSON, 2010). Além disso, fatores ambientais, como hidrologia,

estado trófico do ambiente, composição do sedimento foram reconhecidos como sendo importantes fatores que podem influenciar a composição do banco de sementes (NILSSON et al., 1991, MERRITT; WOHL, 2002).

Bao et al. (2014) estudaram a similaridade de espécies de bancos de sementes do solo de dois tipos de áreas alagáveis que sofrem variações hidrológicas (pastagens nativas e cultivadas) no Pantanal Mato-Grossense cujo objetivo foi analisar o efeito da inundação, época (chuva e seca) e invasão de espécies, em ambas as pastagens (nativas e cultivadas) que sofreram influência da inundação. Os resultados mostraram que a similaridade do campo e do banco de sementes foi maior na estação chuvosa. O banco de sementes do solo não foi dominado por espécies invasoras exóticas. Os autores atribuiram esse fato a a o das inundações como um filtro ecológico que dificultaria o restabelecimento dessas espécies.

Em rela o ao estado tr fico, um estudo no rio poluído Nanfeihe, na China, os pesquisadores observaram que o enriquecimento de nitrogênio definitivamente levou a uma queda da riqueza de espécies e diversidade, que sugeriu que a polui o por nitrogênio em sedimentos pode ser um dos principais fatores que determinam a distribui o e a degrada o da vegeta o naquele rio. Há estudos que mostram que a polui o no sedimento e as perturba es antrópicas influenciam o processo de revegeta o a partir do banco de sementes (LI et al., 2012, CASANOVA et al., 2012 BAKKER et al., 2013; RODRIGO et al., 2013; OUDOT-CANAFF et al., 2013; CUI et al., 2013). Muitos países tem usado o potencial do banco de sementes com o intuito de restaurar ambientes degradados, como no trabalho realizado em três rios de diferentes estados tr ficos na bacia de Chaohu na China (CUI et al., 2013).

Segundo Robertson e Hickman (2012), as altera es no ambiente propiciam o desenvolvimento de plantas invasoras e essas plantas podem alterar a composi o florística bem como a abundância de espécies de plantas no banco de sementes. OUDOT-CANAFF et al. (2013) relatam que há diminui o de espécies nativas no banco de sementes de ambientes tomados por espécies invasoras. Como essas espécies produzem densos e persistentes bancos de sementes,   medida que as plantas invasoras tornam-se dominantes a tendência   de que haja uma perda significativa da densidade e diversidade do banco de sementes de espécies nativas naquele local, dificultando os esforços de restaura o (OUDOT-CANAFF et al., 2013).

Nos casos de regiões de clima  rido e semiárido, outros fatores também podem interferir no banco de sementes. Eventos de seca, por exemplo, podem atuar diminuindo a riqueza das espécies do banco de sementes formado pelas plantas aquáticas. De fato,

Casanova e Brock (2000), em um trabalho experimental com amostras de sedimentos de seis locais em cinco zonas úmidas temporárias australianas submetidas a diferentes variações hidrológicas, examinaram o banco de sementes e constataram que das sementes que ficaram mais de três anos armazenadas a seco 90% das espécies originais do banco de sementes germinaram, depois de seis anos 75% e após 12 anos 20%. Depois de sete anos submetidas aos eventos sucessivos de “umedecimento” e “secagem” 48% das espécies originais ainda germinaram. O tempo médio de sobrevivência das espécies do banco de sementes na seca foi de 7,4 anos.

A duração do período seco pode ser dividido entre sazonal, anual e maior que o anual, mas cíclico (WILLIAMS, 2006). A intensidade da seca é importante porque dois habitats que permanecem secos por 4 meses do ano podem ter diferentes capacidades de retenção de umidade em seus substratos permitindo a sobrevivência de espécies significativamente diferentes (WILLIAMS, 2006).

Informações sobre bancos de sementes têm sido utilizadas em estudos de evolução e sucessão de espécies vegetais, desde Darwin (1859), com o intuito de se determinar quais as espécies armazenadas nos bancos de sementes no solo de lagoas e o potencial dessas sementes para o recrutamento de plantas (ABELLA; CHIQUOINE; VANIER, 2013).

Atualmente, os estudos com bancos de sementes têm focado principalmente a pressão de propágulos e invasibilidade e seus impactos ecológicos em ecossistemas de água doces tropicais (THOMAZ; MORMUL; MICHELAN, 2015), reserva de diversidade genética (TEMPLETON; LEVIN, 1979), restabelecimento da vegetação após os episódios de distúrbios (SIMPSON; LECK; PARKER, 1989; CROSSLÉ; BROCK, 2002) composição e estrutura da vegetação pretérita (CROSSLÉ e BROCK, 2002; LU et al, 2012; FAIST; FERRENBURG; COLLINGE, 2013) a partir da memória genética (MANDÁK et al., 2012; OUDOT-CANAFF et al., 2013), além de auxiliar projetos de restauração de ecossistemas (LU et al., 2012; BAKKER et al., 2013; RODRIGO et al., 2013; OUDOT-CANAFF et al., 2013).

O estudo desses ecossistemas temporários e da comunidade macrofítica é sem dúvida relevante para possibilitar a preservação desses ambientes e promover a manutenção da biodiversidade regional. O banco de sementes pode possibilitar o retorno de diversas espécies, sendo melhor preditor que as condições hidrológicas e sedimentológicas locais. É importante identificar a partir do banco de sementes quais espécies possuem alto valor de conservação e onde ocorrem para que estes corpos d'água sejam restaurados restabelecendo a biodiversidade local e regional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELLA, S. R.; L. P. CHIQUOINE; C. H. VANIER. Characterizing soil seed banks and relationships to plant communities. **Plant Ecology**, v.214, p.703–715, 2013.
- ACUÑA, V. et al. Drought and postdrought recovery cycles in an intermittent Mediterranean stream: structural and functional aspects. **Journal of the North American Benthological Society**, Chicago, v. 24, n. 4, p.919-933, 2005.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p.711-728, dez. 2013.
- ALVES, J. J. A. Geocologia da caatinga no semiárido do Nordeste brasileiro. **CLIMEP: Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 1, p.58-71, jan/jun. 2007.
- ALVES, J. J. A. et al. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 22, n. 3, p.126-135, jul/set. 2009.
- APONTE, C. et al. Characteristics of the soil seed bank in Mediterranean temporary ponds and its role in ecosystem dynamics. **Wetlands Ecology And Management**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.243-253, jun. 2010.
- ARAÚJO, E. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Composição florística e fitossociológica de três áreas de caatinga de Pernambuco. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 55, n. 4, p.595-607, nov. 1995.
- BAGELLA, S. et al. 2005. Ricchezza floristica e diversità degli habitat umidi temporanei nella Sardegna nord-occidentale. **Informatore botanico italiano**, Sássari, v. 37 n. 1, p.112-113, 2005
- BAO, F. et al. Soil seed bank of floodable native and cultivated grassland in the Pantanal wetland: effects of flood gradient, season and species invasion. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 37, n. 3, p.239-250, jun. 2014.
- BARBOUR, M. G. et al. Vernal pool vegetation of California: communities of long-inundated deep habitats. **Phytocoenologia**, Stuttgart, v. 35, n. 2, p.177-200, ago. 2005.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2014.
- BEKKER, R. M. et al. Seed size, shape and vertical distribution in the soil: indicators of seed longevity. **Functional Ecology**, London, v. 12, n. 5, p.834-842, out. 1998.
- BAKKER, E. S. et al., Restoring macrophyte diversity in shallow temperate lakes: biotic versus abiotic constraints. **Hydrobiologia**, v. 710, p.23-37, 2013.
- BINI, L. M. et al. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 415, p.147-154, 1999.
- BISSELS, S. et al. Ephemeral wetland vegetation in irregularly flooded arable fields along the northern Upper Rhine: the importance of persistent seedbanks. **Phytocoenologia**, Stuttgart, v. 35, n. 2, p.469-488, 26 ago. 2005.

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**, São Carlos, v. 66, n. 3, p.781-789, ago. 2006.

BIUDES, J. F. V.; CAMARGO, A. F. M. Estudo dos fatores limitantes à produção primária por plantas aquáticas no Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 01, p.7-19, ago. 2008.

BLAUSTEIN, L.; SCHWARTZ, S.S., 2001. Why study ecology in temporary pools? **Israel Journal of Zoology**, [s.l.], v. 47, 303-312, set. 2001

BOEDELTEJE, G.; BAKKER, J. P.; Ter. HEERDT, G. N. J. Potential role of propagule banks in the development of aquatic vegetation in backwaters along navigation canals. **Aquatic Botany**, [s.l.], v. 77, n. 1, p.53-69, set. 2003.

BOIX, D. et al. Patterns of composition and species richness of crustaceans and aquatic insects along environmental gradients in Mediterranean water bodies. **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 597, n. 1, p.53-69, 25 dez. 2007.

CAMARGO, A. F. M.; ESTEVES, F. A. Biomass and productivity of aquatic macrophytes in Brazilian lacustrine ecosystems. In: TUNDISI, J.G., BICUDO, C.E.M., MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnology in Brazil**. São Paulo: ABC/SBL, 1995. p. 137-149.

CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: Eduem, 2003. p. 59-83.

CAMARGO, A. F. M. et al. Primary production of *Utricularia foliosa* L., *Egeria densa* Planchon and *Cabomba furcata* Schult & Schult.f from rivers of the coastal plain of the State of São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 570, n. 1, p.35-39, out. 2006.

CAMPELO, M. J. A. Richness of the aquatic macrophytes in the temporary lagoons in the semiarid of northeastern Brazil. **International Journal of Research In Earth & Environmental Science**, Islamabad, v. 2, n. 7, p.1-11. 2014.

CARR, G. M.; DUTHIE, H. C.; TAYLOR, W. D. Models of aquatic plant productivity: a review of the factors that influence growth. **Aquatic Botany**, [s.l.], v. 59, n. 3-4, p.195-215, dez. 1997.

CASANOVA, M. T.; BROCK, M. A. Can oospore germination patterns explain charophyte distribution in permanent and temporary wetlands? **Aquatic Botany**, [s.l.], v. 54, n. 4, p.297-312, ago. 1996.

CASANOVA, M. T.; BROCK, M. A. How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities? **Plant Ecology**, [s.l.], v. 147, n. 2, p.237-250, abr. 2000.

CASANOVA, M. T. Does cereal crop agriculture in dry swamps damage aquatic plant communities? **Aquatic Botany**, [s.l.], v. 103, p.54-59, out. 2012.

COLE, G. A. Desert limnology. In BROWN, G. W. (ed.). **Desert Biology**. New York: Academic Press, 1968. p. 423-486.

COXON, C. E. An examination of the characteristics of turloughs, using multivariate statistical techniques. **Irish Geography**, [s.l.], v. 20, n. 1, p.24-42, 1987.

CROSSLÉ, K.; BROCK, M. A. How do water regime and clipping influence wetland plant establishment from seed banks and subsequent reproduction? **Aquatic Botany**, [s.l.], v. 74, n. 1, p.43-56, set. 2002.

CUI, N. et al. A field study on seed bank and its potential applications in vegetation restoration of a polluted urban river in China. **Ecological Engineering**, [s.l.], v. 60, p.37-44, nov. 2013.

DARWIN, C. **On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life**. London: John Murray, 1859.

DAVIES, B. R. et al. A comparison of the catchment sizes of rivers, streams, ponds, ditches and lakes: implications for protecting aquatic biodiversity in an agricultural landscape. **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 597, n. 1, p.7-17, dez. 2007.

DEIL, U. A review on habitats, plant traits and vegetation of ephemeral wetlands – a global perspective. **Phytocoenologia**, [s.l.], v. 35, n. 2, p.533-706, ago. 2005.

DELLA BELLA, V.; BAZZANTI, M., DOWGIALLO, M. G., IBERITE, M. Macrophyte diversity and physico-chemical characteristics of Tyrrhenian coast ponds in central Italy: implications for conservation. Ecology of European Ponds. **Hydrobiologia** v. 597, n.1, p.85-95, 2007

DELLA BELLA, V. et al. Macrophyte diversity and physico-chemical characteristics of Tyrrhenian coast ponds in central Italy: implications for conservation. **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 597, n. 1, p.85-95, 2008.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FAIST, A. M.; FERRENBURG, S.; COLLINGE, S. K. Banking on the past: seed banks as a reservoir for rare and native species in restored vernal pools. **Aob Plants**, [s.l.], v. 5, p.1-11, set. 2013.

GAFNY, S.; GASITH, A. Spatially and temporally sporadic appearance of macrophytes in the littoral zone of Lake Kinneret, Israel: taking advantage of a window of opportunity. **Aquatic Botany**, [s.l.], v. 62, n. 4, p.249-267, jan. 1999.

GENTELINI, A. L. et al. Produção de biomassa das macrófitas aquáticas *Eichhornia crassipes* (Aguapé) e *Egeria densa* (Egeria) em sistema de tratamento de efluente de piscicultura orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p.441-448, abr./jun. 2008.

GIUDICELLI, J.; BOURNAUD, M. Invertebrate biodiversity in land–inland water ecotonal habitats. LACHAVANNE, J.-B.; JUGE, R. (Ed.). **Biodiversity in Land–Inland Water Ecotones**. Man and the Biosphere Series, v.18. Nashville: Parthenon Publishing Group, 1997. p.143-160.

GRILLAS, P; ROCHÉ, J. **Vegetation of temporary marshes**. Ecology and Management. Arles: Station biologique de la Tour du Valat, 1997.

GRILLAS, P. et al. (eds). **Mediterranean temporary pools**. v. 1. Issues relating to conservation, functioning and management. Arles: Station biologique de la Tour du Valat, 2004a.

- GRILLAS, P. et al. (eds). **Mediterranean temporary pools**. v. 2. Issues relating to conservation, functioning and management. Arles: Station biologique de la Tour du Valat, 2004b.
- GUDKOV, D. I. et al. Radionuclides  $90^{\text{Sr}}$ ,  $137^{\text{Cs}}$ ,  $238^{\text{Pu}}$ ,  $239+240^{\text{Pu}}$  and  $241^{\text{Am}}$  in macrophytes of Krasnensky floodplane: species-specificity of concentration and distribution in phytocenosis components. **Radiation Biology Radioecology**, [s.l.], v. 42, n. 4. p.419-428, Jul-Ago. 2002.
- HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M. Growth of free-floating aquatic macrophytes in different concentrations of nutrients. **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 610, n. 1, p.153-160, jun. 2008.
- JUNK, W. J. Wetlands of tropical South America. In: HIGHAM, D.; HEJNY, S.; SYKYJOVA, D. (Eds) Wetlands in the Amazon floodplain. **Hidrobiologia**, Bucuresti, v. 263, 1993, p.155-162.
- KNEITEL, J. M.; LESSIN, C. L. Ecosystem-phase interactions: aquatic eutrophication decreases terrestrial plant diversity in California vernal pools. **Oecologia**, [s.l.], v. 163, n. 2, p.461-469, dez. 2010.
- LACOU, P.; FREEDMAN, B. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. **Environmental Reviews**, Ottawa, v. 14, n. 2, p.89-136, jun. 2006.
- LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, 2003.
- LECK, M. A. Seed-bank and vegetation development in a created tidal freshwater wetland on the Delaware River, Trenton, New Jersey, USA. **Wetlands**, [s.l.], v. 23, n. 2, p.310-343, jun. 2003.
- LI, X. et al. Detritus Quality Controls Macrophyte Decomposition under Different Nutrient Concentrations in a Eutrophic Shallow Lake, North China. **Plos One**, [s.l.], v. 7, n. 7, p.1-10, jul. 2012.
- LINHART, Y. B.; GRANT, M. C. Evolutionary significance of local genetic differentiation in plants. **Annual Review Of Ecology And Systematics**, [s.l.], v. 27, n. 1, p.237-277, nov. 1996.
- LU, J. et al. Using sediment seed banks and historical vegetation change data to develop restoration criteria for a eutrophic lake in China. **Ecological Engineering**, [s.l.], v. 39, p.95-103, fev. 2012.
- LUKÁCS, B. A.; SRAMKÓ, G.; MOLNÁR, A. V. Plant diversity and conservation value of continental temporary pools. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 158, p.393-400, fev. 2013.
- MAGNUSSON, A. K.; WILLIAMS, D. D. The roles of natural temporal and spatial variation versus biotic influences in shaping the physicochemical environment of intermittent ponds: a case study. **Archiv Für Hydrobiologie**, [s.l.], v. 165, n. 4, p.537-556, abr. 2006.
- MALTCHIK, L.; SILVA-FILHO, M. I. Resistance and resilience of the macroinvertebrate communities to disturbance by flood and drought in a Brazilian semiarid ephemeral stream. **Acta Biológica Leopoldensia**. v. 22, p.171-184, 2000.
- MALTCHIK, L. **As lagoas temporárias do semi-árido**. Ciência Hoje. n. 28, p.67-70, 2000.



- MALTCHIK, L.; PEDRO, F. Biodiversity influences community stability? Results of semiarid shallow lakes. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 52, n. 2, p.127-130, 2000.
- MALTCHIK, L.; PEDRO, F. Responses of aquatic macrophytes to disturbance by flash floods in a brazilian semiarid intermittent stream. **Biotropica**, [s.l.], v. 33, n. 4, p.566-572, dez. 2001.
- MALTCHIK, L.; MEDEIROS, E. S. F. Does hydrological stability influence biodiversity and community stability? a theoretical model for lotic ecosystems from the Brazilian semiarid region. **Ciência e Cultura** (SBPC), v. 53, n. 1, p.44-48, 2001.
- MALTCHIK, L. et al. Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 16, n. 2, p.137-151, mar. 2004.
- MALTCHIK, L. et al. Diversity and stability of aquatic macrophyte community in three shallow lakes associated to a floodplain system in the south of Brazil. **Interciencia**, Caracas, v. 30, n. 3, p.166-170, mar 2005 .
- MALTCHIK, L.; MEDEIROS, E. S. F. Conservation importance of semi-arid streams in north-eastern Brazil: implications of hydrological disturbance and species diversity. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, [s.l.], v. 16, n. 7, p.665-677, out. 2006.
- MALTCHIK, L.; ROLON, A. S.; SCHOTT, P. Effects of hydrological variation on the aquatic plant community in a floodplain palustrine wetland of southern Brazil. **Limnology**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.23-28, jan. 2007.
- MANDÁK, B. et al. Can Soil Seed Banks Serve as Genetic Memory? A Study of Three Species with Contrasting Life History Strategies. **Plos One**, [s.l.], v. 7, n. 11, p.1-12, nov. 2012.
- MEDEIROS, E. S. F.; MALTCHIK, L. The effects of hydrological disturbance on the intensity of infestation of *Lernaea cyprinacea* in an intermittent stream fish community. **Journal of Arid Environments**, Cambridge, v. 43, n. 6, p.351-356, 1999.
- MERRITT, D. M.; WOHL, E. E. Processes governing hydrochory along rivers: hydraulics, hydrology, and dispersal phenology. **Ecological Applications**, v. 12, n. 4, p.1071-1087, ago. 2002.
- MERRITT, D. M.; NILSSON, C.; JANSSON, R.. Consequences of propagule dispersal and river fragmentation for riparian plant community diversity and turnover. **Ecological Monographs**, [s.l.], v. 80, n. 4, p.609-626, nov. 2010.
- MICHELAN, T. S. et al. Effects of an exotic invasive macrophyte (tropical signalgrass) on native plant community composition, species richness and functional diversity. **Freshwater Biology**, [s.l.], v. 55, n. 6, p.1315-1326, nov. 2010.
- MOLINA, J. A. The vegetation of temporary ponds with Isoetes in the Iberian Peninsula. **Phytocoenologia**, [s.l.], v. 35, n. 2, p.219-230, ago. 2005.
- MOURA, M. S. B. et al. Clima e água de chuva no Semiárido. In: BRITO, L. T. L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. p. 37-59.

- MOURA-JÚNIOR, E. G. et al. Macroflora aquática do Reservatório de Sobradinho-BA, trecho Sub-Médio do Rio São Francisco. In: MOURA, A. N.; ARAÚJO, E. L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; PIMENTEL, R. M. M.; ALBUQUERQUE, U. P. (Ed.). **Reservatórios do Nordeste do Brasil: Biodiversidade, Ecologia e Manejo**. Nupeea, 2010. p. 187-214.
- MOURA-JÚNIOR, E. G. et al. Water Level Rise Induced Limnological Changes Indirectly Influencing the Structure of Aquatic Macrophyte Communities in a Tropical Reservoir. **Journal of Plant Sciences**, v. 4, n. 6, p. 195-201, 2016.
- MÜLLER, J. V.; DEIL, U. The ephemeral vegetation of seasonal and semi-permanent ponds in tropical West Africa. **Phytocoenologia**, [s.l.], v. 35, n. 2, p.327-388, ago. 2005.
- NASCIMENTO, P. R. F. **Produção de biomassa de *Egeria densa* Planchon, nos reservatórios da hidroelétrica de Paulo Afonso-Bahia**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2002.
- NEIFF, J. J. Fluctuaciones de la vegetación acuática en ambientes del valle de inundación del Paraná medio. **Physis**, v. 38, n. 95, p. 41-53, 1978.
- NICOLET, P. et al. The wetland plant and macroinvertebrate assemblages of temporary ponds in England and Wales. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 120, n. 2, p.261-278, nov. 2004.
- NILSSON, C. et al. Long-Term Effects of River Regulation on River Margin Vegetation. **The Journal Of Applied Ecology**, [s.l.], v. 28, n. 3, p.963-987, dez. 1991.
- NOGUEIRA, F.; ESTEVES, F. A.; PRAST, A. E. Nitrogen and phosphorus concentration of different structures of the aquatic macrophytes *Eichhornia azurea* Kunth and *Scirpus cubensis* Poepp & Kunth in relation to water level variation in Lagoa Infernã (São Paulo, Brazil). **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 328, n. 3, p.199-205, ago. 1996.
- OUDOT-CANAFF, J. et al. The short-term impact of wetland restoration on the genetic diversity of a predominantly clonal plant species. **Aquatic Botany**, [s.l.], v. 110, p.16-23, out. 2013.
- PALMA-SILVA, C.; ALBERTONI, E. F.; ESTEVES, F. A. Clonal growth of *Typha domingensis* Pers., subject to drawdowns and interference of *Eleocharis mutata* (L.) Roem. et Schult. in a tropical coastal lagoon (Brazil). **Wetlands Ecology And Management**, [s.l.], v. 13, n. 2, p.191-198, abr. 2005.
- PEDRO, F.; MALTCHIK, L.; BIANCHINI JUNIOR, I. Hydrologic cycle and dynamics of aquatic macrophytes in two intermittent rivers of the semi-arid region of Brazil. **Brazilian Journal Of Biology**, São Carlos, v. 66, n. 2, p.575-585, 2006.
- PEREIRA, S. M. B. et al. Monitoramento e manejo da macrófita aquática *Egeria densa* Planchon no nordeste brasileiro: Estudo de caso. In: MOURA, A. N. et al (Org.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Recife: Comunigraf, 2008. p. 209-234.
- PIERINI, S. A.; THOMAZ, S. M. Effects of inorganic carbon source on photosynthetic rates of *Egeria najas* Planchon and *Egeria densa* Planchon (Hydrocharitaceae). **Aquatic Botany**, [s.l.], v. 78, n. 2, p.135-146, fev. 2004.
- PIGNATTI, E.; PIGNATTI, S. Ephemeral wetland vegetation of Western Australia. **Phytocoenologia**, [s.l.], v. 35, n. 2, p.201-218, ago. 2005.

- PISTORI, R. E. T.; CAMARGO, A. F. M.; HENRY-SILVA, G. G. Relative growth rate and doubling time of the submerged aquatic macrophyte *Egeria densa* Planch. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 16, n. 1, p. 77-84, 2004.
- PODRABSKY, J. E.; HRBEK, T.; HAND, S. C. Physical and chemical characteristics of ephemeral pond habitats in the Maracaibo basin and Llanos region of Venezuela. **Hydrobiologia**, Belgium, v. 362, p.67-77, 1998.
- POMPÊO, M. L. M.; HENRY, R.; MOSCHINI-CARLOS, V. The water level influence on biomass of *Echinochloa polystachya* (Poaceae) in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 61, n. 1, p.19-26, fev. 2001.
- RAMSAR. Convention on Wetlands of International Importance, Especially as Waterfowl Habitat. **Ramsar (Iran)**, v. 2, 1971.
- RAMSAR. **The Ramsar Convention Manual: A guide to the convention on wet-lands** (Ramsar, Iran, 1971). 8<sup>th</sup> meeting of the Conference of the Parties. Valencia, Spain. 2002.
- RAMSAR. **The Ramsar Convention Manual: A guide to the convention on wet-lands** (Ramsar, Iran, 1971). 6<sup>th</sup> ed. Ramsar Convention Secretariat. Gland, Suíça. 2013.
- RHAZI, M. et al. Consequences of shrub clearing on the richness of aquatic vegetation in oligotrophic seasonal pools in Southern France. **Phytocoenologia**, [s.l.], v. 35, n. 2, p.489-510, ago. 2005.
- RHAZI, L. et al. Richness and structure of plant communities in temporary pools from western Morocco: influence of human activities. **Macrophytes In Aquatic Ecosystems: From Biology to Management**, [s.l.], v. 570, p.197-203, 2006.
- ROBERTSON, S. G.; HICKMAN, K. R. Aboveground plant community and seed bank composition along an invasion gradient. **Plant Ecology**, [s.l.], v. 213, n. 9, p.1461-1475, ago. 2012.
- RODRIGO, M. A. et al. Restoration of two small Mediterranean lagoons: The dynamics of submerged macrophytes and factors that affect the success of revegetation. **Ecological Engineering**, [s.l.], v. 54, p.1-15, maio 2013.
- RUBIM, M. A. L.; CAMARGO, A. F. M. Taxa de crescimento específico da macrófita aquática *Salvinia molesta* Mitchell em um braço do Rio Preto, Itanhaém, São Paulo. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 13, n. 1, p. 75-83, 2001.
- RUDNER, M. Seasonal and interannual dynamics in dwarf rush vegetation in the Southwestern Iberian Peninsula. **Phytocoenologia**, [s.l.], v. 35, n. 2, p.403-420, ago. 2005.
- RUIZ, E. **Management of Natura 2000 habitats: Mediterranean temporary ponds**. [s.l.]: European Commission, 2008. 19 p.
- SANTOS, A. M.; ESTEVES, F. A. Primary production and mortality of *Eleocharis interstincta* in response to water level fluctuations. **Aquatic Botany**, [s.l.], v. 74, n. 3, p.189-199, nov. 2002.
- SANTOS, A. M.; ESTEVES, F. A. Influence of water level fluctuation on the mortality and aboveground biomass of the aquatic macrophyte *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roemer et Schults. **Brazilian Archives Of Biology And Technology**, Curitiba, v. 47, n. 2, p.281-290, jun. 2004.

SIMPSON, R. L.; LECK, M. A.; PARKER, V. T. Seed banks: general concepts and methodological issues. In: LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L. (Ed.). **Ecology of soil seed banks**. San Diego: Academic Press, 1989. p. 283-305.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. Oxford: Oxford University Press, 1989.

STEFFENHAGEN, P. et al. Biomass and nutrient stock of submersed and floating macrophytes in shallow lakes formed by rewetting of degraded fens. **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 692, n. 1, p.99-109, ago. 2012.

TABOSA, A. B.; MATIAS, L. Q.; MARTINS, F. R. Live fast and die young: The aquatic macrophyte dynamics in a temporary pool in the Brazilian semiarid region. **Aquatic Botany**, [s.l.], v. 102, p.71-78, out. 2012.

TEMPLETON, A. R.; LEVIN, D. A. Evolutionary Consequences of Seed Pools. **The American Naturalist**, Chicago, v. 114, n. 2, p.232-249, ago. 1979.

THOMAZ, S. M. Fatores que afetam a distribuição e diversidade de plantas aquáticas em reservatórios. In: Nogueira, M.; Henry, R.. (Org.). **Ecologia de reservatório: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascatas**. São Carlos: Editora Rima, 2005, p. 165-182.

THOMAZ, S. M. et al. Effect of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir (Itaipu, Brazil). **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 570, n. 1, p.53-59, out. 2006.

THOMAZ, S. M. et al. Effects of phosphorus and nitrogen amendments on the growth of *Egeria najas*. **Aquatic Botany**, [s.l.], v. 86, n. 2, p.191-196, fev. 2007.

THOMAZ, S. M.; et al. Temporal and spatial patterns of aquatic macrophyte diversity in the Upper Paraná River floodplain. **Brazilian Journal of Biology** (Online), v. 69, p. 617-625, 2009.

THOMAZ, S. M.; MORMUL, R. P.; MICHELAN, T. S. Propagule pressure, invasibility of freshwater ecosystems by macrophytes and their ecological impacts: a review of tropical freshwater ecosystems. **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 746, n. 1, p.39-59, 1 mar. 2015.

THOMPSON, K. et al. Ecological correlates of seed persistence in soil in the north-west European flora. **Journal Of Ecology**, [s.l.], v. 86, n. 1, p.163-169, jan. 1998.

TOMAS, W. M. et al (Ed.). **Intervenções humanas na paisagem e nos habitats do Pantanal**. 2009. 58p. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/Livro034.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

van der VALK, A. G. Water-level fluctuations in North American prairie wetlands. **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 539, n. 1, p.171-188, maio 2005.

WARWICK, N. W. M.; BROCK, M. A. Plant reproduction in temporary wetlands: the effects of seasonal timing, depth, and duration of flooding. **Aquatic Botany**, [s.l.], v. 77, n. 2, p.153-167, out. 2003.

WEIRICH, C. E. et al. Produção sazonal de biomassa de duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*) em sistema de tratamento de efluentes. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v. 4, n. 2, p.2970-2973, nov. 2009.

WILLIAMS, D. D. **The Biology of Temporary Waters**. New York: Oxford University Press, 2006.

ZACHARIAS, I. et al. Overview of temporary ponds in the Mediterranean region: Threats, management and conservation issues. **Journal Of Environmental Biology**. Lucknow, v. 28, n. 1, p. 1-9. jan. 2007.

ZEDLER, P. H. Vernal pools and the concept of “isolated wetlands”. **Wetlands**. Madison, p. 597-607. set. 2003.

1 **3 CAPITULO I**

2

3

4

5

6

7

8 **QUAIS OS FATORES FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA E DO SEDIMENTO**  
9 **QUE INFLUENCIAM A BIOMASSA DE PLANTAS AQUÁTICAS EM LAGOAS**  
10 **TEMPORÁRIAS NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO BRASIL?**

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

Artigo a ser submetido a

21

22

23

24

25



---

26 \*O manuscrito foi formatado segundo as normas gerais para publicação da revista Aquatic  
27 Botany. No entanto, as figuras e tabelas foram incluídas no texto para facilitar a leitura, não  
28 seguindo as normas do referido periódico.

29 **QUAIS OS FATORES FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA E DO SEDIMENTO**  
30 **QUE INFLUENCIAM A BIOMASSA DE PLANTAS AQUÁTICAS EM LAGOAS**  
31 **TEMPORÁRIAS NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO BRASIL?**

32

33 \*Maria C.Tonizza-Pereira<sup>a,b</sup> ; Ênio W. Dantas<sup>b,c</sup>

34

35 <sup>a</sup> Colegiado de Ciências Biológicas, Laboratório de Botânica, Universidade Federal do  
36 Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, BR 407, Km 12, Lote 543, Distrito  
37 de Irrigação Senador Nilo Coelho, Zona Rural, Cep 56.300-990, Petrolina, PE, Brasil.

38

39 <sup>b</sup> Departamento de Biologia, Programa de Pós Graduação em Botânica, Universidade  
40 Federal Rural de Pernambuco, R.D. Manoel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, Recife,  
41 Pernambuco 52171-030, PE, Brasil. **\*Corresponding author.** Tel.: +55 87 98862-  
42 3756. E-mail address: carolina.tonizza@univasf.edu.br

43

44 <sup>c</sup> Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual da Paraíba, Campus V,  
45 Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas – CCBSA, Rua: Horácio Trajano de  
46 Oliveira, s/n, Cristo 58070-450 João Pessoa, PB, Brasil

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

## 60 **Resumo**

61 O objetivo desse trabalho foi identificar quais os fatores químicos e físicos da água e do  
62 sedimento que influenciam a biomassa de plantas aquáticas em lagoas temporárias na  
63 região semiárida do Brasil. As amostras das variáveis bióticas e abióticas foram  
64 coletadas durante o período de cheia. Em cada lagoa, foram determinados três transectos  
65 onde foram lançados cinco quadrantes de 0,25 m<sup>2</sup>. Em cada transecto foram aferidos  
66 parâmetros da água *in situ* e coletadas amostras de água e de sedimento para  
67 determinação de parâmetros limnológicos em laboratório. Para cada quadrante, as  
68 plantas foram coletadas, separadas, lavadas, identificadas, desidratadas e pesadas para a  
69 determinação da biomassa a qual foi calculada a partir da soma dos valores para cada  
70 espécie. Para determinação da importância da água e do sedimento na estruturação das  
71 espécies foi realizada uma Análise de Correspondência Canônica Parcial. Para testar a  
72 correlação entre a biomassa total das espécies com as variáveis limnológicas foram  
73 realizadas Análises de Correspondência Canônica. Os resultados mostraram que dentre  
74 os processos que estruturaram a comunidade de plantas aquáticas, as variáveis  
75 hidrológicas apresentaram maior contribuição em relação ao sedimento. As espécies  
76 estruturadoras *Anamaria heterophylla*, *Sagittaria guayanensis*, *Ludwigia decurrens* e  
77 *Heteranthera limosa* associaram-se com pH, turbidez, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e com oxigênio dissolvido  
78 da água e com Al e Fe do sedimento. *Nymphaea amazonum* associou-se com  
79 temperatura da água, enquanto, *Neptunia plena* e *Eleocharis interstincta* com Na<sup>+</sup> do  
80 sedimento. Os fatores ambientais que foram mais importantes na estruturação da  
81 comunidade de plantas aquáticas das lagoas temporárias são também definidores  
82 comuns das características de corpos d' água da região semiárida, tais como a presença  
83 de alumínio e ferro nos sedimentos.

