



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS V – MINISTRO ALCIDES CARNEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SOCIAIS APLICADAS  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**THAINÁ ALVES LYCARIÃO**

**RELAÇÃO ENTRE MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES E  
SUBMERSAS EM UM ECOSSISTEMA AQUÁTICO DE JOÃO  
PESSOA – PB, BRASIL.**

**JOÃO PESSOA – PB  
2011**

**THAINÁ ALVES LYCARIÃO**

**RELAÇÃO ENTRE MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES E  
SUBMERSAS EM UM ECOSISTEMA AQUÁTICO DE JOÃO PESSOA – PB,  
BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Bacharelado em  
Ciências Biológicas da Universidade  
Estadual da Paraíba, em cumprimento das  
exigências para a obtenção do grau de  
Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Ênio Wocyli Dantas

JOÃO PESSOA – PB  
2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL CAMPUS V – UEPB

L981r      Lycarião, Thainá Alves.  
Relação entre macrófitas aquáticas flutuantes e submersas  
em um ecossistema aquático De João Pessoa – PB, Brasil /  
Thainá Alves Lycarião. – 2011.  
60f. : il. Color

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências  
Biológicas) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de  
Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, Curso de Ciências  
Biológicas, 2011.

“Orientação: Prof. Dr. Ênio Woclyli Dantas, Curso de  
Ciências Biológicas”.

1. Macrófitas aquáticas. 2. Macrófitas flutuantes. 3.  
Macrófitas submersas. I. Título.

21. ed. CDD 581.76

THAINÁ ALVES LYCARIÃO

**RELAÇÃO ENTRE MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES E  
SUBMERSAS EM UM ECOSSISTEMA AQUÁTICO DE JOÃO PESSOA – PB,  
BRASIL.**

Aprovado em 25 de 11 de 2011

BANCA EXAMINADORA



---

Dr. Ênio Wocylí Dantas

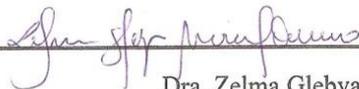
Orientador – UEPB



---

Dra. Denise Dias da Cruz

Examinadora – UFPB



---

Dra. Zelma Gleby Maciel Quirino

Examinadora - UFPB

### ***Dedicatória***

*Ao meu querido tio de coração Roberto  
Moreira que me ajudou carinhosamente no  
processo de separação das minhas macrófitas  
quando chegava cansada das coletas. Sei que  
se estivesse presente estaria muito feliz por  
mais uma conquista minha.*

***“Só enquanto eu respirar vou me lembrar de  
você...”***

## ***Agradecimentos***

*Agradeço primeiramente a Deus que sempre me capacitou em todos os aspectos na minha trajetória na universidade, permitindo que passasse por momentos difíceis como também momentos de alegria ao lado de pessoas maravilhosas.*

*Agradeço a Silvana Alves (mãe), Jorge Lycarião (irmão), Ivonete Alves (avó), João Monteiro (padrasto) e Eduardo Barbosa (namorado) que tiveram a maior paciência comigo nos momentos mais críticos de estresse e mal humor. Agradeço aos meus familiares Simone Alves, Nathália Victória, Darci Borges que mesmo de longe contribuíram com palavras de carinho.*

*Agradeço a Ênio Wocyli Dantas não só por me orientar no meu trabalho acadêmico, mas para a vida. Por sua enorme paciência com minhas teimosias e nos momentos que errei (olhe que não foram poucos). Até mesmo na vez que incendiei o laboratório, onde sua primeira preocupação foi saber se eu estava bem. Tenho orgulho em dizer que quando crescer quero ser como você. Obrigada por toda ajuda, preocupação e puxões de orelha que você me deu. Sei que tudo isso foi para elevar meu nível intelectual e me tornar alguém mais firme, sem ficar querendo desistir de tudo por não achar resultados imediatos.*

*Agradeço aos meus pimpolhos amados Rafael Gutterres, Vanessa Torres, Tássia Leite, Walber Nunes, Alena Sousa, Laryssa Carvalho, Rafaela Lima, Thaís Xavier, Dayse Leone, Aline Meira, Valterlânia Barbosa, Camila Mendes, Lígia Vieira, a turma de ciências biológicas 2007.2 e 2008.1. Agradeço em especial ao pimpolho Davi Costa que esteve sempre comigo em todas as minhas coletas, me ajudava a entrar nos pontos mais sujos ou impenetráveis, cantava as músicas mais engraçadas e levava carreira comigo dos aripuás (*Trigona spinipes*). Agradeço também aos técnicos de laboratório Alena Sousa, André Pontes e Tatiana Ponce de Leon, como também os funcionários da UEPB que tenho todos eles como amigos.*

*“Foi o tempo que dedicastes à tua rosa que a fez tão importante”*

*(Antoine de Saint-Exupéry – Le Petit Prince)*

## RESUMO

A dinâmica das comunidades vegetais é influenciada pelas interações positivas e negativas, exercendo um importante papel na manutenção da diversidade, coexistência e sucessão de espécies. O trabalho teve como objetivo relatar as possíveis interações positivas e/ou negativas que um banco de macrófitas flutuantes pode exercer no banco de macrófitas submersas. Este estudo foi desenvolvido em um barramento do Rio do Cabelo (João Pessoa, PB), levando em consideração o período seco e chuvoso, onde foram amostrados doze pontos escolhidos sistematicamente com distância de 10m entre si, utilizando um quadrante (625cm<sup>2</sup>) à 1m e 2m da margem para a coleta da biomassa, sendo esta utilizada para quantificação do peso seco. Para as análises estatísticas foram realizados teste T para detectar as variações temporais dos dados abióticos e bióticos, também foi realizado correlações de Pearson e Spearman com esses dados e por fim foi empregado o Índice Relativo de Interações (RII) para identificar a existência de facilitação e/ou competição entre as plantas aquáticas. Apenas a precipitação pluviométrica e a transparência da água variaram no período seco e chuvoso. No período seco o ambiente foi composto principalmente das macrófitas flutuantes (1013,98 g/m<sup>2</sup>) com a presença de bancos de macrófitas submersas (98,18 g/m<sup>2</sup>). Esses bancos no início do período seco apresentaram interação positiva (RII = 1,0) seguido de interações quase neutras (RII = -0,2 em dezembro/09 e RII = -0,1 fevereiro/10). A presença de macrófitas emersas no ecossistema que teve biomassa crescente no período seco (4,87 → 106,91 g/m<sup>2</sup>) devido a interações quase neutras com as flutuantes (RII = -0,1) que permitiu seu crescimento e desenvolvimento, formando bancos com grande capacidade competitiva. O período chuvoso, foi marcado por uma redução de 97% da biomassa das macrófitas submersas, chegando a desaparecer no mês de junho/10 devido a uma forte competição direta das macrófitas flutuantes (RII = -1,0) e uma competição indireta das macrófitas emersas (RII = -1,0). A forte competição das emersas no ambiente, também auxiliou a diminuição da biomassa das flutuantes (252,45 → 19,16 g/m<sup>2</sup>). O início de um novo período seco foi caracterizado pelo ressurgimento das macrófitas submersas (1,24 g/m<sup>2</sup>) que se manteve facilitando no ambiente (RII = 1,0), investindo dessa forma em reprodução. Diferente do início do período de coleta, no mês de outubro/10 o corpo aquático foi composto principalmente por macrófitas emersas (678,32 g/m<sup>2</sup>) e flutuantes (52,64 g/m<sup>2</sup>) que interagiram de forma competitiva. Dessa forma, o trabalho concluiu que as macrófitas flutuantes e submersas apresentam um padrão de interação, mas o aparecimento de uma terceira espécie (emersas) alterou esse padrão, levando a exclusão das submersas do ambiente.

**Palavras-chave:** macrófitas aquáticas, flutuantes, submersas, competição, facilitação.

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2 – OBJETIVOS</b> .....	11
2.1 – Objetivo geral.....	11
2.2 – Objetivos específicos.....	11
<b>3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	12
3.1 – Plantas aquáticas: macrófitas.....	12
3.2 – Tipos biológicos.....	13
3.3 – Variáveis ambientais relacionados à distribuição e abundância das macrófitas.....	14
3.4 – Interações ecológicas.....	16
<b>4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	18
<b>5 – MANUSCRITO (Relação entre macrófitas aquáticas flutuantes e submersas em um ecossistema aquático de João Pessoa – PB, Brasil)</b> .....	23
<b>RESUMO</b> .....	24
<b>5.1 – INTRODUÇÃO</b> .....	25
<b>5.2 – MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	27
5.2.1 – Ecossistema em estudo.....	27
5.2.2 – Atividades em campo.....	28
5.2.3 – Análises dos dados.....	30
<b>5.3 – RESULTADOS</b> .....	31
5.3.1 – Dados ambientais.....	31
5.3.2 – Dados da riqueza das famílias e formas biológicas.....	32
5.3.3 – Dados da biomassa.....	33
5.3.4 – Dados da interação entre as plantas aquáticas.....	35
5.3.5 – Influência das variáveis ambientais.....	36
<b>5.4 – DISCUSSÃO</b> .....	38
<b>5.5 – CONCLUSÃO</b> .....	40
<b>5.6 – AGRADECIMENTOS</b> .....	40

<b>5.7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>41</b>
<b>5.8 – ANEXOS.....</b>	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO:

Os ambientes lóticos são definidos como ecossistemas aquáticos que apresentam um fluxo da massa d' água contínua em direção a foz. Dessa forma, o processo de transporte e ciclagem de matérias é influenciado pelas condições do fluxo do rio (SILVEIRA, 2004). Sendo assim, as comunidades aquáticas são adaptadas ao sentido unidirecional da água. A construção de barragens causa profundas modificações nos componentes de fauna e flora local (BRAGA, 2002) e a passagem do ambiente lótico para lêntico resulta em ocorrências de outras formas biológicas, além das espécies estritamente fluviais. Tal mudança do ambiente lótico para o lêntico também proporciona alterações na qualidade da água devido à proliferação de macrófitas em decorrência do aumento da quantidade de nutrientes carreados para dentro do ecossistema aquático (MARTINS, 2008). E isso é proveniente de um processo chamado eutrofização (CARVALHO, 2004).

Em decorrência desses eventos, o ambiente lêntico apresentará um acelerado processo de sucessão, com substituição gradativa das espécies. Com isso, em um determinado estágio de sua evolução temporal, tais ambientes serão colonizados por macrófitas em maior ou menor escala (THOMAZ & BINI, 1998). Portanto, o estado trófico do ambiente pode proporcionar a sucessão ecológica das macrófitas aquáticas, onde é observada a substituição de espécies submersas por espécies de macrófitas flutuantes e emergentes (THOMAZ, 2002).

De acordo com Scheffer (2004) apud Bento *et al.* (2007), as macrófitas submersas apresentam maior fragilidade em ambientes eutróficos, pois a adição dos nutrientes interfere nas condições limnológicas alterando a radiação aquática pelo aumento da biomassa fitoplanctônica, causando dessa forma a morte do banco de macrófitas submersas. Porém há estudos que mostram que os ecossistemas eutróficos são providos da vegetação submersa. Isso ocorre quando o desenvolvimento das macrófitas submersas compete com o fitoplâncton por nutriente (efeito bottom-up) ocasionando uma elevada transparência no corpo aquático e baixa densidade das algas, ou então quando acontece a predação do fitoplâncton pelo zooplâncton (efeito top-down), reduzindo a biomassa algal e melhorando a radiação aquática (MEERHOFF *et al.*, 2003).

