



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
CAMPUS SENADOR HELVÍDIO NUNES DE BARROS  
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



**JOÃO PAULO DA SILVA OLIVEIRA**

**RESPOSTA DA ESTRUTURA DE ASSEMBLEIAS DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS  
À INFLUÊNCIA URBANA**

PICOS

2018

JOÃO PAULO DA SILVA OLIVEIRA

**RESPOSTA DA ESTRUTURA DE ASSEMBLEIAS DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS  
À INFLUÊNCIA URBANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Lima Sales

PICOS

2018

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí**  
**Biblioteca José Albano de Macêdo**

**O482r** Oliveira, João Paulo da Silva.  
Resposta da estrutura de assembleias de macrófitas aquáticas à influência urbana / João Paulo da Silva Oliveira.– 2018.  
CD-ROM : il.; 4 ¾ pol. (32 f.)  
Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Piauí, Picos, 2019.  
Orientador(A): Prof. Dr. Paulo César Lima Sales

1. Macrófitas. 2. Rio Itaim. 3. RDA. 4. Diversidade. I. Título.

**CDD 581.76**

JOÃO PAULO DA SILVA OLIVEIRA

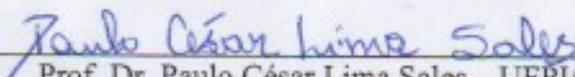
**RESPOSTA DA ESTRUTURA DE ASSEMBLEIAS DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS  
À INFLUÊNCIA URBANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

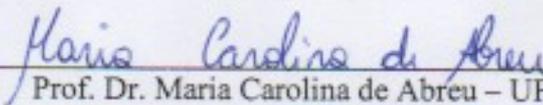
Orientador: Prof. Dr. Paulo César Lima Sales

Aprovado em 30 de Novembro de 2018.

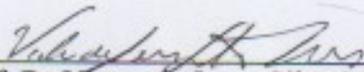
**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Dr. Paulo César Lima Sales – UFPI/ CSHNB  
Orientador



Prof. Dr. Maria Carolina de Abreu – UFPI/CSHNB  
Membro



Prof. Dr. Victor de Jesus Silva Meireles – UFPI/ CSHNB  
Membro

PICOS

2018

Dedico este trabalho a todos os meus familiares.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente, a Deus por ter me proporcionado esta oportunidade de grande aprendizado e crescimento e por sempre me acompanhar durante todo o processo. Sem ele eu nada seria, agradeço por todos os dias que pude acordar e ter força o suficiente para lutar pelos meus sonhos. Obrigado Deus.

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais MARIA CLEMILDA e JOÃO BATISTA, pelo amor, carinho e compreensão. A minha tia FRANCISA e irmã LORENNNA por sempre me apoiarem e transmitindo força em todos os momentos.

Agradeço imensamente ao meu orientador PAULO CESAR LIMA SALES por proporcionar os meios para a conclusão deste trabalho, pelo aprendizado e por todas as oportunidades proporcionadas. Me ensinou a ser uma pessoa, mais observadora, e a sempre questionar, contribuindo para minha formação intelectual, senso crítico e formação como pessoa e sempre buscando todo nosso potencial.

Agradeço aqueles que de alguma forma contribuíram para finalização deste trabalho, em especial Natanael, Antônio Reis e Esdras Rafael.

A minha grande amiga, nessa jornada Kariely Gonçalves por ter proporcionado momentos de alegria, aprendizados, com quem compartilhei vários momentos, as nossas provas e trabalhos juntos, aos momentos de café e estudos. Obrigado por ter entrado na minha vida.

Aos professores da graduação pelo conhecimento adquirido.

Aos meus colegas e amigos de classe pela troca de ideias, contribuições, em especial Antônia Nizete do Nascimento, Amanda Meneses da Silva, Deyse Belmiro Lins.

Você já viu um homem perito em seu trabalho? Ele será apresentado para servir a reis, e não a pessoas sem importância.