84

85 **Palavras-chave:** ecossistemas lênticos; estrutura; macrófitas aquáticas; ecossistemas  
86 rasos; variáveis abióticas.

87

## 88 **Destaques:**

- 89 • A água foi o fator que melhor explicou a estruturação de plantas aquáticas.
- 90
- 91 • O pH da água regulou a biodisponibilidade e a toxicidade dos íons Fe e Al.



92 • O nitrato pouco influenciou na estruturação de plantas aquáticas do semiárido.

93

94 • O sódio no sedimento ocorreu em apenas duas lagoas do semiárido.

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

**Abstract**

This work aimed to identify the chemical and physical factors of water and sediment that influence the biomass of aquatic plants in temporary ponds in a semi-arid region of Brazil. Samples of the biotic and abiotic variables were collected during the flood season. In each pond, three transects consisting of five quadrants of 0.25 m<sup>2</sup> were measured. Within each transect, water parameters were measured *in situ* and water and sediment samples were collected to determine limnological parameters in the laboratory. Plants were collected from each quadrant and were then separated, washed, identified, dehydrated, and weighed to determine the biomass (calculated as the sum of the values for each species). To determine the importance of water and sediment on species structure, we applied a Partial Canonical Correspondence Analysis. To test the correlation between the total biomass of the species and the limnological variables we used a Canonical Correspondence Analysis. Results showed that among the processes that structured the aquatic plant community, hydrological variables presented a greater contribution when compared to the sediment variables. The structuring species *Anamaria heterophylla*, *Sagittaria guayanensis*, *Ludwigia decurrens* and *Heteranthera limosa* were associated with pH, turbidity, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> with dissolved oxygen of the water, and with Al and Fe of the sediment. The species *Nymphaea amazonum* was associated with water temperature, while *Neptunia plena* and *Eleocharis interstincta* were associated with Na<sup>+</sup> of the sediment. The environmental variables, as aluminum and iron in the sediment, were the most important in structuring the community of aquatic plants in temporary ponds are also common characteristics of water bodies in semi-arid regions.

**Key words:** Aquatic macrophytes; abiotic variables; lentic ecosystems; structure; shallow ecosystems.

**Highlights:**

- Water was the factor that best explained the structuring of aquatic plants.
- The pH of the water regulated the bioavailability and the toxicity of Fe and Al ions.
- Nitrate had little influence on the structuring of aquatic plants.
- Sodium was found in the sediment of only two ponds.

## 148 **1. Introdução**

149 A comunidade de plantas aquáticas desempenha um papel estrutural de grande  
150 importância em ambientes aquáticos em função de sua capacidade de adaptação e vasta  
151 amplitude ecológica (Wetzel, 1993). A organização e distribuição dos bancos de plantas  
152 aquáticas são determinados por diferentes variáveis ambientais, sendo assim, uma  
153 questão crucial em ecologia é estabelecer quais variáveis ambientais atuam na  
154 estruturação desses vegetais em um determinado ambiente (Riis et al., 2000).

155 Diversos trabalhos relacionam a ocorrência de plantas aquáticas com as variáveis  
156 ambientais em ambientes lênticos (Akasaka et al., 2010, Kissoon et al., 2013) e em  
157 ambientes lóticos (Gantes e Caro, 2001; Gecheva et al., 2013). Apesar dos trabalhos  
158 supracitados, recentemente tem sido observado um maior interesse em se estudar os  
159 ecossistemas lênticos temporários devido a sua importância econômica, social e  
160 ecológica (Maltchick, 2000; Campelo, 2014; Setubal et al., 2016), bem como seu valor  
161 de conservação (Della Bella, et al., 2008).

162 Ecossistemas lênticos temporários ocorrem em várias regiões do mundo (Maltchik,  
163 2000; Warwick e Brock, 2003; Rhazi et al., 2006; Zacharias et al., 2007; Kneitel e  
164 Lessin, 2010) e pode ser definido como ecossistemas rasos, pequenos, isolados e que  
165 apresentam uma fase de inundação e uma fase seca com uma flora e fauna altamente  
166 adaptadas (Grillas et al., 2004). No Brasil, esses ecossistemas temporários ocorrem em  
167 áreas com clima semiárido localizados na região Nordeste, onde o regime de  
168 precipitação é caracterizado por balanço hídrico negativo com períodos de seca que  
169 podem se estender por sucessivos anos (Moura et al., 2007). Esses ecossistemas  
170 temporários são determinados pela alternância de fases hidrológicas, além disso, são  
171 geralmente rasos e assim apresentam uma forte relação sedimento-água, que evidencia a  
172 atuação do sedimento como habitat e substrato para inúmeros organismos (Mackenzie et  
173 al. 1998). Esses organismos por sua vez, recebem da coluna d'água a influência direta  
174 das concentrações de macro e micro nutrientes intensidade e disponibilidade luminosa,  
175 temperatura e pH que irão favorecer o desenvolvimento de diferentes formas biológicas  
176 das espécies de plantas aquáticas, sobretudo, a partir da incorporação de biomassa que  
177 leva a ocorrência de modificações na estrutura e na composição florística desta  
178 comunidade nesses ambientes (Maltchik et al., 2007; Boix et al., 2007; Della Bella et  
179 al., 2008).

180 Nos ecossistemas lacustres rasos a mistura entre a coluna d'água e o sedimento é  
181 extremamente dinâmica, garantindo rápida recirculação de gases e nutrientes (Likens  
182 2010). Além disso, a pouca profundidade associada à ação do vento e à transparência da  
183 água, pode caracterizar a coluna d'água como inteiramente representada pela zona  
184 eufótica. Este tipo de ambiente não apresenta estratificação vertical e não há, portanto, a  
185 separação da coluna d'água por gradientes químico ou físico (Wetzel, 1993).

186 Nesse contexto, o nosso estudo teve como objetivo investigar quais as variáveis  
187 físicas e químicas da água e do sedimento que podem influenciar a biomassa de plantas  
188 aquáticas em lagoas temporárias no semiárido nordestino brasileiro. Para isso,  
189 formulamos as seguintes perguntas: i) Qual a participação do fator água e do fator  
190 sedimento na estruturação das plantas aquáticas das lagoas rasas temporárias; ii) Quais  
191 as variáveis abióticas da água e do sedimento que atuam na estruturação da comunidade  
192 de plantas aquáticas em lagoas temporárias rasas.

193

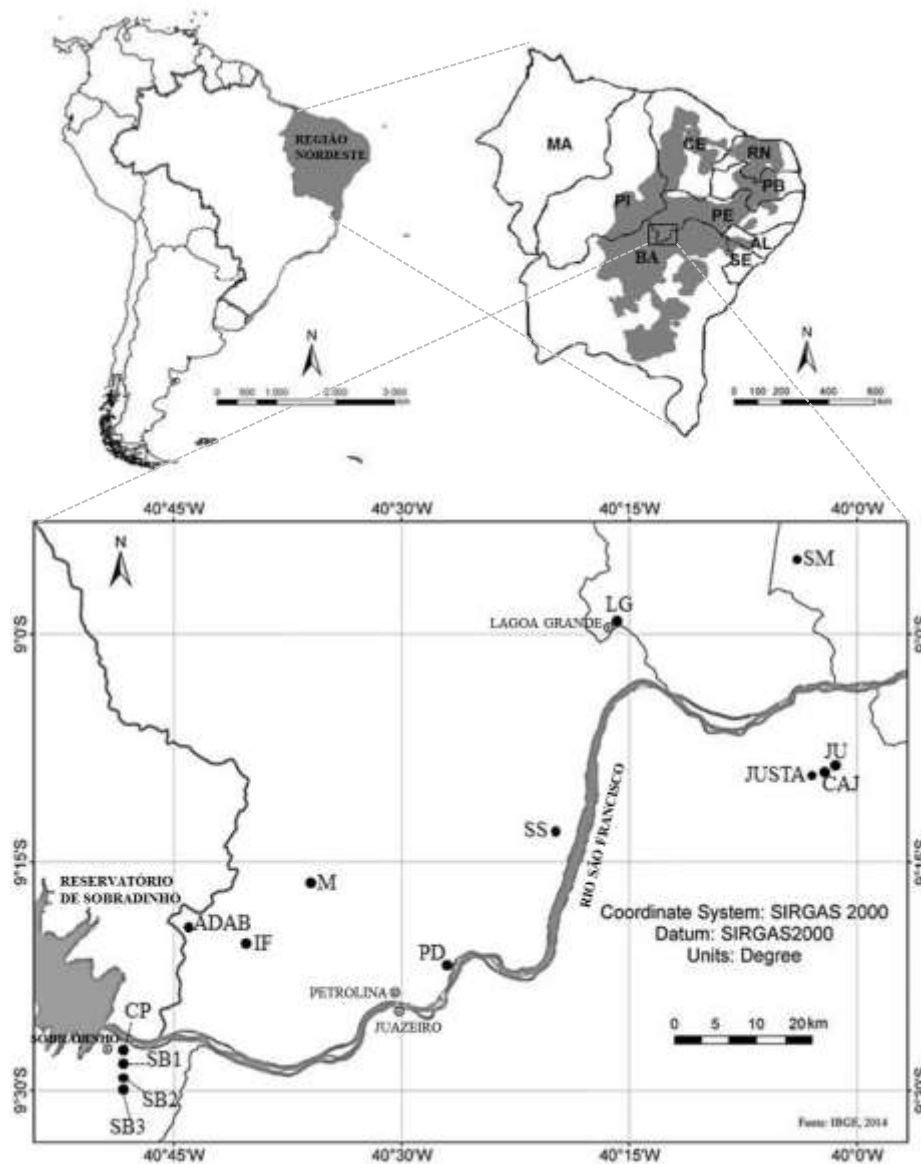
## 194 **2. Materiais e Métodos**

### 195 **2.1. Área de estudo**

196 O estudo foi realizado em quatorze lagoas rasas temporárias em região semiárida  
197 localizada em dois estados da região nordeste do Brasil: Pernambuco e Bahia (Fig.1). A  
198 região tem clima BSh- (Köppen) com clima semiárido- muito quente, com estação  
199 chuvosa, com elevada evapotranspiração no verão, em consequência das altas  
200 temperaturas (Alvares et al., 2013). A estação chuvosa ocorre entre os meses de  
201 novembro a abril, com concentração pluviométrica de 93%. A temperatura média anual  
202 do ar é de 26,5° C, precipitação média de 578 mm, média de evaporação de 3.000 mm  
203 ano<sup>-1</sup> variando entre 2.700 a 3.300 mm ano<sup>-1</sup>, com valores mais elevados entre os meses  
204 de outubro a dezembro e mínimo entre abril e junho. A umidade relativa média anual é  
205 de 50% e a velocidade média anual do vento a dois metros de altura é de 2,29 m s<sup>-1</sup>  
206 (Moura et al., 2007).

207 A área onde se localizam os corpos d'água estudados abriga o bioma Caatinga, tipo  
208 de floresta tropical, exclusivamente brasileira, rica em uma biodiversidade adaptada às  
209 condições climáticas da região com alto endemismo (ALVES, 2007; ALVES et al.,  
210 2009).

211 As lagoas são de origem artificial, rasas ( $Z < 1,6\text{m}$ ), circulares ou elipsoides, com  
 212 volumes inferiores a  $10.000\text{ m}^3$  e áreas menores que  $35.000\text{ m}^2$  e são utilizadas para  
 213 hidratação da pecuária extensiva, pesca e para agricultura de culturas de sobrevivência.  
 214



215

216 Figura 1. Localização geográfica da área de estudo – Mapa da América do Sul, com a  
 217 delimitação no mapa do Brasil e destaque da região Nordeste; Mapa da região Nordeste  
 218 com destaque da região climática Bsh-Semiárida. Mapa em destaque com a localização  
 219 das 14 lagoas estudadas. Siglas: LG –lagoa Grande; SM- lagoa Santa Maria; JU- lagoa  
 220 Juazeiro; JUSTA- lagoa Juazeiro Santo Antônio; CAJ- lagoa do Centro de  
 221 Abastecimento de Juazeiro; SS- lagoa Serra da Santa; PD- lagoa Pedrinhas; M- lagoa  
 222 Mandacaru; ADAB- lagoa da Agência de Defesa Agropecuária da Bahia; IF- lagoa do  
 223 Instituto Federal; CP- lagoa Chico Piriquito; SB1- lagoa Sobradinho 1; SB2- lagoa  
 224 Sobradinho 2; SB3- lagoa Sobradinho 3.

225 Tabela 1. Caracterização morfométrica e localização geográfica das 14 lagoas temporárias estudadas no semiárido brasileiro, estados de  
226 Pernambuco e Bahia.

Lagoas	Siglas	Morfometria				Localização			
		Volume (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Área (10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Profundidade Z <sub>max</sub>	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Distância Rio São Francisco (Km)
Agência de defesa agropecuária da Bahia	ADAB	16,17	23,62	686	1,40	9°19'12"S 40°44'12"O	400	13,80	
Cooperativa agrícola de Juazeiro	CAJ	0,61	4,94	317	0,60	9°08'54"S 40°02'00"O	380	8,80	
Chico Piriquito	CP	4,92	16,11	663	1,30	9°27'04"S 40°48'30"O	370	0,60	
Instituto Federal	IF	2,93	8,67	415	1,40	9°20'21"S 40°40'21"O	404	12,00	
Juazeiro	JU	0,46	2,87	266	0,80	9°09'09"S 40°02'49"O	368	8,80	
Juazeiro Santo Antônio	JUSTA	1,19	5,42	406	0,80	9°08'48"S 40°01'37"O	379	9,60	
Grande	LG	7,33	30,36	871	1,41	8°59'27"S 40°16'05"O	363	7,12	
Mandacaru	M	0,22	1,87	201	0,40	9°16'16"S 40°35'54"O	419	16,70	
Pedrinhas	PD	0,75	3,17	279	1,00	9°21'55"S 40°26'53"O	363	0,40	
Sobradinho1	SB1	5,52	9,74	478	1,50	9°27'25"S 40°48'30"O	370	1,40	
Sobradinho2	SB2	0,37	1,75	239	0,60	9°27'29"S 40°48'29"O	371	1,43	
Sobradinho3	SB3	1,43	6,77	338	0,74	9°27'34"S 40°48'29"O	370	1,63	
Santa Maria	SM	0,34	7,79	341	0,77	8°54'42"S 40°03'46"O	421	15,66	
Serra Santa	SS	0,36	4,66	278	0,80	9°12'05"S 40°23'32"O	411	9,80	

227

228

229

230

## 231 **2.2. Desenho amostral**

232 As amostras destinadas as análises abióticas (variáveis físicas e químicas da água e  
233 do sedimento) e bióticas (biomassa das plantas aquáticas) foram coletadas uma única  
234 vez durante o período de cheia, entre os meses de dezembro de 2013 e março de 2014,  
235 nas 14 lagoas. As lagoas estabelecidas para o estudo foram georeferenciadas com o  
236 auxílio de um Global Position System (GPS), marca Garmin, modelo Etrex Vista HCx.  
237 Em cada ecossistema, foram estabelecidos três transectos (unidades amostrais) os quais  
238 eram paralelos entre si, equidistantes em 20 metros e perpendiculares à margem. Em  
239 cada um dos transectos foram lançados cinco quadrantes (parcelas) de PVC medindo  
240  $0,25 \text{ m}^2$  (Da Silva e Esteves, 1993) (equidistantes em 5 metros) em uma linha reta  
241 imaginária, quando possível, até o outro lado da margem.

242

## 243 **2.3. Coleta de dados**

### 244 **2.3.1 Variáveis abióticas**

245 Em cada unidade amostral com uso de sonda multiparâmetros da marca Horiba,  
246 modelo U-53 foram aferidas *in situ* a temperatura ( $^{\circ} \text{C}$ ), pH, condutividade elétrica  
247 ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e sólidos totais dissolvidos  
248 ( $\text{g/L}$ ) da água.

249 Concomitantemente foram coletadas amostras de água na subsuperfície horizontal  
250 com um frasco de boca larga e de sedimento com um tubo de PVC com duas tampas  
251 para fechamento das extremidades com as seguintes dimensões: 1,5 m de comprimento,  
252 5 cm diâmetro e 3 litros de volume em 10 cm de profundidade para determinação de  
253 parâmetros limnológicos. Estas amostras foram preservadas seguindo recomendação  
254 para cada análise conforme APHA (2005) e transportadas ao laboratório sendo para  
255 análises das variáveis abióticas sendo cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonato,  
256 bicarbonato, sulfato, cloro e fósforo total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e  
257 ortofosfato determinadas a partir das amostras de água e condutividade elétrica, pH,  
258 matéria orgânica, fósforo total, potássio, sódio, cálcio, magnésio, alumínio, cobre, ferro,  
259 manganês e zinco determinadas a partir das amostras de sedimento.

260 Os dados de precipitação (mm) foram obtidos a partir do resultado da soma do  
261 volume de chuva dos últimos 60 dias que antecederam a coleta nas lagoas os quais  
262 foram obtidos no banco de dados das estações climatológicas mais próximas de cada

263 uma das lagoas. Estes dados foram fornecidos pelo Laboratório de Agrometeorologia da  
264 Embrapa Semiárido.

265

### 266 **2.3.2 Variáveis bióticas**

267 A biomassa das espécies foi estimada através da técnica dos quadrados amostrais  
268 utilizando-se o método destrutivo de avaliação da biomassa (Hiley et al., 1981; Kufner  
269 et al., 2011). Os ramos ou, indivíduos de plantas aquáticas foram coletados (em estágio  
270 fértil ou vegetativo), segundo a metodologia de Fidalgo e Bononi (1984), manualmente  
271 ou com auxílio de tesoura de poda sendo acondicionados em sacos plásticos  
272 devidamente identificados. Posteriormente, as amostras foram encaminhadas ao  
273 laboratório para análise. Em laboratório, o material biológico foi lavado. Durante a  
274 lavagem, o material biológico contido em cada amostra foi separado, sempre que  
275 possível, por espécie, sendo os exemplares acondicionados em jornais e levados à  
276 secagem em estufa de aeração forçada para a completa desidratação. O material foi  
277 mantido a uma temperatura de 60°C até atingir peso constante. Após a secagem, os  
278 espécimes foram pesados (peso seco) em balança semi-analítica, marca Bel  
279 Engineering, modelo M 333 (com erro de 0,01g  $\pm$ ), para determinação da biomassa  
280 sendo os valores expressos em gPS/m<sup>2</sup> (Mazzeo et al., 1993).

281 Os táxons foram identificados por meio de literatura especializada, tais como, Pott e  
282 Pott (2000), Souza e Lorenzi (2008), Bove e Paz (2009) e Bueno et al. (2011) para as  
283 angiospermas, Smith et al. (2006, 2008), para as plantas vasculares sem flores e Wood e  
284 Imahori (1964; 1965) para as macroalgas, bem como consultas a herbários e a  
285 especialistas. As formas biológicas das espécies foram definidas com base na  
286 classificação de Irgang et al. (1984). A lista das espécies seguiu o Angiosperm  
287 Phylogeny Group APG IV (2016). Os espécimes identificados foram incorporados aos  
288 acervos dos seguintes herbários (Herbário do Trópico Semiárido (HTSA) da Embrapa  
289 Semiárido e Herbário Professor Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) da Universidade  
290 Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

291

### 292 **3. Análise dos dados**

293 Para descrever as 14 lagoas estudadas foram utilizadas, estatística descritiva básica  
294 tais como, média, máximo e mínimo.

295 A biomassa total das plantas aquáticas foi calculada a partir da soma dos valores para  
296 cada espécie. Foi considerado táxon abundante em cada uma das lagoas, aqueles cuja



297 biomassa foi superior à relação do valor da biomassa total pela riqueza total da lagoa.  
298 Estes táxons foram considerados estruturantes (Lobo e Leighton, 1986). A riqueza foi  
299 determinada a partir do número de espécies que ocorre em uma determinada lagoa  
300 (Magurran, 2004).

301 Para as análises multivariadas foi realizada uma Análise de Correspondência  
302 Canônica Parcial (CCAp) para determinar a importância relativa dos dois fatores de  
303 estudo (água e sedimento) na estruturação das espécies e uma Análises de  
304 Correspondência Canônica (CCA) (Ter Braak, 1986; 1987; Ter Braak e Verdonschot,  
305 1995) utilizando procedimento de seleção de variáveis a partir da função *ordistep* para  
306 testar a correlação entre a biomassa das espécies com as variáveis limnológicas. Neste  
307 caso, foram utilizadas duas matrizes, uma com os dados de biomassa das espécies  
308 amostradas nos transectos e transformadas pela raiz quadrada e uma matriz com todos  
309 os dados limnológicos padronizados. As análises de correspondência foram feitas  
310 utilizando a biblioteca *vegan* do programa R (2010) (versão 3.2.3.).

311

## 312 **4. Resultados**

### 313 **4.1. Caracterização abiótica das lagoas**

314 As lagoas estudadas podem ser caracterizadas por terem águas quentes com  
315 temperaturas variando de 24° C a 36° C e pouco oxigenadas. O pH da água variou de  
316 moderadamente ácido a alcalino e a turbidez nas lagoas foi em geral < 75 (NTU)),  
317 porém variável em função dos ventos e das ondas que, nas lagoas mais rasas, podem ter  
318 revolvido os sedimentos do fundo causando um aumento substancial da turbidez para  
319 479.00 (NTU). (Tabela 2). Os macronutrientes (cálcio, cloro, magnésio, sódio, potássio  
320 e fósforo) apresentaram valores que variaram de 0 a 65,77 mmol.L<sup>-1</sup>. O fósforo total  
321 esteve disponibilizado em maior quantidade no sedimento juntamente com matéria  
322 orgânica. Os nutrientes disponíveis para a absorção direta pelas plantas aquáticas,  
323 nitrato e ortofosfato apresentaram concentrações na água que variaram de 0 a 5,60  
324 mg.L<sup>-1</sup> e os micronutrientes (ferro, manganês e zinco) apresentaram concentrações que  
325 variaram de 1,38 a 1.749,60 mg.dm<sup>-3</sup> (Tabela 2).

326

327

328

329

330 Tabela 2. Média, mínimo e máximo das variáveis físicas e químicas da água e do sedimento nas 14 lagoas estudadas do semiárido do semiárido  
 331 do nordeste do Brasil no período de cheia (dezembro/2014).  
 332  
 333

	Variáveis químicas da água			Variáveis químicas do sedimento			
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	
Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )	2.00	0.28	5.36	Alumínio (Al)	0.05	0.00	0.45
Cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ )	2.94	0.19	14.99	Cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ )	6.15	2.30	15.60
Carbonato ( $\text{CaCO}_3$ )	0.03	0.00	0.55	Cobre ( $\text{Cu}^{+2}$ )	5.83	0.42	81.79
Cloro ( $\text{Cl}^-$ )	4.96	0.50	28.75	Ferro ( $\text{Fe}^{+2}$ )	701.17	18.90	1749.60
Fósforo total (P-total)	0.70	0.13	2.08	Fósforo total (P-total)	13.75	1.35	65.77
Magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ )	2.70	0.26	6.83	Magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ )	2.25	0.30	6.50
Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )	0.20	0.08	0.53	Manganês ( $\text{Mn}^{+2}$ )	49.62	5.10	216.80
Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )	1.14	0.00	5.60	Matéria orgânica (MO)	22.57	8.20	61.80
Nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )	0.05	0.00	0.22	pH	5.91	5.20	7.10
Ortofosfato ( $\text{PO}_4^-$ )	0.79	0.00	2.88	Potássio ( $\text{K}^+$ )	0.48	0.07	1.70
Oxigênio dissolvido	11.08	4.60	27.68	Sódio ( $\text{Na}^+$ )	0.36	0.04	2.60
pH	6.98	5.13	9.42	Zinco (Zn)	15.92	1.38	95.29
Potássio ( $\text{K}^+$ )	0.69	0.00	2.90				
Sódio ( $\text{Na}^+$ )	3.44	0.00	12.00				
Sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ )	2.64	0.37	13.13				
Sólidos totais dissolvidos (STD)	0.77	0.00	2.60				
	Variáveis físicas da água			Variáveis físicas do sedimento			
Condutividade elétrica (CE)	1.23	0.01	4.09	Condutividade elétrica (CE)	1.64	0.39	6.10
Temperatura (T)	30.08	24.30	36.73				
Turbidez (Tur)	74.37	4.07	479.00				

## 335 4.2. Descrição florística

336 Nas 14 lagoas estudadas foram identificados 29 táxons infragenéricos pertencentes a  
337 15 famílias e 19 gêneros (Tabela 3). As famílias mais percentualmente mais  
338 representativas foram Alismataceae (24,13%), Cyperaceae (13,79%), Nymphaeaceae  
339 (10,34%) e Hydrocharitaceae (6,89%). As demais famílias (10) representaram apenas  
340 3,44% do total. Quanto às formas biológicas, a maioria dos táxons encontrados foi de  
341 emersas (44,82%) e anfíbias (27,58%), perfazendo 72,40% do total de táxons  
342 encontrados. As espécies *Pistia stratiotes*, *Nymphaea amazonum*, *Marsilea crotophora*  
343 e *Heteranthera limosa* foram as espécies melhor distribuídas ocorrendo em 50% das  
344 lagoas (Tabela 3).

345

## 346 4.3. Biomassa e abundância

347 A biomassa de plantas aquáticas nas lagoas estudadas variou de 6,83 a 240,29  
348 gPS/m<sup>2</sup>. As lagoas ADAB, CP, IF, SB2 e SM apresentaram os maiores valores de  
349 biomassa total (>100 gPS/m<sup>2</sup>). Enquanto que CAJ, JU, JUSTA, LG, M, PD e SB1  
350 apresentaram os menores valores de biomassa total (< 30 gPS/m<sup>2</sup>) (Tabela 3). A  
351 riqueza variou de 1 (SS) a 9 (SM).

352 Do total de espécies identificadas 41,37% foram abundantes sendo que *Marsilea*  
353 *crotophora*, *Ludwigia decurrens*, *L. leptocarpa*, *Heteranthera limosa*, *Nymphaea*  
354 *amazonum* foram abundantes em mais de uma lagoa, enquanto, *Echinodorus*  
355 *lanceolatus*, *Sagittaria guayanensis*, *Chara* sp., *Eleocharis elegans*, *Eleocharis nudipes*  
356 e *Anamaria heterophylla* foram abundantes em apenas uma lagoa (Tabela 3).

357

## 358 4.4. Análise de Correspondência Canônica Parcial (CCAp)

359 A figura 2 mostra a importância relativa do conjunto de variáveis que foram  
360 estudadas (água e sedimento) e que controlam a estrutura da comunidade de plantas  
361 aquáticas nas lagoas estudadas do semiárido. A porcentagem de variação explicada total  
362 foi de 98,86% em razão da variação inexplicada de 1,75%. Apesar de ambos os modelos  
363 individuais (água e sedimento) serem significativos no entendimento da estruturação  
364 das espécies de plantas aquáticas, a água apresentou maior parcela de explicação. O  
365 fator água sobre as plantas aquáticas explicou isoladamente 50,51% contra 28,04% do  
366 fator sedimento sobre as plantas aquáticas e 20,31% foram explicados pela intersecção  
367 dos dois fatores (água e sedimento) sobre as plantas aquáticas. (Fig.2). A intersecção

368 somada aos valores de cada um resultou em 70,82 % para o fator água e 48,35 % para o  
369 fator sedimento sendo considerado representativo próximo dos 50%.

370 Tabela 3. Lista das espécies e siglas correspondentes, forma biológica (FB), ocorrência das espécies com suas respectivas biomassas (gPS/m<sup>2</sup>),  
 371 em cada uma das lagoas estudadas. Biomassa total por lagoa (g.PS/m<sup>2</sup>), riqueza total por lagoa (S). As espécies mais abundantes em cada lagoa  
 372 estão representadas em negrito. EM= emersa; A= anfíbia; FF= flutuante fixa; FL= flutuante livre; SF= submersa fixa e SL=submersa livre.

Família/ Espécie	Sigla	FB	Lagoas															
			ADAB	CAJ	CP	IF	JU	JUSTA	LG	M	PD	SB1	SB2	SB3	SM	SS		
<b>Alismataceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Echinodorus grandiflorus</i> (Cham. & Schltldl.) Micheli	Egr	EM/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.93	-	
<i>E. lanceolatus</i> Rataj	Ela	EM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>7.58</b>	31.37	-
<i>E. macrophyllus</i> (Kunth) Micheli	Ema	EM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.13	-
<i>Hydrocleys nymphoides</i> (Willd.) Buchenau	Hny	FF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.75	2.27	-	-	-
<i>H. parviflora</i> Seub.	Hpa	FF	-	0.26	-	-	-	-	-	-	<b>7.83</b>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchenau	Lfl	EM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.50	-	-
<i>Sagittaria guayanensis</i> Kunth	Sgu	FF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>57.52</b>	-	-
<b>Araceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pistia stratiotes</i> L.	Pst	FL	-	-	13.92	-	-	-	26.99	-	13.12	-	-	<b>87.51</b>	-	-	<b>93.80</b>	-
<b>Ceratophyllaceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratophyllum submersum</i> L.	Csu	SL	-	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Characeae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chara</i> sp.	Cha	SF	-	-	-	-	-	<b>16.41</b>	3.12	3.12	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cyperaceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eleocharis elegans</i> (Kunth) Roem. & Schult.	Eel	EM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>18.60</b>	-	-	-	-
<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult.	Ein	EM	-	-	-	6.30	-	-	-	-	-	13.36	-	-	0.64	-	-	-
<i>Eleocharis minima</i> Kunth	Emi	EM/A	0.01	0.01	-	6.45	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-
<i>Eleocharis nudipes</i> (Kunth) Palla	Enu	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>7.89</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Fabaceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Neptunia plena</i> (L.) Benth	Npl	EM/A	-	-	-	-	-	-	1.40	-	-	1.68	-	-	-	-	-	-
<b>Hydrocharitaceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Egeria najas</i> Planchon	Ena	SF	-	-	-	-	-	-	-	-	33.63	-	-	-	-	-	-	-
<i>Najas guadalupensis</i> (Spreng.) Magnus subsp. <i>Guadalupensis</i>	Ngu	SF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.09	-	-

Tabela 3. *continuação.....*

Família/ Espécie	Sigla	FB	Lagoas													
			ADAB	CAJ	CP	IF	JU	JUSTA	LG	M	PD	SB1	SB2	SB3	SM	SS
<b>Lythraceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ammannia latifolia</i> L.	Ala	A	-	-	-	-	-	6.20	-	-	0.13	-	-	-	-	-
<b>Marsileaceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Marsilea crotophora</i> D.M. Johnson	Mcr	FF	<b>8.68</b>	0.16	<b>16.34</b>	-	-	-	-	-	-	-	1.77	-	5.66	-
<b>Nymphaeaceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nymphaea amazonum</i> Mart. & Zucc	Naz	FF	-	-	<b>99.58</b>	<b>105.89</b>	-	-	2.12	-	<b>5.06</b>	5.76	-	-	-	-
<i>Nymphaea ampla</i> (Salisb.) D.C.	Nap	FF	-	-	-	-	0.69	3.13	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nymphaea gardneriana</i> Planch.	Nga	FF	-	-	-	-	1.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Onagraceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ludwigia decurrens</i> Walt.	Lde	EM/A	-	-	-	<b>121.65</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>62.69</b>
<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H.Hara	Ler	EM/A	5.95	-	-	-	0.04	-	-	-	0.09	-	-	-	-	-
<i>Ludwigia leptocarpa</i> (Nutt.) H.Hara	Lle	EM/A	-	-	<b>50.99</b>	-	-	3.88	-	-	-	-	-	-	-	<b>39.39</b>
<b>Pontederiaceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Heteranthera limosa</i> (Sw.) Willd.	Hli	EM	-	<b>18.59</b>	-	-	-	-	-	<b>33.03</b>	-	<b>8.54</b>	14.73	7.10	<b>37.79</b>	-
<b>Salviniaceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Azolla caroliniana</i> Willd.	Aca	FL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.68	-	-	-
<b>Plantaginaceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anamaria heterophylla</i> (Giul.V.C.Souza) V.C.Souza	Ahe	A	<b>91.48</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.35	-
<b>Typhaceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Typha domingensis</i> Pers.	Tdo	EM	-	-	-	-	-	-	-	-	2.41	-	-	-	-	-
<b>Biomassa total (g.PS/m<sup>2</sup>)</b>			106.12	6.83	180.83	240.29	17.14	42.39	13.07	79.78	30.65	14.30	130.04	83.61	225.40	93.80
<b>Riqueza (S) (nº de espécies/lagoa)</b>			4	5	4	4	4	6	3	3	8	2	6	6	9	1

373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402

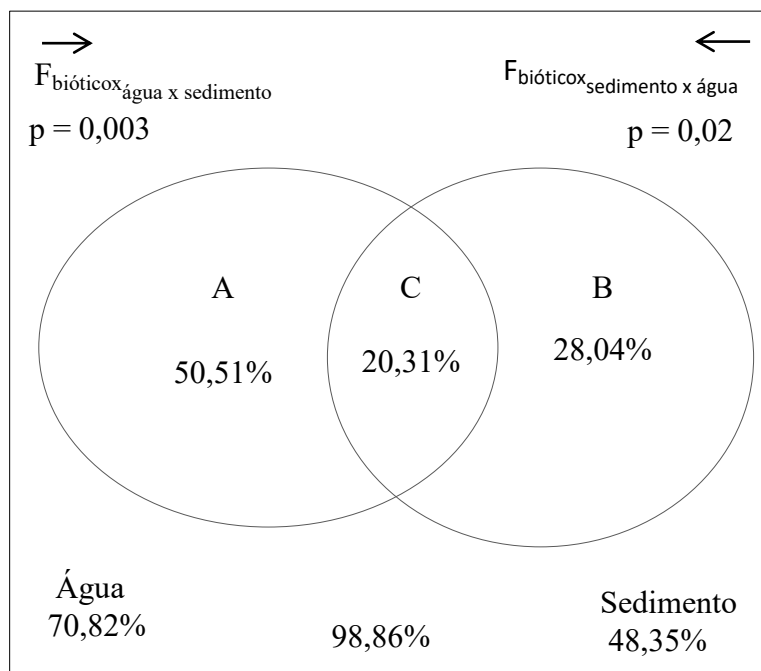
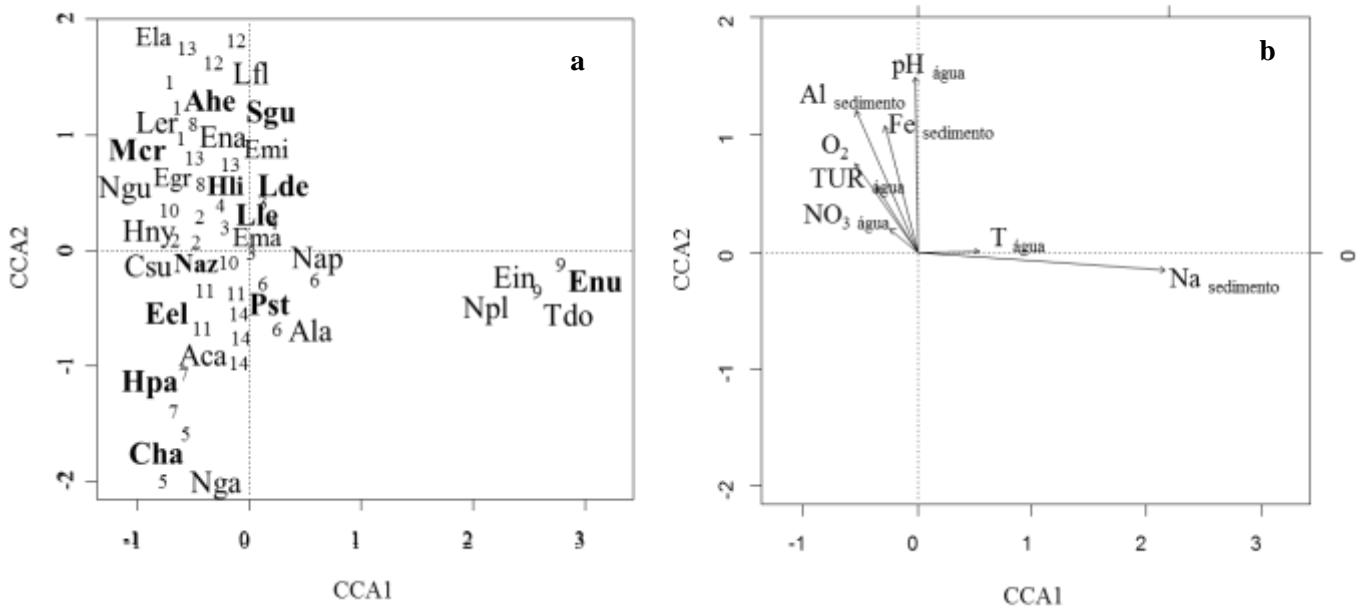


Figura 2. Diagrama de Venn mostrando a contribuição relativa (% de explicação) da análise de correspondência canônica parcial (CCAp) das variáveis físicas e químicas da água e do sedimento em relação a estrutura das espécies de plantas aquáticas nas 14 lagoas estudadas do semiárido.