Já as macrófitas aquáticas flutuantes, em geral, apresentam grande plasticidade fenotípica, reprodução vegetativa intensa e elevada taxa de crescimento (RUBIM & CAMARGO 2001; HENRY-SILVA *et al.* 2008 apud CANCIAN *et al.*, 2009). Em determinadas condições, o incremento de nutrientes no corpo aquático favorece a colonização dessas espécies flutuantes livres que extraem os nutrientes da coluna d'água (THOMAZ, 2002). O mesmo papel que o fitoplâncton tem de interferir no crescimento das macrófitas submersas por comprometer a penetração de luz, é o mesmo mecanismo que as macrófitas flutuantes têm em relação às submersas.

Segundo Henry-Silva & Camargo (2000), as espécies sobrevivem dentro de limites de tolerância e são influenciados por uma série de fatores bióticos e abióticos, como as interações ecológicas, temperatura, intensidade luminosa, nutrientes e outros. Begon *et al.* (1996) relata que dentre os fatores bióticos, a competição interespecífica pode ser definida como qualquer interação que afeta negativamente o crescimento, a sobrevivência ou a fecundidade da população de uma determinada espécie, em decorrência da exploração por recursos ou de interferência por indivíduos de outra espécie. Na coexistência de duas espécies, as oscilações temporais das concentrações de nutrientes podem favorecer por ora o crescimento de uma espécie e ora de outra espécie, como constatado por Henry-Silva & Camargo (2000).

Logo, em ecossistema com concentrações altas de nutrientes existe uma tendência de crescimento e desenvolvimento melhor das espécies flutuantes, que dessa forma impedem a penetração de luz na coluna d'água, o que acarreta a diminuição da produtividade das espécies submersas (WETZEL, 1983; ESTEVES, 1998). É observado que alguns autores (HENRY-SILVA & CAMARGO, 2005; VAN *et al.*, 1999; BENASSI & CAMARGO, 2000) estudam interações ecológicas entre espécies, porém ainda é pouco conhecido como uma macrófita flutuante pode interagir com uma macrófita submersa em um mesmo ecossistema aquático tropical.

## **2. OBJETIVOS:**

### **2.1 - Objetivo Geral:**

Analisar as relações ecológicas entre as macrófitas flutuantes e as submersas que ocorre em um barramento do Rio do Cabelo, na cidade de João Pessoa – PB.

### **2.2 - Objetivos Específicos:**

- Verificar as interações entre diferentes formas biológicas.
- Relacionar os fatores abióticos com os atributos bióticos relacionados às plantas aquáticas.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:

#### 3.1 – Plantas aquáticas: macrófitas

Durante a evolução, algumas plantas retornaram do ambiente terrestre para o aquático, com isso, mantiveram algumas estruturas características dos vegetais terrestres como a presença de cutícula fina e estômatos. Em contrapartida, algumas outras plantas (algas macroscópicas, briófitas e pteridófitas) evoluíram no ambiente aquático, que juntas com as anteriores chamamos de macrófitas.

Várias são as definições para o termo macrófita aquática. Dentre as diversas definições, podemos citar uma das primeiras definições proposta por Weaner & Clements (1938) onde denomina que macrófitas são plantas herbáceas que crescem na água, em solos cobertos por água ou em solos saturados por água. Em seguida, Cook *et al.* (1974) define macrófitas como vegetais vasculares cujas partes fotossintetizantes estão permanentemente, ou por alguns meses, a cada ano, submersas ou flutuantes e são visíveis a olho nu. O International Biological Program (IBP) veio padronizar a terminologia referente às macrófitas aquáticas. Para o IBP, o termo macrófitas aquáticas constitui uma designação geral para os vegetais que habitam desde brejos até ambientes totalmente submersos, sendo esta terminologia baseada no contexto ecológico, independentemente, em primeira instância, de aspectos taxonômicos (ESTEVES, 1998).

Pelo seu enfoque ecológico, mas não taxonômico, a terminologia de macrófitas aquáticas inclui vegetais de diferentes grupos, sendo eles macroalgas (ex. gêneros *Chara* e *Nitella*), briófitas (ex. gêneros *Fontinalis* e *Ricciocarpus*), pteridófitas (ex. gênero *Azolla* e *Salvinia*) e angiospermas (ex. gênero *Eichhornia* e *Typha*) (Esteves, 2011). Essas macrófitas apresentam grande capacidade de adaptação e amplitude ecológica, o que possibilita a colonização de uma mesma espécie em diversos ambientes aquáticos, desde água doce aos de água salgada, ou até mesmo locais secos por longos períodos de tempo. Devido a essas dificuldades, alguns pesquisadores tendem a optar a realizar seus estudos considerando as espécies euhidrófitas, ou seja, espécies com folhas submersas ou flutuantes (DENNY, 1985; MURPHY *et al.*, 2003 apud ESTEVES, 2011).

### 3.2 – Tipos biológicos

A distribuição das plantas aquáticas nos corpos aquáticos é variável, dependendo das adaptações da espécie e da região que ela se encontra no ambiente aquático. Seguindo estas características, Irgang *et al.* (1984), Pott & Pott (2000), Pedralli (2003) e Esteves (2011), classificam as macrófitas segundo sua forma de vida como: Macrófitas anfíbias (espécies que colonizam ambientes encharcados, já quase terrestres), Macrófitas emersas (plantas enraizadas no sedimento, porém com folhas fora da água), Macrófitas com folhas flutuantes (plantas com folhas flutuando na superfície da água e conectadas aos rizomas e raízes através de pecíolos longos e flexíveis), Macrófitas flutuantes livres (plantas que flutuam livremente e cuja raízes permanecem na subsuperfície, mas sem se fixarem a nenhum substrato, ocorrem em locais protegidos de vento ou de pouca correnteza), Macrófitas submersas enraizadas (plantas enraizadas no sedimento que crescem totalmente sob a superfície, a exceção de estruturas reprodutivas, que em várias espécies permanecem emersas), Macrófitas submersas livres (plantas com rizóides pouco desenvolvidos e que permanecem na subsuperfície da água, geralmente presas aos pecíolos e talos de outras macrófitas aquáticas, ou a outras estruturas submersas. Em sua maioria, emitem flores emersas) e Macrófitas epífitas (plantas que usam outras espécies de macrófitas aquáticas como substrato).

Estes grupos ecológicos ocorrem distribuídos paralelamente à margem dos ambientes aquáticos de maneira organizada, formando um gradiente da margem para o interior do corpo aquático, iniciando pelas plantas emersas, passando pelas de folhas flutuantes até as submersas fixas. Porém, a turbidez da água, o vento e as partículas em suspensão, podem influenciar esta distribuição, podendo ocorrer dessa forma plantas submersas livres e flutuantes fixas crescendo entre as emersas (ESTEVES, 1998).

Tal separação das plantas aquáticas em tipos biológicos apresenta uma importante função na Limnologia que é identificar os principais fatores limitantes e os habitats mais sujeitos a colonização por determinadas espécies de macrófitas aquáticas. De acordo com as diferentes funções e tipos de exploração de recursos diferenciada no habitat, os tipos biológicos podem ser utilizados como indicadores da riqueza funcional da comunidade (MICHELAN *et al.*, 2010).

### 3.3 – Variáveis ambientais relacionados à distribuição e abundância das macrófitas

Uma questão importante nos estudos das macrófitas aquáticas é estabelecer as variáveis ambientais que estão relacionadas à distribuição e abundância das plantas aquáticas. Os padrões gerais de distribuição e abundância podem ser relacionados com variáveis abióticas dentre os quais podemos citar a morfometria do ecossistema, velocidade da água, temperatura, radiação subaquática, nutrientes da água e do sedimento, entre outros fatores que afetam de forma diferente em cada tipo biológico de plantas aquáticas. De acordo com French e Chambers (1996), os vegetais aquáticos exploram diferentes espaços ecológicos, minimizando dessa forma a competição por recurso. Em decorrência disso, é observada uma sucessão de espécies ao longo de gradientes ambientais.

Esteves (2011) menciona que a morfometria pode afetar quase todos os tipos biológicos de plantas aquáticas. Um ecossistema que possui maior desenvolvimento de margem tende a ser mais colonizado por macrófitas, porém este fator se relaciona com outra variável que é o *fetch*. Este representa o grau de exposição da margem em relação ao vento. Thomaz (2002), explica que o aumento da exposição ao vento (*fetch*), altera os padrões de circulação das massas de água, causando dessa forma ondas que atuam tanto como distúrbio (por quebrar plantas e diminuir a biomassa) como também um estresse (afeta a composição do sedimento e eleva a turbidez). Logo, locais mais rasos e mais expostos, típico de grande lagos e reservatórios tropicais, são menos propício ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas.

A velocidade da água é importante para a ocorrência de macrófitas aquática em ambientes lóticos. Alta velocidade da água pode exercer um efeito negativo sobre as macrófitas flutuantes, pois não são enraizadas no substrato, sendo carregadas pela correnteza, diminuindo dessa forma sua biomassa. Já nas plantas submersas, o fluxo intenso de água também pode afetar de forma negativa, onde o sedimento fica suspenso e impede a penetração de luz no corpo aquático, ocasionando uma baixa na biomassa das plantas submersas (CHAMBERS *et al.*, 1991). Alguns estudos como o de French & Chambers (1996), Thomaz & Bini (1998), Pompêo (1999), Thomaz (2002), Oliveira *et al.* (2005), Esteves (2011) e outros estudiosos, destacam que velocidades intermediárias

da água pode beneficiar a colonização, a dispersão, a distribuição e a abundância das macrófitas aquáticas.

As respostas fisiológicas das macrófitas aquáticas em relação à temperatura podem variar intra e interespecificamente, dependendo da localização geográfica ou da sazonalidade (WETZEL, 1983). A temperatura é um dos fatores que determinam a velocidade dos processos metabólicos nas plantas (BERRY & BJÖRKMAN, 1980). Estudos realizado por Genevière *et al.* (1997) comenta que as altas temperaturas favorecem a produção primária por acelerarem as reações metabólicas. Com isso, ela é considerada uma variável importante no controle do crescimento e da atividade fotossintética das macrófitas aquáticas (CAMARGO *et al.*, 2003).

A radiação subaquática é uma das principais variáveis abióticas que determinam a distribuição das macrófitas aquáticas submersas e está relacionada com a profundidade do substrato e a transparência da água. Porém essa relação depende do grupo considerado. De acordo com Chambers & Kalff (1985) apud Esteves (2011), briófitas e carófitas podem colonizar zonas mais profundas, com menor incidência de luz, já as angiospermas raramente colonizam profundidades superiores a dez metros. O fato das angiospermas colonizarem profundidades inferiores está relacionado ao efeito da pressão que em grandes profundidades pode colapsar os vasos condutores deste grupo.

As concentrações de nutrientes na água e no sedimento, principalmente do fósforo e do nitrogênio, são determinantes na distribuição das macrófitas aquáticas de diversos tipos biológicos (BINI *et al.*, 1999). O rápido incremento de nutrientes e sólidos suspensos nos ecossistemas aquáticos, resultantes da ação humana (eutrofização artificial), é considerado um dos processos que mais afetam a estrutura das assembléias de macrófitas aquáticas. Sua evolução pode causar a perda de espécies submersas devido ao aumento da densidade algal e diminuição da radiação subaquática. Diversos autores (BINI *et al.*, 1999; HENRY-SILVA, 2001; BIUDES & CAMARGO, 2006, THOMAZ *et al.*, 2006), encontraram uma relação positiva entre a ocorrência de espécies de macrófitas flutuantes e maiores concentrações de nutrientes na coluna d'água.