Provérbios 22:29

## RESUMO

Macrófitas aquáticas são vegetais que habitam desde brejos até ambientes totalmente submersos, podendo ser utilizadas para diminuir processos de eutrofização devido à sua capacidade de transferir, degradar ou isolar substâncias tóxicas do meio. Diante disso, o presente estudo se propôs a (a) testar a influência das variáveis ambientais sobre a cobertura de macrófitas em ambiente lótico rural e urbano, bem como (b) descrever a diferença da estrutura das assembleias de macrófitas nesses ambientes no rio Itaim, município de Itainópolis-PI. Foram realizadas amostragens em nove pontos no rio Itaim: três antes da zona urbana, três na zona urbana e três após a zona urbana. Em cada ponto, foram montados transectos, separados por 15 metros entre si, de uma margem a outra do rio. Em cada transecto, foram instalados quadrantes medindo 1 m<sup>2</sup>, separados por dois metros. Em cada quadrante, as macrófitas foram amostradas e o percentual de cobertura anotada. Durante a amostragem, foram mensurados: temperatura da água, oxigênio saturado e dissolvido, pH, condutividade e sólidos totais dissolvidos e alíquotas de água para determinação do fosfato, fósforo total e amônia. Uma análise de redundância foi realizada para identificar a influência das variáveis ambientais sobre a cobertura de macrófitas. A diversidade foi acessada pelo índice de diversidade de Simpson e estimadores utilizados para acessar a riqueza. A cobertura de macrófitas aquáticas não foi influenciada por fatores ambientais e setores do rio menos associados com descarga de efluentes urbanos apresentaram uma maior riqueza e diversidade quando comparados com ambientes de zona urbana ou sob influência dela.

**Palavras-chave:** Macrófitas; Rio Itaim; RDA; Diversidade

## ABSTRACT

Aquatic macrophytes are plants that live in swamps to totally submerged environments and can be used to reduce eutrophication processes due to their ability to transfer, degrade or isolate toxic substances from the environment. Therefore, the present study proposed (a) to test the influence of environmental variables on macrophyte cover in a rural and urban lotic environment, as well as (b) to describe the difference in macrophyte assemblage structure in these environments in the Itaim river, municipality of Itainópolis-PI. Samples were taken at nine points on the Itaim river: three before the urban zone, three in the urban zone and three after the urban zone. At each point, transects were mounted, separated by 15 meters between them, from one margin to another of the river. In each transect, quadrants were installed measuring 1 m<sup>2</sup>, separated by two meters. In each quadrant, the macrophytes were sampled and the percentage coverage was recorded. During the sampling, water, saturated and dissolved oxygen, pH, conductivity and total dissolved solids and aliquots of water were measured for phosphate, total phosphorus and ammonia determination. An redundancy analysis was performed to identify the influence of environmental variables on macrophyte coverage. Diversity was accessed by Simpson's diversity index and estimators used to access wealth. The coverage of aquatic macrophytes was not influenced by environmental factors and river sectors less associated with the discharge of urban effluents presented greater richness and diversity when compared to urban environments or under their influence.

**Keywords:** Macrophytes; Itaim River; RDA; Diversity

## SUMÁRIO

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>11</b> |
| <b>2</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....  | <b>13</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Macrófitas aquáticas</b> .....   | <b>13</b> |
| <b>2.2</b> | <b>Efeitos da urbanização</b> .....   | <b>15</b> |
| <b>2.3</b> | <b>Fatores ambientais relacionados ao desenvolvimento de macrófitas</b> ..... | <b>16</b> |
| <b>3</b>   | <b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....  | <b>18</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Área de estudo</b> .....   | <b>18</b> |
| <b>3.2</b> | <b>Amostragem</b> .....   | <b>18</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Análise dos dados</b> .....  | <b>19</b> |
| <b>3.4</b> | <b>Tratamento estatístico dos dados</b> .....                                 | <b>19</b> |
| <b>4</b>   | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....   | <b>20</b> |
| <b>5</b>   | <b>CONCLUSÃO</b> .....  | <b>28</b> |
| <b>6</b>   | <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | <b>29</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o aumento do crescimento humano sem a preocupação com o meio ambiente levou a uma rápida deterioração dos recursos hídricos. A qualidade dos recursos hídricos é um problema importante por ser um recurso essencial e finito (MORAES; JORDÃO, 2002). Nesse contexto, as plantas aquáticas possuem importantes funções para a manutenção do equilíbrio dos ambientes aquáticos, pois atuam na proteção e estabilização das margens de rios, reduzindo os efeitos da erosão (RODELLA et al., 2006).