#### 4.4.1. Análise de Correspondência Canônica (CCA)

A análise de correspondência canônica confirmou a associação entre as variáveis abióticas e a biomassa das plantas aquáticas ( $F = 0,001$ ;  $p < 0,01$ ). Evidenciando um modelo final com um poder de explicação de 39,64% de inércia que selecionou 8 variáveis ambientais explicativas da comunidade de plantas aquáticas. Os eixos 1 e 2 explicaram 31,80 % da variância na biomassa das plantas aquáticas sendo ambos significativos ( $p < 0,05$ ) para o entendimento da dispersão dos dados.



403 Figura 3. Gráfico de ordenação da análise de correspondência canônica: a) plantas  
 404 aquáticas; as siglas em negrito são referentes às espécies mais abundantes (*Echinodorus*  
 405 *grandiflorus*-Egr; *E. lanceolatus*-Ela; *E. macrophyllus*-Ema; *Hydrocleys nymphoides*-  
 406 Hny; *H. parviflora*-Hpa; *Limnocharis flava*-Lfl; *Sagittaria guayanensis*-Sgu; *Pistia*  
 407 *stratiotes*-Pst; *Ceratophyllum submersum*-Csu; *Chara sp.*-Cha; *Eleocharis elegans*-Eel;  
 408 *Eleocharis interstincta*-Ein; *Eleocharis minima*-Emi; *Eleocharis nudipes*-Enu; *Neptunia*  
 409 *plena*-Npl; *Egeria najas*-Ena; *Najas guadalupensis*-Ngu; *Ammannia latifolia*-Ala;  
 410 *Marsilea crotophora*-Mcr; *Nymphaea amazonum*-Naz; *Nymphaea ampla*-Nap;  
 411 *Nymphaea gardneriana*-Nga; *Ludwigia decurrens*-Lde; *Ludwigia erecta*-Ler; *Ludwigia*  
 412 *leptocarpa*-Lle; *Heteranthera limosa*-Hli; *Azolla caroliniana*-Aca; *Anamaria*  
 413 *heterophylla*-Ahe; *Typha domingensis*-Tdo) e transectos numerados correspondentes as  
 414 14 lagoas estudadas no semiárido (1=ADAB, 2=CAJ, 3=CP, 4=IF, 5=JU, 6=JUSTA,  
 415 7=LG, 8=M, 9=PD, 10=SB1, 11=SB2, 12=SB3, 13=SM E 14=SS) (siglas das lagoas  
 416 tabela 1); b) variáveis físicas e químicas da água e do sedimento.

417 O gráfico de ordenação mostrou que a espécie mais abundante *Eleocharis nudipes*  
 418 (Enu) esteve associada positivamente ao eixo 1, com a variável Na (sedimento)  
 419 enquanto, *Anamaria heterophylla* (Ahe), *Sagittaria guayanensis* (Sgu) *Heteranthera*  
 420 *limosa* (Hli) e *Ludwigia decurrens* (Lde) estiveram associados positivamente ao eixo 2,  
 421 da mesma maneira que as variáveis pH, Fe, Al. Os táxons *Chara sp.* (Cha), *Hydrocleys*  
 422 *parviflora* (Hpa), *Eleocharis elegans* (Eel) e *Pistia stratiotes* (Pst) estiveram associados  
 423 negativamente ao eixo 2 (Fig. 3). Observa-se também, que quase todas as unidades  
 424 amostrais foram deslocadas para o lado negativo do eixo 1 e que o eixo 2 evidenciou  
 425 maior dispersão espacial. Os pontos referentes às lagoas PD e JUSTA ficaram  
 426 localizados do lado positivo do eixo 1.



427 Tabela 4. Resumo dos resultados da análise de correspondência canônica e coeficientes  
 428 de correlação para espécies de plantas aquáticas e as oito variáveis abióticas  
 429 selecionadas sobre os dois primeiros eixos da CCA para as 14 lagoas estudadas do  
 430 semiárido brasileiro.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalores	0,8908	0,862
Proporção explicada	0,1616	0,1564
Proporção acumulada	0,1616	0,318
Coeficientes canônicos		
Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
Sódio (sedimento)	0,986	-0,071
Turbidez (água)	-0,162	0,254
pH (água)	-0,007	0,682
Nitrato (água)	-0,106	0,090
Alumínio (sedimento)	-0,244	0,549
Oxigênio dissolvido	-0,247	0,346
Temperatura (água)	0,248	0,003
Ferro (sedimento)	-0,129	0,490

431

## 432 5. Discussão

433 Os resultados mostraram que ambos os fatores (água e sedimento) foram  
 434 significativos e, portanto importantes estruturadores da comunidade de plantas aquáticas  
 435 nas lagoas temporárias analisadas na região semiárida do nordeste brasileiro. Esse  
 436 resultado já era esperado, uma vez que ambientes temporários não são considerados  
 437 nem verdadeiramente aquáticos nem verdadeiramente terrestres, uma vez que a  
 438 instabilidade causada pela alternância de fases hidrológicas torna-os ambientes  
 439 “incomuns”, como preconizado por Pinto-Cruz et al. (2009). No entanto, apesar da  
 440 participação significativa dos fatores água e sedimento, o fator água mostrou maior  
 441 participação na explicação dos resultados. Isso ocorreu porque a água nesses ambientes  
 442 funciona como o fator mais determinante para as espécies, pois, a fase de cheia dos  
 443 ambientes coincide com o momento em que as plantas incorporam nutrientes, carbono e  
 444 matéria orgânica em sua biomassa e aperfeiçoam a produção de suas sementes que serão  
 445 deixadas no solo formando um banco de sementes facilitando a recolonização dos  
 446 ambientes (Della-Bella et al., 2008; Brock, 2011). Assim, ainda que a participação da  
 447 água tenha sido mais importante, o sedimento também contribuiu significativamente  
 448 com a estruturação das plantas aquáticas nas lagoas temporárias estudadas. Além disso,  
 449 segundo Wetzel (1993), em ambientes aquáticos profundos, tanto as características

450 físicas e químicas como os processos metabólicos que ocorrem nesses dois  
451 compartimentos (água e sedimento) são bem definidos e de grande importância para o  
452 equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. No entanto, em ambientes rasos como os  
453 estudados, não há uma diferenciação nítida desses dois compartimentos e as  
454 características físicas e químicas da água são muitas vezes determinadas pelas  
455 características do sedimento. Além disso, observamos também uma maior  
456 predominância de formas biológicas de plantas aquáticas emersas e anfíbias, as quais,  
457 segundo Zacharias et al. (2007) são espécies típicas de ambientes que apresentam  
458 constantes variações hidrológicas e que por serem rasos são altamente dependentes do  
459 sedimento uma vez que são espécies enraizadas.

460 Nossos resultados mostraram que o pH da água foi uma importante variável  
461 reguladora tanto da biodisponibilidade como da toxicidade de alguns íons como o Fe e  
462 o Al. No presente estudo os valores de pH variaram de neutro a alcalino como é comum  
463 ocorrer nesses tipos de habitats (Camacho et al., 2009) e a concentração de oxigênio  
464 variou de (4,06 a 27,68). Em lagoas temporárias os níveis de oxigênio são flutuantes e  
465 frequentemente muito baixos, devido à alta relação superfície/volume destas depressões  
466 rasas, a maioria experimentam mudanças extremas de temperatura. Assim, no início do  
467 alagamento podem apresentar condições ideais de crescimento de sua biomassa, mas,  
468 com o aumento da incidência luminosa, a fotossíntese é inibida pelo dióxido de carbono  
469 e as limitações e potencialmente, a disponibilidade de oxigênio é reduzida por  
470 fotorespiração (Keeley e Busch, 1984). Tais condições foram observadas nas lagoas  
471 estudadas: pH alcalino, altas temperaturas da água e baixas concentrações de oxigênio  
472 dissolvido e são ideais para que ocorra a intensa redução de  $Fe^{3+}$  para  $Fe^{2+}$ , que é a  
473 forma utilizável pelas plantas aquáticas. Por outro lado, em excesso nos sedimentos e  
474 sob um pH ácido, este íon poderá tornar-se potencialmente tóxico às macrófitas  
475 aquáticas, causando pontos necróticos em folhas e formação de placas ferruginosas nas  
476 raízes, matando-as prematuramente (Fagnani e Guimarães, 2011). Nas lagoas estudadas  
477 as espécies *Anamaria heterophylla*, *Marsilea crotophora* e *Heteranthera limosa* foram  
478 abundantes e relacionaram-se positivamente com o íon ferro.

479 Em relação ao Al, este é um íon bastante encontrado em solos do semiárido  
480 nordestino (Pereira e Faria, 1998). A investigação dos efeitos do alumínio sobre os  
481 organismos aquáticos tornou-se importante para a pesquisa aquática e grande parte  
482 desse interesse decorre sobre os efeitos biológicos (Gensemer e Payle, 2010). Em geral  
483 quanto mais ácido é um solo, maior o teor de alumínio trocável em teores absolutos e

484 menores os teores de Ca, Mg e K. Estudos mostraram que o alumínio se torna mais  
485 solúvel e, portanto mais tóxico para a biota aquática quando o pH é ácido (Gensemer e  
486 Playle, 1999). Observamos a relação desse elemento químico com várias espécies de  
487 plantas aquáticas abundantes, entre elas, a única espécie endêmica encontrada neste  
488 estudo *Anamaria heterophylla* e a samambaia *Marsilea crotophora* o que mostra que  
489 para essas espécies o alumínio não foi tóxico, pois, foi controlado pelo pH alcalino.

490 Burrows (1977) em um estudo experimental observou que exposições relativamente  
491 elevadas de  $2.500 \mu\text{g.L}^{-1}$  Al total inibiu o crescimento radicular da macrófitas aquática  
492 *Myriophyllum spicatum* (pH não informado) enquanto muito menos (50 a  $200 \mu\text{g.L}^{-1}$ )  
493 de Al inibiu o crescimento de mudas de arroz a pH ácido (3,5 a 5,0). Outros estudos  
494 demonstraram que Al não inibiu o crescimento de *Lemna gibba* a pH básico (7,6 e 8,2)  
495 (Gostomski, 1990). Exposições extremamente altas de Al  $10.000$  a  $20.000 \mu\text{g.L}^{-1}$   
496 reduziram significativamente o teor de biomassa de *Salvinia minima* em meio ácido (pH  
497 = 3,9) (Gardner e Hamdani, 1997). Maessen et al. (1992) afirmou assim que o pH foi  
498 um fator muito mais importante do que alumínio na restrição do crescimento dessas  
499 macrófitas.

500 A presença de níveis de sodicidade elevada em solos do semiárido do nordeste do  
501 Brasil é bastante comum e é geralmente resultante da associação da formação geológica  
502 predominante na paisagem, baixa precipitação pluviométrica e alta taxa de evaporação,  
503 drenagem deficiente e exploração agrícola inadequada (Ribeiro et al., 2003;  
504 Vasconcelos et al, 2013). Apesar de comum, nossos resultados mostraram das 14  
505 lagoas estudadas apenas duas lagoas estiveram associadas com o sódio (PD e JUSTA).  
506 Nessas lagoas, abundaram espécies de macrófitas aquáticas mais estuarinas, portanto,  
507 mais resistentes e adaptadas ao sódio, tais como, *Eleocharis interstincta*, *Eleocharis*  
508 *nudipes* e *Thypha dominguensis*. Alguns autores já relataram que essas mesmas espécies  
509 também ocorreram em estuários tropicais (Ribeiro et al., 2015; Mufarrege et al., 2011).

510 O nitrato foi dentre os fatores de importância o que menos influenciou a estrutura da  
511 comunidade de plantas aquáticas nas lagoas estudadas. Esse elemento depende da  
512 quantidade de matéria orgânica (MO) produzida nas lagoas e suas diferentes formas  
513 estão diretamente ligadas aos processos de produção e decomposição. No caso das  
514 lagoas do presente estudo a média de MO produzida foi considerada baixa ( $22,57 \text{ g.Kg}^{-1}$ )  
515 <sup>1</sup>). Segundo Serrano (1994) as lagoas temporárias com hidroperíodos curtos durante a  
516 seca, luz solar e condições aeróbicas promovem a diminuição de matéria orgânica em  
517 seus sedimentos. As lagoas estudadas recebem apenas água pluvial e há registros na

518 literatura de que lagoas que dependem em grande parte das chuvas, também apresentam  
519 concentrações mais baixas de nitrato (Van Wichelen et al., 2007; Sahuquillo et al.,  
520 2012). Os hidroperíodos curtos não só reduzem a MO no sedimento seco, mas também  
521 reduzem o tempo disponível para o desenvolvimento da planta, assim, tanto a MO da  
522 planta no sedimento é reduzida, como também os compostos e nutrientes derivados da  
523 sua decomposição (Sahuquillo et al., 2012).

524 Com isso, podemos entender que as plantas aquáticas de lagoas rasas temporárias do  
525 semiárido brasileiro são fortemente estruturadas pelas características físicas e químicas  
526 da água e do sedimento. Durante o período de cheia, os parâmetros da água foram  
527 decisivos para o crescimento de biomassa das plantas, apesar do reconhecido papel do  
528 sedimento na disponibilidade de nutrientes para as espécies enraizadas e na alteração  
529 dos fatores físicos e químicos da água. Dentre as principais variáveis ligadas a  
530 estruturação das comunidades de plantas, o pH teve lugar de destaque pelo seu papel  
531 regulador do metabolismo do ecossistema aquático, no controle da oferta de carbono, na  
532 biodisponibilidade de micronutrientes e na minimização da toxicidade de metais.  
533 Apesar da reconhecida importância do nitrato e do fósforo para o incremento de  
534 biomassa de plantas, estes tiveram papel secundário, sendo o sódio e o ferro, os  
535 principais componentes químicos estruturadores das plantas aquáticas em lagoas rasas  
536 temporárias do semiárido brasileiro."

537

### 538 **Agradecimentos**

539 Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pelo Programa de Pós-  
540 Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao apoio  
541 logístico dado pela Embrapa Semiárido durante a execução desse trabalho.

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551 **6. Referências**

- 552 Akasaka, M., Takamura, N., Mitsuhashi, H., Kadono, Y., 2010. Effects of land use on  
553 aquatic macrophytes diversity and water quality of ponds. *Fresh. Biol.* 55, 909-922.  
554 <http://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02334.x>
- 555 Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G., 2013.  
556 Köppen's climate classification map for Brazil. *Met. Zeit.* 22, 711-728.  
557 <http://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- 558 Alves, J.J.A., 2007. Geoeecologia da caatinga no semiárido do Nordeste brasileiro.  
559 *CLIMEP: Climatologia e Estudos da Paisagem* 2, 58-71.
- 560 Alves, J.J.A., Araújo, M.A., Nascimento, S.S., 2009. Degradação da caatinga: uma  
561 investigação ecogeográfica. *Rev. Caatinga. Mossoró-Brasil*, 22, 126-135.
- 562 Angiosperm Phylogeny Group (APG IV), 2016. An update of the angiosperm  
563 phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV.  
564 *Bot. J. Linn. Soc.* 181, 1-20. <http://dx.doi.org/10.1111/boj.12385>
- 565 APHA (American Public Health Association), 2005. American Water Works  
566 Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF): Standard Methods for  
567 the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition.
- 568 Boix, D., Sala, J., Gascón, S., Martinoy, M., Gifre, J., Brucet, S., Badosa, A., López-  
569 Flores, R., Quintana, X.D., 2007. Comparative biodiversity of crustaceans and aquatic  
570 insects from various water body types in coastal Mediterranean wetlands. *Hydrobiology*  
571 584, 347-359. [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-6399-2\\_31](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-6399-2_31)
- 572 Bove, C.P., Paz, J., 2009. Guia de campo das plantas aquáticas do Parque Nacional da  
573 Restinga de Jurubatiba. Museu Nacional, Rio de Janeiro. *Acta. Bot. Bras.* 17, 119-135.  
574 <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062003000100009>
- 575 Brock, M.A., 2011. Persistence of seed banks in Australian temporary wetlands.  
576 *Freshwater Biol.* 56, 1312-1327. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02570.x>
- 577 Bueno, N.C., Prado, J.F., Meurer, T., Bicudo, C.E.M., 2011. New records of *Chara*  
578 (Chlorophyta, Characeae) for subtropical Southern Brazil. *System. Bot.* 36, 523-541.  
579 <http://dx.doi.org/10.1600/036364411X583510>
- 580 Burrows, W.D., 1977. Aquatic aluminum: Chemistry, toxicology, and environmental  
581 prevalence. *CRC Crit. Rev. Environ. Control* 7, 167-216.  
582 <http://dx.doi.org/10.1080/10643387709381651>
- 583 Camacho A., Borja C., Valero-Garcés B., Sahuquillo M., Cirujano S., Soria J.M., Rico  
584 E., De La Hera A., Santamans A.C., García de Domingo A., Chicote A., Gosálvez R.U.,  
585 2009. 3170\* Lagunas y charcas temporales Mediterráneas (\*). In: VV.AA. Bases  
586 ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de habitat de interés  
587 comunitário en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.  
588 Madrid, Espanha. pp. 7-87.
- 589 Campelo, M.J.A., 2014. Richness of the Aquatic Macrophytes in the Temporary  
590 Lagoons in the Semiarid of Northeastern Brazil. *Inter J Res In Earth & Environ. Sci.* 4,  
591 1-11.
- 592 Da Silva, C.J., Esteves, F.A., 1993. Biomass of three macrophytes in the Pantanal of the  
593 Mato Grosso, Brazil. *Int. J. Ecol. Env. Sci.* 19, 11-23.

- 594 Della Bella, V., Bazzanti, M., Dowgiallo, M.G., Iberite, M., 2008. Macrophyte diversity  
595 and physico-chemical characteristics of Tyrrhenian coast ponds in central Italy:  
596 implications for conservation. *Hydrobiologia*. 597, 85-95.  
597 <http://doi.org/10.1007/s10750-007-9216-9>
- 598 Fagnani, E.; Guimarães, J.R., MOZETO, A.A., FADINI, P.S., 2011. Sulfetos  
599 volatilizáveis por acidificação e metais extraídos simultaneamente na avaliação de  
600 sedimentos de água doce. *Quim. Nova*. 34, 1618-1628.  
601 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422011000900022>
- 602 Fidalgo, O., Bononi, V.R.L., 1984. Técnicas de coleta, preservação e herborização de  
603 material botânico. Instituto de Botânica, São Paulo.
- 604 Gantes, H.P., Caro, A.S., 2001. Environmental heterogeneity and spatial distribution of  
605 macrophytes in plain streams. *Aquat. Bot.* 70, 225-236. [http://doi.org/10.1016/s0304-3770\(01\)00159-0](http://doi.org/10.1016/s0304-3770(01)00159-0)
- 606 Gardner, J.L., Al-Hamdani, S.H., 1997. Interactive effects of aluminum and humic  
607 substances on *Salvinia*. *J. Aquat. Plant Manage.* 35, 30-34.
- 608 Gecheva G., Yurukova L., Cheshmedjiev S., 2013. Patterns of aquatic macrophyte  
609 species composition and distribution in Bulgarian rivers. *Turk. J. Bot.* 37, 99–110.  
610 <http://doi.org/10.3906/bot-1112-35>
- 611 Gensemer, R.W., Playle, R.C., 1999. The bioavailability and toxicity of aluminium in  
612 aquatic environments. *Critical Reviews in Environmental Science & Technology*, 29,  
613 315-450. <http://dx.doi.org/10.1080/10643389991259245>
- 614 Gostomski, F. 1990. The toxicity of aluminum to aquatic species in the US. *Environ.*  
615 *Geochem. Health* 12, 51–54. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01734047>
- 616 Grillas P., Gauthier P., Yavercovski N., Perennou C. (eds.), 2004. Mediterranean  
617 temporary pools I: issues relating to conservation, functioning and management. *Station*  
618 *biologique de la Tour du Valat*. Arles, França.
- 619 Hiley, P.D.; Wright, J.F.; Berrie, A.D., 1981: A new sampler for stream benthos,  
620 epiphytic macrof auna and aquatic macrophytes. *Freshwater biology* 11, 79-85.
- 621 Irgang, B.E., Pedralli, G., Waetcher, J.L., 1984. Macrófitos aquáticos da Estação  
622 Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. *Roessléria* 6, 395- 404.
- 623 Keeley, J.E., Busch, G., 1984. Carbon assimilation characteristics of the aquatic CAM  
624 plant, *Isoetes howellii*. *J. Plant Physiol.* 76, 525-530.  
625 <http://dx.doi.org/10.1104/pp.76.2.525>
- 626 Kisson, L.T., Donna, T., Jacoba, L., Hansonb, M.A., Herwig, B.R., Bowec, S.E.,  
627 Ottea, M.L., 2013. Macrophytes in shallow lakes: Relationships with water, sediment  
628 and watershed characteristics. *Aquat. Bot.* 109, 39-48.  
629 <http://doi.org/10.1016/j.aquabot.2013.04.001>
- 630 Kneitel, J.M., Lessin, C.L., 2010. Ecosystem-phase interactions: aquatic eutrophication  
631 decreases terrestrial plant diversity in California vernal pools. *Oecologia* 163, 461-469.  
632 <http://doi.org/10.1007/s00442-009-1529-0>
- 633 Kufner, D.C.L., Scremin-Dias, E, Guglieri-Caporal, A., 2011. Composição florística e  
634 variação sazonal da biomassa de macrófitas aquáticas em lagoa de meandro do  
635 Pantanal. *Rodriguésia*. 62, 803–812.
- 636 Likens, E.G. 2010. *Lake ecosystem ecology: a global perspective*. San Diego: Elsevier.

- 638 Lobo, E., Leighton, G., 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas  
639 de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. Rev.  
640 Biol. Mar. 22, 1-29.
- 641 Maessen, M., Roelofs, J.G.M., Bellemakers, M.J.S., Verheggen, G.M. 1992. The effects  
642 of aluminium, aluminium/calcium ratios and pH on aquatic plants from poorly buffered  
643 environments. Aquat. Bot. 43, 115–127. [http://dx.doi.org/10.1016/0304-](http://dx.doi.org/10.1016/0304-3770(92)90037-J)  
644 [3770\(92\)90037-J](http://dx.doi.org/10.1016/0304-3770(92)90037-J)
- 645 Mackenzie, A.; Ball, A. S.; Virdee, S. R. 1998. Freshwater biomes. In: The instant notes  
646 in ecology. Bios scientific publishers Ltd, 9 Newtec Place, Magdalen Road, Oxford  
647 OX4 IRE, UK. pp. 280-321
- 648 Magurran, A.E., 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science, Oxford.
- 649 Maltchik, L., 2000. As lagoas temporárias do semi-árido. Ciência Hoje. 28, 67-70.
- 650 Maltchik, L., Lacerda, T., Rolon, A.S. 2007. Plantas aquáticas de um canal de irrigação  
651 de lavoura de arroz da planície costeira do Rio Grande do Sul. In: Congresso brasileiro  
652 de arroz irrigado, 5, 2007, Pelotas. Anais... Pelotas: Embrapa Clima Temperado. pp.  
653 353-358.
- 654 Mazzeo, N., Crosa, D. Sommaruga, R., 1993. Productividad y variación estacional de la  
655 biomasa de *Pistia stratiotes* L. en el reservatorio del Cisne, Uruguay. Acta Limnologica  
656 Brasiliensia. 4, 186-195.
- 657 Moura, M.S.B., Galvincto, J.D., Brito, L.T.L., Souza, L.S.B., Sá, I.I.S., Silva, T.G.F.,  
658 2007. Clima e água de chuva no Semiárido. In: Brito, L.T.L., Moura, M.S.B., Gama,  
659 G.F.B., (Eds.), Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro. Embrapa  
660 Semiárido, Petrolina. pp 37-59.
- 661 Mufarrege, M.M., Di Luca G.A., Hadad H.R., Maine M.A., 2011. Adaptability of  
662 *Typha domingensis* to high pH and salinity. Ecotoxicology. 20, 457-65.  
663 <http://dx.doi.org/10.1007/s10646-011-0598-0>.
- 664 Pereira, J.R., Faria, C.M.B., 1998. Sorção de fósforo em alguns solos do Semiárido do  
665 Nordeste brasileiro. Pesq. Agropec. Bras. 33, 1179-1184.
- 666 Pinto-Cruz C., Molina J.A., Barbour M., Silva V., Espírito-Santo M.D., 2009. Plant  
667 communities as a tool in temporary ponds conservation in SW Portugal. Hydrobiologia.  
668 634, 11-24. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-009-9885-7>
- 669 Pott, V.J., Pott, A., 2000. Plantas Aquáticas do Pantanal. Embrapa, Brasília.
- 670 R Development Core Team. 2010. A language and environment for statistical  
671 computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- 672 Rhazi, L., Rhazi, M., Grillas, P., Khyari, D.E., 2006. Richness and structure of plant  
673 communities in temporary pools from western Morocco: influence of human activities.  
674 Hydrobiologia. 570, 197-203. [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5390-0\\_28](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5390-0_28)
- 675 Ribeiro, J.P.N., Matsumoto, R.S., Takao, L.K., Lima, M.I.S., 2015. Plant zonation in a  
676 tropical irregular estuary: can large occurrence zones be explained by a tradeoff model?  
677 Braz. J. Biol. vol.75 no.3 São Carlos. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.13314>
- 678 Ribeiro, M.R., Freire, F.J., Montenegro, A.A.A., 2003. Solos halomórficos no Brasil:  
679 Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: CURI, N.; MARQUES,  
680 J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S; ALVAREZ, V. H. (eds.).

- 681 Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 3, pp.  
682 165-208.
- 683 Riis, T., Sand-Jensen, K., Vestergaard, O., 2000. Plant communities in lowland Danish  
684 streams: species composition and environmental factors. *Aquat. Bot.* 66, 255-272.  
685 [http://doi.org/10.1016/S0304-3770\(99\)00079-0](http://doi.org/10.1016/S0304-3770(99)00079-0)
- 686 Sahuquillo, M., Miracle, M.R., Morata, S.M., Vicente, E., 2012. Nutrient dynamics in  
687 water and sediment of Mediterranean ponds across a wide hydroperiod gradient.  
688 *Limnologica*. 42, 282-290. <http://dx.doi.org/10.1016/j.limno.2012.08.007>.
- 689 Souza, V.C., Lorenzi, H., 2008. *Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação*  
690 *de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II*. Instituto Plantarum, Nova  
691 Odessa.
- 692 Serrano, L., 1994. Sources, abundance and disappearance of polyphenolic compounds  
693 in temporary ponds of Doñana National Park (South-western Spain). *Aus. J. Mar. Fresh.*  
694 *Res.* 45, 1555–1564. <http://dx.doi.org/10.1071/MF9941555>.
- 695 Setubal, R.B., Bozelli, R.L., Araújo, L.R., Nascimento, M.O., Petry, A.C., Di Dario, F.,  
696 Martins, T., Felice, B.C., Konno, T.U.P., Mormul, R.P., 2016. Uma poça de  
697 diversidade. *Ciência Hoje*. 26, pp. 34-37.
- 698 Smith, A.R., Pryer, K.M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H., Wolf, P.G., 2006.  
699 A classification for extant ferns. *Taxon* 55, 705-731.
- 700 Smith, A.R., Pryer, K.M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H., Wolf, P.G., 2008.  
701 Fern classification. In *Biology and evolution of ferns and Lycophytes*. T.A. Ranker and  
702 C.H. Haufler, eds. Cambridge University, Cambridge. pp. 417-467.
- 703 Ter Braak, C.J.F., 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector  
704 technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67, 1167-1179.  
705 <http://doi.org/10.2307/1938672>
- 706 Ter Braak, C.J.F., 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by  
707 canonical correspondence analysis. *Vegetatio*. 69, 69-77.  
708 <http://doi.org/10.1007/BF00038688>
- 709 Ter Braak, C.J.F., Verdonschot, P.F.M., 1995. Canonical correspondence analysis and  
710 related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquat. Sci.* 57, 255-289.  
711 <http://doi.org/10.1007/BF00877430>
- 712 Van Wichelen, J., Declerck, S., Muylaert, K., Hoste, I., Geenens, V., Vandekerckhove, J.,  
713 Michels, E., De Pauw, N., Hoffmann, M., De Meester, L., Vyverman, W., 2007. The  
714 importance of drawdown and sediment removal for the restoration of the eutrophied  
715 shallow Lake Kraenepoel (Belgium). *Hydrobiologia*. 584, 291-303.  
716 <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-0611-z>
- 717 Vasconcelos, R.R.A., Barros, M.F.C., Silva, Ê.F.F., Graciano, E.S.A., Fontenele,  
718 A.J.P.B., Silva, N.M.L. 2013. Características físicas de solos salino-sódicos do  
719 semiárido pernambucano em função de diferentes níveis de gesso. *Revista Brasileira de*  
720 *Engenharia Agrícola e Ambiental* v.17, n.12, p.1318–1325, Campina Grande, PB,  
721 UAEA/UFPA. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001200010>
- 722 Warwick, N.W.M., Brock, M.A., 2003. Plant reproduction in temporary wetlands: the  
723 effects of seasonal timing, depth, and duration of flooding. *Aquat. Bot.* 77, 153-167.  
724 [http://doi.org/10.1016/S0304-3770\(03\)00102-5](http://doi.org/10.1016/S0304-3770(03)00102-5)



- 725 Wetzel, R.G., 1993. *Limnologia*. Lisboa: Fundação Calouste Goulbekian. 919 p.
- 726 Wood, R.D., Imahori, K., 1964. A revision of the Characeae. 2: iconograph of the  
727 Characeae. Weinheim: J. Cramer.
- 728 Wood, R.D., Imahori, K., 1965. A revision of the Characeae. 1: monograph of the  
729 Characeae. Weinheim: J. Cramer.
- 730 Zacharias, I., Dimitriou, E., Dekker, A., Dorsman, E., 2007. Overview of temporary  
731 ponds in the Mediterranean region: threats, management and conservation issues. *J*  
732 *Environ. Biol.* 28, 1-9.
- 733
- 734
- 735
- 736
- 737
- 738
- 739
- 740
- 741
- 742
- 743
- 744
- 745
- 746
- 747
- 748
- 749
- 750
- 751
- 752
- 753
- 754
- 755

756 **4 CAPÍTULO II**

757

758

759

760

761

762

763 **COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DE PLANTAS AQUÁTICAS DO BANCO DE**  
764 **SEMENTES DO SOLO DE LAGOAS TEMPORÁRIAS DO SEMIÁRIDO DO**  
765 **NORDESTE, BRASIL**

766

767

768

769

770

771

Artigo a ser submetido a



772

773

---

774 \*O manuscrito foi formatado segundo as normas gerais para publicação da revista  
775 Aquatic Botany. No entanto, as figuras e tabelas foram incluídas no texto para facilitar a  
776 leitura, não seguindo as normas do referido periódico.