Logo, macrófitas flutuantes ocorrem com frequência em locais ricos em nutrientes, macrófitas emersas ocorrem em locais ricos em nutrientes do solo e macrófitas submersas em ambientes oligotróficos.

### 3.4 - Interações ecológicas

Além dos efeitos de variáveis abióticas, as macrófitas aquáticas também são afetadas por interações biológicas, destacando a competição (intra e interespecífica) e a facilitação. Dentre esses dois eventos citados, a competição interespecífica tem sido mais estudada.

De acordo com Townsend *et al.* (2010), a essência da competição se baseia no fato de que indivíduos de uma espécie sofrem uma redução na fecundidade, sobrevivência ou crescimento como resultado da exploração de recursos ou interferência de indivíduos de outra espécie. Tais efeitos competitivos podem afetar a dinâmica populacional, como também as distribuições das espécies e sua evolução. Segundo Begon *et al.* (2007), na exploração os indivíduos interagem entre si de forma indireta ou direta, respondendo a um nível de recursos que foi reduzido pela atividade dos competidores.

Estudos de Michelan *et al.* (2010), mostra uma competição por recurso entre espécies de diferentes tipos biológicos (macrófitas flutuantes livres competem *versus* macrófitas submersas enraizadas), quando a primeira domina o ecossistema, limita a radiação subaquática para a segunda espécie, impedindo seu desenvolvimento. Dessa forma, o desenvolvimento de macrófitas flutuantes livres pode eliminar populações de macrófitas submersas. Em ambientes favoráveis, de alta produtividade, esses competidores sempre dominarão. Já em ambientes com baixa produtividade, a capacidade competitiva não será vantajosa. Em vez disso, características que conferem tolerância ao estresse determinarão a dominância e a persistência ao estresse (GUREVITCH *et al.*, 2009).

Segundo Ricklefs (2010), as interações entre as espécies não são rígidas, e é comum que estas mudem ao longo do ciclo de vida. A facilitação é o efeito positivo de uma espécie sobre o estabelecimento ou crescimento de outra espécie. Apesar dessa relação ter sido negligenciada em prol da competição durante muito tempo, nas últimas décadas ela vem recebendo crescente atenção dos estudiosos. De acordo com Holmgren

*et al.*(1997), interações de facilitação tem sido demonstrada em ampla variedade de ecossistemas, mas a maioria das evidências vem de ecossistemas onde as plantas estão expostas a estresses severos.

Obviamente, essas interações positivas e negativas ocorrem simultaneamente. Um caso proeminente de facilitação que Ricklefs (2010) coloca em pauta é o fenômeno das plantas berçários, nas quais os indivíduos de uma espécie facilitam a germinação e o crescimento de uma segunda espécie. À medida que a segunda espécie cresce, ela pode exercer um efeito negativo sobre os recursos usados pela planta berçário, podendo assim excluí-la. Porém, geralmente as formas de crescimento de duas espécies normalmente diferem tanto que seu crescimento é limitado por fatores diferentes, permitindo assim a coexistência.

Nas comunidades vegetais, o resultado de uma interação é freqüentemente medido como a razão de algumas variáveis de desempenho, geralmente de biomassa, entre os indivíduos com os vizinhos. Com isso, vários índices têm sido utilizados ao longo dos anos para explorar o saldo das interações entre as plantas (WEIGELT & JOLLIFE, 2003). Como exemplo, podemos citar os índices de concorrência relativa (RCI) de Wilson e Keddy (1986), o efeito em relação ao próximo (RNE) de Markham & Chanway (1996); a relação resposta log (lnRR) de Hedges *et al.* (1999); e o índice relativo de interações (RII) . De acordo com Hedges *et al.* (1999), alguns índices podem ser enganosos devido a falta de simetria e baixas propriedades estatísticas. Para Armas *et al.* (2004), uma propriedade importante de um índice de interação é que ela deve ser relativa, de modo que possa ser usado para comparar as experiências diferentes, espécies ou ambientes. Isso é de especial importância para testar modelos conceituais e teorias em ecologia de comunidades através de meta-análises.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ARMAS, C.; ORDIALES, R. & PUGNAIRE, F. I. Measuring Plant Interactions: A New Comparative Index. **Ecology**, v. 85, n. 10, p. 2682 - 2686, 2004.
- BEGON, M., HARPER, J.L. & TOWNSEND. C.R. **Ecology individuals populations and communities**. 3ª Ed, Blackwell Scientific Publications, Boston, p. 876, 1996.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R. & HARPER, J. L. **Ecologia de indivíduos a ecossistemas**. 4ª Ed, Artmed, Porto Alegre, p. 739, 2007.
- BENASSI, R. F. & CAMARGO, A. F. M. Avaliação do processo competitivo entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, *Pistia stratiotes L.* e *Salvinia molesta* D.S. Mitchell. **Revista Iniciação Científica**, v. 1, n. 0, p. 59-66, 2000.
- BENTO, L.; MAROTTA, H. & ENRICH-PRAST, A. O papel das macrófitas aquáticas emersas no ciclo do fósforo em lagos rasos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 4, p. 582-589, 2007.
- BERRY, J. & BJÖRKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, n. 0, p. 491-543, 1980.
- BINI, L.M.; SIDINEI, M. T.; MURPHY, K. J. & CAMARGO, A. F. M. Distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. **Aquatic Ecology**, v. 415, n. 0, p. 147-154, 1999.
- BIUDES, J. F. V & CAMARGO, A. F. M. Changes in biomass, chemical composition and nutritive value of *Spartina alterniflora* due to organic pollution in the Itanhém River Basin (SP, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 3, p. 781-789, 2006.
- BRAGA, F. M. S. Estudos de recifes artificiais como atratores de peixes no reservatório de Volta Grande, Rio Grande (MG-SP). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 14, n. 2, p. 65-76, 2002.
- CALLAWAY, R. M. & WALKER, L. R. Competition and Facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology**, v. 78, n. 7, p. 1958-1965, 1997.
- CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M. & HENRY-SILVA, G. G. Fatores Limitantes à Produção Primária de Macrófitas Aquáticas. **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**, Maringá, p. 60 – 84, 2003.
- CANCIAN, L. F.; CAMARGO, A. F. M. & SILVA, G. H. G. Crescimento de *Pistia stratiotes* em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo. **Acta Botanica Brasílica**, v. 23, n. 2, p. 552-557, 2009.
- CARVALHO, S. L. **Eutrofização Artificial: Um Problema em Rios, Lagos e Represas**. Correio de Três Lagoas/MS, 2004.

- CHAMBERS, P. A.; PREPAS, E. E.; HAMILTON, H. R. & BOTHWELL, M. L. Current velocity and its effect on aquatic macrophytes in flowing waters. **Ecological Applications**, v. 1, n. 3, p. 249-257, 1991.
- COOK, C. D. K.; GUT, B. J.; RIX, E. M.; SCHNELLER, J. & SEITZ, M. **Water plants of the world: a manual for the identification of the genera of freshwater macrophytes**. The Hague, W. Junk, 1974.
- ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência, 2ª ed., Rio de Janeiro, 1998.
- ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência, 3ª Ed, Rio de Janeiro, 2011.
- FRENCH, T. D. & CHAMBERS, P. A. Habitat partitioning in riverine macrophyte communities. **Freshwater Biology**, v. 36, n. 3, p. 509-520, 1996.
- GENEVIÈRE, M. C.; DUTHIE, H. C & TAYLOR, W. D. Models of aquatic plant productivity: a review of the factors that influence growth. **Aquatic Botany**, v. 59, n. 0, p. 195-215, 1997.
- GUREVITCH, J.; SCHERINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia vegetal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 574, 2009.
- HEDGES, L. V.; GUREVITCH, J. & CURTIS, P. S. The meta-analysis of response ratios in experimental ecology. **Ecology**, v. 80, p. 1150–1156, 1999.
- HENRY-SILVA, G. G. **Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidade de aproveitamento da biomassa vegetal**. Dissertação de Mestrado, UNESP, Jaboticabal, Brasil, p. 78, 2001.
- HENRY-SILVA, G.G. & CAMARGO, A.F.M. Composição Química de Quatro Espécies de Macrófitas Aquáticas e Possibilidade de Uso de suas Biomassas. **Naturalia**, v. 26, n. 8, p. 111-125, 2000.
- HENRY-SILVA, G. G. & CAMARGO, A. F. M. Interações Ecológicas entre as Macrófitas Aquáticas Flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. **Revista Hoehnea**, v. 32, n. 3, p. 445-452, 2005.
- HOLMGREN, M.; SCHEFFER, M. & HUSTON, M. A. The interplay of facilitation and competition in plant communities. **Ecology**, v. 78, n. 7, p. 1966-1975, 1997.
- IRGANG, B. E.; PEDRALLI, G. & WAECHTER, J. L. Macrófitas aquáticas da Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Rossléria**, v.6, n.1, p.395-404, 1984.
- MARTINS, D. D. DOS S. & MARTINS, I. C. DE M. Quantificação e qualificação dos problemas ambientais por atores sociais do ribeirão Taquarussu Grande, Palmas – TO. **Revista de Ciências Ambientais**, v.2, n.2, p. 25 a 42, 2008.

MARKHAM, J. M. & CHANWAY C. P. Measuring plant neighbor effects. **Functional Ecology**, v.10, n. 0, p.548–549, 1996.

MEERHOFF, M.; MAZZEO, N.; MOSS, B. & RODRÍGUEZ-GALLEGO. The structuring role of free-floating versus submerged plants in a subtropical shallow lake. **Aquatic Ecology**, v. 37, n. 4, p. 377-391, 2003.

MICHELAN, T. S.; THOMAZ, S. M.; MORMULL, R. P. & CARVALHO, P. Effects of an exotic invasive macrophyte (tropical signalgrass) on native plant community composition, species richness and functional diversity. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 13, p. 1315-1326, 2010.

OLIVEIRA, N. M. B; SAMPAIO, E. V. S. B; PEREIRA, S. M. B. & MOURA JUNIOR, A. M. Capacidade de Regeneração de *Egeria densa* nos reservatórios de Paulo Afonso, BA. **Plantas Daninhas**, v. 23, n. 2, p. 363-369, 2005.

PEDRALLI, G. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos. In THOMAZ S.; BINI, L. M., editores. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: Eduem, p. 171-188, 2003.

POMPÊO, M. L. M. **Perspectivas da limnologia no Brasil**. São Luis, MA: Gráfica e Editora União, 198 p., 1999.

POTT, V. J. & POTT, A. **Plantas Aquáticas do Pantanal**. Brasília, DF: EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá – MS), 2000.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Editora Guanabara Koogan, 6ª Ed., Rio de Janeiro, p. 546, 2010.

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 Limnológica Brasiliensia**, v.13, n. 1, p. 75-83, 2001.

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do Biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 68, 2004.

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

THOMAZ, S. M. & BINI, L. M. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 10, n. 1, p. 103-116, 1998.

THOMAZ, S. M.; PAGIORO, T. A; BINI, L. M. & MURPHY, K. J. Effects of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large subtropical reservoir (Itaipu, Brazil). **Hydrobiologia**, v. 570, n. 0, p. 53-59, 2006.

TOWNSED, C. R; BEGON, M. & HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. Artmed, 3ª Ed., Porto Alegre, 2010.

VAN, T.K.; WHEELER, G.S. & CENTER, T.D. Competition between *Hydrilla verticillata* and *Vallisneria americana* as influenced by soil fertility. **Aquatic Botany**, v. 62, n. 4, p. 225-233, 1999.

WEAVER, J. E. & CLEMENTS, F. E. **Plant Ecology**. McGraw-Hill, Ed. 2<sup>a</sup>, New York, 1938.

WEIGELT, A. & JOLLIFFE P. Indices of plant competition. **Journal of Ecology**, v. 91, n. 0, p. 707–720, 2003.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1983.

WILSON, S. D. & KEDDY P. A. Measuring diffuse competition along an environmental gradient: results from a shoreline plant community. **American Naturalist**, v. 127, n. 0, p. 862–869, 1986.

5. **MANUSCRITO:**

A ser encaminhado para publicação  
na revista Aquatic Botany.

**Relação entre macrófitas aquáticas flutuantes e submersas em um ecossistema  
aquático de João Pessoa – PB, Brasil.**

Thainá Alves Lycarião<sup>1</sup>; Ênio Wocyli Dantas <sup>1</sup>

1. Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, Universidade Estadual da Paraíba, Campus V. R. Horácio Trajano, s/n, Cristo Redentor, 58070-450 João Pessoa, PB, Brasil.

Email: [thain4h@gmail.com](mailto:thain4h@gmail.com)  
[eniowocyli@yahoo.com.br](mailto:eniowocyli@yahoo.com.br)

**Resumo:** O trabalho teve como objetivo relatar as possíveis interações positivas e/ou negativas que um banco de macrófitas flutuantes pode exercer no banco de macrófitas submersas. Este estudo foi desenvolvido em um barramento do Rio do Cabelo (João Pessoa, PB), levando em consideração o período seco e chuvoso, onde foram amostrados doze pontos escolhidos sistematicamente com distância de 10m entre si, utilizando um quadrante (625cm<sup>2</sup>) à 1m e 2m da margem para a coleta da biomassa, sendo esta utilizada para quantificação do peso seco. Para as análises estatísticas foram realizados teste T para detectar as variações temporais dos dados abióticos e bióticos, também foi realizado correlações de Pearson e Spearman com esses dados e por fim foi empregado o Índice Relativo de Interações (RII) para identificar a existência de facilitação e/ou competição entre as plantas aquáticas. Apenas a precipitação pluviométrica e a transparência da água variaram no período seco e chuvoso. No período seco o ambiente foi composto principalmente das macrófitas flutuantes (1013,98 g/m<sup>2</sup>) com a presença de bancos de macrófitas submersas (98,18 g/m<sup>2</sup>). Esses bancos no início do período seco apresentaram interação positiva (RII = 1,0) seguido de interações quase neutras (RII = -0,2 em dezembro/09 e RII = -0,1 fevereiro/10). A presença de macrófitas emersas no ecossistema que teve biomassa crescente no período seco (4,87 → 106,91 g/m<sup>2</sup>) devido a interações quase neutras com as flutuantes (RII = -0,1) que permitiu seu crescimento e desenvolvimento, formando bancos com grande capacidade competitiva. O período chuvoso, foi marcado por uma redução de 97% da biomassa das macrófitas submersas, chegando a desaparecer no mês de junho/10 devido a uma forte competição direta das macrófitas flutuantes (RII = -1,0) e uma competição indireta das macrófitas emersas (RII = -1,0). A forte competição das emersas no ambiente, também auxiliou a diminuição da biomassa das flutuantes (252,45 → 19,16 g/m<sup>2</sup>). O início de um novo período seco foi caracterizado pelo ressurgimento das macrófitas submersas (1,24 g/m<sup>2</sup>) que se manteve facilitando no ambiente (RII = 1,0), investindo dessa forma em reprodução. Diferente do início do período de coleta, no mês de outubro/10 o corpo aquático foi composto principalmente por macrófitas emersas (678,32 g/m<sup>2</sup>) e flutuantes (52,64 g/m<sup>2</sup>) que interagiram de forma competitiva. Dessa forma, o trabalho concluiu que as macrófitas flutuantes e submersas apresentam um padrão de interação, mas o aparecimento de uma terceira espécie (emersas) alterou esse padrão, levando a exclusão das submersas do ambiente.

**Palavras-chave:** macrófitas aquáticas, flutuantes, submersas, competição, facilitação.

## **5.1 INTRODUÇÃO:**

A distribuição e abundância das macrófitas são determinadas pela composição dos sedimentos, turbidez da água, disponibilidade de nutrientes e ação dos herbívoros. Além desses fatores, as ações antrópicas podem induzir o aparecimento de condições adequadas para o desenvolvimento das plantas aquáticas, tais como a construção de reservatórios artificiais e a eutrofização (BIANCHINI JR., 2003). As macrófitas aquáticas apresentam grande plasticidade fisiológica, tornando-as capazes de colonizar diversos ambientes com características físicas e químicas variadas (PIERINI & THOMAZ, 2004). As adaptações adquiridas por estas plantas variam nas diferentes espécies, permitindo assim a sua colonização em ambientes lênticos e lóticos em diferentes estados tróficos (THOMAZ & BINI, 1998).

Alguns fatores atuam no desenvolvimento da produção primária dos diferentes tipos de macrófitas, entre eles podemos citar a temperatura, radiação, turbidez, disponibilidade de nutrientes e carbono inorgânico (BIUDES & CAMARGO, 2008). O desenvolvimento das macrófitas também pode ser associado a alguns fatores morfométricos como índice de desenvolvimento de margem, declividade das margens, profundidade, aporte de nutrientes e padrões de flutuação dos níveis da água. A produtividade primária das macrófitas submersas está relacionada principalmente a disponibilidade de nutrientes e de luz que penetra no corpo aquático, já em determinadas condições, o incremento de nutrientes no corpo aquático favorece a colonização das espécies flutuantes livres que extraem os nutrientes da coluna d'água (THOMAZ, 2002), limitando a radiação subaquática para as macrófitas submersas.

A dinâmica da comunidade vegetal é influenciada por vários fatores, dentre eles podemos citar as interações positivas, negativas e neutras, podendo ocorrer simultaneamente. Essas interações exercem um papel na manutenção da diversidade, possibilitando a coexistência, bem como também a exclusão de outras espécies. Begon *et al.* (2007) ressalta que a competição é o efeito negativo que as espécies sofrem, reduzindo a fecundidade, o crescimento ou a sobrevivência de uma espécie como resultado da exploração de recursos ou interferência de outras espécies. Já Holmgren *et al.* (1997) caracteriza a facilitação como o efeito positivo de uma planta sobre o

estabelecimento ou crescimento de outras plantas, sendo um evento importante para a sucessão primária e secundária.

Estudos realizados por Callaway & Walker (1997) mostraram que alguns fatores podem alterar o equilíbrio da competição e facilitação. Alguns desses fatores são: o estágio de vida, a densidade, a interação indireta e o estresse. No estágio de vida é observado o fenômeno das plantas berçários, que servem de substrato, facilitando a germinação e o desenvolvimento de uma segunda espécie, mas à medida que a segunda espécie cresce, ela pode exercer um efeito negativo sobre os recursos usados pela planta berçário (RICKLEFS, 2010). As altas densidades podem vir a facilitar uma segunda espécie, criando microhabitat, melhorando ambientes hostis e sendo resistentes a invasões. Porém altas densidades podem interferir competitivamente, reduzindo a taxa de crescimento, reprodução e sobrevivência das espécies vizinhas. A interação indireta ocorre quando uma terceira espécie modifica o padrão de interação entre outras duas espécies (CALLAWAY & WALKER, 1997). O estresse pode atuar de forma distinta. Em ambientes pouco produtivos existe uma tendência a facilitação, tornando as espécies tolerantes ao estresse, já em ambientes muito produtivos, as espécies apresentam maior capacidade competitiva (GUREVITCH *et al.*, 2009).

Ecossistema com concentrações altas de nutrientes existe uma tendência de crescimento e desenvolvimento melhor das espécies flutuantes, que dessa forma impedem à penetração de luz na coluna d'água, acarretando a diminuição e/ou a exclusão das macrófitas submersas (WETZEL, 1983). Segundo o princípio de Gause, existe uma tendência de a competição acarretar uma separação ecológica entre espécies com grande semelhança. Entretanto, a competição também pode provocar adaptações seletivas que facilitam a coexistência de uma diversidade de organismos numa dada área ou comunidade (ODUM, 1988).

Vários experimentos sobre competição foram realizados com espécies tropicais. Dentre os estudiosos podemos citar Benassi & Camargo (2000), Henry-Silva & Camargo (2005), Thomaz *et al.* (2006) que verificaram interação negativa com espécies de macrófitas flutuantes. Estudos de Scheefer *et al.* (2003) e Michelan *et al.* (2010) verificou competição por recurso entre espécies flutuantes e submersas. Embora a facilitação ter sido negligenciada em prol da competição durante muito tempo, nas últimas décadas tal interação tem recebido crescente atenção. Alguns estudos de

Camargo *et al.* (2003), Boschilla *et al.* (2008), Marques-Silva & Thomaz (2009) e Michelin *et al.* (2010) enfatizam a facilitação em espécies de macrófitas flutuantes livres em relação a outras espécies de flutuantes ou macrófitas emersa. Ainda assim é pouco compreendida a influência das interações positivas e/ou negativas envolvendo macrófitas flutuantes e submersas em reservatórios tropicais. Em vista da possível dualidade que possa existir entre flutuantes e submersas no mesmo ambiente aquático, onde elas podem competir levando a exclusão ou facilitar permitindo a coexistência, o trabalho teve como objetivo relatar as possíveis interações positivas e/ou negativas que um banco de macrófitas flutuantes pode exercer no desenvolvimento do banco de macrófitas submersas em um reservatório eutrófico localizado no Rio do Cabelo, João Pessoa – PB.

## **5.2 METODOLOGIA:**

### **5.2.1 Ecossistema em estudo**

A Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo está localizada na cidade de João Pessoa, Paraíba, entre as coordenadas 7°08'53'' e 7°11'02'' de latitude sul e 34°47'26'' e 34°50'33'' de longitude oeste (LEITE *et al.*, 2004 apud FARIAS, 2006). O principal rio da bacia é o Rio do Cabelo, sendo considerado um rio perene com comprimento de 6,02 km e uma largura aproximada de 4 metros (SILVEIRA, 2007). O Rio do Cabelo nasce ao lado do Complexo Penitenciário Silvio Porto, localizado em no bairro de Mangabeira, e deságua no estuário da Penha (Figura 01).

As coletas foram realizadas em um barramento da bacia hidrográfica do Rio Cabelo, localizado no extremo leste da cidade de João Pessoa no bairro da Penha, entre as coordenadas 7°09'95'' de latitude sul e 34°48'72'' de longitude oeste. O ambiente apresenta uma área de 18.792,867 m<sup>2</sup> com volume de 22.653,036 m<sup>3</sup>, seu desenvolvimento de margem é em formato circular com terreno pouco acidentado (tabela 01). Por ser um reservatório urbano e raso, atingindo profundidade máxima pouco mais de um metro, o corpo aquático é utilizado pelos moradores locais para pesca, atividades domésticas e lazer.