777 **COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DE PLANTAS AQUÁTICAS DO BANCO DE**  
778 **SEMENTES DO SOLO DE LAGOAS TEMPORÁRIAS DO SEMIÁRIDO DO**  
779 **NORDESTE, BRASIL**

780

781 \*Maria C.Tonizza- Pereira<sup>a,b</sup>; Ênio W. Dantas<sup>b,c</sup>

782

783 <sup>a</sup> Colegiado de Ciências Biológicas, Laboratório de Botânica, Universidade Federal do  
784 Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, BR 407, Km 12, Lote 543, Distrito  
785 de Irrigação Senador Nilo Coelho, Zona Rural, Cep 56.300-990, Petrolina, PE, Brasil.

786

787 <sup>b</sup> Departamento de Biologia, Programa de Pós Graduação em Botânica, Universidade  
788 Federal Rural de Pernambuco, R.D. Manoel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, Recife,  
789 Pernambuco 52171-030, PE, Brasil. \*Corresponding author. Tel.: +55 87 988623756.  
790 E-mail address: carolina.tonizza@univasf.edu.br

791

792 <sup>c</sup> Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual da Paraíba, Campus V,  
793 Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas – CCBSA, Rua: Horácio Trajano,  
794 s/n, Cristo 58070-450 João Pessoa, PB, Brasil.

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811 **Resumo**

812 O objetivo deste estudo foi analisar a composição florística e a estrutura das plantas  
813 aquáticas ocorrentes no banco de sementes do solo em nove lagoas temporárias na  
814 região semiárida do Brasil. Durante o período de chuva, foram identificadas as espécies  
815 de plantas aquáticas que estavam presentes nestas lagoas e durante a estação seca foram  
816 coletadas vinte amostras de solo das mesmas lagoas e colocadas para germinar. Os  
817 resultados mostraram que germinaram um total de 9.811 sementes e foram encontrados  
818 no banco de sementes 23 táxons com 60,86% considerados abundantes e 13,04%  
819 consideradas dominantes (*Eleocharis minima*, *Ludwigia octovalvis* e *Azolla* sp.).  
820 Quanto às formas de vida 73,9% foram emersas e/ou anfíbias e as espécies *E. minima* e  
821 *H. limosa* foram as espécies mais frequentes, ocorrendo em 100% das lagoas estudadas.  
822 sendo *E. minima* estruturadora em cinco lagoas. Embora a similaridade verificada entre  
823 a composição registrada no campo e a encontrada no banco de sementes tenha sido  
824 baixa com apenas oito espécies o padrão de similaridade florística entre os ecossistemas  
825 não foi alterado. O dendrograma de similaridade da composição florística do banco de  
826 sementes mostrou que todas as lagoas estudadas foram similares o que não ocorreu com  
827 a estrutura que mostrou a existência de três grupos com diferentes espécies estruturantes  
828 em cada grupo de lagoas formado. Os eventos de seca prolongada e a dormência de  
829 sementes podem causar alteração na composição florística e na estrutura do banco de  
830 sementes selecionando espécies mais resistentes e oportunistas.

831 **Palavras-chave:** densidade; germinação; riqueza; diversidade; espécies oportunistas;  
832 macrófitas aquáticas.

833

834 **Destaques:**

- 835 • Os bancos de sementes em lagoas temporárias do semiárido brasileiro nunca foram  
836 estudados anteriormente.
- 837
- 838 • As espécies oportunistas predominaram no banco de sementes com alta densidade  
839 populacional.
- 840
- 841 • A similaridade entre as lagoas foi encontrada na composição florística, mas não na  
842 estrutura do banco de sementes.
- 843
- 844 • A seca prolongada e a dormência de sementes podem ter afetado a composição e a  
845 estrutura do banco de sementes.
- 846
- 847 • A similaridade entre o que foi encontrado no banco de sementes e no campo foi  
848 baixa.

849

850

851

852

853 **Abstract**

854 The aim of this study was to analyze floristic composition and soil seed bank structure  
 855 of aquatic plants in nine temporary ponds in the semiarid region of Brazil. During the  
 856 rainy season, species of aquatic plants occurring in these ponds were identified; and  
 857 during the dry season, twenty soil samples were collected from the same ponds and  
 858 allowed to germinate. The results showed that a total of 9.811 seeds germinated and 23  
 859 taxa were found in the seed bank, of which 60.86% were considered abundant and  
 860 13.04% were considered dominant (*Eleocharis minima*, *Ludwigia octovalvis* and *Azolla*  
 861 sp.). As for life forms, 73.9% were emersed and /or amphibian, and *Eleocharis minima*  
 862 and *Heteranthera limosa* were the most frequent species, occurring in all of the ponds  
 863 studied. Overall 12 species and two morphospecies were considered abundant and  
 864 *Eleocharis minima* a structuring species in five ponds. Although the similarity between  
 865 the composition registered in the field and found in the seed bank was low only eight  
 866 species, the pattern of floristic similarity among ecosystems was not altered. The  
 867 similarity dendrogram of floristic composition of the seed bank showed that all the  
 868 ponds studied were similar, which did not occur with structure which showed existence  
 869 of three groups of ponds with different structuring species in each group. Prolonged  
 870 drought events and seed dormancy and can cause change in the floristic composition  
 871 and structure of the seed bank by selecting more resistant and opportunistic species.

872 **Key words:** density; germination; wealth; diversity; opportunistic species; aquatic  
 873 macrophytes.

874

875 **Highlights:**

- 876 • Seed banks in temporary Brazilian semiarid ponds have never been studied before.  
877
- 878 • Opportunistic species predominated in the seed bank with high population density.  
879
- 880 • Similarity between ponds was found in floristic composition but not in structure of  
881 the seed banks
- 882
- 883 • Prolonged drought and seed dormancy may have affected composition and structure  
884 of seed banks.  
885
- 886 • The similarity between the composition registered in the field and found in the seed  
887 bank was low  
888

889

890

891

## 892 1. Introdução

893 As plantas aquáticas de ambientes temporários garantem a perpetuação dos seus  
894 genes a partir da formação de um banco de sementes mantidos dormentes no solo até a  
895 próxima chuva (Warwick e Brock, 2003; Casanova, 2012). De maneira geral, bancos de  
896 sementes do solo são reservas de sementes viáveis de vegetais no solo que podem durar  
897 vários anos no solo (Baskin e Baskin, 2014). Essas sementes ocupam o solo ou pela  
898 entrada de novos propágulos através de processos de dispersão de sementes ou pela  
899 saída através de processos como germinação, perda de viabilidade ou predação (Leck et  
900 al., 1989). Os bancos de sementes fornecem informações sobre a densidade, riqueza e  
901 composição florística (Aponte et al., 2010), estratégias de colonização (Cook, 1980),  
902 reserva de diversidade genética (Templeton e Levin, 1979), garantem o  
903 restabelecimento da vegetação após episódios de distúrbios (Crosslé e Brock, 2002),  
904 morte por doenças da vegetação existente (Simpson et al., 1989), composição e  
905 estrutura da vegetação pretérita (Lu et al., 2012), a partir da memória genética (Mandák  
906 et al., 2012), além de auxiliar projetos de restauração de ecossistemas (Lu et al., 2012)

907 Em regiões semiáridas, um cenário bastante comum é a formação de lagoas  
908 temporárias (Maltchik, 2000; Warwick e Brock, 2003; Rhazi et al., 2006; Zacharias et  
909 al., 2007; Kneitel e Lessin, 2010). De acordo com a Convenção de Ramsar (2002),  
910 lagoas temporárias são definidas como qualquer corpo d'água pequeno, raso, isolado de  
911 fontes de água permanentes, que passam por ciclos periódicos de inundações e secas  
912 (Ruiz, 2008). Esses ecossistemas aquáticos efêmeros de água doce são sistemas com  
913 uma complexa dinâmica hidrológica (Liu et al., 2005). Estes são vulneráveis, aos  
914 processos de degradação a que estão submetidos (Zacharias et al., 2007; Rhazi et al.,  
915 2012) e de mudanças climáticas (Ma et al., 2012). São considerados “habitats  
916 prioritários”, uma vez que abrigam uma parcela significativa da biodiversidade aquática  
917 (Zacharias e Zamparas, 2010) e espécies de plantas raras e altamente adaptadas, muitas  
918 das quais ameaçadas de extinção (Lukács et al., 2013).

919 Uma vez que as lagoas temporárias apresentam variabilidade nos padrões abióticos,  
920 são necessárias diversas adaptações das plantas aquáticas, tais como, diferentes formas  
921 de dispersão (Boedeltje et al., 2002, Soomers et al., 2010), esporos resistentes, produção  
922 e dormência fisiológica de sementes (Baskin e Baskin, 1998); sementes persistentes  
923 (Brock, 2011), resistentes a dessecação (Tweddle et al., 2003); diferentes tipos de  
924 reprodução (Casanova e Brock, 1996); ciclos de vida curtos (Rhazi et al., 2009) e uma  
925 notável habilidade em aproveitar as condições ambientais favoráveis para se reproduzir,  
926 muito embora consigam também persistir durante períodos não favoráveis (Brock,  
927 2011).

928 No Brasil, regiões submetidas ao clima semiárido propiciam o aparecimento de  
929 corpos d'água de natureza temporária, sendo identificadas mais de 15.000 lagoas que  
930 apesar de efêmeras desempenham importantes funções no aspecto social, servindo de  
931 recursos para atividades de subsistência, e no aspecto ecológico, abrigando e  
932 estabilizando importantes comunidades biológicas (Maltchik, 2000). Essas lagoas  
933 temporárias podem ser naturais ou resultantes de modificações antrópicas na paisagem,  
934 formadas durante a retirada de material particulado para uso na construção civil. As

935 depressões no solo resultantes da retirada desse material são, geralmente, de pouca  
936 profundidade, e no período de chuvas acumulam água e formam pequenas lagoas ao  
937 lado das margens da estrada (Tomas et al., 2009). Durante a estiagem, a infiltração, a  
938 evaporação e o uso secam as lagoas. A formação desses ambientes aquáticos na região  
939 do semiárido é comum. No entanto, uma parte da sua biodiversidade é composta por  
940 uma flora aquática, ainda é pouco estudada. Além disso, em ecossistemas aquáticos no  
941 Brasil, estudos com esse enfoque são escassos (Pagotto et al., 2011; Bao et al., 2014) e  
942 inexistentes na região Nordeste.

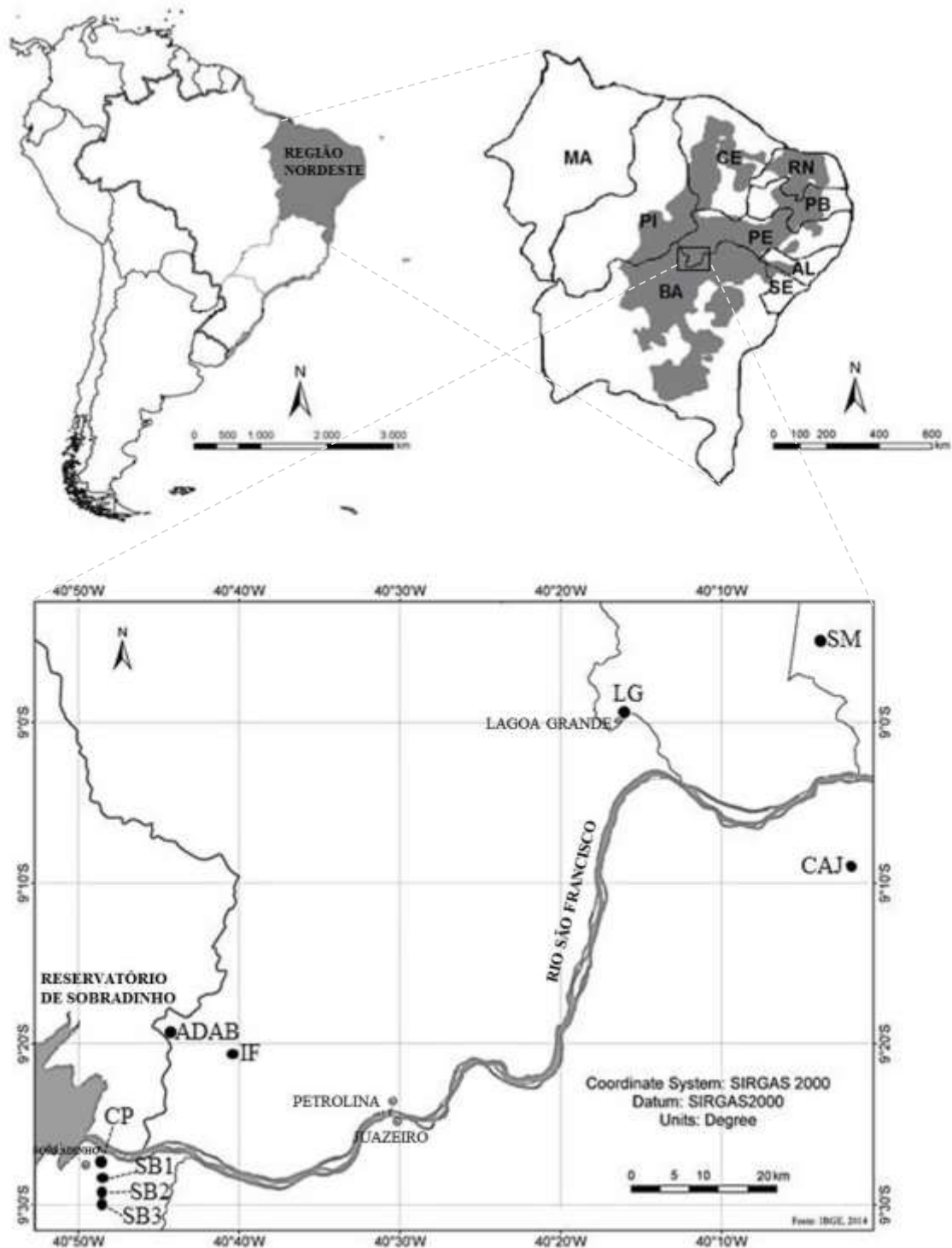
943 Diante de um cenário de mudança global, especialmente em relação às frágeis  
944 regiões áridas e semiáridas, torna-se necessário compreender o papel fundamental que  
945 os bancos de sementes de lagoas temporárias desempenham na manutenção da dinâmica  
946 desses ecossistemas. O conhecimento do banco de sementes de plantas aquáticas é um  
947 instrumento fundamental para uma maior compreensão sobre o restabelecimento do  
948 comportamento germinativo das sementes em ambientes imprevisíveis como é o caso  
949 do semiárido brasileiro, além de subsidiar futuros trabalhos favorecendo uma melhor  
950 conservação desses mananciais. Nesse contexto, o presente estudo teve como principal  
951 objetivo investigar e descrever a composição florística e a estrutura do banco de  
952 sementes de plantas aquáticas através da análise de nove lagoas temporárias. Para isso,  
953 foram elaboradas as seguintes perguntas: i) as espécies que germinaram no banco de  
954 sementes são um reflexo da comunidade pré-existente? ii) existe similaridade florística  
955 e estrutural do banco de sementes entre as nove lagoas estudadas?

956

## 957 **2. Materiais e Métodos**

### 958 **2.1. Área de estudo**

959 A área de estudo abrangeu nove lagoas temporárias localizadas em dois estados da  
960 região nordeste do Brasil: Pernambuco e Bahia (Fig. 1). O clima da região é classificado  
961 segundo Köppen como Bsh - clima semiárido. Essa região apresenta características  
962 específicas tais como, temperaturas do ar relativamente altas durante todo o ano e  
963 deficiência hídrica (Alvares et al., 2013) além de elevada evapotranspiração, baixa  
964 precipitação com irregularidade temporal e espacial na distribuição das chuvas  
965 concentrando-se em oito meses no ano com estação seca (Leal et al., 2003). A região  
966 estudada abriga o bioma Caatinga (Floresta tropical seca localizada no Nordeste do  
967 Brasil e na região Norte do estado de Minas Gerais), exclusivamente brasileiro,  
968 constituído por espécies xerófilas, com características muito peculiares de adaptação,  
969 alto endemismo e rica biodiversidade (Alves, 2007; Alves, 2009). Em geral as lagoas  
970 estudadas apresentam características morfométricas semelhantes (Tabela 1) e são usadas  
971 para vários fins, tais como, hidratação animal, pesca e plantio de algumas culturas.



972

973 Figura 1. Localização geográfica da área de estudo – Mapa da América do Sul, com a  
 974 delimitação no mapa do Brasil e destaque da região Nordeste; Mapa da região Nordeste  
 975 com destaque da região climática Bsh-Semiárida. Mapa em destaque com a localização  
 976 das nove lagoas estudadas. Siglas: ADAB- Agência de Defesa Agropecuária da Bahia;  
 977 CAJ- lagoa do Centro de Abastecimento de Juazeiro; CP- lagoa Chico Piriquito; IF-  
 978 lagoa do Instituto Federal; LG-lagoa Grande; SB1- lagoa Sobradinho1; SB2- lagoa  
 979 Sobradinho 2; SB3- lagoa Sobradinho 3. SM- lagoa Santa Maria.



980 Tabela 1. Caracterização morfométrica e localização geográfica das nove lagoas temporárias estudadas no semiárido brasileiro, estados de  
 981 Pernambuco e Bahia.

Lagoas	Siglas	Morfometria				Localização			
		Volume (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Área (10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Profundidade Z <sub>max</sub>	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Distância Rio São Francisco (Km)
Agência de defesa agropecuária da Bahia	ADAB	16,17	23,62	686	1,40	9°19'12"S	40°44'12"O	400	13,80
Cooperativa agrícola de Juazeiro	CAJ	0,61	4,94	317	0,60	9°08'54"S	40°02'00"O	380	8,80
Chico Piriquito	CP	4,92	16,11	663	1,30	9°27'04"S	40°48'30"O	370	0,60
Instituto Federal Grande	IF	2,93	8,67	415	1,40	9°20'21"S	40°40'21"O	404	12,00
Sobradinho1	LG	7,33	30,36	871	1,41	8°59'27"S	40°16'05"O	363	7,12
Sobradinho2	SB1	5,52	9,74	478	1,50	9°27'25"S	40°48'30"O	370	1,40
Sobradinho3	SB2	0,37	1,75	239	0,60	9°27'29"S	40°48'29"O	371	1,43
Santa Maria	SB3	1,43	6,77	338	0,74	9°27'34"S	40°48'29"O	370	1,63
	SM	0,34	7,79	341	0,77	8°54'42"S	40°03'46"O	421	15,66

982

983

984

985

986

987

## 988 **2.2. Período de amostragem**

989

990 Para a realização desse trabalho foram realizadas duas expedições a campo: A  
991 primeira na estação chuvosa entre os meses de dezembro de 2013 a março de 2014 e a  
992 segunda na estação seca de agosto a outubro de 2014. As lagoas estabelecidas para o  
993 estudo foram georreferenciadas com o auxílio de um Global Position System (GPS),  
994 marca Garmin, modelo Etrex Vista HCx.

## 995 **2.3. Amostragem do banco de sementes no solo**

996

997 Na estação seca, as amostras de solo foram coletadas no interior de cada parcela de  
998 50 x 50 m (unidade amostral), para a avaliação do banco de sementes. No interior da  
999 parcela foram coletadas aleatoriamente vinte amostras de solo com o auxílio de uma  
1000 escavadeira manual articulada, da superfície até 10 cm de profundidade totalizando  
1001 vinte amostras de solo por lagoa. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos  
1002 transparentes, etiquetadas e encaminhadas para o laboratório onde cada amostra de solo  
1003 foi passada em peneira (5 mesh) para destorroar, homogeneizar e retirar cascalhos e  
1004 rizomas. De cada uma das 20 amostras, foi extraído 450 cm<sup>3</sup> de solo para a avaliação da  
1005 germinação do banco de sementes.

## 1006 **2.4. Casa de vegetação**

1007

1008 O experimento foi conduzido durante 75 dias em casa de vegetação, coberta por uma  
1009 tela sombrite de 50%, localizada na Embrapa Semiárido (9°04'16.958"S e  
1010 40°19'03.249"W), a partir, de 15 de julho de 2014. As condições experimentais de  
1011 temperatura média ambiente foram de 26,4°C ( $\pm 2$ ). Não houve registro significativo de  
1012 precipitações durante o período de condução do experimento ( $\leq 4$  mm). Estes dados  
1013 foram obtidos na estação climatológica automática do campo experimental de  
1014 Bebedouro da Embrapa Semiárido que fica aproximadamente 10 km da casa de  
1015 vegetação onde foi conduzido o experimento.

1016 Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado. Cada amostra de  
1017 450 cm<sup>3</sup> de solo foi dividida em três bandejas de alumínio com dimensões de 203 x 133  
1018 mm, totalizando 60 bandejas por lagoa. Em cada bandeja foram colocadas, 150 cm<sup>3</sup> de  
1019 solo e 150 cm<sup>3</sup> de vermiculita expandida e de baixa densidade. Esta foi utilizada como  
1020 substrato devido à sua alta retenção de água, elevada porosidade, baixa densidade, alta  
1021 capacidade de troca de cátions (CTC) e pH em torno de 8,0 (Favreto e Medeiros 2006;  
1022 Medeiros e Steiner, 2002). O objetivo do espalhamento da amostra sobre as bandejas foi  
1023 de maximizar a probabilidade de emergência de plântulas mediante aumento da  
1024 superfície e formar uma camada de aproximadamente 3 cm de profundidade. As  
1025 bandejas foram mantidas permanentemente com 1cm de água de torneira acima do  
1026 limite da amostra de solo. Algumas bandejas de alumínio apenas com 150 cm<sup>3</sup>  
1027 vermiculita foram distribuídas aleatoriamente entre as amostras como controle.

1028 A água utilizada no experimento apresentou as seguintes características: pH (9,36);  
1029 condutividade elétrica (0,10  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ); turbidez (0,0 NTU); oxigênio dissolvido (8,41

1030 mg/L); saturação de oxigênio dissolvido (107,2 %); totais de sólidos dissolvidos (TDS)  
1031 (0,07g/L); salinidade (0,0 ppt).

## 1032 **2.5. Composição florística, frequência e riqueza**

1033  
1034 As sementes que germinaram e se estabeleceram como plântulas nas bandejas foram  
1035 identificadas seguindo a literatura especializada (Souza e Lorenzi, 2008; Pott e Pott,  
1036 2000; Bove e Paz, 2009; Bueno et al., 2011). A classificação das formas biológicas foi  
1037 baseada em Irgang et al.(1984). Quando havia dúvidas sobre uma determinada espécie,  
1038 a plântula era transplantada para outro recipiente, até que ela alcançasse a fase  
1039 reprodutiva e pudesse ser identificada. A maioria dos táxons foi identificada ao nível de  
1040 gênero e quando possível ao nível de espécie. Cada indivíduo que floresceu durante o  
1041 experimento foi retirado da bandeja e contabilizado para evitar a retroalimentação do  
1042 banco de sementes e a composição florística foi baseada na morfologia das plântulas.  
1043 Com base no número de ocorrência foi determinada a frequência de cada táxon em  
1044 relação às lagoas estudadas. A riqueza específica (S) foi calculada a partir do número  
1045 total de espécies presentes em cada lagoa (Magurran, 2004).

## 1046 **2.6. Densidade, abundância, diversidade e equitabilidade**

1047  
1048 O método utilizado para o cálculo da densidade baseou-se na emergência de  
1049 plântulas. A densidade foi determinada a partir da contagem das plântulas originadas  
1050 pela germinação de sementes (angiosperma) ou pela germinação de esporos (alga,  
1051 briófitas, samambaia ou licófitas), sendo a densidade expressa em nº de sementes/m<sup>2</sup>. (  
1052 van der Valk e Davis, 1978; Baskin e Baskin, 1989.). A germinação foi registrada até  
1053 quando não houveram germinantes por mais de 15 dias consecutivos, nesta condição  
1054 todo o experimento durou 75 dias.

1055 Para se determinar quais táxons foram abundantes dividiu-se o valor de densidade  
1056 total de um determinado táxon pela riqueza total de cada lagoa. A dominância de cada  
1057 espécie foi calculada dividindo pela metade o valor de densidade total de cada lagoa (>  
1058 50%) (Lobo e Leighton, 1986). As espécies abundantes foram consideradas as  
1059 estruturantes de cada lagoa. Ainda foram avaliadas a diversidade de espécies por meio  
1060 do índice de Shannon-Weaver (H') (Shannon e Weaver, 1949), e o índice de  
1061 Equitabilidade de Pielou (J') (Pielou, 1975).

1062

## 1063 **2.7. Levantamento florístico do campo**

1064 Durante a estação chuvosa, foram identificados os táxons de plantas aquáticas que  
1065 estavam presentes no interior da parcela de 50 x 50 m (unidade amostral) de cada uma  
1066 das 9 lagoas estudadas. Os táxons encontrados foram coletados, herborizados e  
1067 identificados por meio de literatura especializada (Pott e Pott, 2000; Souza e Lorenzi,  
1068 2008; Bove e Paz, 2009; Bueno et al., 2011) e a classificação seguiu a APG IV,  
1069 (Angiosperm Phylogeny Group, 2016) para as angiospermas, Smith et al (2006, 2008)  
1070 para as plantas vasculares sem flores e Wood e Imahori (1964, 1965) para algas verdes

1071 macroscópicas. Os espécimes coletados foram incorporados ao acervo do Herbário do  
1072 Trópico Semiárido (HTSA) na Embrapa Semiárido.

## 1073 **2.8. Análise estatística dos dados**

1074

1075 Para avaliar a similaridade entre o banco de sementes do solo e os táxons presentes  
1076 nas lagoas utilizou-se o coeficiente de similaridade de Sørensen (Kent e Coker, 1994,  
1077 modificado por Muller-Dombois e Ellenberg, 1974)

1078 A similaridade entre a composição florística do campo e do banco de sementes do  
1079 solo foi avaliada a partir do teste de Mantel utilizando a correlação de Pearson e 1.500  
1080 permutações sendo que o valor da permutação foi definido através da estabilização dos  
1081 desvios até a 8<sup>a</sup> casa decimal. Esse teste foi realizado utilizando a biblioteca vegan do  
1082 programa R, versão 3.2.3.

1083 A correlação espacial entre as lagoas foi testada utilizando-se as distâncias  
1084 geográficas das lagoas e a composição florística do campo e as distâncias geográficas e  
1085 a estrutura do banco de sementes e avaliadas a partir do teste de Mantel utilizando a  
1086 correlação de Pearson e 1.500 permutações sendo que o valor da permutação foi  
1087 definido através da estabilização dos desvios até a 8<sup>a</sup> casa decimal. Esse teste foi  
1088 realizado utilizando a biblioteca vegan do programa R, versão 3.2.3.

1089 A similaridade da composição florística do campo em cada local estudado foi  
1090 avaliada a partir do método de agrupamento de Sørensen (Sørensen, 1948) a partir da  
1091 matriz de dados de presença e ausência dos táxons, com a valorização da presença (1 e  
1092 1) e descartando as ausências duplas (0 e 0). Para agrupar as composições florísticas  
1093 utilizou-se as médias ponderadas ou *UPGMA (Unweighted Pair - Group Methods Using*  
1094 *Arithmetic Average)* (Michener e Sokal, 1957) dispendo seus resultados em um gráfico  
1095 do tipo dendrograma. Para determinar a similaridade em relação à estrutura do banco de  
1096 sementes nos locais estudados foi utilizado o método de agrupamento tipo *UPGMA*  
1097 *(Unweighted Pair - Group Methods Using Arithmetic Average)* (Michener e Sokal,  
1098 1957) a partir da matriz de dados de densidade transformados  $\log(x+1)$  e calculando o  
1099 coeficiente de similaridade de Bray-Curtis (Bray e Curtis, 1957). Essas análises foram  
1100 realizadas utilizando o Programa estatístico Primer 6 e os agrupamentos foram definidos  
1101 pelo critério do SIMPROF com 95% de confiabilidade.

1102

## 1103 **3. Resultados**

### 1104 **3.1. Composição florística, frequência e riqueza do banco de sementes dos solos das** 1105 **lagoas**

1106

1107 Foram identificadas no banco de sementes 23 táxons, sendo 11 identificados ao nível  
1108 específico, seis em nível de gênero e seis com gênero não determinado, dos quais três  
1109 pertenciam à família Poaceae e três não tiveram família determinada, referidas no texto  
1110 como morfoespécies. As famílias mais representativas quanto ao número de espécies  
1111 foram: Onagraceae (5 spp.), Araceae e Cyperaceae (com 2 spp. cada). Os gêneros com  
1112 maior número de espécies foram: *Eleocharis* e *Bacopa* (2 spp. cada) e *Ludwigia* (5  
1113 spp.). Quanto às formas de vida, foram registradas 73,9% de emersas e/ou anfíbias,

1114 21,7% de flutuantes (4/5 de vida livre e 1/5 com flutuante fixa) e 4,4% de submersas,  
 1115 sendo esta enraizada (Tabela 2). A maioria dos táxons ocorreu em menos de 50% das  
 1116 lagoas. As espécies *Eleocharis minima* e *Heteranthera limosa* foram as mais frequentes,  
 1117 ocorrendo em 100% das lagoas estudadas. As espécies *Ludwigia helmintorriza*,  
 1118 *Ludwigia* sp., *Bacopa* cf. *angulata* e a morfoespécie 3 ocorreram em apenas uma lagoa  
 1119 (Tabela 2). Foi observado que a espécie *Lemna* sp., possui um crescimento rápido e um  
 1120 ciclo de vida curto com registro de aparecimento nos primeiros sete dias e  
 1121 desaparecimento em até vinte dias do experimento. A riqueza (S) de espécies dos  
 1122 bancos de sementes de cada lagoa variou de 8 táxons (LG) a 15 táxons (SB2), com  
 1123 médias de riqueza de 11 táxons por ecossistema (Tabela 2).

### 1124 **3.2. Densidade, abundância, diversidade e equitabilidade do banco de sementes do** 1125 **solo das lagoas**

1126 Os resultados obtidos mostraram que germinaram 9.811 sementes, que corresponde a  
 1127 673 sementes/m<sup>2</sup>. As lagoas CAJ, CP, SB1, SB2 e SB3 apresentaram o maior número  
 1128 de sementes germinadas, com densidades maiores de 500 sementes/m<sup>2</sup>. As lagoas  
 1129 ADAB, IF, LG e SM, apresentaram, ao contrário, os menores números de sementes  
 1130 germinadas, com valores inferiores a 200 sementes/m<sup>2</sup> (Tabela 2).

1132 De maneira geral, 12 espécies e duas morfoespécies foram consideradas abundantes  
 1133 sendo *Eleocharis minima* estruturadora em ADAB, CAJ, CP, IF e LG. *Ludwigia*  
 1134 *octovalvis* e *Heteranthera limosa* em quatro, *Pistia stratiotes* em três, *Ludwigia*  
 1135 *peploides*, *Anamaria heterophylla* e *Azolla* sp. em duas, e *Lemna* sp., *Chara* sp.,  
 1136 *Nymphaea* sp., *Ludwigia helmintorriza*, *Bacopa* sp., e as morfoespécies 1 e 2, em  
 1137 apenas uma lagoa cada (Tabela 2). As espécies dominantes com mais de 50% da  
 1138 densidade foram: *Eleocharis minima* em IF, *Ludwigia octovalvis* em LG e *Azolla* sp. em  
 1139 SB3 (Tabela 2). A amplitude do índice de diversidade de Shannon foi de 0,53 (IF) a  
 1140 1,52 (SB3). A variação do índice de equabilidade de Pielou foi de 0,21 (IF) a 0,63  
 1141 (SB3) (Tabela 2).

1142 A correlação entre a distância geográfica e a estrutura do banco de sementes do solo  
 1143 verificada pelo teste de Mantel mostrou que não houve correlação (teste de Mantel (r) =  
 1144 -0.131 e (p) = 0.688), portanto, a composição florística do banco de sementes foi  
 1145 independente da distância geográfica.

1146

1147

1148

1149

1150 Tabela 2. Lista de espécies de plantas aquáticas, formas biológicas, densidade e média (sementes germinadas/m<sup>2</sup>), frequência de ocorrência (%), Densidade  
 1151 total (n° sementes germinadas/m<sup>2</sup>), riqueza (S), diversidade de Shannon (H') e equabilidade de Pielou (J') do banco de sementes da comunidade de plantas  
 1152 aquáticas de nove lagoas do semiárido brasileiro. Legendas: Formas biológicas (Fb), submersa fixa (SF); submersa livre (SL); flutuante fixa (FF); flutuante  
 1153 livre (FL); anfíbia (A); emergente (E). Lagoas estudadas (vide Fig.1). Os valores em negrito seguidos das letras (a) táxon abundante e (d) dominante.