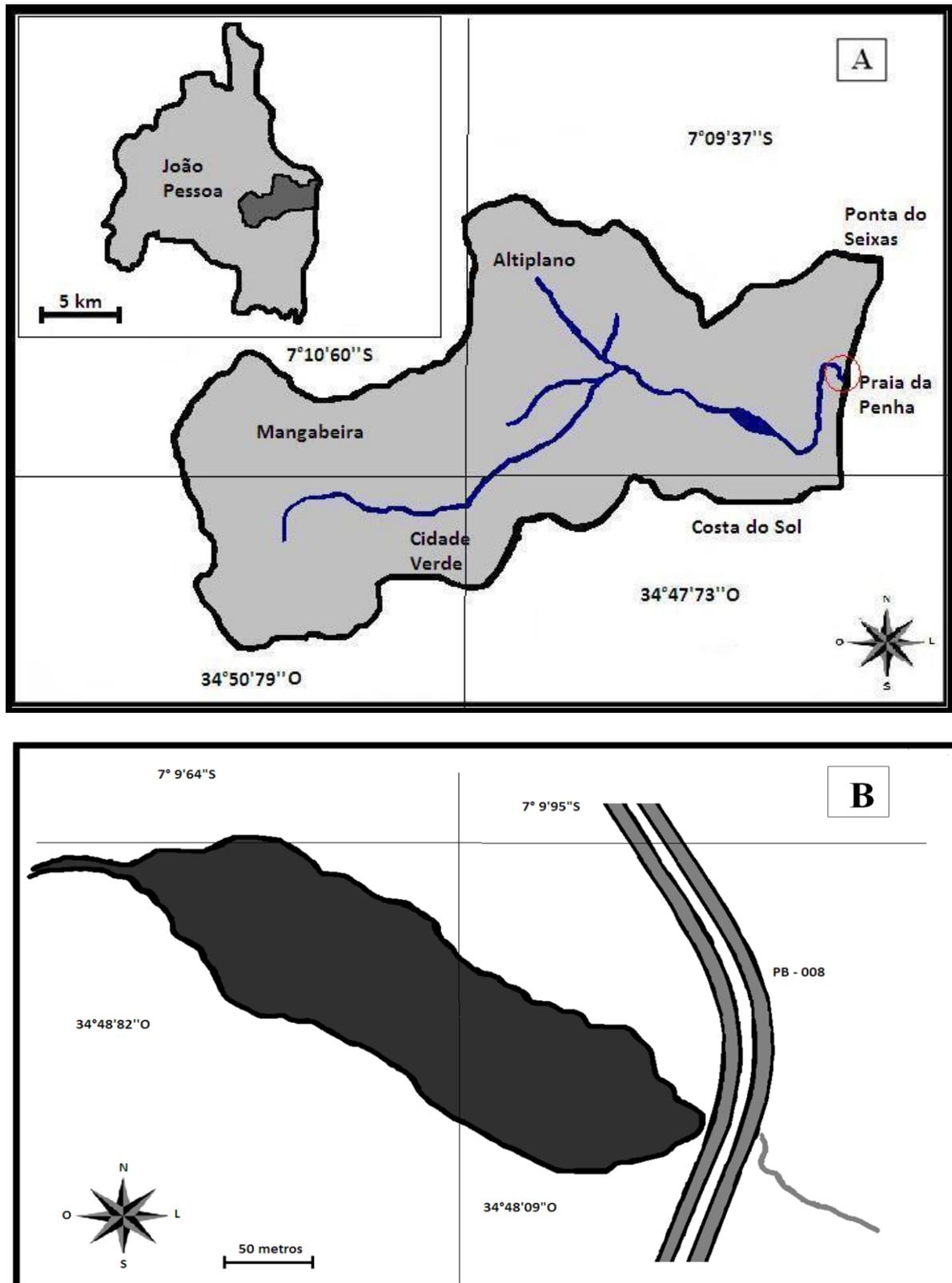
**Tabela 01:** Dados morfométricos do reservatório do Rio do Cabelo, localizado no bairro da Penha.

<b>DADOS MORFOMÉTRICOS</b>	
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	18.792,87
<b>Comprimento (m)</b>	361,11
<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	22.653,04
<b>Profundidade máxima (m)</b>	1,50
<b>Profundidade média (m)</b>	1,20
<b>Perímetro (m)</b>	861,11
<b>Índice de desenvolvimento de margem</b>	1,77
<b>Índice de desenvolvimento de volume</b>	2,40

### 5.2.2 Atividades em campo

A coleta de dados foi realizada bimestralmente de Outubro/2009 até Outubro/2010, levando em consideração o ciclo hidrológico no período de um ano. Foram amostrados dois transectos marginais, sendo o primeiro com distância de um metro da margem e o segundo com distância de um metro do primeiro transecto, ao longo de doze pontos escolhidos sistematicamente com distância de dez metros entre si. O material foi coletado utilizando um quadrante de 625cm<sup>2</sup> (25 x 25 cm), onde essas amostras foram retiradas manualmente e acondicionadas em sacolas plásticas identificadas por numeração de cada ponto. Também foi realizada prensagem das amostras em campo para posteriores identificações.

Foram medidos *in situ* dados de temperatura da água (°C) com uso de termômetro subaquático, da transparência da água (m) através da extinção do disco de Secchi e da profundidade (m) através de uma trena. Outras variáveis abióticas como temperatura do ar (°C), precipitação pluviométrica (mm), radiação solar (k/m<sup>2</sup>) e velocidade do vento (m/s) foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.



**Figura 01:** A) Bacia hidrográfica do Rio Cabelo cortando os bairros da cidade de João Pessoa – PB (Farias *et al.*, 2007); B) Local de coleta localizado no bairro da Penha na cidade de João Pessoa – PB.

### 5.2.3 Análises dos dados

A análise do material biológico foi realizada no laboratório de Botânica do Campus V da UEPB, onde primeiramente foi feita a identificação das plantas em nível de família, utilizando bibliografia específica (POTT & POTT, 2000; SOUZA E LORENZI, 2008). Para a definição das formas biológicas dos grupos encontrados no ambiente, foi utilizada a classificação apresentada por Esteves (2011). No entanto, para as formas biológicas foram consideradas macrófitas flutuantes livres e enraizadas como apenas uma forma biológica (flutuantes), assim como as submersas livres e enraizadas como submersas.

Foi verificada a frequência de ocorrência das macrófitas, considerando: Rara (presentes apenas em 1 coleta), Pouco freqüente (presentes em < metade das coletas), Freqüente (presentes em > metade das coletas) e Muito freqüente (presentes em todas as coletas). Para a obtenção do peso seco, as macrófitas foram separadas por táxon e levadas a estufa a aproximadamente 60°C, permanecendo até obter biomassa seca. Em seguida, estas amostras foram pesadas na balança de precisão CELTAC® – FA2104N, com erro de 0,0001g.

Os dados foram organizados em uma planilha do *Microsoft Office Excel*, onde foi calculado o coeficiente de variação, a riqueza, a abundância e a dominância dos dados. Também foi calculado no *Microsoft Office Excel* a média das biomassas que foram empregadas no cálculo do Índice Relativo de Interações (RII) (ARMAS *et al.*, 2008). Este índice foi estimado como  $RII = (B_W - B_O) / (B_W + B_O)$ , onde  $B_W$  representa a biomassa das espécies que crescem junto com as vizinhas e  $B_O$  é a biomassa das espécies que crescem na ausência dos vizinhos. Este índice varia de -1 a 1, permitindo a quantificação das interações de facilitação/competição das macrófitas flutuantes em relação as macrófitas submersas.

Foi realizado o teste t para verificar a variação dos dados abióticos e da biomassa ao longo do tempo, certificando dessa forma, as possíveis diferenças dos dados ambientais no período seco e chuvoso. Além disso, foi realizado o teste de Correlação de Pearson (r) para os dados paramétricos e Correlação de Spearman (rs) para os dados não-paramétricos, a fim de saber as possíveis correlações da biomassa das formas biológicas com a biomassa das famílias, variáveis ambientais e índice relativo de

interações. O programa estatístico adotado para este fim foi o BioEstat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007).

### **5.3 RESULTADOS:**

#### **5.3.1 Dados ambientais**

As condições climáticas no período estudado foram caracterizadas por maiores valores de precipitação pluviométrica (222,4 mm) e menores valores da temperatura do ar (25,5 °C) em agosto/10. Assim como, menores valores de velocidade do vento (1,9 m.s<sup>-1</sup>) e radiação solar (811,9 Kjm<sup>2</sup>) em abril/10. Com exceção da precipitação pluviométrica ( $t = -6,00$ ;  $p < 0,01$ ), nenhuma outra variável ambiental utilizada no estudo apresentou significância ( $p < 0,05$ ) na variação temporal no período seco e chuvoso. Mesmo não apresentando significância, a radiação mostrou alto coeficiente de variação (CV = 48,2%), seguido da transparência da água (CV = 40,3%) e velocidade do vento (32,8)

A temperatura da água obteve maiores valores no mês de outubro/09 (29,6°C) e menores valores no mês de agosto/10 (26,7°C), apresentando dessa forma uma amplitude térmica de 2,9°C. Maiores valores da transparência da água (61,3 cm) foram observados no mês de dezembro/09 e os menores (20 cm) valores no mês de junho/10. Apenas a transparência da água apresentou variação do período seco e chuvoso ( $t = 2,65$ ;  $p < 0,05$ ). Nos períodos de outubro/09 a abril/10, a direção do vento foi sudeste, já nos períodos de junho/10 a outubro/10 a direção foi sul (tabela 02).

**Tabela 02:** Dados ambientais do ecossistema estudado na região metropolitana de João Pessoa, entre outubro/09 a outubro/10.

Variáveis	PS			PC			PS	DP	CV (%)	t	p
	Out/09	Dez/09	Fev/10	Abr/10	Jun/10	Ago/10	Out/10				
Temperatura do ar (°C)	26,4	26,9	27,4	27,8	26,2	25,5	26	0,78	2,93	0,19	0,85
Velocidade do vento (m/s)	2,3	2,2	2,1	1,9	2,4	4,4	3,0	0,7	32,8	- 0,71	0,51
Radiação (Kjm <sup>2</sup> )	1226,4	937	858,6	811,9	855,7	2350,7	957	550,1	48,2	- 0,79	0,46
Precipitação pluviométrica (mm)	9,4	29,2	78,4	157,6	245,8	222,4	44,8	96	85,2	- 6,00	<b>0,00</b>
Transparência da água (cm)	58,7	61,3	34,7	25,7	20	33	40	15,7	40,3	2,65	<b>0,04</b>
Temperatura da água (T°C)	29,6	28,7	28	29,2	27,2	26,7	27,3	1,1	3,9	0,81	0,45
Direção do vento	SE	SE	SE	SE	S	S	S	-	-	-	-

PS = Período seco, PC = Período chuvoso, DP = Desvio padrão, CV = Coeficiente de variação.