Família/Espécies	LAGOAS										Freq%
	Fb	ADAB	CAJ	CP	IF	LG	SB1	SB2	SB3	SM	
<b>Amaranthaceae</b>											
<i>Alternanthera phytoloxeroides</i> (Mart.) Griseb.	A	-	-	-	4.94	-	-	0.62	-	12.35	33.3
<b>Araceae</b>											
<i>Lemna</i> sp.	FL	-	-	4.94	-	-	37.65	198.77	<b>209.26<sup>a</sup></b>	-	44.4
<i>Pistia stratiotes</i> L.	FL	0.62	0.62	13.58	-	-	<b>230.25<sup>a</sup></b>	<b>145.06<sup>a</sup></b>	<b>334.57<sup>a</sup></b>	-	66.6
<b>Characeae</b>											
<i>Chara</i> sp.	SF	-	8.64	<b>97.53<sup>a</sup></b>	-	-	-	17.28	0.62	-	44.4
<b>Cyperaceae</b>											
<i>Eleocharis elegans</i> (HBK.) Roem. & Schult.	E	-	-	3.09	-	-	1.85	0.62	-	-	33.3
<i>E. minima</i> Kunth	E	<b>19.14<sup>a</sup></b>	<b>276.54<sup>a</sup></b>	<b>127.78<sup>a</sup></b>	<b>65.43<sup>a,d</sup></b>	<b>13.58<sup>a</sup></b>	0.62	1.85	3.09	4.94	100
<b>Fabaceae</b>											
<i>Aeschynomene americana</i> L.	A	0.62	5.56	-	-	1.23	0.62	-	-	-	44.4
<b>Nymphaeaceae</b>											
<i>Nymphaea</i> sp.	FF	-	13.58	<b>53.70<sup>a</sup></b>	1.85	6.79	1.85	48.15	4.94	-	77.7
<b>Onagraceae</b>											
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) H. Hara.	FL	-	-	<b>42.59<sup>a</sup></b>	-	-	-	-	-	-	11.1
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H.Raven.	A	<b>15.43<sup>a</sup></b>	-	-	<b>17.90<sup>d</sup></b>	<b>45.68<sup>a,d</sup></b>	7.41	16.67	12.96	<b>67.28<sup>a</sup></b>	77.7
<i>Ludwigia peploides</i> (Kunth) P.H. Raven	E/A	3.09	62.35	<b>70.99<sup>a</sup></b>	-	0.62	<b>100<sup>a</sup></b>	27.16	41.98	1.23	88.8
<i>Ludwigia</i> sp.	E/A	-	-	-	-	0.62	-	-	-	-	11.1
<b>Plantaginaceae</b>											
<i>Anamaria heterophylla</i> (Giul.&V.C Souza) V.C Souza	A	<b>29.01<sup>a</sup></b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>24.69<sup>a</sup></b>	22.2
<i>Bacopa</i> cf. <i>angulata</i> (Benth.) Loefgr. & Edwall	A	-	-	-	-	-	-	-	-	9.26	11.1
<i>Bacopa</i> sp.	A	-	-	<b>65.43<sup>a</sup></b>	1.85	-	-	-	-	-	22.2

Tabela 2. Continuação...

Família/Espécies	LAGOAS										
	Fb	ADAB	CAJ	CP	IF	LG	SB1	SB2	SB3	SM	Freq%
<b>Poaceae</b>											
Poaceae sp.1	E	1.23	-	1.23	9.26	-	24.07	4.94	0.62	3.70	77.7
Poaceae sp.2	E	0.62	4.94		1.23	-	1.85	3.09	-	-	55.5
Poaceae sp.3	E	-	-	4.94	-	-	4.94	1.85	1.23	-	44.4
<b>Pontederiaceae</b>											
<i>Heteranthera limosa</i> (Sw.)Willd.	E	1.85	<b>240.12<sup>a</sup></b>	32.72	2.47	4.32	<b>353.7<sup>a</sup></b>	<b>332.1<sup>a</sup></b>	158.02	<b>32.10<sup>a</sup></b>	100
<b>Salviniaceae</b>											
<i>Azolla</i> sp.	FL	-	-	-	-	-	6.17	<b>751.23<sup>a</sup></b>	<b>1330.25<sup>d</sup></b>	-	33.3
<b>Morfoespécie</b>											
Morfoespécie 1	E/A	0.62	37.04	0.62	10.49	7.41	-	9.26	-	<b>19.14<sup>a</sup></b>	77.7
Morfoespécie 2	E/A	-	-	<b>14.20<sup>a</sup></b>	-	-	-	-	-	2.47	22.2
Morfoespécie 3	E/A	-	-	-	-	-	-	-	-	1.23	11.1
<b>Densidade total (n° sementes germinadas/m<sup>2</sup>)</b>	-	<b>72.22</b>	<b>649.4</b>	<b>519.1</b>	<b>129.6</b>	<b>80.25</b>	<b>771</b>	<b>1558.6</b>	<b>2097.5</b>	<b>178.4</b>	-
<b>Riqueza de espécies (S)</b>	-	10.0	9.00	13.0	10.0	8.00	13.0	15.0	11.0	11.0	-
<b>Índice de diversidade de Shannon-Weaver (H')</b>	-	0.81	0.94	0.94	0.53	1.20	0.91	0.86	1.52	0.67	-
<b>Índice de Equitabilidade de Pielou (J')</b>	-	0,35	0,43	0,41	0,21	0,58	0,36	0,32	0,63	0,28	-

1154

1155

1156

1157

1158

### 1159 3.3. Levantamento florístico no campo

1160 Foram encontrados no campo 52 táxons, sendo 49 identificados ao nível  
1161 infragenéricos e três em nível de gênero. Os 52 táxons foram classificadas em 23  
1162 famílias, sendo Alismataceae (7 spp.), Cyperaceae (7 spp.) e Onagraceae (6 spp.), as  
1163 mais representativas (Tabela 3). Dentre as lagoas estudadas, aquela que apresentou  
1164 menor número de espécies foi SB3 (12 spp.) e a lagoa que apresentou maior número de  
1165 espécies no campo foi LG (24 spp.). Apenas oito espécies estiveram presentes tanto no  
1166 banco de sementes como no campo: *Lemna* sp., *Pistia stratiotes*, *Eleocharis elegans*,  
1167 *Eleocharis minima*, *Aeschenomene americana*, *Anamaria heterophylla*, *Heteranthera*  
1168 *limosa* e *Azolla* sp. (Tabela 3).

1169 A similaridade verificada entre a composição registrada no campo e a encontrada no  
1170 banco de sementes foi baixa com valores de similaridade de Sørensen entre 0,08 (IF) e  
1171 0,43 (SB1), com média de 0,24 (Tabela 3). No entanto, o padrão de similaridade  
1172 florística entre os ecossistemas não foi alterado (teste de Mantel ( $r$ ) = 0.422 e ( $p$ ) =  
1173 0.017).

1174 A correlação entre a distância geográfica e a composição florística do campo  
1175 verificada pelo teste de Mantel mostrou que não houve correlação (teste de Mantel ( $r$ ) =  
1176 0,207 e ( $p$ ) = 0.223), portanto, a composição florística do campo foi independente da  
1177 distância geográfica.

1178



1179 Tabela 3. Listagem de espécies de plantas aquáticas, ocorrência no campo (c) e no banco de sementes  
 1180 (b), riqueza do campo/ banco de sementes e índice de similaridade de Sørensen em cada uma das  
 1181 nove lagoas temporárias estudadas.  
 1182

Espécies/Famílias	Lagoas								
	ADAB	CAJ	CP	IF	LG	SB1	SB2	SB3	SM
<b>Alismataceae</b>									
<i>Echinodorus lanceolatus</i> Rataj.	c	c	c	-	c	c	c	c	c
<i>Echinodorus macrophyllus</i> (Kunth.) Micheli.	-	-	-	-	-	-	-	-	c
<i>Echinodorus grandiflorus</i> (Cham. & Schltldl.) Micheli.	-	-	-	c	-	-	-	-	c
<i>Hydrocleys nymphoides</i> (Willd.) Buchenau	-	-	c	-	c	-	c	c	c
<i>Hydrocleys parviflora</i> Seub.	-	c	-	-	c	-	-	-	c
<i>Limncharis flava</i> (L.) Buchenau	-	-	c	-	-	-	c	c	c
<i>Sagittaria guayanensis</i> Kunth.	-	-	-	-	-	-	-	c	-
<b>Amaranthaceae</b>									
<i>Alternanthera phyloxeroides</i> (Mart.) Griseb.	-	-	-	b	-	-	b	-	b
<b>Araceae</b>									
<i>Lemna</i> sp.	c	-	b c	c	c	b c	b c	b c	c
<i>Pistia stratiotes</i> L.	b	b	b c	-	-	b c	b c	b	-
<b>Asteraceae</b>									
<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	c	-	c	-	-	-	c	-	-
<i>Enydra radicans</i> (Willd.) Lack.	-	-	-	-	c	-	-	-	-
<i>Pluchia sagittalis</i> (Lam.) Cabrera	-	-	c	-	c	-	-	-	-
<b>Boraginaceae</b>									
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray.	-	-	-	c	c	-	c	c	c
<b>Capparaceae</b>									
<i>Tarenaya spinosa</i> (Jacq.) Raf.	-	c	-	-	-	-	c	c	c
<b>Ceratophyllaceae</b>									
<i>Ceratophyllum submersum</i> L.	-	c	-	-	-	-	-	-	-
<b>Characeae</b>									
<i>Chara</i> sp	-	b	b	-	c	-	b	b	-
<b>Convolvulaceae</b>									
<i>Ipomea carnea</i> Jacq.	-	-	c	c	c	-	-	-	-
<b>Cyperaceae</b>									
<i>Cyperus digitatus</i> Roxb.	c	c	c	c	-	-	-	c	-
<i>C. surinamensis</i> Rottb.	c	c	-	-	-	c	-	-	-
<i>Eleocharis acutangula</i> (Roxb.) Schult.	-	c	-	c	c	c	c	c	-
<i>Eleocharis elegans</i> (Kunth) Roem. & Schult.	-	c	-	c	c	b c	b c	-	-
<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem.	c	c	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eleocharis minima</i> Kunth.	b	b	b	b	b c	b	b	b	b
<i>Fimbristylis cymosa</i> R.Br.	-	c	-	-	-	-	-	-	-
<b>Fabaceae</b>									
<i>Aeschynomene americana</i> L.	b c	b c	-	c	b c	b	-	-	-
<i>Neptunia plena</i> (L.) Benth.	-	c	-	c	-	-	c	-	-
<b>Hydrocaritaceae</b>									
<i>Najas guadalupensis</i> (Spreng.) Magnus.	-	-	-	-	-	-	-	-	c
<b>Hypoxidaceae</b>									
<i>Hypoxis decumbens</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	c
<b>Lythraceae</b>									
<i>Ammannia latifolia</i> L.	-	-	-	c	-	-	-	-	-

Tabela 3. continuação.....

Espécies/Famílias	Lagoas								
	ADAB	CAJ	CP	IF	LG	SB1	SB2	SB3	SM
<b>Marsileaceae</b>									
<i>Marsilea crotophora</i> (D.M. Johnson)	c	c	c	c	c	c	c	c	c
<b>Nymphaeaceae</b>									
<i>Nymphaea amazonum</i> Mart. & Zucc.	-	-	c	c	c	c	c	-	-
<i>Nymphaea</i> sp.	-	b	b	b	b	b	b	b	-
<b>Onagraceae</b>									
<i>Ludwigia decurrens</i> Walter.	c	-	c	c	c	c	c	c	c
<i>Ludwigia elegans</i> (Cambess.) Hara.	-	-	-	-	-	-	-	-	c
<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H. Hara.32	c	-	c	c	-	-	-	-	-
<i>Ludwigia grandiflora</i> (Michx.) Greuter&Burdet.	-	-	c	-	-	c	-	-	-
<i>Ludwigia helminorrhiza</i> (Mart.) Hara.	-	-	b	-	-	c	c	-	-
<i>Ludwigia leptocarpa</i> (Nutt.) H. Hara.	c	-	c	-	c	-	-	-	-
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) Raven.	b	-	-	b	b	b	b	b	b
<i>Ludwigia peploides</i> (Kunth) Raven	b	b	b	-	b	b	b	b	b
<i>Ludwigia</i> sp.	-	-	-	-	b	-	-	-	-
<b>Plantaginaceae</b>									
<i>Anamaria heterophylla</i> (Giul.&V.C.Souza) V.C. Souza	b c	-	-	-	-	-	-	-	b c
<i>Bacopa</i> cf. <i>angulata</i> Benth.	-	-	-	-	-	-	-	-	b
<i>Bacopa</i> sp.	-	-	c	-	-	-	-	-	-
<i>Scoparia dulcis</i> L.	-	-	-	-	c	-	-	-	-
<i>Stemodia maritima</i> L.	-	c	-	-	c	-	-	-	-
<b>Poaceae</b>									
<i>Hymenachne pernambucensis</i> (Spreng.) Zuloaga.	-	-	c	c	c	-	-	-	-
<i>Panicum pernambucensis</i> (Spreng.) Mez ex Pilg.	-	-	c	-	-	-	-	-	-
Poaceae sp.1	b	-	b	b	-	b	b	b	b
Poaceae sp.2	b	b	-	b	-	b	b	-	-
Poaceae sp.3	-	-	b	-	-	b	b	b	-
<b>Polygonaceae</b>									
<i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd.	-	-	-	-	-	c	-	-	-
<b>Pontederiaceae</b>									
<i>Eichhornia diversifolia</i> (Vahl.) Urb.	-	-	-	-	c	-	-	-	-
<i>Eichhornia paniculata</i> (Spreng.) Solms.	c	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Heteranthera limosa</i> (Sw.) Willd.	b	b c	b	b	b c	b	b	b	b c
<b>Portulacaceae</b>									
<i>Portulaca halimoides</i> L.	-	c	-	c	-	-	-	-	-
<b>Pteridaceae</b>									
<i>Ceratopteris pteridoides</i> (Hook.) Hieron	c	-	-	-	c	-	-	-	-
<b>Salviniaceae</b>									
<i>Azolla</i> sp.	-	-	-	-	-	b c	b c	b c	c
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	-	-	c	-	-	-	-	-	-
<b>Verbenaceae</b>									
<i>Stachytarpheta angustifolia</i> Vahl	-	c	-	-	-	-	-	-	-
<b>Morfoespécies</b>									
Morfoespécie 1	b	b	b	b	-	-	b	-	b
Morfoespécie 2	-	-	-	b	-	-	-	-	b
Morfoespécie 3	-	-	-	-	-	-	-	-	b
<b>Riqueza de espécies no campo/banco (S)</b>	<b>13/10</b>	<b>15/9</b>	<b>18/8</b>	<b>16/9</b>	<b>22/7</b>	<b>12/13</b>	<b>15/15</b>	<b>11/10</b>	<b>17/11</b>
<b>Índice de Sørensen</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>0.1</b>

### 1183 3.4. Agrupamentos

1184

1185 O resultado do dendrograma de similaridade da composição florística do banco de  
1186 sementes mostrou que todas as lagoas estudadas foram similares (significância de 95%) com  
1187 corte em aproximadamente 50% (Fig.2a).

1188 O dendrograma de similaridade estrutural mostrou a existência de três grupos com corte  
1189 em aproximadamente 45%. O grupo 1 foi formado pelas lagoas IF, LG, ADAB e SM sendo  
1190 esse grupo estruturado pelas espécies (*Eleocharis minima*, *Ludwigia octovalvis*, *Eleocharis*  
1191 *elegans*, *Anamaria heterophylla*, *Heteranthera limosa* e morfoespécie 1), o grupo 2 formado  
1192 pelas lagoas SB1, SB2 e SB3 estruturado pelas espécies (*Pistia stratiotes*, *Ludwigia*  
1193 *peploides*, *Heteranthera limosa*, *Lemna* sp. e *Azolla* sp.) e o grupo 3 formado pelas lagoas  
1194 CAJ e CP estruturados pelas espécies (*Eleocharis minima*, *Heteranthera limosa*, *Chara* sp.,  
1195 *Nymphaea* sp., *Ludwigia helminorrhiza*, *Ludwigia peploides*, *Bacopa* sp., e morfoespécie 2)  
1196 (Fig.2b; Tabela 2).

1197

1198

1199

1200

1201

1202

1203

1204

1205

1206

1207

1208

1209

1210

1211

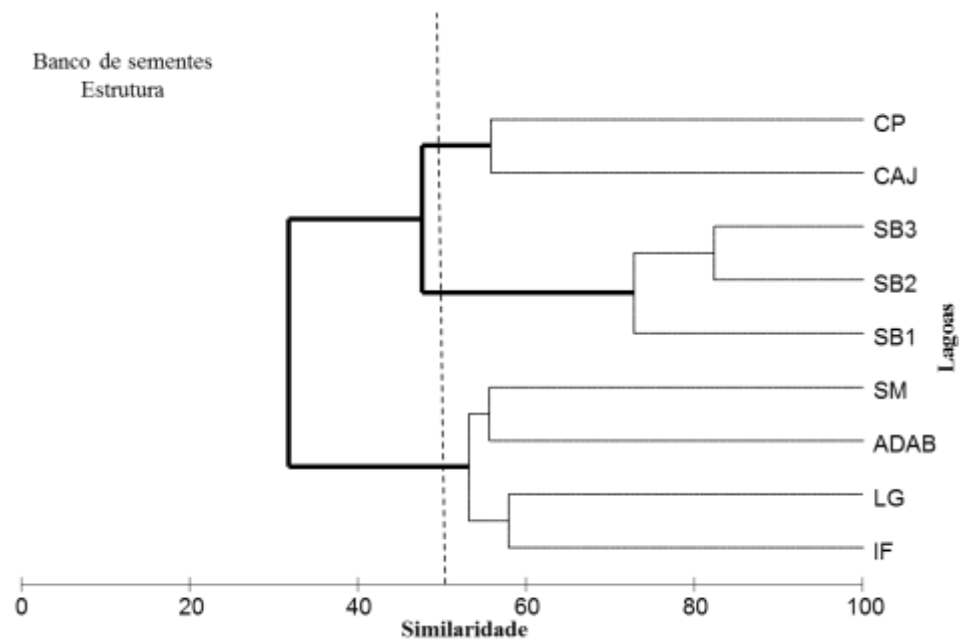
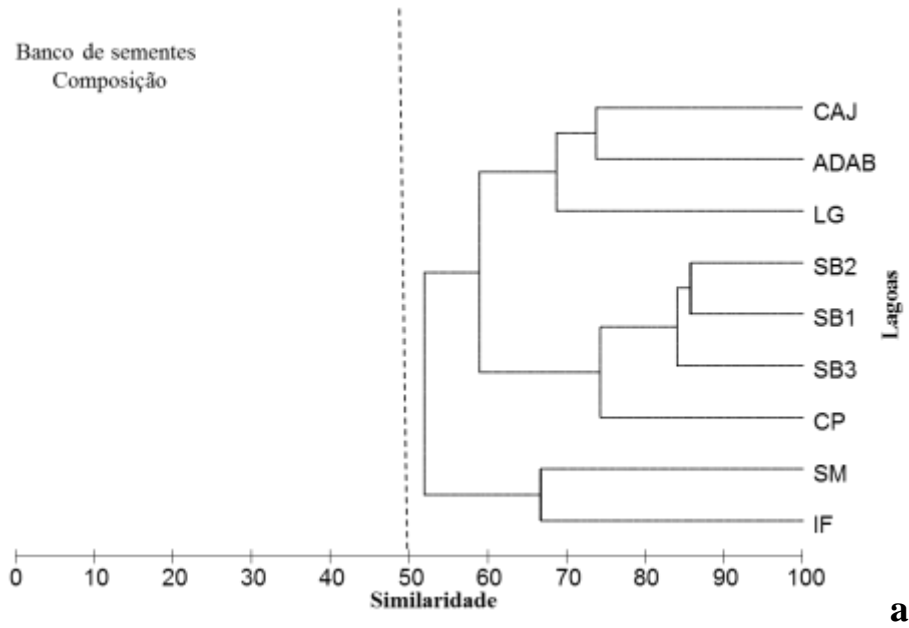
1212

1213

1214

1215

1216



1217

1218 Fig. 2. Dendrogramas de similaridade gerado com: a) o índice de similaridade de Sørensen da  
 1219 composição florística e b) o índice de similaridade de Bray-Curtis da estrutura do banco de  
 1220 sementes de nove lagoas temporárias do semiárido brasileiro. Siglas das lagoas (Tabela 1).

1221

1222

1223

1224

1225

#### 1226 4. Discussão

1227

1228 Nossos resultados mostraram que houve diferença entre o que foi germinado no banco de  
1229 sementes do solo e o que observamos no campo com um diferencial de 70% no total de  
1230 espécies germinadas. Além disso, a riqueza de espécies no campo foi maior do que  
1231 observamos no banco de sementes. Podemos enumerar três fatores que podem explicar esses  
1232 resultados: efeitos da seca extrema por períodos longos, dispersão e dormência. A severa  
1233 estiagem que acometeu a região semiárida entre os anos de 2011 e 2013 foi considerada a pior  
1234 dos últimos 50 anos (INPE, 2015). A seca prolongada pode ter danificado as sementes que  
1235 ficaram no solo prejudicando sua longevidade e alterando a composição e a riqueza de  
1236 espécies do banco de sementes. Em lagoas temporárias o período de alagamento coincide com  
1237 uma maior produção de sementes, enquanto, eventos de seca prolongada podem diminuir a  
1238 produção de sementes influenciando assim a riqueza de espécies germinadas a partir do banco  
1239 de sementes devido à superação de dormência das mesmas (Brock et al., 2003; Nicolet et al.,  
1240 2004).

1241 Observamos que algumas espécies ocorreram apenas no banco de sementes, não sendo  
1242 observado registro no campo como, por exemplo: *Alternanthera phyloxeroides*, *Nymphaea*  
1243 *sp.*, *Ludwigia octovalvis* e *Ludwigia peploides*. As sementes dessas espécies podem ter durado  
1244 durante toda a estiagem por serem sementes persistentes e cujas espécies já nem ocorram mais  
1245 no campo (Leck, 2003). Brock et al. (2003), enfatizaram que as comunidades de lagoas  
1246 temporárias são capazes de se recuperar após o distúrbio de seca por meio de superação de  
1247 dormência das sementes. As sementes de espécies de plantas aquáticas tendem a ser sensíveis  
1248 às condições ambientais e requerem temperaturas específicas e regimes hídricos apropriados  
1249 para a sua germinação (Casanova e Brock, 2000; Grillas *et al.*, 2004). A maior parte das  
1250 espécies possuem sementes dormentes para evitar que ocorra germinação logo após a  
1251 dispersão ou durante o período em que as condições ambientais são desfavoráveis (Baskin e  
1252 Baskin, 1998). Esta adaptação é um mecanismo de sobrevivência em um ambiente  
1253 sazonalmente variável (Westoby, 1981). Além de não se conhecer as condições ótimas de  
1254 germinação de sementes de espécies de plantas aquáticas, os sinais ambientais e os  
1255 mecanismos de superação de dormência dessas sementes são muitas vezes complexos e/ou  
1256 desconhecidos. Neste caso, podemos inferir duas possibilidades que proporcionaram a  
1257 superação dessas sementes: a) que as condições do experimento foram ideais para promover  
1258 a germinação dessas espécies e b) Por se tratarem de sementes persistentes que necessitam de  
1259 superação de dormência para germinar.

1260 Observamos também que houve uma alta dominância/abundância de espécies oportunistas  
1261 apresentando altos valores de densidade populacional no banco de sementes. A elevada  
1262 densidade de sementes que essas espécies produzem nos sedimentos de determinadas lagoas  
1263 sugere que o banco de sementes pode ser o responsável pelas suas abundâncias e dominâncias  
1264 (Leck e Simpson, 1987).

1265 A alta dominância de poucas espécies no banco de sementes, presença de espécies  
1266 oportunistas, e a baixa representação das espécies que germinaram no banco de sementes em  
1267 relação à vegetação do campo são elementos que já foram observados em áreas úmidas do  
1268 México Central (Zepeda et al., 2014). Nossos resultados mostraram baixos valores do índice

1269 de diversidade de Shannon e de Pielou devido à alta dominância de algumas espécies. Isso  
1270 pode ter ocorrido por dois motivos: ou porque a seca prolongada selecionou as espécies cujas  
1271 sementes são mais resistentes em detrimento das menos resistentes ou porque as lagoas  
1272 estudadas são artificiais de fácil acesso e utilizadas para diversos fins, tais como, hidratação  
1273 animal e agricultura familiar. Segundo Robertson e Hickman (2012), a alteração no ambiente  
1274 propicia o desenvolvimento de plantas invasoras e/ou oportunistas, que podem alterar a  
1275 composição no banco de sementes tornando-se dominantes no banco e no campo, competindo  
1276 com as demais espécies e favorecendo assim a diminuição da diversidade do banco de  
1277 sementes.

1278 Outros trabalhos florísticos também registraram grande representatividade de espécies  
1279 oportunistas em corpos d'água do Nordeste do Brasil (Henry-Silva *et al.*, 2010, Lima *et al.*  
1280 2011, Moura-Júnior *et al.* 2013). As espécies oportunistas são também pioneiras, ocupando  
1281 áreas cuja vegetação original foi alterada (Sabino, et al. 2015) e devido a rápida reprodução  
1282 (Lorenzi, 2008) se mantém no banco de sementes por longos períodos. As espécies  
1283 *Eleocharis minima* e *Heteranthera limosa* tiveram 100% de frequência de ocorrência no  
1284 banco de sementes, ambas consideradas abundantes em pelo menos em quatro das nove  
1285 lagoas estudadas. A primeira espécie possui fácil propagação e ocupação de espaços, por  
1286 apresentar crescimento estolonífero enquanto a segunda é considerada uma planta daninha em  
1287 alguns países, e necessita de solos encharcados e com altas temperaturas para germinar  
1288 (Baskin e Baskin, 2003). *Pistia stratiotes* apresentou elevados valores de densidade (230,25  
1289 sementes/m<sup>2</sup> em SB1, 145,06 sementes/m<sup>2</sup> em SB2 e 334,57 sementes/m<sup>2</sup> em SB3). Esta  
1290 espécie perene tem distribuição cosmopolita tropical e é uma das espécies mais problemáticas  
1291 nos ecossistemas aquáticos tropicais onde sua presença é frequentemente indicadora de  
1292 ambientes eutrofizados (Bini et al., 1999). A água acumulada nas lagoas estudadas neste  
1293 trabalho geralmente é utilizada para a hidratação dos animais criados na propriedade e para a  
1294 irrigação de pequenas culturas. Assim, a constante presença desses animais nas lagoas  
1295 aumenta a concentração de nutrientes dissolvidos na água favorecendo assim a densidade de  
1296 sementes de *P. stratiotes* no banco de sementes. A espécie *Ludwigia peploides* também  
1297 apresentou altos valores de densidade (70,99 sementes /m<sup>2</sup> em CP e 100 sementes/m<sup>2</sup> SB1).  
1298 Esta espécie é considerada uma planta invasora que mostrou uma alta tolerância a diferentes  
1299 níveis de água e locais com elevadas concentrações de nutrientes em um estudo realizado em  
1300 três hidrelétricas da Nova Zelândia (Hussner, 2010).

1301 As lagoas temporárias abrigam muitas espécies raras e endêmicas (Schwartz e Jenkins,  
1302 2000; Lukács et al., 2013), no entanto, esse estudo mostrou que apenas uma espécie endêmica  
1303 também relacionada a ambientes degradados esteve presente no banco de sementes e no  
1304 campo: *Anamaria heterophylla* (Campelo et al., 2012) não havendo registro de nenhuma  
1305 espécie rara nas lagoas estudadas.

1306 Vale ressaltar a presença de duas espécies não oportunistas que ocorreram no banco de  
1307 sementes e que merecem destaque pelo comportamento reprodutivo são elas: *Azolla* sp. e  
1308 *Lemna* sp. *Azolla* sp. apresentou altos valores de densidade (751,23 sementes/m<sup>2</sup> em SB2 e  
1309 1.330,25 sementes/m<sup>2</sup> em SB3). Isto pode ser explicado pelo fato de se tratar de uma  
1310 samambaia aquática com presença de um esporocarpo que é um tipo de agrupamento de  
1311 esporângio com um invólucro bastante resistente que garante a estas espécies a sobrevivência  
1312 em períodos desfavoráveis em ambientes temporários e extremos como são as lagoas do

1313 semiárido. *Lemna* sp. também apresentou altos valores de densidade (209,26 sementes/m<sup>2</sup> em  
1314 SB3) além de um ciclo de vida curto. De fato, Rhazi et al. (2009) relatam que espécies que  
1315 apresentam ciclos de vida curto são característicos de ambientes aquáticos temporários e que a  
1316 rapidez do ciclo é uma estratégia de adaptação em locais imprevisíveis. Esta espécie se  
1317 reproduz principalmente de forma vegetativa e foi a primeira a germinar nas bandejas em um  
1318 prazo de apenas sete dias desaparecendo depois em, no máximo, vinte dias de experimento.  
1319 Esse comportamento também foi relatado em outro estudo experimental realizado com a  
1320 mesma espécie por Journey et al. (1993). É provável que essa espécie desempenhe um papel  
1321 de facilitadora, função ecológica dada às espécies que preparam locais para que outras tenham  
1322 maior facilidade de estabelecimento.

1323 A segunda explicação para a diferença entre o que foi germinado no banco e o que  
1324 observamos no campo tem relação com a introdução de novas espécies (dispersão) através de  
1325 propágulos vindos de outros lugares podendo ser formado de duas formas: com espécies já  
1326 existentes no local, ou por sementes de espécies trazidas de outros locais e que se estabelecem  
1327 (van der Valk, 1981; Leck, 1989; Goodson et al., 2001). Os processos de dispersão são  
1328 cruciais para a sobrevivência regional e migração de espécies de plantas, especialmente  
1329 plantas que ficam em ambientes isolados (Howe e Smallwood, 1982). Segundo De Vlaming e  
1330 Proctor (1968), a maioria das plantas aquáticas são monóicas, sendo assim um único diásporo  
1331 viável dispersado para um novo habitat pode ser suficiente para estabelecer uma nova  
1332 população.

1333 No caso de ambientes aquáticos os processos de dispersão de sementes podem ocorrer por  
1334 hidrocoria, anemocoria e principalmente por zoocoria. Os processos de dispersão pelo vento  
1335 são pouco documentados. Esse tipo de dispersão depende da forma da semente e seu peso,  
1336 sendo este um mecanismo plausível para sementes pequenas (Soomers et al., 2010). Quando  
1337 não há conectividade a dispersão via água é local (Bornette et al., 1998, Ward et al., 1999).  
1338 As lagoas temporárias estudadas são isoladas não apresentando conectividade entre si nem  
1339 tampouco com outros corpos d'água. No entanto, quando ocorrem às chuvas capazes de  
1340 formar um canal de conectividade entre as lagoas, pode haver introdução de novas espécies  
1341 vindas de outros locais na forma de propágulos vegetativos, além disso, as sementes também  
1342 podem ser trazidas pelo vento (Soomers et al., 2010), no entanto, as plantas verdadeiramente  
1343 aquáticas não possuem capacidade para dispersão pelo vento, tendo uma maior dependência  
1344 de dispersão por animais e pela água (van der Pijl, 1972). A dispersão pela água é sempre  
1345 limitada às áreas ligadas por fluxos de água de superfície e, portanto, não pode resultar em  
1346 dispersão entre corpos de água isolados (Sekercioglu et al, 2016). Assim as aves aquáticas  
1347 seriam, pois, os melhores vetores de dispersão a longas distâncias destas plantas (Soons et al.,  
1348 2008; Viana et al., 2016). Mesmo assim, os propágulos podem chegar às lagoas em tempos  
1349 não favoráveis, neste caso, as sementes de espécies desse tipo de habitat possuem estratégias  
1350 variadas em relação aos mecanismos de dormência até que as condições ambientais se tornem  
1351 favoráveis à germinação (Brock et al., 2003; Leck, 2003). A perda de conectividade entre  
1352 zonas úmidas isoladas, associado a mudanças no uso da terra pode resultar em extinções de  
1353 espécies locais e regionais, perda da dinâmica de espécies regionais e aumento da  
1354 vulnerabilidade das populações. Vale ressaltar que é importante que as espécies cheguem a  
1355 novos habitats para que haja conservação da diversidade das plantas (Sekercioglu, 2016).

1356 Além da capacidade de dispersão de sementes das plantas aquáticas pré-existentes e das  
1357 condições ambientais locais de cada lagoa deve-se levar em consideração a dormência de  
1358 sementes das espécies presentes nas lagoas estudadas. A dispersão das sementes determina a  
1359 sua distribuição espacial da germinação. Neste caso, os riscos pós-dispersão encontrados pelas  
1360 sementes em ambientes variáveis são reduzidos (Venable e Brown, 1988). Por outro lado, a  
1361 distribuição temporal da germinação, devido a diferentes graus de dormência das sementes, é  
1362 uma estratégia associada a maiores chances de sobrevivência, pois, permite a permanência  
1363 destas em ambientes periodicamente restritivos à germinação e ao estabelecimento de novos  
1364 indivíduos (Brancaion e Marcos Filho, 2008).

1365 Nossos resultados mostraram também, que houve similaridade em relação à composição  
1366 florística entre as lagoas estudadas, o que evidencia homogeneidade de espécies nas áreas de  
1367 estudo. Ao contrário do que foi observado por outros autores em um estudo na Itália central  
1368 onde tanto as lagoas temporárias como as permanentes apresentaram alta dissimilaridade na  
1369 composição taxonômica de plantas aquáticas (Della Bella et al., 2007), ou seja, algumas  
1370 espécies aquáticas foram encontradas exclusivamente em cada tipo de lagoa. Não se sabe ao  
1371 certo, se a composição de plantas aquáticas está relacionada com a disponibilidade de  
1372 propágulos no solo ou se existe uma maior influência das condições locais (van der Valk et al.  
1373 1978; Leck, 1989).

1374 A Teoria Neutra da Biodiversidade e Biogeografia (Hubbell, 2001) afirma que as  
1375 assembléias mais próximas devem ser mais similares do que as mais distantes (Gaston e  
1376 Chown, 2005), pois, os padrões de composição das espécies estão ligados à capacidade de  
1377 dispersão dos indivíduos (Mc Gill et al., 2006). No presente estudo, apesar de algumas lagoas  
1378 serem próximas o teste de Mantel mostrou que não houve correlação espacial nem entre a  
1379 composição florística do campo nem da estrutura do banco de sementes entre as lagoas  
1380 estudadas. No entanto, a análise de cluster mostrou que quanto à estrutura do banco de  
1381 sementes as lagoas foram organizadas de maneira diferente da composição florística e  
1382 apresentaram dissimilaridade. Segundo Thomaz et al. (2003) fatores intrínsecos tais como,  
1383 físicos e químicos da água e do sedimento além de elementos da morfologia podem contribuir  
1384 para o estabelecimento de diferentes espécies de plantas aquáticas.

1385 Concluímos que as espécies que germinaram no banco de sementes em lagoas temporárias  
1386 do semiárido do Nordeste do Brasil, tem baixa similaridade com a comunidade provavelmente  
1387 impulsionadas pelas condições impostas pela severa estiagem que ocorreu na região e que  
1388 manteve viáveis apenas sementes consideradas persistentes e com tempos de dormência mais  
1389 longos, formados por táxons que já nem ocorram mais em campo. A similaridade florística  
1390 dos bancos de sementes das lagoas do semiárido evidenciou a maior influência das condições  
1391 locais neste processo, tendo a falta de conectividade e independência espacial minimizada o  
1392 efeito da dispersão na homogeneidade da comunidade. A dissimilaridade na estrutura do  
1393 banco de sementes, por sua vez, foi fortalecida pelo crescimento de espécies oportunistas,  
1394 favorecendo a diminuição da diversidade no banco de sementes.

1395  
1396  
1397  
1398  
1399



1400 **Agradecimentos**

1401

1402 Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pelo Programa de Pós-Graduação em  
1403 Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao apoio logístico dado pela  
1404 Embrapa Semiárido durante a execução desse trabalho.

1405

1406 **5. Referências**

1407

1408 Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G., 2013. Koppen's  
1409 climate classification map for Brazil. *Met. Zeit.* 22, 711-728. [http://dx.doi.org/10.1127/0941-](http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507)  
1410 **2948/2013/0507**

1411 Alves, J.J.A., 2007. Geoeecologia da caatinga no semiárido do Nordeste brasileiro. *CLIMEP:*  
1412 *Climatologia e Estudos da Paisagem* 2, 58-71.

1413 Alves, J.J.A., Araújo, M.A., Nascimento, S.S., 2009. Degradação da caatinga: uma  
1414 investigação ecogeográfica. *Rev. Caatinga.* 22, 126-135.

1415 Angiosperm Phylogeny Group (APG IV), 2016. An update of the angiosperm phylogeny  
1416 group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot. J. Linn.*  
1417 *Soc.* 181, 1-20. <http://dx.doi.org/10.1111/boj.12385>

1418 Aponte, C., Kazakis, G., Ghosn, D., Papanastasis, V.P., 2010. Characteristics of the soil seed  
1419 bank in Mediter-ranean temporary ponds and its role in ecosystem dynamics. *Wetl Ecol.*  
1420 *Manag.* 18, 243-253. <http://dx.doi.org/10.1007/s11273-009-9163-5>

1421 Bao, F., Pott, A., Ferreira, F., Arruda, R., 2014. Soil seed bank of floodable native and  
1422 cultivated grassland in the Pantanal wetland: effects of flood gradient, season and species  
1423 invasion. *Braz. J. Bot.* 37, 239-250. <http://dx.doi.org/10.1007/s40415-014-0076-z>

1424 Baskin, J.M., Baskin C.C., 1989. Physiology of dormancy and germination in relation to seed  
1425 bank ecology. In: Leck, M.A., Thomas, V.T., Simpson R.L. (eds) *Ecology of soil seed banks.*  
1426 Academic Press, San Diego, pp 53–66

1427 Baskin, C.C., Baskin, J.M., 1998. *Seeds, ecology, biogeography and evolution of dormancy*  
1428 *and germination.* Academic Press, New York.

1429 Baskin, C.C., Baskin, J.M., 2003. New approaches to the study of the evolution of physical  
1430 and physiological dormancy, the two most common classes of seed dormancy on earth. In:  
1431 Nicolas, G., Bradford, K.J., Come, D., Pritchard, H.W. (Eds.), *The biology of seeds: recent*  
1432 *research advances.* CABI Publishing, Wallingford, pp. 188

1433 Baskin, C.C.; Baskin, J.M., 2014. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy*  
1434 *and Germination.* Academic Press, San Diego.

1435 Bini, L.M., Thomaz, S.M., Murphy, K. J., Camargo, A.F.M., 1999. Aquatic macrophyte  
1436 distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil.  
1437 *Hydrobiologia.* 415, 147-154. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1003856629837>

1438 Boedeltje, G., ter Heerdt, G.N.J., Bakker, J.P., 2002. Applying the seedling-emergence  
1439 method under waterlogged conditions to detect the seed bank of aquatic plants in submerged  
1440 sediments. *Aquat. Bot.* 72, 121-128. [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770\(01\)00224-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770(01)00224-8)

- 1441 Bornette, G.; Amoros, C.; Lamouroux, N., 1998 Aquatic plant diversity in riverine wetlands:  
1442 the role of connectivity. *Fresh. Biol.* v. 39, n. 2, p. 267-283.  
1443 <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00273.x>
- 1444 Bove, C.P., Paz, J., 2009. Guia de campo das plantas aquáticas do Parque Nacional da  
1445 Restinga de Jurubatiba. Museu Nacional, Rio de Janeiro. *Acta. Bot. Bras.* 17, 119-135.  
1446 <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062003000100009>
- 1447 Brancalion, P.H.S., Marcos Filho, J., 2008. Distribuição da germinação no tempo: causas e  
1448 importância para a sobrevivência das plantas em ambientes naturais. *Inform. Abrates*, 18,  
1449 011-017.
- 1450 Bray, J.R., Curtis, J.T., 1957. An ordination of upland forest communities of southern. *Ecol.*  
1451 *Monographs. Wisconsin.* <http://dx.doi.org/10.2307/1942268>
- 1452 Brock, M.A., 2011. Persistence of seed banks in Australian temporary wetlands. *Freshwater*  
1453 *Biol.* 56, 1312-1327. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02570.x>
- 1454 Brock, M.A., Nielsen, D.L., Shiel, R.J., Green, J.D., Langley, J.D., 2003. Drought and aquatic  
1455 community resilience: the role of eggs and seeds in sediments of temporary wetlands.  
1456 *Freshwater Biol.* 48, 1207-1218. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01083.x>
- 1457 Bueno, N.C., Prado, J.F., Meurer, T., Bicudo, C.E.M., 2011. New records of *Chara*  
1458 (Chlorophyta, Characeae) for subtropical Southern Brazil. *System. Bot.* 36, 523-541.  
1459 <http://dx.doi.org/10.1600/036364411X583510>
- 1460 Campelo, M.J.A., Siqueira- Filho, J.A., Cotarelli, V.M., Souza, E.B. Pimenta, W.A., Pott,  
1461 V.J., 2012. Plantas aquáticas nas áreas de Integração do Rio São Francisco. In: Siqueira-  
1462 Filho, J.A. (Ed.), *A Flora das Caatingas do Rio São Francisco: história natural e conservação.*  
1463 Andrea Jakobsson, Rio de Janeiro, pp. 194-225.
- 1464 Casanova, M.T. 2012. Does cereal crop agriculture in dry swamps damage aquatic plant  
1465 communities? *Aquat. Bot.* 103, 54-59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2012.06.002>
- 1466 Casanova, M.T., Brock, M.A., 1996. Can oospore germination patterns explain charophyte  
1467 distribution in permanent and temporary wetlands? *Aquat Bot.* 54, 297-312.  
1468 [http://dx.doi.org/10.1016/0304-3770\(96\)01032-7](http://dx.doi.org/10.1016/0304-3770(96)01032-7)
- 1469 Casanova, M.T., Brock, M.A., 2000. How do depth, duration and frequency of flooding  
1470 influence the establishment of wetland plant communities? *Plant. Ecol.* 147, 237-250.  
1471 <http://dx.doi.org/10.1023/A:1009875226637>
- 1472 Cook, R., 1980. The biology of seeds in the soil. In: Solbrig, O.T., (Eds.), *Demography and*  
1473 *evolution in plant populations.* Blackwell, Oxford. pp.107-129
- 1474 Crosslé, K., Brock, M.A., 2002. How do water regime and clipping influence wetland plant  
1475 establishment from seed banks and subsequent reproduction? *Aquat. Bot.* 74, 43-56.  
1476 [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770\(02\)00034-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770(02)00034-7)
- 1477 De Vlaming, V., Proctor, V.W., 1968. Dispersal of aquatic organisms: viability of seeds  
1478 recovered from the droppings of captive killdeer and mallard ducks. *American Journal of*  
1479 *Botany*, 55: 20-26. <https://dx.doi.org/10.2307/2440487>
- 1480 Della Bella, V., Bazzanti, M., Dowgiallo, M.G., Iberite, M., 2007. Macrophyte diversity and  
1481 physico-chemical characteristics of Tyrrhenian coast ponds in central Italy: implications for  
1482 conservation. *Ecology of European Ponds. Hydrobiologia.* 597, 85-95.  
1483 <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-007-9216-9>

- 1484 Favreto, R., Medeiros, R.B., 2006. Banco de sementes do solo em área agrícola sob diferentes  
 1485 sistemas de manejo estabelecida sobre campo natural. Rev. Brasileira Sementes 28, 34-44.  
 1486 <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000200005>
- 1487 Gaston, K.J., Chown, S.L., 2005. Neutrality and the niche. Functional Ecology. 19, 1-6.  
 1488 <http://dx.doi.org/10.1038/417480a>
- 1489 Goodson, J.M., Gurnell, A.M., Angold, P.G., Morrissey, I., 2001. Riparian seed banks:  
 1490 structure, process and implications for riparian management. Progr. Phys. Geog. 25, 301-325.  
 1491 <http://dx.doi.org/10.1177/030913330102500301>
- 1492 Grillas P., Gauthier P., Yavercovski N., Perennou C. (eds.), 2004. Mediterranean temporary  
 1493 pools I: issues relating to conservation, functioning and management. Station biologique de la  
 1494 Tour du Valat. Arles, França.
- 1495 Henry-Silva, G.G., Moura, R.S.T., Dantas, L.L.O., 2010. Richness and distribution of aquatic  
 1496 macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. Acta. Limn. Bras. 22, 147-156.  
 1497 <http://dx.doi.org/10.4322/actalb.02202004>
- 1498 Howe, H.F., Smallwood, J., 1982. Ecology of seed dispersal. Annual Review of Ecology and  
 1499 Systematics 13: 201-228. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001221>
- 1500 Hubbell, S.P., 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton  
 1501 University Press, New Jersey. <http://dx.doi.org/10.1127/1863-9135/2010/0177-0189>
- 1502 Hussner, A., 2010. Growth response and root system development of the invasive *Ludwigia*  
 1503 *grandiflora* and *Ludwigia peploides* to nutrient availability and water level. Fundam. Appl.  
 1504 Limnol., Arch. Hydrobiol. 177/3, 189-196. [http://dx.doi.org/10.1127/1863-9135/2010/0177-](http://dx.doi.org/10.1127/1863-9135/2010/0177-0189)  
 1505 **0189**
- 1506 INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. Centro Regional do Nordeste (CRN).  
 1507 Construindo nosso mapa municipal visto do espaço. Grupo de geoprocessamento  
 1508 (CRN/INPE). Natal, Rio Grande do Norte.
- 1509 Irgang, B.E.; Pedralli, G., Waetcher, J.L., 1984. Macrófitos aquáticos da Estação Ecológica do  
 1510 Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. Roessléria 6, 395-404.
- 1511 Journey, W.K.; Skilicorn, P.; Spira, W., 1993. Duckweed aquaculture. A new aquatic farming  
 1512 system for developing countries. World Banck Publication. Washington, D.C., U.S.A.
- 1513 Kent, M., Coker, P., 1994. Vegetation description and analysis - a practical approach. John  
 1514 Wiley e Sons, Chichester.
- 1515 Kneitel, J.M., Lessin, C.L., 2010. Ecosystem-phase interactions: aquatic eutrophication  
 1516 decreases terrestrial plant diversity in California vernal pools. Oecologia 163, 461-469.  
 1517 <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-009-1529-0>
- 1518 Leal, I.R., Tabarelli, M., J.M.C., Silva. 2003. Ecologia e conservação da Caatinga.  
 1519 Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.
- 1520 Leck, M.A., 1989. Wetland seed banks. In: Leck, M.A., Parker, V.T., Simpson, R.L. (Eds.),  
 1521 Ecology of Soil Seed Banks. Academic Press, Inc., San Diego. pp.283-305
- 1522 Leck, M.A., 2003. Seed-bank and vegetation development in a created tidal freshwater  
 1523 wetland on the Delaware River, Trenton, New Jersey, USA. Wetlands, 23, 310-343.  
 1524 <http://dx.doi.org/10.1672/9-20>
- 1525 Leck, M.A., Simpson, R.L., 1987. Seed bank of a freshwater tidal wetland: turnover and  
 1526 relationship to vegetation change. Am. J. Bot. 74, 360-370.

- 1527 Lima, L.F., Silva, S.S.L., Moura-Júnior, E.G., Zickel, C.S., 2011. Composição florística e  
 1528 chave de identificação das plantas aquáticas ocorrentes em reservatórios do estado de  
 1529 Pernambuco. *Rodriguésia* 62, 771-783. [http://dx.doi.org/10.1590/S2175-](http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602011000400006)  
 1530 **78602011000400006**.
- 1531 Liu, G.H., Zhou, J., Li, W., Cheng, Y., 2005. The seed bank in a subtropical freshwater  
 1532 marsh: implications for wetland restoration. *Aquat. Bot.* 81, 1-11.  
 1533 <http://doi.org/10.1016/j.aquabot.2004.07.001>
- 1534 Lobo, E., Leighton, G., 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los  
 1535 sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Rev. Biol. Mar.* 22,  
 1536 1-29.
- 1537 Lorenzi, H., 2008. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Nova  
 1538 Odessa, Instituto Plantarum de Estudos da Flora.
- 1539 Lu, J., Wang, H.B., Pan, M., Xia, J., Xing, W., Liu, G.H., 2012. Using sediment seed banks  
 1540 and historical vegetation change data to develop restoration criteria for a eutrophic lake in  
 1541 China. *Ecol. Eng.* 39, 95-103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.11.006>
- 1542 Lukács, B.A., Sramkó, G., Molnár, V.A., 2013. Plant diversity and conservation value of  
 1543 continental temporary pools. *Biol. Conserv.* 158, 393-400.  
 1544 <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.08.024>
- 1545 Ma, M., Zhou, X., Ma, Z., Du, G., 2012. Composition of the soil seed bank and vegetation  
 1546 changes after wetland drying and soil salinization on the Tibetan Plateau. *Ecol. Eng.* 44, 18-  
 1547 24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.03.017>
- 1548 Magurran, A.E., 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science, Oxford.
- 1549 Maltchik, L., 2000. As lagoas temporárias do semi-árido. *Ciência Hoje* 28, 67-70.
- 1550 Mandák, B., Zákavsky, P., Mahelka, V., Placková, I., 2012. Can soil seed banks serve as  
 1551 genetic memory? A study of three species with contrasting life history strategies. *Plos One* 7,  
 1552 1-12. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0049471>
- 1553 McGill, B.J., Maurer, B.A., Weiser, M.D., 2006. Empirical evaluation of neutral theory.  
 1554 *Ecology* 87, 1411-1423. [http://dx.doi.org/10.1890/0012-](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1411:EEONT]2.0.CO;2)  
 1555 **9658(2006)87[1411:EEONT]2.0.CO;2**
- 1556 Medeiros, R.B., Steiner, J.J., 2002. Influência de sistemas de rotação de sementes de  
 1557 gramíneas forrageiras temperadas na composição do banco de sementes invasoras no solo.  
 1558 *Rev. Bras. Sem.* 24, 118-128. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222002000100017>
- 1559 Michener, C.D., Sokal, R.R., 1957. A quantitative approach to a problem in classification.  
 1560 *Evolution* 11, 130-162. <http://dx.doi.org/10.2307/2406046>
- 1561 Moura-Júnior, E.G., Lima, L.F., Silva, S.S.L., Paiva, R.M.S., Ferreira, F.A., Zickel, C.S.,  
 1562 Pott, A., 2013. Aquatic macrophytes of Northeastern Brazil: checklist, richness, distribution  
 1563 and life forms. *Check List* 9, 298-312. <http://dx.doi.org/10.15560/9.2.298>
- 1564 Müeller-Dombois, D., Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John  
 1565 Wiley, New York.
- 1566 Nicolet, P., Biggs, J., Fox, G., Hodson, M.J., Reynolds, C., Whitfield, M., Williams, P., 2004.  
 1567 The wetland plant and macroinvertebrate assemblages of temporary ponds in United Kingdom  
 1568 and Wales. *Biol. Conserv.*, 120(2), 261-278. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2004.03.010>

- 1569 Pagotto, M.A., Silveira, R.M.L., Cunha, C.N., Fantin-Cruz, I., 2011. Distribution of  
 1570 herbaceous species in the soil seed bank of a flood seasonality area, Northern Pantanal, Braz.  
 1571 *Internat. Rev. Hydrobiol.* 96, 149-163. <http://dx.doi.org/10.1002/iroh.201111315>  
 1572 Pielou, E.C., 1975. *Ecological diversity*. Wiley, New York.
- 1573 Pott, V.J., Pott, A., 2000. *Plantas Aquáticas do Pantanal*. Embrapa, Brasília.
- 1574 Ramsar. 2002. *The Ramsar Convention Manual: A guide to the convention on wet-lands*  
 1575 (Ramsar, Iran, 1971). 8<sup>th</sup> meeting of the Conference of the Parties. Valencia, Spain.
- 1576 Rhazi, L., Grillas, P., Rhazi, M., Aznar, J.C., 2009. Ten-year dynamics of vegetation in a  
 1577 Mediterranean temporary pool in western Morocco. *Hydrobiologia*. 634, 185-194.  
 1578 <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-009-9893-7>
- 1579 Rhazi, L., Grillas, P., Saber, E., Rhazi, M., Bprendonck, L., Waterkeyn, A., 2012. Vegetation  
 1580 of Mediterranean temporary pools: a fading jewel? *Hydrobiologia*. 689, 23-36.  
 1581 <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-011-0679-3>
- 1582 Rhazi, L., Rhazi, M., Grillas, P., Khyari, D.E., 2006. Richness and structure of plant  
 1583 communities in temporary pools from western Morocco: influence of human activities.  
 1584 *Hydrobiologia*. 570, 197-203. [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5390-0\\_28](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5390-0_28)
- 1585 Robertson, K., Hickman, R., 2012. Aboveground plant community and seed bank  
 1586 composition along an invasion gradient. *Plant Ecol.* 213, 1461-1475.  
 1587 <http://dx.doi.org/10.1007/s11258-012-0104-7>
- 1588 Ruiz, E., 2008. *European Communities. Management of Natura 2000 habitats. Mediterranean*  
 1589 *temporary ponds*. European Commission.
- 1590 Sabino, J.H.F., Araújo, E.S., Cotarelli, V.M., Filho, J.A.S, Campelo, M.J.A., 2015. Riqueza,  
 1591 composição florística, estrutura e formas biológicas de plantas aquáticas em reservatórios do  
 1592 semiárido nordestino, Brasil. <http://www.naturezaonline.com.br>
- 1593 Schwartz, S.S., Jenkins, D.G., 2000. Temporary aquatic habitats: constraints and  
 1594 opportunities. *Aquat. Ecol.* 34, 3-8. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1009944918152>
- 1595 Sekercioglu, C.H., Wenny D., Whelan, C.J., 2016. *Why birds matter: Avian ecological*  
 1596 *function and ecosystem services*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- 1597 Shannon, C.E., Weaver, W., 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University  
 1598 of Illinois Press, Urbana, IL.
- 1599 Simpson, R.L., Leck, M.A., Parker, V.T., 1989. Seed banks: general concepts and  
 1600 methodological issues. In: Leck, M.A., Parker, V.T., Simpson, R.L. (Eds.), *Ecology of soil*  
 1601 *seed banks*. Academic Press Inc, San Diego. pp.283-308
- 1602 Smith, A.R., Pryer, K.M., Schuettpelz, E., Korall, P. Schneider, H., Wolf, P.G., 2006. A  
 1603 classification for extant ferns. *Taxon* 55: 705-731.
- 1604 Smith, A.R., Pryer, K.M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H., Wolf, P.G., 2008. Fern  
 1605 classification. In *Biology and evolution of ferns and Lycophytes*. T.A. Ranker e C.H. Haufler,  
 1606 eds. Cambridge University, Cambridge. pp. 417-467.
- 1607 Soomers, H., Winkel, D.N., Du, Y., Wassen, M.J., 2010. The dispersal and deposition of  
 1608 hydrochorous plant seeds in drainage ditches. *Freshwater Biol.* 55, 2032-2046.  
 1609 <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02460.x>
- 1610 Soons, M.B., van der Vlugt, C., van Lith, B., Heil, G.W., Klaassen, M., 2008. Small seed size  
 1611 increases the potential for dispersal of wetland plants by ducks. *J. Ecol.* 96, 619-627.  
 1612 <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01372.x>

- 1613 Sørensen., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based  
 1614 on similarity of species content, and its application to analysis of the vegetation on Danish  
 1615 commons, K. Dan. Vid. Sel. Biol. Skr. 5, 1-34.
- 1616 Souza, V.C., Lorenzi, H., 2008. Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das  
 1617 famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II. 2ª ed. Instituto  
 1618 Plantarum, Nova Odessa.
- 1619 Templeton, A.R., Levin, D.A., 1979. Evolutionary consequences of seed pools. *American*  
 1620 *Nat.* 114, 232-249. <http://dx.doi.org/10.1086/283471>
- 1621 Thomaz, S.M., Bini, L.M., Pagioro, T.A., 2003. Plantas aquáticas em Itaipu: ecologia e  
 1622 perspectivas para o manejo. In: Thomaz, S.M., Bini, L.M. (Eds.), *Ecologia e manejo de*  
 1623 *plantas aquáticas*. Eduem, Maringá. pp. 319-341.
- 1624 Tomas, W.M., Mourão, G., Campos, Z., Salis, S.M., Santos, S.A. Intervenções humanas na  
 1625 paisagem e nos habitats do Pantanal [recurso eletrônico]/ Walfrido Moraes Tomas, Guilherme  
 1626 Mourão, Zilca Campos Suzana Maria Salis, Sandra Aparecida Santos. *Dados eletrônicos*. –  
 1627 Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. pp. 58.
- 1628 Tweddle, J.C., Dickie, J.B., Baskin, C.C., Baskin, J.M., 2003. Ecological aspects of seed  
 1629 desiccation sensitivity. *J. Ecol.* 91, 294-304. [http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-](http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2745.2003.00760.x)  
 1630 [2745.2003.00760.x](http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2745.2003.00760.x)
- 1631 Van der Pijl, L., 1972. *Principles of dispersal in higher plants*. 2. ed. Berlim: Springer-Verlag.
- 1632 van der Valk, A.G., 1981. Succession in wetlands: a Gleasonian approach. *Ecology* 62, 688-  
 1633 696. <http://dx.doi.org/10.2307/1937737>
- 1634 van der Valk, A.G., Davis, C.B., 1978. The role of seed banks in the vegetation dynamics of  
 1635 prairie glacial marshes. *Ecology* 59, 322-335. <http://dx.doi.org/10.2307/1936377>
- 1636 Venable, D.L.; Brown, J.S., 1988. The selective interactions of dispersal, dormancy and seed  
 1637 size as adaptations for reducing risks in variable environments. *American Naturalist*, 131,  
 1638 360-384.
- 1639 Viana, D.S., Santamaría, L., Figuerola, J., 2016. Migratory Birds as Global Dispersal Vectors.  
 1640 *Trends in ecology & evolution* 31, 763-775. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2016.07.005>
- 1641 Ward, J.V., K. Tockner, F. Schiemer, 1999. Biodiversity of floodplain river ecosystems:  
 1642 ecotones and connectivity. *Regulated Rivers: Research & Management* 15: 125–139  
 1643 [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1646\(199901/06\)15:1/3<125::AID-](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(199901/06)15:1/3<125::AID-RRR523>3.0.CO;2-E)  
 1644 [RRR523>3.0.CO;2-E](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(199901/06)15:1/3<125::AID-RRR523>3.0.CO;2-E)
- 1645 Warwick, N.W.M., Brock, M.A., 2003. Plant reproduction in temporary wetlands: the effects  
 1646 of seasonal timing, depth, and duration of flooding. *Aquat. Bot.* 77, 153-167.  
 1647 [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770\(03\)00102-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3770(03)00102-5).
- 1648 Westoby, M., 1981. The place of the self-thinning rule in population dynamics. **The**  
 1649 **American Naturalist**, Lancaster, v.118, p.581-587.
- 1650 Wood, R.D., Imahori, K., 1964. A revision of the Characeae. 2: iconograph of the Characeae.  
 1651 Weinheim: J. Cramer.
- 1652 Wood, R.D., Imahori, K., 1965. A revision of the Characeae. 1: monograph of the Characeae.  
 1653 Weinheim: J. Cramer.
- 1654 Zacharias, I., Dimitriou, E., Dekker, A., Dorsman, E., 2007. Overview of temporary ponds in  
 1655 the Mediterranean region: threats, management and conservation issues. *J Environ. Biol.* 28,  
 1656 1-9.

- 1657 Zacharias, I., Zamparas, M., 2010. Mediterranean temporary ponds. A disappearing  
1658 ecosystem. *Biodiv. Conserv.* 19, 3827-3834. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-010-9933-7>.  
1659 Zepeda, C., Lot, A., Nemiga, X.A., Manjarrez, J., 2014. Seed bank and established  
1660 vegetation in the last remnants of the Mexican Central Plateau wetlands: the Lerma marsh.  
1661 *Rev. Biol. Trop.* 62, 455-72.

## Considerações Finais

Esse trabalho teve o intuito de explicar como é a dinâmica das plantas aquáticas em lagoas temporárias do semiárido do Brasil. Essa região é definida por apresentar duas condições climáticas bem definidas: período chuvoso curto e período seco que geralmente perdura por mais de oito meses. Tais condições climáticas caracterizam essa região em relação aos recursos hídricos que em sua grande maioria são temporários devido à ausência, escassez, alta variabilidade espacial e temporal das chuvas, taxa de insolação superior à pluviométrica e não é rara a sucessão de anos seguidos de seca.

Por se tratar de ambientes temporários, os fatores físicos e químicos tanto da água como do sedimento são importantes. Tais fatores são influenciados pelas condições climáticas e geológicas locais e atuam em associação promovendo a homeostase e proporcionando condições favoráveis a incorporação de biomassa pelas espécies. Todos esses fatores atuam em conjunto promovendo características que irão favorecer certas espécies em detrimento de outras. As espécies que por sua vez se desenvolvem e completam o seu ciclo de vida irão devolver ao meio os elementos que outrora acumulou em sua biomassa.

Assim, no presente estudo observamos que ambos os fatores (água e sedimento) foram significativos e, portanto importantes estruturadores da comunidade de plantas aquáticas nas lagoas temporárias analisadas. No entanto, apesar da participação significativa dos dois fatores (água e sedimento), o fator “*água*” mostrou maior participação na explicação dos resultados. Isso ocorreu porque a água nesses ambientes funciona como o fator determinante para as espécies, durante os eventos de chuva, considerada a fase favorável, quando as lagoas recebem o aporte hídrico coincide com o momento em que as plantas incorporam nutrientes, carbono e matéria orgânica em sua biomassa e aperfeiçoam a produção de suas sementes deixadas pela geração anterior superando a dormência e germinando. A partir daí, as condições locais atuam selecionando as espécies que irão compor e estruturar esse ambiente.

No presente estudo, observamos que o pH da água foi uma importante variável reguladora tanto da biodisponibilidade como da toxicidade de alguns íons como o Fe e o Al. No presente estudo os valores de pH variaram de neutro a alcalino o que evitou que ambos fossem tóxicos as plantas aquáticas, já que, tanto o alumínio como o ferro se tornam mais solúveis e, portanto, mais tóxicos para a biota aquática quando o pH é ácido.

As condições climáticas do semiárido contribuem significativamente para que os solos tenham muito sódio, uma vez que a evaporação é superior a precipitação. Apesar de comum,



nossos resultados mostraram que das 14 lagoas estudadas apenas duas lagoas estiveram associadas com o sódio (PD e JUSTA). Nessas lagoas, abundaram espécies de macrófitas aquáticas mais estuarinas, portanto, mais resistentes e adaptadas ao sódio, tais como, *Eleocharis interstincta*, *Eleocharis nudipes* e *Thypha dominguensis*.

Antes de completarem o seu ciclo de vida, as plantas aquáticas “percebem” que as condições ambientais antes favoráveis começam a mudar. Esse período geralmente coincide com o momento em que as chuvas cessam e a lagoa começa a secar e assim providenciam um “arcabouço” de sementes que serão a segurança de que suas espécies serão perpetuadas.

Nossos resultados mostraram que houve diferença entre o que foi germinado no banco de sementes do solo e o que observamos no campo. Nós atribuímos essa diferença a 3 fatores: **1. seca prolongada** que a região vivenciou entre 2011 e 2013, que pode ter danificado as sementes que ficaram no solo prejudicando sua longevidade e alterando a composição e a riqueza de espécies do banco de sementes. Eventos como os períodos de encharcamento e de ressecamento são fundamentais para a superação da dormência de plantas aquáticas desses ambientes. Esses períodos secos nas regiões semiáridas tem se tornado nos últimos tempos cada vez mais extensos e severos devido às mudanças climáticas. Portanto, quando esses eventos cíclicos não obedecem a uma dinâmica normal e cujos períodos ultrapassam a capacidade de resistência e resiliência é provável que algumas espécies de plantas aquáticas mais sensíveis que compõem o banco de sementes sejam afetadas negativamente. Algumas espécies ocorreram apenas no banco de sementes, não sendo observado registro no campo como, por exemplo: *Alternanthera phyloxeroides*, *Nymphaea* sp., *Ludwigia octovalvis* e *Ludwigia peploides*. As sementes dessas espécies podem ter durado durante toda a estiagem por serem sementes persistentes. **2. espécies oportunistas** que ocupam áreas cuja vegetação original foi alterada e devido a rápida reprodução se mantém no banco de sementes por longos períodos. As espécies *Eleocharis minima* e *Heteranthera limosa* tiveram 100% de frequência de ocorrência no banco de sementes, ambas consideradas abundantes. Por se tratar de um ambiente com condições variáveis e extremas, com uma dinâmica cujos processos ocorrem de maneira muito rápida, as espécies que tiverem um ciclo de vida mais curto, com produção de sementes mais eficazes e resistentes ao período seco que se aproxima, foram as dominantes/estruturantes daquela lagoa. Geralmente, as espécies que apresentam tais características são denominadas oportunistas e predominam no banco de sementes com alta densidade populacional contribuindo para a diminuição da diversidade local. Vale ressaltar a presença de duas espécies não oportunistas que ocorreram no banco de sementes e que merecem destaque pelo comportamento reprodutivo com altos valores de densidade

populacional, são elas: *Azolla* sp. e *Lemna* sp. **3. dispersão** podendo ser formado de duas formas: com espécies já existentes no local, ou por sementes de espécies trazidas de outros locais e que se estabelecem. Os processos de dispersão de sementes podem ocorrer por hidrocoria, anemocoria e principalmente por zoocoria, no entanto, as lagoas temporárias estudadas são isoladas não apresentando conectividade entre si nem tampouco com outros corpos d'água, assim é provável que as aves aquáticas fossem, pois, os melhores vetores de dispersão a longas distâncias destas plantas. Mesmo assim, os propágulos podem chegar às lagoas em tempos não favoráveis, neste caso, as sementes de espécies desse tipo de habitat possuem estratégias variadas em relação aos mecanismos de dormência até que as condições ambientais se tornem favoráveis à germinação.

Nossos resultados mostraram também, que houve similaridade em relação à composição florística entre as lagoas estudadas, o que evidencia homogeneidade de espécies nas áreas de estudo. No entanto, apesar de algumas lagoas serem próximas o teste de Mantel mostrou que não houve correlação espacial nem entre a composição florística do campo nem da estrutura do banco de sementes entre as lagoas estudadas. Em relação à estrutura do banco de sementes a análise de cluster mostrou que as lagoas foram organizadas de maneira diferente da composição florística e apresentaram dissimilaridade. Não se sabe ao certo, se a composição de plantas aquáticas está relacionada com a disponibilidade de propágulos no solo ou se existe uma maior influência das condições locais.