### 5.3.2 Dados da riqueza das famílias e formas biológicas

No ambiente analisado, foi observado três formas biológicas ocorrendo nos pontos de coleta. São elas: emersa (E), submersa (S) e flutuante (F). Foram encontradas 7 famílias: Characeae (S), Salviniaceae (F), Cabombaceae (S), Nymphaeaceae (F), Poaceae (E), Cyperaceae (E) e Lentibulariaceae (S) (tabela 03).

De acordo com a frequência de ocorrência das macrófitas no ambiente, foi observado que a família Characeae foi pouco frequente no ambiente. As famílias Cabombaceae, Nymphaeaceae, Poaceae e Lentibulariaceae ocorreram de forma frequente no ecossistema, e apenas Salviniaceae e Cyperaceae foram tidas como muito frequentes, apresentando ocorrência em todas as coletas realizadas.

### 5.3.3 Dados da biomassa

Na análise de variação temporal, foi constatado que nenhuma família ou forma biológica apresentou variação ( $p < 0,05$ ) no período seco e chuvoso. Porém as macrófitas submersas apresentaram maior coeficiente de variação ( $CV = 149,00\%$ ), seguida das emersas ( $CV = 91,25\%$ ) e flutuantes ( $CV = 83,10$ ). Foi observado que os meses de outubro/09 e outubro/10 apresentaram menor e maior valor da biomassa total no ambiente, atingindo valores de  $324,32 \text{ g/m}^2$  e  $732,19 \text{ g/m}^2$ , respectivamente. De acordo com a abundância das famílias, foi observado que nos meses de outubro/09 e dezembro/09, apenas a Salviniaceae foi dominante no corpo aquático, apresentando percentuais de biomassa de  $83,91\%$  e  $76,44\%$  ( $\text{g/m}^2$ ), respectivamente. Já nos meses de fevereiro/10 e abril/10, as famílias Salviniaceae e Cyperaceae foram tidas como abundantes, mostrando biomassa de  $271,76 \text{ g/m}^2$  e  $69,30 \text{ g/m}^2$ , respectivamente, para o mês de fevereiro/10, e biomassa de  $248,57 \text{ g/m}^2$  e  $89,48 \text{ g/m}^2$ , respectivamente, para o mês de abril/10. A partir do mês de junho/10 até outubro/10, apenas Cyperaceae foi dominante no ecossistema.

Em outubro/2009, o ecossistema apresentava forte representatividade de plantas flutuantes ( $272,82 \text{ g/m}^2$ ) e submersas ( $46,63 \text{ g/m}^2$ ). Na coleta seguinte, houve um aumento na contribuição de emersas ( $93,4\%$ ) e flutuantes ( $70,1\%$ ). No final do período seco, houve uma abrupta redução na biomassa de submersas ( $1661,0\%$ ), que se manteve com biomassas inferiores a  $0,14 \text{ g/m}^2$  durante o período chuvoso. Durante a estação chuvosa, foi verificada uma forte redução na biomassa de flutuantes, especialmente em junho/10 ( $252,45 \rightarrow 1,46 \text{ g/m}^2$ ), enquanto se observou o crescimento contínuo da biomassa das emersas até outubro/10 ( $157,31 \rightarrow 678,32 \text{ g/m}^2$ ). As macrófitas submersas ressurgiram no final do período chuvoso, no entanto, suas biomassas foram representadas de forma reduzida ( $\cong 97\%$ ) do período equivalente no ano interior (tabela 03).

**Tabela 03:** Biomassa (g/m<sup>2</sup>) das famílias e formas biológicas encontradas no reservatório da Penha, localizada na cidade de João Pessoa – PB.

		PS			PC			PS				
Famílias	FB	Out/09	Dez/09	Fev/10	Abr/10	Jun/10	Ago/10	Out/10	CV (%)	t	p	FO
Characeae	S	27,57	10,16	2,06	0,00	0,00	0,00	0,00	168,38	1,59	0,21	PF
Salviniaceae	F	272,12	463,46	271,76	248,57	1,46	17,61	33,77	86,07	1,38	0,22	MF
Cabombaceae	S	17,53	38,19	0,00	0,00	0,00	0,01	1,24	167,67	1,60	0,21	F
Nymphaeaceae	F	0,69	0,68	5,26	4,88	0,00	1,55	18,87	134,95	0,80	0,45	F
Poaceae	E	3,73	0,00	37,61	67,83	0,17	54,43	8,16	107,01	-1,42	0,21	F
Cyperaceae	E	1,14	93,42	69,30	89,48	200,48	343,46	670,16	102,18	-0,01	0,99	MF
Lentibulariaceae	S	1,53	0,44	0,71	0,14	0,00	0,02	0,00	128,62	1,90	0,15	F
<b>Biomassa total (g/m<sup>2</sup>)</b>		324,32	606,34	386,70	410,90	202,12	417,08	732,19				
<b>Formas biológicas</b>		Out/09	Dez/09	Fev/10	Abr/10	Jun/10	Ago/10	Out/10	CV (%)	t	p	
Submersa		46,63	48,78	2,77	0,14	0,00	0,04	1,24	149,00	1,88	0,16	
Flutuante		272,82	464,14	277,02	252,45	1,46	19,16	52,64	83,10	1,46	0,20	
Emersa		4,87	93,42	106,91	157,31	200,65	397,89	678,32	91,25	-0,16	0,87	

**FB – Formas biológicas** (E = emersa, F = flutuante, S = submersa); **FO – Frequência de ocorrência** (PF = pouco freqüente, F = freqüente, MT = muito freqüente).

### 5.3.4 Dados da interação entre as plantas aquáticas

Em relação ao índice relativo de interações (RII), foi constatado que no mês de outubro/09, o ambiente encontrava-se em facilitação pelas flutuantes e competição pelas macrófitas submersas (RII = 1,0; RII = -0,5, respectivamente), já na coleta seguinte, foi observado uma interação quase neutra entre as macrófitas flutuantes (RII = -0,2) e submersas RII = -0,1. No final do período seco, a interação neutra das flutuantes permaneceu, porém as macrófitas submersas começaram a facilitar (RII = 1,0). No mês de abril/10, foi constatada uma interação positiva das macrófitas flutuantes (RII = 0,8), frente a uma forte interação negativa das submersas (RII = -1,0). Entretanto no mês de junho/10, a forte competição das flutuantes (RII = -1,0), levou a exclusão das submersas, que só ressurgiu na coleta seguinte, com interação de facilitação (RII = 1,0). O padrão de competição e facilitação das flutuantes e submersas permaneceu no mês seguinte.

O banco de macrófitas emersas interagiu de forma positiva nos meses de outubro/09 e dezembro/09 com as flutuantes (RII = 1,0) e submersas (RII = 1,0). No final do período seco, elas permaneceram facilitando para as flutuantes (RII = 0,8), mas começou a competir com as submersas (RII = -0,3) que também competiram fortemente (RII = -0,9). A partir do período chuvoso, o padrão de competição das emersas se manteve, atingindo altos valores de RII com as outras formas biológicas, porém só as flutuantes no mês de junho/10 que competiu com emersas (RII = -0,6), no entanto, nos meses subsequentes elas interagiram de forma positiva, assim como as submersas. (tabela 04).

**Tabela 04:** Valores do cálculo do índice relativo de interações (RII) entre as formas biológicas no reservatório da Penha, João Pessoa – PB.

Meses	Flutuantes	Submersas	Flutuantes	Emersas	Submersas	Emersas
	X	X	X	X	X	X
	Submersas	Flutuantes	Emersas	Flutuantes	Emersas	Submersas
<b>Out/09</b>	1,0	-0,5	-0,1	1,0	0,5	1,0
<b>Dez/09</b>	-0,2	-0,1	0,1	1,0	-0,4	1,0
<b>Fev/10</b>	-0,1	1,0	-0,1	0,8	-0,9	-0,3
<b>Abr/10</b>	0,8	-1,0	-0,6	-0,8	1,0	-0,7
<b>Jun/10</b>	-1,0	0	1,0	-0,9	0	-1,0
<b>Ago/10</b>	-0,5	1,0	1,0	-0,9	1,0	-0,9
<b>Out/10</b>	-0,3	1,0	-0,1	-0,9	0,4	-1,0

### 5.3.5 Influências das variáveis ambientais

Os dados de correlação das biomassas das famílias presentes no ambiente mostraram significantes ( $p < 0,05$ ) apenas para Characeae x Salviniaceae ( $r_s = 0,87$ ;  $p < 0,01$ ) e Characeae x Lentibulariaceae ( $r_s = 0,87$ ;  $p < 0,01$ ). Para as formas biológicas, foi observada correlação significativa entre flutuantes e submersas ( $r_s = 0,93$ ;  $p < 0,001$ ).

Ao correlacionar as variáveis ambientais com as famílias, formas biológicas e o índice relativo de interações, foram observados que apenas a precipitação pluviométrica, transparência e a temperatura da água apresentaram valores significativos. Apenas Characeae, Salviniaceae e Cabombaceae mostraram relação com essas variáveis. Já a forma biológica flutuante se relacionou com a temperatura da água ( $r = 0,76$ ;  $p < 0,05$ ) e a submersa com a precipitação e transparência ( $r_s = -0,92$ ;  $p < 0,001$  e  $r_s = 0,92$ ;  $p < 0,001$ , respectivamente). Para o índice relativo de interações, foram observadas correlações envolvendo emersas x flutuantes e emersas x submersas se relacionando negativamente com a precipitação, como também flutuantes x emersas, emersas x flutuantes e emersas x submersas se correlacionando positivamente com a transparência (tabela 07).

**Tabela 07:** Matriz de correlação de Pearson (r) e Spearman (rs) entre as variáveis ambientais em relação a biomassa das famílias, formas biológicas e o índice relativo de interações no reservatório da Penha, João Pessoa – PB.

	Temperatura do ar (°C)	Velocidade do vento (m/s)	Radiação (Kjm <sup>2</sup> )	Precipitação (mm)	Transparência (m)	Temperatura da água (°C)
<b>Characeae</b>	rs = 0,33	rs = -0,33	rs= 0,26	<b>rs = -0,81+</b>	<b>rs = 0,77+</b>	rs = 0,67
<b>Salviniaceae</b>	r = 0,65	rs = -0,57	rs= 0,07	r = -0,64	r = 0,67	<b>r = 0,77+</b>
<b>Cabombaceae</b>	rs = -0,26	rs = 0,26	rs= 0,63	<b>rs = -0,77+</b>	<b>rs= 0,89+++</b>	rs = 0,30
<b>Nymphaeaceae</b>	rs = 0,07	rs = -0,07	rs= 0,07	rs = -0,14	rs = 0,07	rs = 0,00
<b>Poaceae</b>	r = 0,38	rs = -0,14	rs = -0,07	r = 0,42	r = -0,49	r = -0,03
<b>Cyperaceae</b>	r = -0,59	rs = 0,71	rs= 0,21	r = 0,09	r = -0,21	r = -0,69
<b>Lentibulariaceae</b>	r = 0,17	rs = 0,55	rs = -0,55	r = -0,64	r = 0,65	r = 0,70
<b>Flutuantes</b>	r = 0,65	rs = -0,64	rs= -0,03	r = -0,66	r = 0,68	<b>r = 0,76+</b>
<b>Submersas</b>	rs = 0,39	rs = -0,39	rs= 0,21	<b>rs = -0,92+++</b>	<b>rs= 0,92+++</b>	rs = 0,67
<b>Emersas</b>	r = -0,55	rs = 0,67	rs= 0,07	r = 0,15	r = -0,27	r = -0,69
<b>Flutuantes</b>	r = 0,08	rs = -0,13	rs = 0,53	r = -0,85	r = 0,72	<b>r = 0,88+</b>
<b>X</b>						
<b>Submersas</b>						
<b>Submersas</b>	r = -0,19	rs = 0,13	rs = 0,26	r = -0,28	r = 0,16	r = -0,44
<b>X</b>						
<b>Flutuantes</b>						
<b>Flutuantes</b>	rs = -0,20	rs = 0,20	rs= -0,40	rs = 0,61	<b>rs = 0,80+</b>	rs= -0,40
<b>X</b>						
<b>Emersas</b>						
<b>Emersas</b>	rs = 0,15	rs = -0,15	rs = 0,31	<b>rs = -0,79+</b>	<b>rs = 0,80+</b>	rs = 0,63
<b>X</b>						
<b>Flutuantes</b>						
<b>Submersas</b>	rs = 0,61	rs = -0,61	rs= -0,61	rs = 0,20	rs = -0,40	rs = 0,40
<b>X</b>						
<b>Emersas</b>						
<b>Emersas</b>	r = 0,05	rs = -0,21	rs = 0,43	<b>r = -0,95++</b>	<b>r = 0,94++</b>	r = 0,79
<b>X</b>						
<b>Submersas</b>						

+ → p < 0,05; ++ → p < 0,01; +++ p < 0,001.

#### 5.4 DISCUSSÃO:

A heterogeneidade temporal dos fatores ambientais foi observada apenas na precipitação pluviométrica e transparência da água, mostrando dessa forma que maiores concentrações de chuvas foram encontradas no período de abril a agosto, correspondendo dessa forma ao inverno na cidade de João Pessoa. Neste período, a transparência da água atingiu os menores valores, e os maiores valores foram observados na estação seca. Esta mesma situação corroborou com os resultados encontrados nos estudos realizado por Almeida *et al.*(2007) no rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro. De acordo com Tundisi & Tundisi (2008) e Esteves (2011), a chuva é um dos fatores que interfere na transparência da água, fazendo com as partículas fiquem em suspensão, aumentando dessa forma a turbidez do corpo aquático.

Ao analisar levantamentos florísticos realizados por Matias *et al.* (2003), Ferreira (2005), Pistori (2005), e outros autores, foi observado que os mesmos encontraram espécies pertencentes as famílias Salviniaceae, Cabombaceae, Nymphaeaceae, Poaceae, Cyperaceae e Lentibulariaceae em ambientes eutróficos, que de fato também foi evidenciado no reservatório da Penha. As espécies pertencentes à família Characeae são típicas de ambientes oligotróficos, onde existe maior transparência da água e menor densidade fitoplânctonica (KIERSCH *et al.*, 2004). A presença de espécies submersas em um ambiente rico em nutriente é explicado por Meerhoff *et al.* (2003), que ressalta dois mecanismos que tais plantas podem realizar para coexistir nesse tipo de ambiente. A primeira é a competição com o fitoplâncton, reduzindo desta forma os nutrientes na coluna d'água (controle bottom-up) ou quando existe a predação do fitoplâncton pelos zooplânctons (controle top-down), o que aumenta a transparência da água.

Concordando com Francisco *et al.* (2007), algumas espécies pertencentes a família Cabombaceae e Salviniaceae são caracterizadas como espécies típicas de ambientes eutróficos. Isso explica a alta biomassa das formas biológicas flutuantes e submersas no início do período seco de 2009, uma vez que essas macrófitas apresentam crescimento acelerado devido à disposição de nutrientes. A facilitação das flutuantes x submersas no início das coletas pode estar relacionada à utilização dos recursos de forma diferenciada, uma vez que as flutuantes extraem os nutrientes da coluna d'água e as submersas do substrato. De acordo com Beyruth (1992), as macrófitas submersas competem com as flutuantes, já que estas impedem a entrada de luz no ambiente,

limitando dessa forma as plantas submersas. Ou seja, o problema não é o nutriente, mas sim a disponibilidade de luz no substrato.

Estudos de interação realizados por Beyruth (1992) e Callaway & Walker (1997) constataram que plantas flutuantes podem promover substrato para colonização de espécies secundárias, favorecendo dessa forma a presença das espécies emersas. Decorrente a este fato, foi verificado que no começo das coletas, a falta de espaço no ambiente fez com que as espécies flutuantes facilitassem as emersas, servindo dessa forma como plantas berçários, possibilitando a germinação e o crescimento dessas macrófitas. Neste sentido, experimentos realizados por Connel (1990) a fim de testar a competição constatou que o desenvolvimento de uma terceira no ambiente interfere no padrão de interação existente entre duas espécies no mesmo ecossistema. Isso foi averiguado no reservatório da Penha quando o padrão de interação das macrófitas flutuantes x submersas foi modificado em decorrência ao aumento das macrófitas emersas que ganhou espaço e começou a interagir de forma negativa no ambiente com as outras plantas.

De acordo com os resultados de Gurevitch *et al.* (2009), o sucesso das plantas está relacionado ao seu efeito competitivo e sua resposta competitiva, ou seja, espécies que apresentam metabolismo acelerado, rápido crescimento e tamanho elevado, tendem a ser competitivas e dominantes no ambiente. Corroborando com estes resultados, estudos de Macek & Rejmankova (2007) verificou que as macrófitas emersas em áreas eutrofizadas tendem a ser dominantes, sendo consideradas fortes competidoras, eliminando as espécies vizinhas. Em vista disso, no reservatório da Penha, foi notório que as macrófitas flutuantes apresentaram uma resposta competitiva eficiente, conseguindo dessa forma, coexistir com as emersas. O desaparecimento das macrófitas submersas está relacionado a dois fatores: ocupação total do seu espaço pelas macrófitas flutuantes, e por não apresentarem efeito competitivo ou resposta competitiva eficiente capaz de promover sua coexistência.

Alguns estudos apontam que a sazonalidade exerce um papel importante no desenvolvimento e crescimento das macrófitas flutuantes. Pesquisas realizadas por Beyruth (1992) no rio Embu-mirim em São Paulo, verificou que no período chuvoso o excesso de água arrastou quantidades consideráveis de macrófitas flutuantes. Já nas pesquisas de Silva (2008) foi constatado que as menores temperaturas limitaram o crescimento desta forma biológica. Entretanto, Lolis & Thomaz (2011) verificaram que o decréscimo da biomassa dessas plantas estava relacionado à diminuição dos nutrientes

no corpo aquático. Dentre esses fatores, acredita-se que o ressurgimento das macrófitas submersas no ambiente pode estar relacionado à sazonalidade, onde partes das macrófitas flutuantes foram levadas pelas chuvas e as que permaneceram no reservatório teve sua taxa de crescimento reduzida devido à temperatura do ambiente ou diminuição dos nutrientes no ecossistema.

Costa Neto *et al.* (2007) destaca que dependendo da situação, algumas espécies de macrófitas são consideradas como oportunistas, dessa forma essas plantas possuem um rápido crescimento, grande produção de sementes, alta capacidade adaptativa e resistência no ambiente. A desocupação do espaço fez com que as espécies submersas agissem como oportunistas, aproveitando dessa forma o espaço vago. Apesar da tentativa de estabelecimento sem sucesso, essas espécies investiram em reprodução sexuada, deixando suas sementes no solo para serem germinadas em períodos favoráveis.

## **5.5 CONCLUSÃO:**

Pode-se concluir com os resultados obtidos que as macrófitas flutuantes e submersas apresentaram um padrão de interação, ora competindo ora facilitando. No entanto, o crescimento e estabelecimento do banco de macrófitas emersas no ambiente interferiram de forma indireta no padrão de interação das flutuantes e submersas.

As macrófitas emersas mostraram forte efeito competitivo, o que possibilitou a sua dominância no ambiente, entretanto, as macrófitas flutuantes conseguiram coexistir no ambiente devido a sua resposta competitiva.

Apesar das macrófitas submersas serem susceptíveis a forte competição, o que levou a sua exclusão, elas mostraram-se espécies oportunistas, retornando ao ambiente em um momento propício e investiram na reprodução sexuada, deixando suas sementes no solo para germinarem quando o ambiente for novamente favorável ao seu desenvolvimento.

## **5.6 AGRADECIMENTOS:**

À Universidade Estadual por todo amparo no fornecimento dos recursos que foram necessários a produção deste trabalho. Aos companheiros do Laboratório de Botânica que auxiliaram nas coletas.

## 5.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALMEIDA, MG.; REZENDE, CE. & SOUZA, CMM., 2007. **Variação temporal, transporte e partição de Hg e carbono orgânico nas frações particulada e dissolvida da coluna d'água da bacia inferior do rio Paraíba do Sul, RJ, Brasil.** Geochim. Bras., v. 21, n. 01, p. 111-128, Rio de Janeiro.

ARMAS, C.; ORDIALES, R. & PUGNAIRE, FI, 2004. **Measuring Plant Interactions: A New Comparative Index.** Ecology., v. 85, n. 10, p. 2682 - 2686, USA.

AYRES, M.; AYRES Jr., M.; AYRES, DL. & DOS SANTOS, AAS, 2007. **BioEstat 5.0: 475 aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas.** Sociedade Civil Mamirauá, Belém.

BARBOSA, GC, 2008. **Ocorrência de Macrófitas Aquáticas no Córrego do Boi.** II Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação & I Simpósio Brasileiro Sobre o Uso Múltiplo da Água, Fortaleza.

BASTOS, LP & ABILHOA, V.A, 2004. **Utilização do Índice de Integridade Biótica para Avaliação da Qualidade de Água: Um Estudo de Caso para Riachos Urbanos da Bacia Hidrográfica do Rio Belém, Curitiba, Paraná.** Estud. Biol., v. 26, n. 55, p. 33-44, Paraná.

BEGON, M.; TOWNSEND, CR & HARPER, JL, 2007. **Ecologia de indivíduos a ecossistemas.** Artmed, p. 739, Porto Alegre.

BENASSI, RF. & CAMARGO, AFM, 2000. **Avaliação do processo competitivo entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* D.S. Mitchell.** Rev. Inic. Cient., v. 1, n. 0, p. 59-66, São Paulo.

BEYRUTH, Z, 1992. **Macrófitas Aquáticas de um Lago Marginal ao Rio Embu – Mirim, São Paulo, Brasil.** Rev. Saúde Pub., v. 26, n. 04, p. 272 – 282, São Paulo.

BIANCHINI Jr. I, 2003. **Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas.** Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Eduem, p. 85-126, Maringá.

BIUDES, JFV & CAMARGO, AFM, 2008. **Estudos dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil.** Oecol. Bras., v. 12, n. 1, p. 7-19, Rio de Janeiro.

BOSCHILLA, SM; OLIVEIRA, EF & THOMAZ, SM, 2008. **Do aquatic macrophytes co-occur randomly? Na analysis of null models in a tropical floodplain.** Oecol. Bras., v. 156, n. 1, p. 203-214, Rio de Janeiro.

CAMARGO, AFM; PEZZATO, MM & HENRY-SILVA, GG, 2003. **Fatores Limitantes à Produção Primária de Macrófitas Aquáticas** Ecologia. In: THOMAZ, SM, BINI, LM (Eds.), Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas, p. 60 – 84, Maringá.

CALLAWAY, RM & WALKER, LR, 1997. **Competition and Facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities**. Ecology, v. 78, n. 7, p. 1958-1965, USA.