Para se compreender melhor como a comunidade de plantas aquáticas se estrutura são necessários novos estudos nessa comunidade, comparando períodos de inundações diferentes, que apresentem intensidades pluviométricas diferentes e assim, verificar se o padrão observado se mantém ou se estes variam em função do tempo.

Estudos como esse, são importantes, pois, propiciam o entendimento da história de vida das espécies, das dinâmicas das populações e organização das comunidades que neles habitam, além de serem sistemas propícios para estudar os conceitos e teorias ecológicas, por serem de fácil manipulação em experimentos que permitem replicações.

# APÊNDICES

## APÊNDICE 1– Descrição e ilustração da área de estudo

O estudo foi realizado em 14 lagoas temporárias em dois estados da região nordeste do Brasil: Pernambuco e Bahia (Fig.1). O clima da região é classificado segundo Köppen, (1948) como Bsh - clima semiárido - quente com deficiência hídrica (ALVARES et al., 2013). Durante grande parte do ano, há combinação de elevada evapotranspiração (1.500-2.000 mm/ano<sup>-1</sup>), baixa precipitação (300-1.000 mm/ano<sup>-1</sup>) e irregularidade temporal na distribuição das chuvas concentrando-se de três a cinco meses no ano com estação seca entre os meses de abril e outubro e estação chuvosa entre novembro e março (ARAÚJO; SAMPAIO; RODAL, 1995; LEAL; TABARELLI; SILVA, 2003).



Fig. 1. Imagem de satélite com a localização das 14 lagoas estudadas no semiárido, Nordeste do Brasil. Fonte: Google Earth

As temperaturas médias anuais são relativamente altas (23 a 27 °C), insolação média (2.800 h.ano<sup>-1</sup>) e umidade relativa do ar média em torno de 50% (MOURA et al., 2007). A área investigada abriga o bioma Caatinga que é um tipo de floresta tropical, exclusivamente brasileira, onde se observa a presença de espécies xerófilas, tais como, *Ziziphus joazeiro* Mart. (Juazeiro), *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (Barriguda), *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (Angico), *Pilosocereus gounellei* (F.A.C.Weber) Byles & Rowley (Xique-xique) e *Cereus jamacaru* DC. (Mandacaru). Tais espécies apresentam características muito peculiares

de adaptação, alto endemismo e rica biodiversidade (ALVES, 2007; ALVES et al., 2009). Em geral, as lagoas estudadas apresentam características morfométricas diferentes são artificiais e estão sujeitas a diferentes usos. Dentre os tipos de usos, pode-se destacar a hidratação de rebanhos (quando o período de seca se torna mais severo), a pesca e o plantio de pequenas culturas, ainda no momento em que o solo se encontra úmido.

### **Descrição morfométrica, geográfica e geológica das áreas estudadas**

A lagoa da **Agência de Defesa Agropecuária da Bahia (ADAB)** localiza-se na margem da rodovia BR 235, município de Petrolina, no estado de Pernambuco (9°19'12.35"S, longitude 40°44'12.69"O) dista 13.800 m do Rio São Francisco, 13.560 m da Barragem Sobradinho e 23.570 m da cidade de Petrolina. O acesso se dá pela rodovia mencionada, partindo-se de Petrolina no sentido do município de Casa Nova na Bahia.

A altitude da lagoa é 400 m, tem uma área de  $23,62 \times 10^3 \text{ m}^2$ , perímetro de 686 m, profundidade máxima de 1,40 m e volume de  $16,17 \times 10^3 \text{ m}^3$ . A lagoa é artificial, resultante da retirada de material granular para construção da rodovia. No que se refere à geologia, ocorrem no sítio e entorno migmatitos e ortogneisses granodioríticos, os solos são vermelho amarelo eutróficos. (Fig.2).

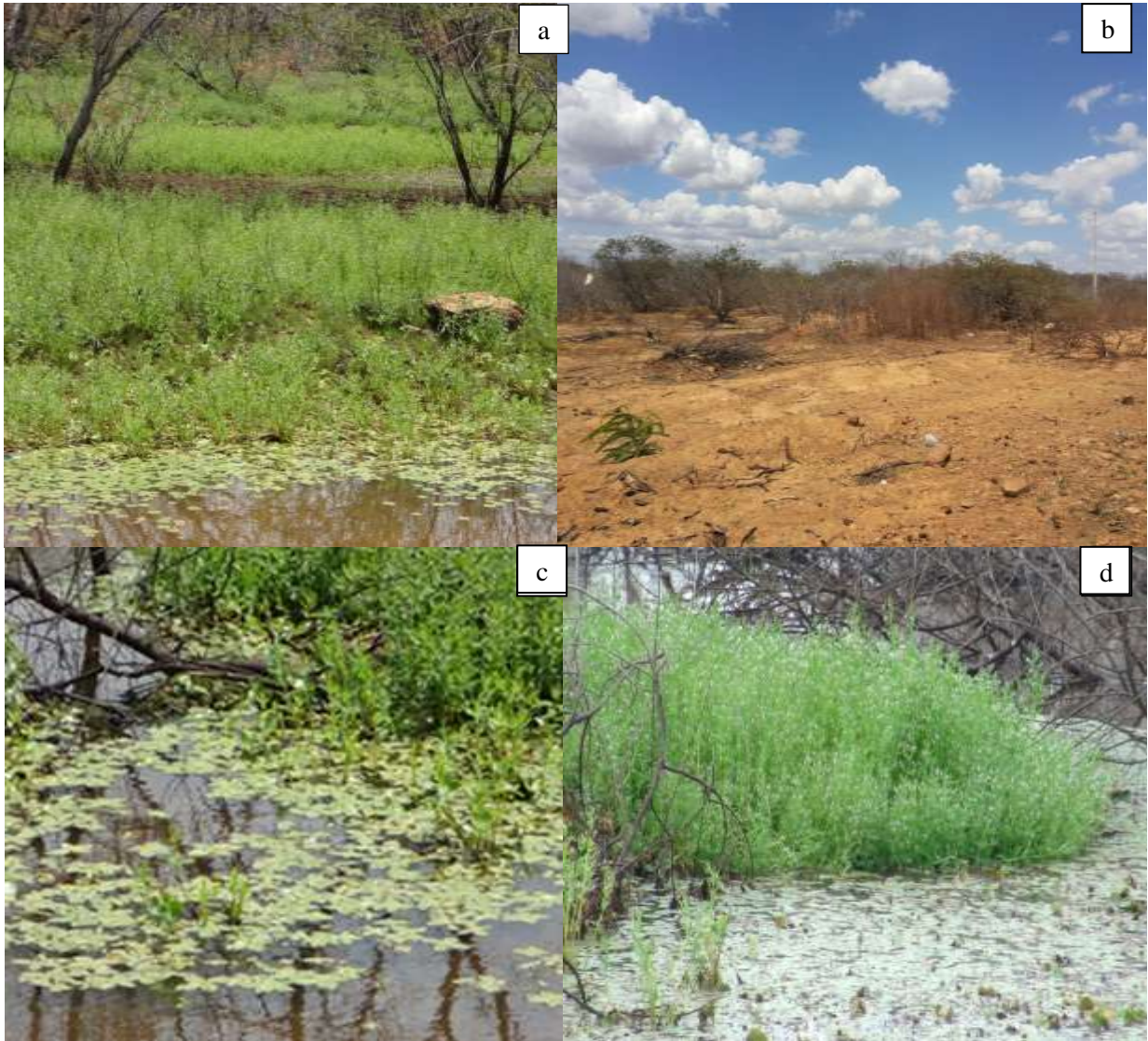


Fig. 2. Fotos da lagoa da Agência de defesa da Bahia (ADAB): a) com água e b) sem água; c) *Marsilea crotophora* D.M. Johnson e d) *Anamaria heterophylla* (Giul. & V.C Souza) V.C Souza.

A lagoa do **Centro de Abastecimento de Juazeiro (CAJ)** localiza-se na margem da BA 210, município de Juazeiro, no estado da Bahia ( $9^{\circ}08'54.90''S$ ,  $40^{\circ}02'00.10''O$ ) dista 8.800 m do Rio São Francisco e 61.620 m do centro da cidade de Juazeiro. O acesso se dá pela rodovia mencionada, partindo-se de Juazeiro no sentido de Curaçá.

A altitude da lagoa é 380 m, tem uma área de  $4,94 \times 10^3 \text{ m}^2$ , perímetro de 317 m, profundidade máxima de 0,60 m e volume de  $0,61 \times 10^3 \text{ m}^3$ . A lagoa é artificial, resultante da retirada de material granular para construção da rodovia. No que se refere à geologia, ocorrem no sítio e entorno o gnaisse Arapuá, quartzo feldspático, os solos são vermelho amarelo eutróficos.(Fig.3).

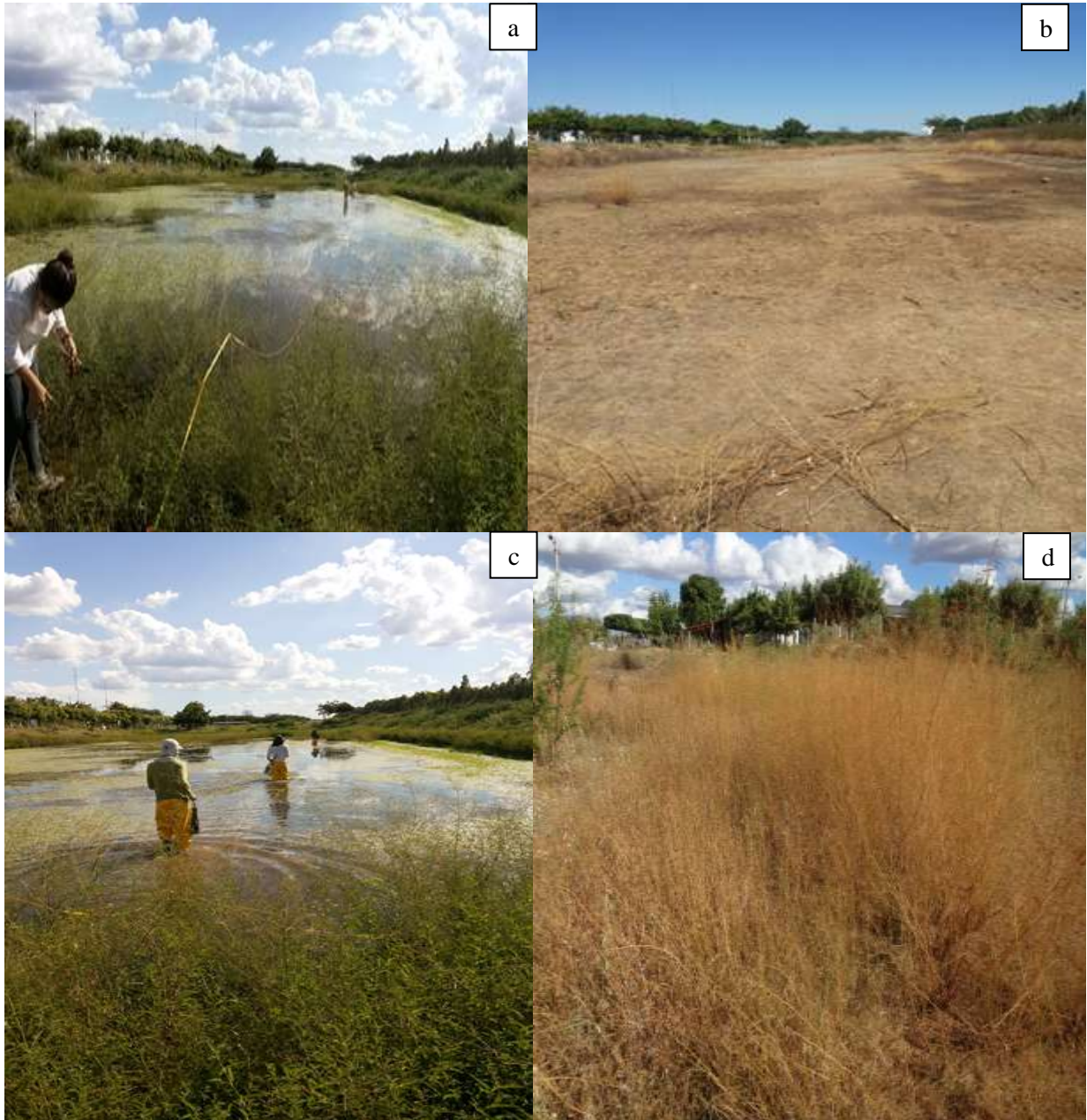


Fig. 3. Fotos da lagoa CAJ: a) com água e b) sem água; c) e d) *Aeschynomene americana* L.

A lagoa **Chico Piriquito (CP)** localiza-se próximo a Barragem de Sobradinho, margem direita do Rio São Francisco, município de Sobradinho, no estado da Bahia, 9°27'04.06"S, 40°48'30.62"O) dista 600 m do Rio São Francisco, 3.140 m da Barragem Sobradinho e 2.530 m da cidade de Sobradinho. O acesso se dá por estrada local pavimentada partindo-se de Sobradinho no sentido do balneário municipal.

A altitude da lagoa é 370 m, tem uma área de  $16,11 \times 10^3 \text{ m}^2$ , perímetro de 663 m, profundidade máxima de 1,30 m e volume de  $4,92 \times 10^3 \text{ m}^3$ . A lagoa é artificial, resultante da retirada de material granular para construção da estrada. No que se refere à geologia, ocorrem

no sítio e entorno depósitos aluvionares com solos arenosos, argilosos, cascalho e silte.(Fig.4).



Fig. 4. Fotos da lagoa CP: a) com água e b) sem água; c) *Nymphaea amazonum* (Mart. & Zucc) e d) *Marsilea crotophora* D.M. Johnson.

A lagoa **Instituto Federal (IF)** localiza-se na margem da BR 235, município de Petrolina, no estado de Pernambuco ( $9^{\circ}20'21.79''S$ ,  $40^{\circ}40'21.36''O$ ) dista 12.000 m do Rio São Francisco e 19420 m da cidade de Petrolina. O acesso se dá pela rodovia mencionada, partindo-se de Petrolina no sentido Casa Nova.

A altitude da lagoa é 404 m, tem uma área de  $8,67 \times 10^3 \text{ m}^2$ , perímetro de 415 m, profundidade máxima de 1,40 m e volume de  $2,93 \times 10^3 \text{ m}^3$ . A lagoa é artificial, resultante da retirada de material granular para construção da rodovia. No que se refere à geologia, ocorrem no sítio e entorno migmatitos e ortogneisses granodioríticos, os solos são vermelho amarelo eutróficos.(Fig.5).



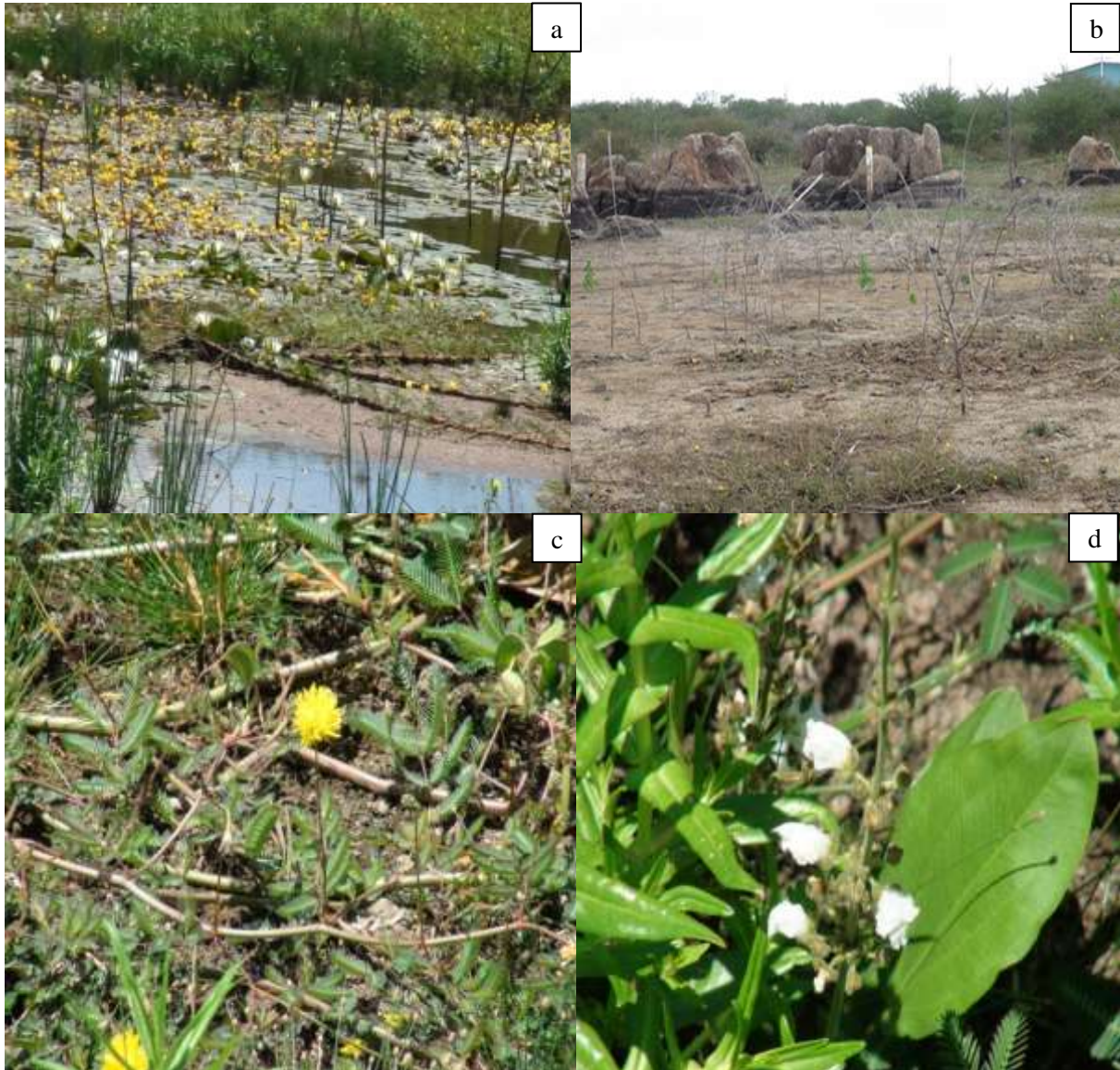


Fig. 5. Fotos da lagoa **IF**: a) com água e b) sem água; c) *Neptunia plena* (L.) Benth. e *Eleocharis minima* Kunth) e d) *Echinodorus grandiflorus* (Cham. & Schltdl.).

A lagoa **Juazeiro (JU)** localiza-se na margem da BA 210, município de Juazeiro, no estado da Bahia, (9°09'09.51"S e 40°02'49.55"O) dista 8.800 m do Rio São Francisco e 59.500 m do centro da cidade de Juazeiro. O acesso se dá pela rodovia mencionada, partindo-se de Juazeiro no sentido de Curaçá. A altitude da lagoa é 368 m, tem uma área de  $2,87 \times 10^3$  m<sup>2</sup>, perímetro de 266 m, profundidade máxima de 0,80 m e volume de  $0,46 \times 10^3$  m<sup>3</sup>. A lagoa é artificial, resultante da retirada de material granular para construção da rodovia. No que se refere à geologia, ocorrem no sitio e entorno o gnaiss Bogó, quartzo feldspático, os solos são vermelho amarelo eutróficos.(Fig.6).

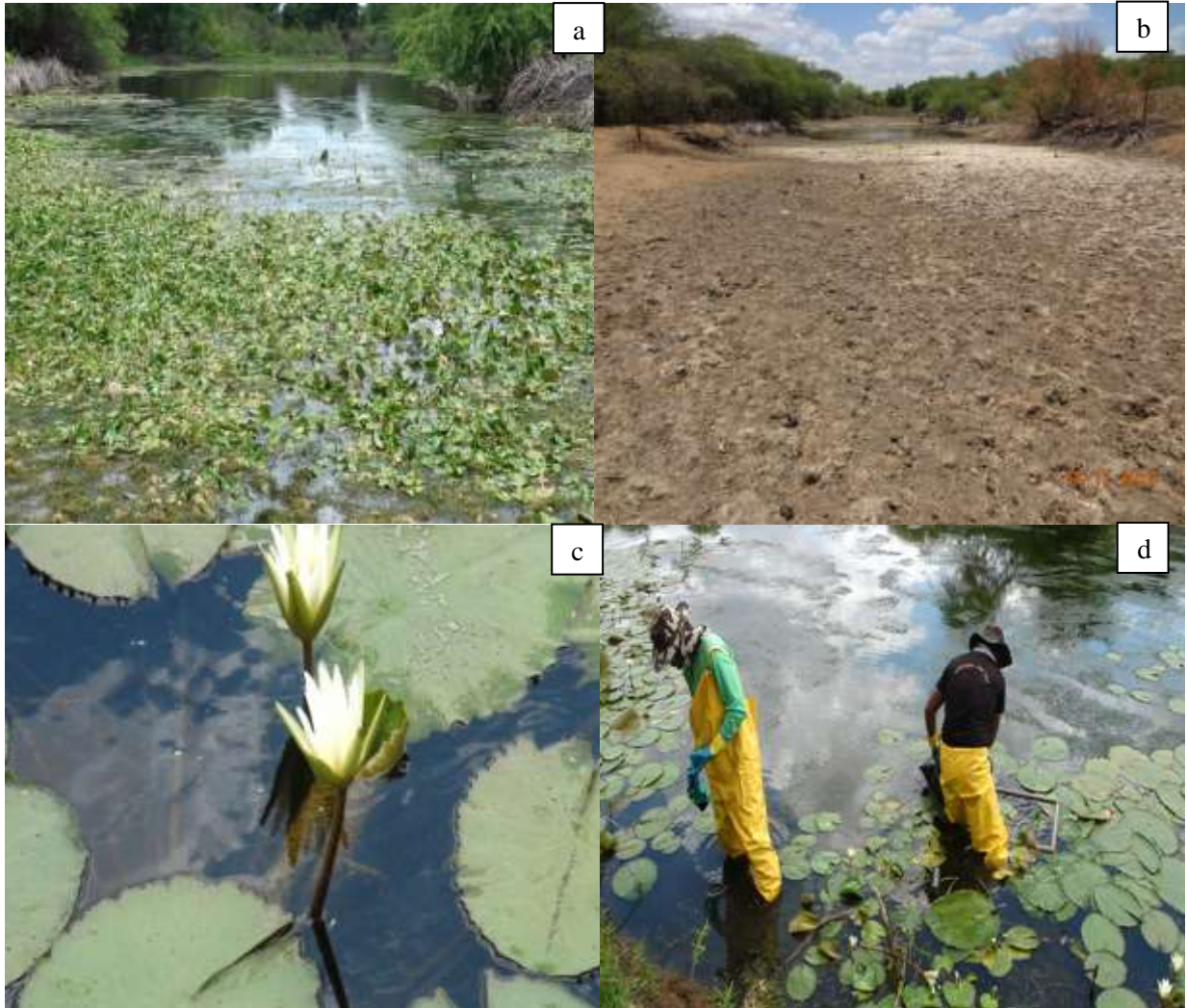


Fig. 6. Fotos da lagoa **JU**: a) com água e b) sem água; c) e d) *Nymphaea ampla* (Salisb.) D.C.

A lagoa **Juazeiro Santo Antônio (JUSTA)** localiza-se na margem da BA 210, município de Juazeiro, no estado da Bahia, (9°08'48.09"S e 40°01' 37.80"O) dista 9.600 m do Rio São Francisco e 63.780 m do centro da cidade de Juazeiro. O acesso se dá pela rodovia mencionada, partindo-se de Juazeiro no sentido de Curaçá.

A altitude da lagoa é 379 m, tem uma área de  $5,42 \times 10^3 \text{ m}^2$ , perímetro de 406 m, profundidade máxima de 0,80 m e volume de  $1,19 \times 10^3 \text{ m}^3$ . A lagoa é artificial, resultante da retirada de material granular para construção da rodovia. No que se refere à geologia, ocorrem no sítio e entorno o gnaiss Bogó, quartzo feldspático, os solos são vermelho amarelo eutróficos. (Fig.7).

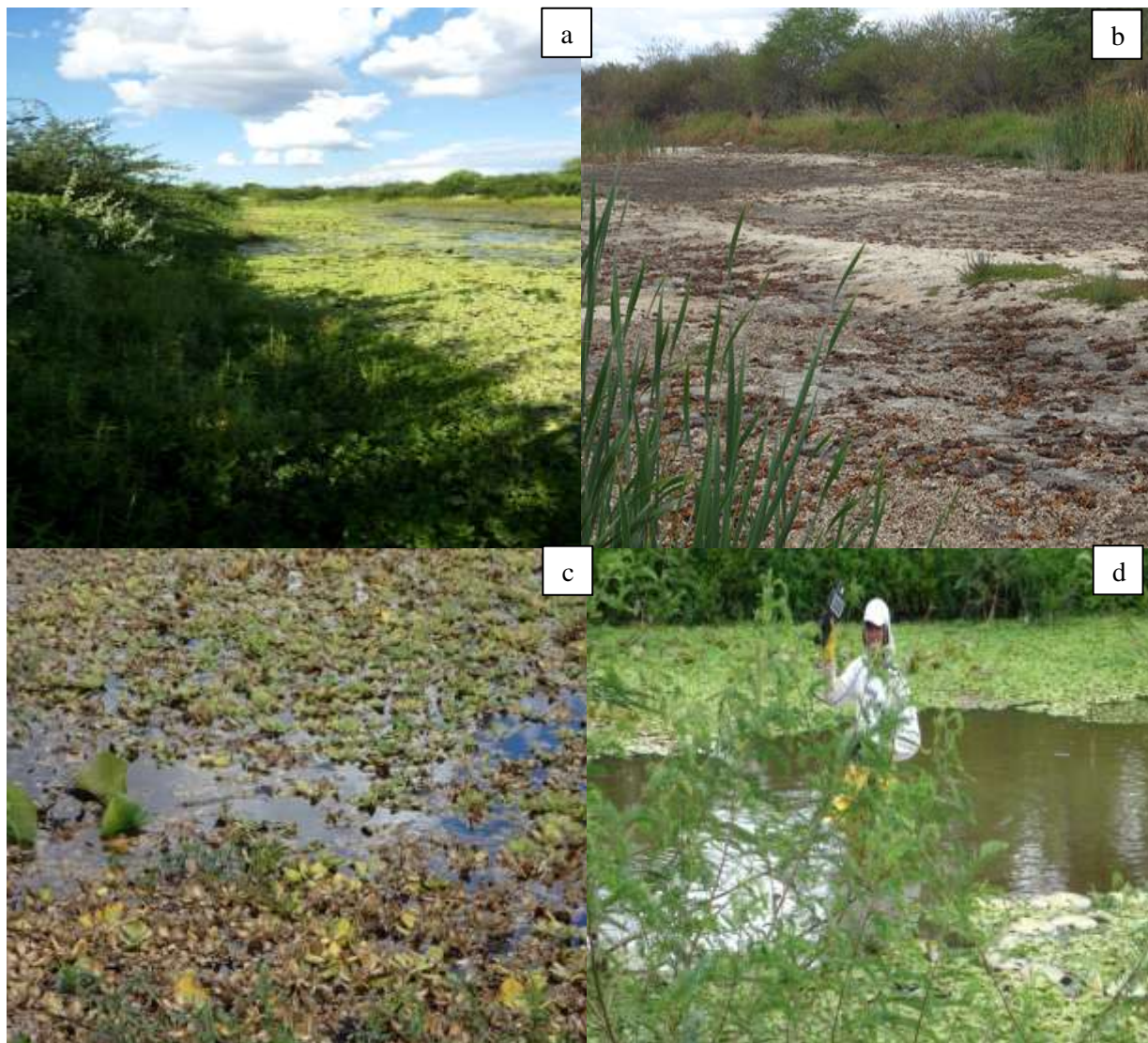


Fig. 7. Fotos da lagoa **JUSTA**: a) com água e b) sem água; c) e d) *Pistia stratiotes* L.

A lagoa **Grande (LG)** localiza-se na margem da BR 428, município de Lagoa Grande, no estado de Pernambuco ( $8^{\circ}59'27.75''S$ ,  $40^{\circ}16'05.81''O$ ) dista 7.100 m do Rio São Francisco e 450 m do centro da cidade de Lagoa Grande. O acesso se dá pela rodovia mencionada, partindo-se de Lagoa Grande no sentido de Santa Maria da Boa Vista.

A altitude da lagoa é 363 m, tem uma área de  $30,36 \times 10^3 \text{ m}^2$ , perímetro de 871 m, profundidade máxima de 1,40 m e volume de  $7,33 \times 10^3 \text{ m}^3$ . A lagoa é artificial, resultante da retirada de material granular para construção da rodovia. No que se refere à geologia, ocorrem no sítio e entorno a Unidade Barra Bonita, composta por filitos, mármore, micaxistos e muscovita quartzitos, os solos são argilosos, vermelho amarelo eutróficos. (Fig.8).

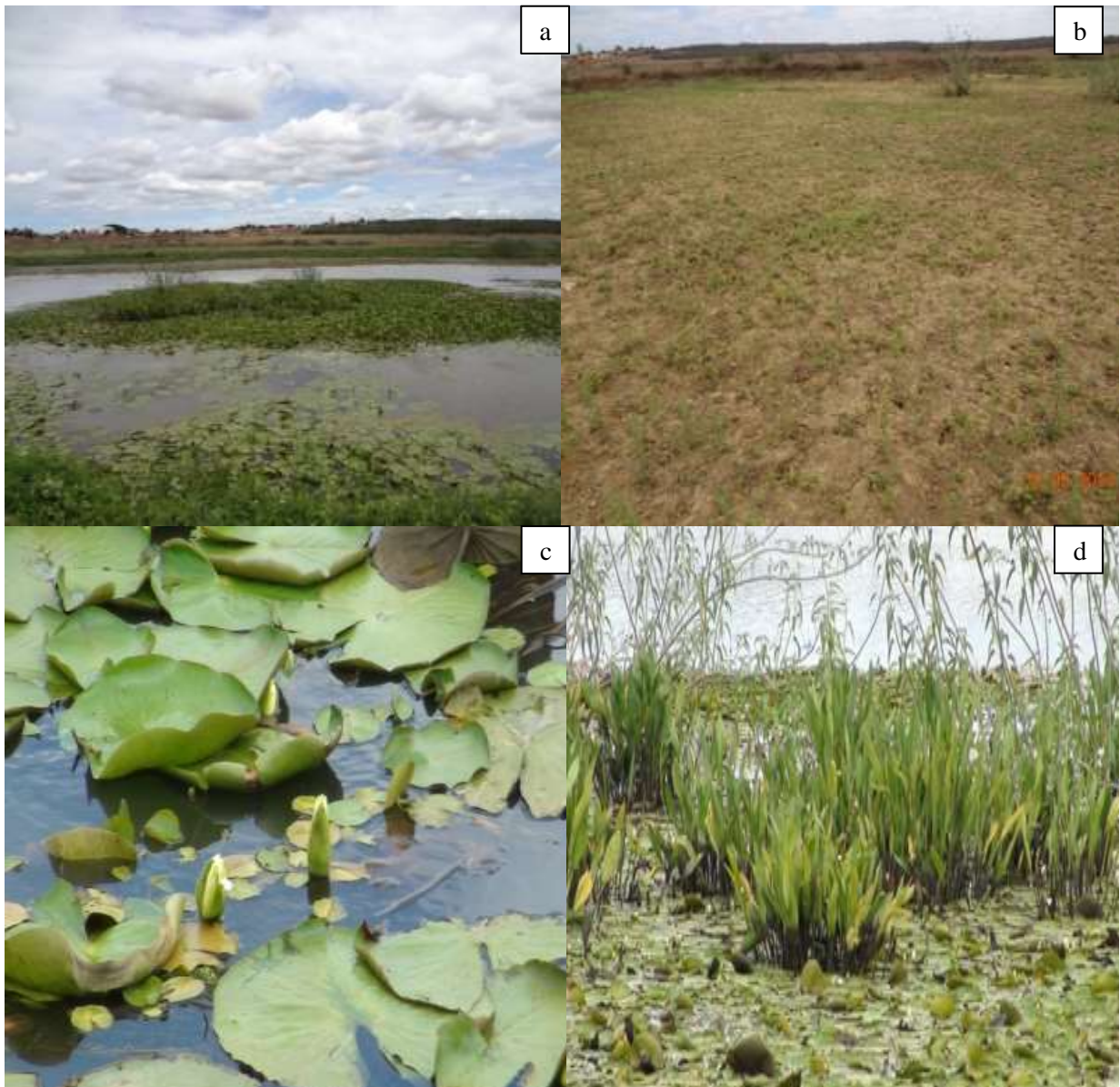


Fig. 8. Fotos da lagoa **LG**: a) com água e b) sem água; c) e d) espécies de plantas aquáticas que ocorrem na lagoa.: *Nymphaea amazonum* (Mart. & Zucc) e *Echinodorus lanceolatus* Rataj.

A lagoa **Mandacaru (M)** localiza-se na margem da BR 407, município de Petrolina, no estado de Pernambuco (9°16'16.96"S, 40°35'54.59"O) dista 16.700 m do Rio São Francisco e 16.730 m da cidade de Petrolina. O acesso se dá pela rodovia mencionada, partindo-se de Petrolina no sentido da cidade de Afrânio.