CONNELL, JH, 1990. **On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence from field experiments**. Am. Nat. t, n. 122, p. 661-696, Chigaco.

COSTA NETO, SV da; SENNA, CSF; TOSTES, LCL. & SILVA, SRM da, 2007. **Macrófitas aquáticas das regiões dos lagos do Amapá, Brasil**. Rev. Bras. Bio., v. 5, n. 2, p. 618-620, Porto Alegre.

ESTEVES, FA; BARBOSA, FAR, 1986. **Eutrofização Artificial: A Doença dos Lagos**. C. H, v. 5, n. 27, p. 56-61, Rio de Janeiro.

FARIAS, MSS de, 2006. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - UFCG - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

FARIAS, M. S. S. de; LIMA, V. L. A. de; NETO, J. D; LEITE, E. P. F; LIRA, V. M. de & FRANCO, E. S. **Avaliação dos níveis de boro e chumbo na água do Rio Cabelo – João Pessoa – PB**. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 4, n. 1, p. 24 – 31, 2007.

FERREIRA, FA, 2005. **Comunidade de macrófitas aquáticas e aspectos físico-químicos de três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, MG**. 92 f. Tese (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

FRANCISCO, LV; PORTES, PVA & BARRETO, RC, 2007. **Perspectivas ecológicas através do levantamento e distribuição das macrófitas aquáticas nos açudes da Reserva Ecológica de Dois Irmãos – Recife – Pernambuco**. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG.

GUREVITCH, J.; SCHERINER, SM.; FOX, GA, 2009. **Ecologia vegetal**. Artmed, Porto Alegre.

HENRY-SILVA, GG & CAMARGO, AFM, 2005. **Interações Ecológicas entre as Macrófitas Aquáticas Flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia strationes***. Hoehnea, v. 32, n. 3, p. 445-452, São Paulo.

HOLMGREN, M; SCHEFFER, M & HUSTON, MA, 1997. **The interplay of facilitation and competition in plant communities**. Ecology, v. 78, n. 7, p. 1966-1975, USA.

HUTCHINSON, GE, 1975. **A treatise on limnology**. Limnol. botany, v. 3, New York.

KIERSCH, B; MÜHLECK, R & GUNKEL, G, 2004. **Las macrófitas de algunos lagos alto-andinos del Ecuador y su bajo potencial como bioindicadores de eutrofización**. Rev. Biol. Trop., v. 52, n. 4, São José.

LOLIS, SF. & THOMAZ, SM, 2011. **Monitoramento da composição específica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório Luis Eduardo Magalhães.** Plant. Daninha, v. 29, n. 2, p. 247-258, Minas Gerais.

MACEK, P. & REJMANKOVA, E. 2007. **Response of emergent macrophytes to experimental nutrient and salinity additions.** Funct. Ecol., v. 21, p. 478-488, England.

MARTINS, DDS. & MARTINS, ICM, 2008. **Quantificação e qualificação dos problemas ambientais por atores sociais do ribeirão Taquarussu Grande, Palmas – TO.** Rev. Ciênc. Ambient., v.2, n.2, p. 25 - 42, Rio Grande do Sul.

MARQUES-SILVA, GG & THOMAZ, SM, 2009. **Biological interactions in the co-occurrence of *Eichhornia azurea* and free-floating macrophytes.** Acta Sci. Biol. Sci., v. 31, n. 4, p. 355-361, Maringá .

MATIAS, LQ; AMADO, ER & NUNES, EP, 2003. **Macrófitas aquáticas da lagoa de Jijoca de Jericoacoara, Ceará, Brasil.** Acta Bot. Bras., v. 17, n. 4, p. 623-631, São Paulo.

MEERHOFF, M.; MAZZEO, N.; MOSS, B. & RODRÍGUEZ-GALLEGO, 2003. **The structuring role of free-floating versus submerged plants in a subtropical shallow lake.** Aquat. Ecol, v. 37, n. 4, p. 377-391, England.

MICHELAN, TS; THOMAZ, SM; MORMUL, RP & CARVALHO, P, 2010. **Effects of na exotic invasive macrophyte (tropical signalgrass) on native plant community composition, species richness and functional diversity.** Freshwater Biol, v. 55, n. 0, p. 1315-1326, England.

ODUM, EP, 1988. **Ecologia.** Guanabara, Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, AKM; FAVARO, S. & COSTACURTA, MB, 2005. **Variação temporal da Biomassa de *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth (Pontederiaceae) e Macrófitas Aquáticas Associadas em uma Lagoa do Rio Negro, Pantanal do Rio Negro, Mato Grosso do Sul.** Nat. on line, v.3, n.1, p. 7-12, Espírito Santo.

PIERINI, SA & THOMAZ, SM, 2004. **Adaptações de plantas submersas à absorção do caborno inorgânico.** Acta Bot. Bras., v. 18, n. 3, p. 629-641, São Paulo.

PISTORI, RET, 2005. **Crescimento da macrófita aquática flutuantes *Salvinia molesta* em viveiros de aquíicultura com distintos estados tróficos.** 10 p. Dissertação (Mestrado em Aquíicultura, Área de Concentração em Aquíicultura em Águas Continentais) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

PITELLI, MCRL, 2006. **Abordagens multivariadas no estudo da dinâmica de comunidades de macrófitas aquáticas.** UNESP, São Paulo.

PITELLI, RA, 1998. **Macrófitas aquáticas do Brasil, na condição de problema.** Workshop Controle de Plantas Aquáticas, p.19, Brasília.

RICKLEFS, RE, 2010. **A economia da natureza**. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

ROCHA, AS, 2009. **Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização**. Rev. Verde, v.4, n.4, p. 01 – 06, Rio Grande do Norte.

SCHEEFER, M.; SZABO S.; GRAGNANI, A.; VAN NES, EH.; RINALDI, S.; KAUTSKY, N, 2003. **Floating plant dominance as a stable states in fresh-water systems**. P. Natl. Acad. Sci, v. 100, n. 0, p. 4040-4045, United States of America.

SILVA, SSL, 2008. **Caracterização ecológica e estrutural de macrófitas em reservatórios no estado de Pernambuco**. 40 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

SILVEIRA, MP, 2004. **Aplicação do Biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios**. Embrapa Meio Ambiente, p. 68, São Paulo.

SILVEIRA, T, 2007. **Análise físico-química da água da Bacia Rio do Cabelo – João Pessoa – PB**. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, João Pessoa.

SOUZA, VC; LORENZI, H, 2008. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. Plantarum, Nova Odessa.

THOMAZ, SM, 2002. **Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo**. Plant. Danin., v. 20, p. 21-33, Minas Gerais.

THOMAZ, SM & BINI, LM, 1998. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios**. Acta Limnol Bras, v. 10, n. 1, p. 103-116, São Paulo.

THOMAZ, SM; PAGIORO, TA; BINI, LM & MURPHY, KJ, 2006. **Effects of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir (Itaipu, Brazil)**. Hydrobiologia, v. 570, n. 0, p. 53-59, Goiás.

TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M, 2008. **Limnologia**. Oficina de Textos, São Paulo.

VALDÉS, CMP, 2008. **El género *Utricularia* (Lentibulariaceae) en las Antillas Mayores**. Rev. Jardín Bot. Nac., v. 29, n. 0, p. 11-19, Cuba.

WELCH, PS, 1980. **Ecological effects of wastes water**. Cambridge University Press, Cambridge.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1983.

XAVIER, LRCC, NASCIMENTO, SM & PEREIRA, MB, 2007. **Análise Temporal de Biomassa da Macrófita Aquática *Eleocharis intertincta* (VAHL) ROEM. &**

**SCHULT. Registrada no Açude de Abastecimento Público do Prata, Recife – PE.**  
Soc. Ecol. Bras., Minas Gerais.

## 5.8 ANEXOS:

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

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



#### Before You Begin

#### Ethics in publishing

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

#### Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could

inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>.

### **Submission declaration**

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

### **Contributors**

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

### **Changes to authorship**

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

*Before the accepted manuscript is published in an online issue:* Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, 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. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

*After the accepted manuscript is published in an online issue:* Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

### **Copyright**

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

corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

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

### **Retained author rights**

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

### **Role of the funding source**

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

### **Funding body agreements and policies**

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

### **Open access**

This journal offers you the option of making your article freely available to all via the ScienceDirect platform. To prevent any conflict of interest, you can only make this choice after receiving notification that your article has been accepted for publication. The fee of \$3,000 excludes taxes and other potential author fees such as color charges. In some cases, institutions and funding bodies have entered into agreement with Elsevier to meet these fees on behalf of their authors. Details of these agreements are available at <http://www.elsevier.com/fundingbodies>. Authors of accepted articles, who wish to take advantage of this option, should complete and submit the order form (available at <http://www.elsevier.com/locate/openaccessform.pdf>). Whatever access option you choose, you retain many rights as an author, including the right to post a revised personal version of your article on your own website. More information can be found here: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

## Language Services

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

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

## Submission

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

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

## Referees

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

## Page Charges

Aquatic Botany has no page charges.



## Preparation

### Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. 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.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be 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 400 words. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separate from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, they must be cited in full, without reference to the reference list. Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

### Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of  $531 \times 1328$  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.

See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples. Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best

presentation of their images also 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 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). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

## Keywords

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

## Abbreviations

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

## Acknowledgements

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

## Nomenclature and Units

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

## Footnotes

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

*Table footnotes*

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

## **Artwork**

### ***Electronic artwork***

#### *General points*

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

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:  
<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

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

#### *Formats*

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

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

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

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

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

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is'.

#### **Please do not:**

- Supply files that are optimised for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;

- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

### ***Color artwork***

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

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

### ***Figure captions***

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

### **Tables**

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

### **References**

#### ***Citation in text***

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

#### ***Web references***

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

### ***References in a special issue***

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

### ***Reference management software***

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

## **Reference Style**

### *Text:*

All citations in the text should refer to:

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

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

*Use the following system for arranging your references:*

- a. For periodicals

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

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

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

c. For books

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

d. For multi-author books

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

In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added. Work accepted for publication but not yet published should be referred to as "in press". References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

### *Journal abbreviations source*

Journal names should be abbreviated according to Index Medicus journal abbreviations: <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>;

List of title word abbreviations: <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>;  
CAS (Chemical Abstracts Service): <http://www.cas.org/sent.html>.

### **Video data**

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image.

These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the

electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

### **Supplementary data**

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

### **Linking to and depositing data at PANGAEA**

Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA ([⇒ http://www.pangaea.de](http://www.pangaea.de)). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: [⇒ doi:10.1016/0016-7037\(95\)00105-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00105-9). Please use PANGAEA's web interface to submit your data ([⇒ http://www.pangaea.de/submit/](http://www.pangaea.de/submit/)).

### **Submission checklist**

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

#### **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
- Telephone and fax numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions

- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

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

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



**After Acceptance**

### **Use of the Digital Object Identifier**

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. The correct format for citing a DOI is shown as follows (example taken from a document in the journal *Physics Letters B*): doi:10.1016/j.physletb.2010.09.059

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

### **Proofs**

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

If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return to Elsevier in an e-mail.

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

## Offprints

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

## Author's Discount

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



## Author Inquiries

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission) please visit this journal's homepage. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You can also check our Author FAQs (<http://www.elsevier.com/authorFAQ>) and/or contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.