A altitude da lagoa é 419 m, tem uma área de  $1,87 \times 10^3 \text{ m}^2$ , perímetro de 201 m, profundidade máxima de 0,40 m e volume de  $0,22 \times 10^3 \text{ m}^3$ . A lagoa é artificial, resultante da retirada de material granular para construção da rodovia. No que se refere à geologia, ocorrem no sítio e entorno, migmatitos e ortogneisses granodioríticos, os solos são vermelho amarelo eutróficos. (Fig.9).

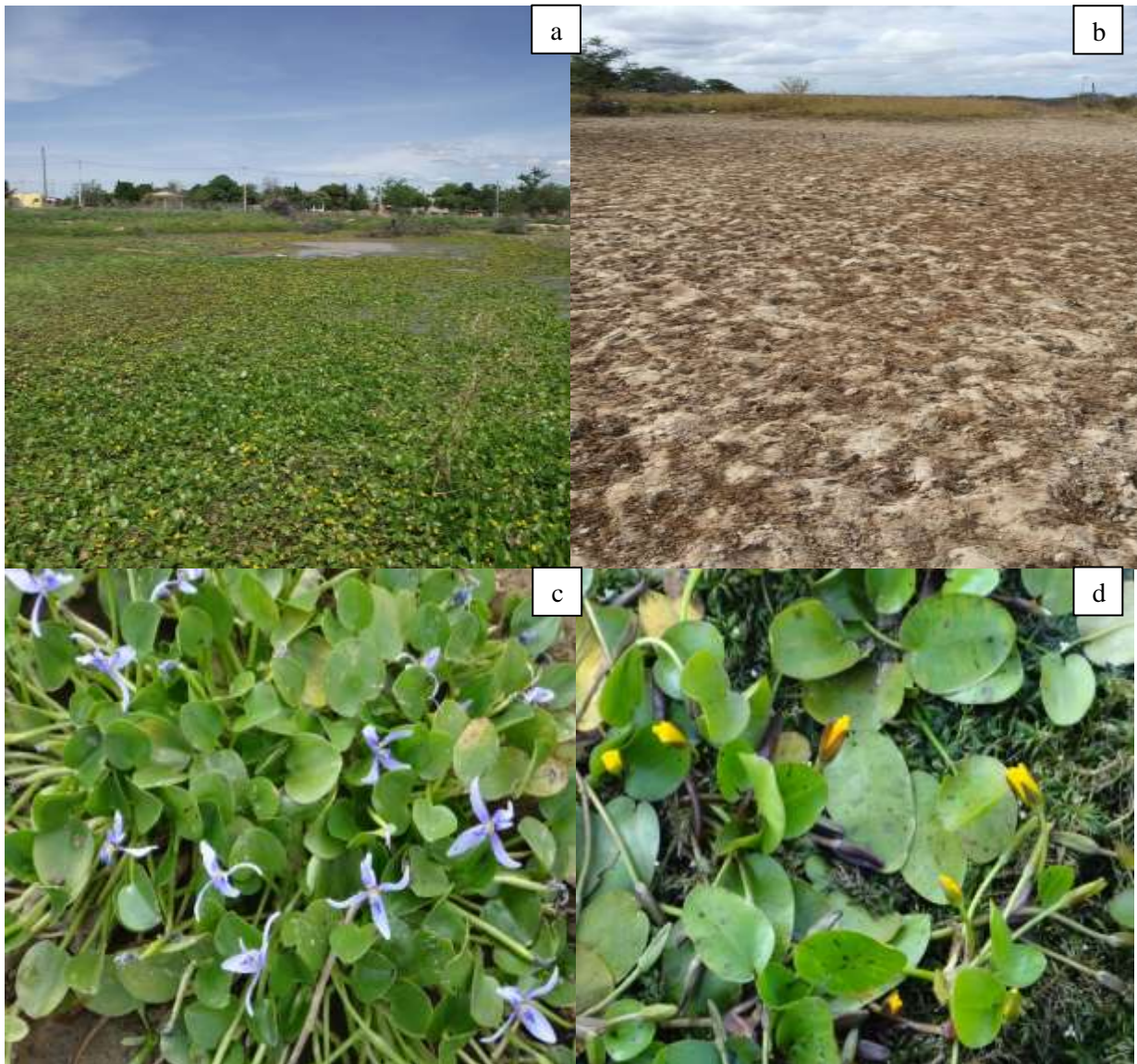


Fig. 9. Fotos da lagoa **M**: a) com água e b) sem água; c) e d) espécies de plantas aquáticas que ocorrem na lagoa.: *Heteranthera limosa* (SW.) Willd. e *Hydrocleys parviflora* Seub.

A lagoa **Pedrinhas (PD)** localiza-se próximo a estrada das Pedrinhas, município de Petrolina, no estado de Pernambuco ( $9^{\circ}21'55.11''S$ ,  $40^{\circ}26'53.50''O$ ) dista 400 m do Rio São Francisco e 6.530 m do centro da cidade de Petrolina. O acesso se dá pela avenida mencionada, partindo-se de Petrolina no sentido do balneário de Pedrinhas.

A altitude da lagoa é 363 m, tem uma área de  $3,17 \times 10^3 \text{ m}^2$ , perímetro de 279 m, profundidade máxima de 1,00 m e volume de  $0,75 \times 10^3 \text{ m}^3$ . A lagoa é artificial, resultante da retirada de material granular para construção rodoviária. No que se refere à geologia, ocorrem no sítio e entorno depósitos aluvionares com solos arenosos, argilosos, cascalho e silte.(Fig.10).



Fig. 10. Fotos da lagoa **PD**: a) com água e b) na época da seca c) *Azolla* sp. e d) *Eleocharis elegans* (Kunth) Roem. & Schult.

A lagoa **Sobradinho1 (SB1)** localiza-se próximo a Barragem de Sobradinho, margem direita do Rio São Francisco, município de Sobradinho, no estado da Bahia (9°27' 25.17"S, 40°48'30.33"O) dista 1.400 m do Rio São Francisco, 3.710 m da Barragem Sobradinho e 1890 m da cidade de Sobradinho. O acesso se dá por estrada local pavimentada partindo-se de Sobradinho no sentido do balneário municipal.

A altitude da lagoa é 370 m, tem uma área de  $9,74 \times 10^3 \text{ m}^2$ , perímetro de 478 m, profundidade máxima de 1,50 m e volume de  $5,52 \times 10^3 \text{ m}^3$ . A lagoa é artificial, resultante da retirada de material granular para construção da estrada. No que se refere à geologia, ocorrem no sitio e entorno depósitos aluvionares com solos arenosos, argilosos, cascalho e silte. (Fig.11).



Fig. 11. Fotos da lagoa **SB1**: a) com água e b) sem água; c) e d) *Ludwigia helmintorrhiza* (Mart.) Hara

A lagoa **Sobradinho2 (SB2)** localiza-se próximo a Barragem de Sobradinho, margem direita do Rio São Francisco, município de Sobradinho, no estado da Bahia ( $9^{\circ}27'29.86''S$ ,  $40^{\circ}48'29.89''O$ ) dista 1.400 m do Rio São Francisco, 3.730 m da Barragem Sobradinho e 1860 m da cidade de Sobradinho. O acesso se dá por estrada local pavimentada partindo-se de Sobradinho no sentido do balneário municipal.

A altitude da lagoa é 371 m, tem uma área de  $1,75 \times 10^3 \text{ m}^2$ , perímetro de 239 m, profundidade máxima de 0,60 m e volume de  $0,37 \times 10^3 \text{ m}^3$ . A lagoa é artificial, resultante da

retirada de material granular para construção da estrada. No que se refere à geologia, ocorrem no sítio e entorno depósitos aluvionares com solos arenosos, argilosos, cascalho e silte. (Fig.12).



Fig. 12. Fotos da lagoa **SB2**: a) com água e b) sem água; c) e d) *Stachytarpheta angustifolia* (Mill.) Vahl.

A lagoa **Sobradinho3 (SB3)** localiza-se próximo a Barragem de Sobradinho, margem direita do Rio São Francisco, município de Sobradinho, no estado da Bahia ( $9^{\circ}27'34.69''S$ ,  $40^{\circ}48'29.70''O$ ) dista 1.600 m do Rio São Francisco, 3.840 m da Barragem Sobradinho e 1710 m da cidade de Sobradinho. O acesso se dá por estrada local pavimentada partindo-se de Sobradinho no sentido do balneário municipal.

A altitude da lagoa é 370 m, tem uma área de  $6,77 \times 10^3 \text{ m}^2$ , perímetro de 338 m, profundidade máxima de 0,70 m e volume de  $1,43 \times 10^3 \text{ m}^3$ . A lagoa é artificial, resultante da retirada de material granular para construção da estrada. No que se refere à geologia, ocorrem



no sítio e entorno depósitos aluvionares com solos arenosos, argilosos, cascalho e silte.(Fig.13).



Fig. 13. Fotos da lagoa **SB3**: a) com água e b) sem água; c) *Stachytarpheta angustifolia* (Mill.) Vahl. e d) *Limnocharis flava* (L.) Buchenau.

A lagoa **Santa Maria (SM)** localiza-se na margem da BR 428, município de Santa Maria da Boa Vista, no estado de Pernambuco, (8°54' 42.49"S, 40°03'46.45"O) dista 15.700 m do Rio São Francisco e 24.010 m do centro da cidade de Lagoa Grande. O acesso se dá pela rodovia mencionada, partindo-se de Lagoa Grande no sentido de Santa Maria da Boa Vista.

A altitude da lagoa é 421 m, tem uma área de  $7,79 \times 10^3 \text{ m}^2$ , perímetro de 341 m, profundidade máxima de 0,80 m e volume de  $0,34 \times 10^3 \text{ m}^3$ . A lagoa é artificial, resultante da

retirada de material granular para construção da rodovia. No que se refere à geologia, ocorrem no sítio e entorno o gnaiss Bogó, quartzo feldspático, os solos são vermelho amarelo eutróficos.(Fig.14).



Fig. 14. Fotos da lagoa SM: a) com água e b) sem água; c) e d) *Echinodorus lanceolatus* Rataj.

A lagoa **Serra da Santa (SS)** localiza-se na margem da BR 122, município de Petrolina, no estado de Pernambuco (9°12'05.08"S, 40°23'32.51"O) dista 9.800 m do Rio São Francisco e 24.370 m do centro da cidade de Petrolina. O acesso se dá pela rodovia mencionada, partindo-se de Petrolina no sentido de Lagoa Grande.

A altitude da lagoa é 411 m, tem uma área de  $4,66 \times 10^3 \text{ m}^2$ , perímetro de 278 m, profundidade máxima de 0,80 m e volume de  $0,34 \times 10^3 \text{ m}^3$ . A lagoa é artificial, resultante da retirada de material granular para construção da rodovia. No que se refere à geologia, ocorrem

no sítio e entorno, migmatitos e ortogneisse granodiorítico, os solos são vermelho amarelo eutróficos.(Fig.15).

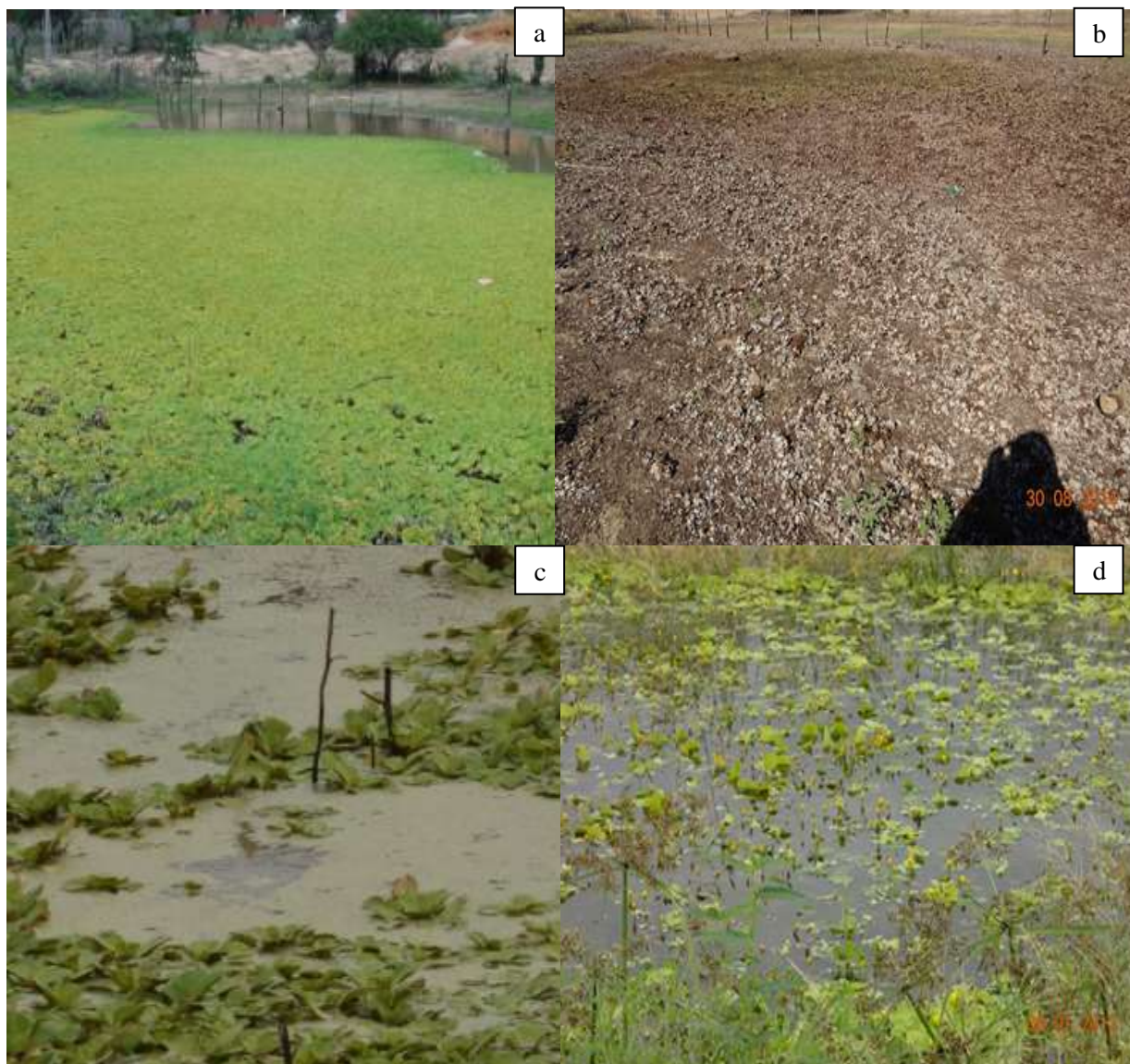


Fig. 15. Fotos da lagoa SS: a) com água e b) sem água; c) *Pistia stratiotes* L. e d) *Lemna* sp.

**APÊNDICE 2-** Listagem das espécies de plantas aquáticas citadas nesta tese com seus respectivos números de tombamento nos herbários (HTSA-herbário da Embrapa Semiárido; PEUFR- herbário da UFRPE).

<b>Espécie</b>	<b>Coletor</b>	<b>Herbário/Voucher</b>
<i>Aeschynomene americana</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5452; HTSA 5725; HTSA 5628; HTSA 5422; 5403; PEUFR 52802; HTSA 5574; HTSA 5478; HTSA 5752; HTSA 5819; PEUFR 52802; HTSA 5492; HTSA 5810; HTSA 5643; PEUFR 52922; HTSA 5800
<i>Anamaria heterophylla</i>	Tonizza, M.C.	PEUFR 52908; HTSA 5543; HTSA 5544
<i>Ammannia latifolia</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5836; HTSA 5764; HTSA 5808; HTSA 5697; HTSA 5607; HTSA 5560; HTSA 5595; HTSA 5678; HTSA 5757; HTSA 5739
<i>Azolla caroliniana</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5566; HTSA 5653; HTSA 5660
<i>Ceratophyllum submersum</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5638
<i>Ceratopteris pteridoides</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5454; HTSA 5453
<i>Chara sp.</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5732; HTSA 5696; HTSA 5586; HTSA 5565; HTSA 5670
<i>Cyperus digitatus</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5562; HTSA 5426; HTSA 5611; HTSA 5836; HTSA 5506; HTSA 5664; HTSA 5785; HTSA 5580; HTSA 5631; HTSA 5549; HTSA 5673; HTSA 5516
<i>Cyperus surinamensis</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5479; HTSA 5627; HTSA 5456; HTSA 5813; HTSA 5842; HTSA 5824; HTSA 5861
<i>Echinodorus grandiflorus</i>	Tonizza, M.C.	PEUFR 52916; PEUFR 52934; HTSA 5423; PEUFR 52934; HTSA 5494
<i>Echinodorus lanceolatus</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5474; HTSA 5458; HTSA 5821; HTSA 5416; HTSA 5799; PEUFR 52870; HTSA 5495; HTSA 5464; HTSA 5496; HTSA 5417; HTSA 5803; HTSA 5859; PEUFR 52872; HTSA 5510; PEUFR 52870
<i>Echinodorus macrophyllus</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5497
<i>Egeria najas</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5570; HTSA 5650
<i>Eichhornia diversifolia</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5761
<i>Eleocharis acutangula</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5760

<i>Eleocharis elegans</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5805; HTSA 5475; HTSA 5503; HTSA 5668; HTSA 5825; HTSA 5632; HTSA 5427; HTSA 5500; HTSA 5645
<i>Eleocharis interstincta</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5661; HTSA 5694; HTSA 5605; HTSA 5637; HTSA 5837; HTSA 5472; HTSA 5703
<i>Eleocharis minima</i>	Tonizza, M.C.	PEUFR 52885; HTSA 5420; HTSA 5644; HTSA 5583; HTSA 5457; HTSA 5564; HTSA 5693; HTSA 5629
<i>Eleocharis nudipes</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5613
<i>Enydra radicans</i>	Tonizza, M.C.	PEUFR 52940; HTSA 5684; HTSA 5592; HTSA 5701; HTSA 5843; HTSA 5741; HTSA 5411
<i>Fimbristylis cymosa</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5626; HTSA 5833
<i>Heliotropium angiospermum</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5776; HTSA 5598; HTSA 5795; HTSA 5550; HTSA 5850; HTSA 5551; HTSA 5864
<i>Heteranthera limosa</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5463; HTSA 5511; HTSA 5567; PEUFR 52912; HTSA 5490; HTSA 5405; HTSA 5665; PEUFR 52912; HTSA 5646; HTSA 5681; HTSA 5633
<i>Hydrocleys nymphoides</i>	Tonizza, M.C.	PEUFR 52805; PEUFR 52873; HTSA 9766; PEUFR 52805; HTSA 5514; HTSA 5488; HTSA 5470; HTSA 5509
<i>Hydrocleys parviflora</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5651; HTSA 5593; HTSA 5609; HTSA 5568; HTSA 5682; HTSA 5418; PEUFR 52935; HTSA 5634; HTSA 5498; HTSA 5817
<i>Hypoxis decumbens</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5652
<i>Ipomea carnea</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5407; HTSA 5591; HTSA 5620; PEUFR 52920; HTSA 5841; HTSA 5797; HTSA 5789; HTSA 5667; HTSA 5662
<i>Limnocharis flava</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5659; HTSA 5734; HTSA 5471; HTSA 5517; HTSA 5518 ; HTSA 5504
<i>Ludwigia decurrens</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5459; HTSA 5486; HTSA 5520; HTSA 5466 ; PEUFR 52863; PEUFR 52904; HTSA 5828; HTSA 5477; HTSA 5519 ; HTSA 5412; HTSA 5413; HTSA 5809; HTSA 5501; HTSA 5419; PEUFR 52904; HTSA 5507
<i>Ludwigia erecta</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5425; HTSA 5460; HTSA 5521
<i>Ludwigia grandiflora</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5812; HTSA 5823; HTSA 5679; HTSA 5476

<i>Ludwigia helminthoriza</i>	Tonizza, M.C.	PEUFR 52906 ;HTSA 5654; HTSA 5482; HTSA 5666; HTSA 5774; HTSA 5807; HTSA 5467; <i>Ludwigia helminthorrhiza</i>
<i>Ludwigia leptocarpa</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5676; HTSA 5414; HTSA 5740; HTSA 5531; HTSA 5499; HTSA 5704
<i>Marsilea crotophora</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5461; HTSA 5575; HTSA 5409; HTSA 5635; HTSA 5484; HTSA 5515 HTSA 5508; HTSA 5462; HTSA 5493; HTSA 5622
<i>Najas guadalupensis</i>	Tonizza, M.C.	PEUFR 52902; HTSA 5489
<i>Neptunia plena</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5465; PEUFR 52923; HTSA 5639; HTSA 5706; 5680; PEUFR 52927; HTSA 5663; HTSA 5669; HTSA 5424; PEUFR 52892; PEUFR 52923; HTSA 5603; HTSA 5832
<i>Nymphaea amazonum</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5481; HTSA 5469; HTSA 5421; HTSA 5404; PEUFR 52927; HTSA 5402; HTSA 5512; HTSA 5541; PEUFR 52903
<i>Nymphaea ampla</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5671
<i>Nymphaea gardneriana</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5584; PEUFR 52928
<i>Nymphaea sp.</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5587
<i>Panicum pernambucensis</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5604; PEUFR 52909; HTSA 5513; PEUFR 52909
<i>Pistia stratiotes</i>	Tonizza, M.C.	PEUFR 52919; PEUFR 52937; HTSA 5815; PEUFR 52919; HTSA 5769; HTSA 5675; HTSA 5656; HTSA 5485; HTSA 5563; HTSA 5802
<i>Polygonum ferrugineum</i>	Tonizza, M.C.	PEUFR 52864; HTSA 5862; HTSA 5483; HTSA 5657; HTSA 5581; PEUFR 52864; HTSA 5685
<i>Pluchea sagittalis</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5608; HTSA 5834; HTSA 5744; HTSA 5602; HTSA 5619; PEUFR 52943
<i>Portulaca halimoides</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5630
<i>Sagittaria guayanensis</i>	Tonizza, M.C.	
<i>Salvinia auriculata</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5540; HTSA 5830; HTSA 5588; PEUFR 52915
<i>Stachytarpheta angustifolia</i>	Tonizza, M.C.	
<i>Tarenaya spinosa</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5737; HTSA 5863; HTSA 5655; HTSA 5491; PEUFR 52876; HTSA 5572; HTSA 5749; HTSA 5804; HTSA 5647; HTSA 5658; HTSA 5636; HTSA 5505; HTSA 5473
<i>Thypha dominguensis</i>	Tonizza, M.C.	HTSA 5705; HTSA 5816; HTSA 5677; HTSA 5606

**APÊNDICE 3-** Dendograma de similaridade florística gerado entre as 14 lagoas estudadas utilizado como critério para a escolha das 9 lagoas estudadas no artigo 2.

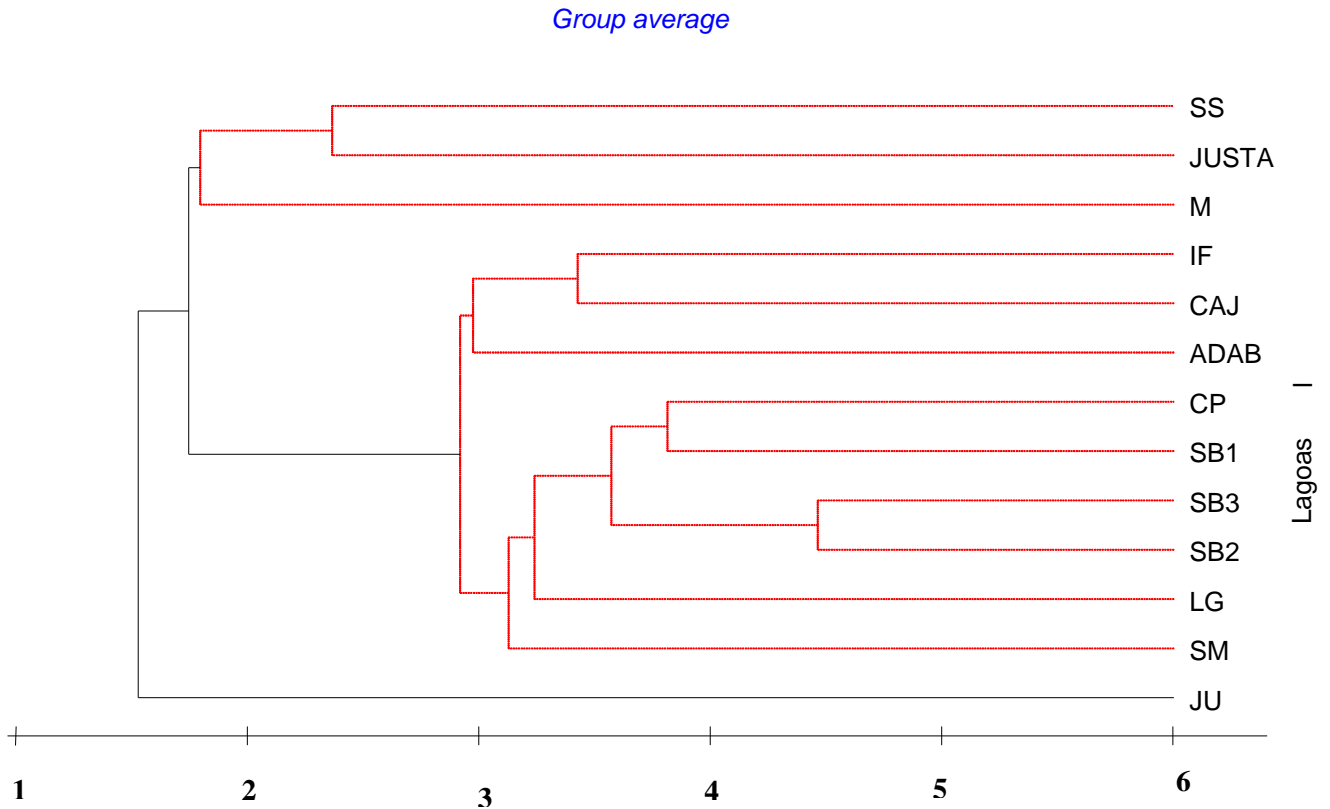


Fig. 1. Siglas das lagoas: SS-lagoa Serra da Santa; JUSTA- lagoa Juazeiro Santo Antônio; M- lagoa Mandacaru; IF- lagoa Instituto Federal; CAJ- lagoa Cooperativa Agrícola de Juazeiro; ADAB- lagoa da Agência de Defesa Agrícola da Bahia; CP- lagoa Chico Piriquito; SB1- lagoa Sobradinho 1; SB2- lagoa sobradinho 2; SB3- lagoa Sobradinho 3; LG- lagoa Grande; SM- lagoa Santa Maria; JU- lagoa Juazeiro.

# **ANEXOS**



## ANEXO 1 – NORMAS DA REVISTA AQUATIC BOTANY

### INTRODUCTION

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

#### *Types of paper*

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

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

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

#### *A Short Communication*

Results and discussion can be combined in a short communication, while they should be separate sections in regular papers. Short Communications should be as completely documented, both by reference to the literature and description of the experimental procedures employed, as a regular paper. They should not occupy more than 3500 words including references, 2 figures or 2 tables or one of each

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

**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](http://www.gbif.org)) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh ([www.freshwaterbiodiversity.eu](http://www.freshwaterbiodiversity.eu))"**

#### *Submission checklist*

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

#### **Ensure that the following items are present:**

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

*Manuscript:*

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

*Graphical Abstracts / Highlights files* (where applicable)

*Supplemental files* (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- Relevant declarations of interest have been made
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements for further information, visit our Support Center.

## **BEFORE YOU BEGIN**

### ***Ethics in publishing***

Please see our information pages on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication.

### ***Declaration of interest***

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. More information.

### ***Submission declaration and verification***

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see 'Multiple, redundant or concurrent publication' section of our ethics policy for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck.

### ***Contributors***

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

### ***Changes to authorship***

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

### ***Copyright***

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

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

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (more information). Permitted third party reuse of open access articles

### ***Author rights***

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More information.

*Elsevier supports responsible sharing*

Find out how you can share your research published in Elsevier journals.

***Role of the funding source***

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

*Funding body agreements and policies*

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the Open Access Publication Fee. Details of existing agreements are available online.

***Open access***

This journal offers authors a choice in publishing their research:

***Open access***

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

***Subscription***

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs.
- No open access publication fee payable by authors.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:

*Creative Commons Attribution (CC BY)*

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

*Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)*

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **USD 3300**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

#### *Green open access*

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our green open access page for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. Find out more.

This journal has an embargo period of 24 months.is determined by the author's choice of user license.

#### *Elsevier Publishing Campus*

The Elsevier Publishing Campus ([www.publishingcampus.com](http://www.publishingcampus.com)) is an online platform offering free lectures, interactive training and professional advice to support you in publishing your research. The College of Skills training offers modules on how to prepare, write and structure your article and explains how editors will look at your paper when it is submitted for publication. Use these resources, and more, to ensure that your submission will be the best that you can make it.

#### *Language services*

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

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

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

#### *Submission*

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

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

### ***Referees***

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

### ***Page charges***

Aquatic Botany has no page charges.

## **PREPARATION**

### ***Use of wordprocessing software***

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. The document must have line numbers inserted. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words.

However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

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

### ***Article structure***

#### ***Subdivision - numbered sections***

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

#### ***Introduction***

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

#### ***Experimental***

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

#### ***Results***

Results should be clear and concise.

#### ***Discussion***

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

### *Conclusions*

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

### *Appendices*

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

### *Essential title page information*

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### *Abstract*

A concise and factual abstract is required, no longer than 250 words. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separate from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, they must be cited in full, without reference to the reference list. Also, nonstandard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

### *Graphical abstract*

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of  $531 \times 1328$  pixels (h  $\times$  w) or proportionally more. The image should be readable at a size of  $5 \times 13$  cm

using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view Example Graphical Abstracts on our information site. Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

### *Highlights*

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view example Highlights on our information site.

### *Keywords*

Immediately after the abstract, provide keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations:

only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

### *Abbreviations*

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

### *Acknowledgements*

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

### *Formatting of funding sources*

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements: Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa]. It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding. If no funding has been provided for the research, please include the following sentence: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

### *Nomenclature and units*

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



### *Footnotes*

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

### *Artwork*

#### *Electronic artwork*

#### *General points*

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available.

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

#### *Formats*

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

**Please do not:**

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

#### *Color artwork*

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

#### *Figure captions*

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

#### *Tables*

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

#### *References*

##### *Citation in text*

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

##### *Reference links*

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

A DOI can be used to cite and link to electronic articles where an article is in-press and full citation details are not yet known, but the article is available online. A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <http://dx.doi.org/10.1029/2001JB000884i>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

#### *Web references*

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

#### *Data references*

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. This identifier will not appear in your published article.

#### *References in a special issue*

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

#### *Reference management software*

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley and Zotero, as well as EndNote. Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/aquatic-botany>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plugins for Microsoft Word or LibreOffice.

#### *Reference formatting*

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted

at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

*Reference style*

*Text:*

All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by "et al." and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed chronologically

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

*Use the following system for arranging your references:*

a. For periodicals

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

b. For edited symposia, special issues, etc. published in a periodical

Roberts, R.J., 1993. Ulcerative dermal necrosis (UDN) in wild salmonids. In: Bruno, D.W. (Ed.), *Pathological conditions of wild salmonids*. *Fish. Res.* 17, 3-14.

c. For books

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

d. For multi-author books

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

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

However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added.

Work accepted for publication but not yet published should be referred to as "in press".

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

### *Journal abbreviations source*

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.

### ***Video***

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

### ***Supplementary material***

Supplementary material can support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Please note that such items are published online exactly as they are submitted; there is no typesetting involved (supplementary data supplied as an Excel file or as a PowerPoint slide will appear as such online). Please submit the material together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. If you wish to make any changes to supplementary data during any stage of the process, then please make sure to provide an updated file, and do not annotate any corrections on a previous version. Please also make sure to switch off the 'Track Changes' option in any Microsoft Office files as these will appear in the published supplementary file(s). For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages.

## ***ARTICLE ENRICHMENTS***

### ***AudioSlides***

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

### ***Google Maps and KML files***

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps

from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. More information.

### ***Interactive Phylogenetic Trees***

You can enrich your online articles by providing phylogenetic tree data files (optional) in Newick or NeXML format, which will be visualized using the interactive tree viewer embedded within the online article. Using the viewer it will be possible to zoom into certain tree areas, change the tree layout, search within the tree, and collapse/expand tree nodes and branches. Submitted tree files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. Each tree must be contained in an individual data file before being uploaded separately to the online submission system, via the 'phylogenetic tree data' submission category. Newick files must have the extension .new or .nwk (note that a semicolon is needed to end the tree). Please do not enclose comments in Newick files and also delete any artificial line breaks within the tree data because these will stop the tree from showing. For NeXML, the file extension should be .xml. Please do not enclose comments in the file. Tree data submitted with other file extensions will not be processed. Please make sure that you validate your Newick/NeXML files prior to submission. More information.

### ***Interactive plots***

This journal enables you to show an Interactive Plot with your article by simply submitting a data file. Full instructions.

## **AFTER ACCEPTANCE**

### ***Online proof correction***

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

### ***Offprints***

The corresponding author will, at no cost, receive a customized Share Link providing 50 days free access to the final published version of the article on ScienceDirect. The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's Webshop. Corresponding authors who have published their article open access do not

receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

### ***Author's discount***

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

### **AUTHOR INQUIRIES**

Visit the Elsevier Support Center to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch. You can also check the status of your submitted article or find out when your accepted article will be published.