Macrófitas aquáticas possuem grande importância ecológica nas comunidades e sistemas de água doce tropicais. Elas atuam no armazenamento de nutrientes e no fluxo de energia, representando a base das teias alimentares em cadeias tróficas de herbivoria e detritivoria (THOMAZ, 2002).

O termo macrófitas aquáticas constitui uma designação geral para os vegetais que habitam desde brejos até ambientes totalmente submersos, tais como de águas doce, salobra e salgada, ambientes de água estacionária e corrente, sendo capazes de suportar longos períodos de seca (MOURA; FRANCO; MATALLO, 2009).

As macrófitas podem ser classificadas em submersas, emergentes, com folhas flutuantes e flutuantes livres (ESTEVES, 2011). Estas plantas são essenciais ao perfeito equilíbrio do ambiente aquático, sustentando um elevado número de organismos, diminuindo a turbulência das águas e, conseqüentemente, sedimentando os materiais em suspensão, principalmente naqueles pontos onde a mata ciliar foi suprimida (MOURA; FRANCO; MATALLO, 2009).

Várias pesquisas têm sido realizadas com macrófitas aquáticas em seus mais variados aspectos.: Dhote e Dixit (2007) verificaram no lago Shahpura, Bhopal, se espécies de *Eichhornia crassipes* e *Hydrilla verticillata* são capazes de melhorar a qualidade da água, diminuindo a concentração de nutrientes. Ambas as espécies mostram sua eficácia no melhoramento da qualidade da água. Além desses aspectos, macrófitas podem ser utilizadas para diminuir os processos de eutrofização devido à sua capacidade de transferir, degradar ou isolar substâncias tóxicas do meio ambiente (LIMA, 2005). Pompêo (2008) afirma que estudos com essa comunidade não podem ser negligenciados.

Muito tem sido estudado sobre as influências dos distúrbios antrópicos nos ecossistemas aquáticos, mas em algumas regiões são pouco estudadas, como em ambientes lóticos essas informações são pouco conhecidas (DODDS; COLE, 2007; WILLIAMSON et al., 2008). Assim são necessários mais estudos para aprimorar o entendimento entre a relação

das atividades humanas e resposta ecológica do estado trófico em ambientes aquáticos lóticos (DODDS, 2007; SMITH; TRAN, 2010).

Diante do exposto, pesquisas voltadas para ajudar na compreensão dos efeitos das ações urbanas na comunidade de macrófitas aquáticas torna-se relevante a medida que vem ocorrendo o aumento de áreas urbanas afetando o meio ambiente, trabalhos assim são importantes para contribuir na preservação de espécies. O rio Itaim, no município de Itainópolis torna-se um excelente campo de estudos para verificação da influência urbana na assembleia de macrófitas, pois é um lugar onde possui áreas com atividades agrícolas, lugares preservados, e com dejetos urbanos sendo eliminados no rio, assim podendo-se realizar estudos para contribuir com o conhecimento dos organismos produtores. Assim na realização desse trabalho foi verificado que existem poucos trabalhos ecológicos relacionados a macrófitas aquáticas no estado do Piauí, como trabalhos ecológicos podemos citar Deus (2016) que avaliou a composição e distribuição de macrófitas e sua relação aos fatores bióticos no estado do Piauí, sendo que os ambientes analisados foram distintos em relação a composição e riqueza de espécies. Podemos citar também trabalhos voltados para levantamento florísticos e biomassa de macrófitas, como o de Santos et al. (2017) que avaliaram em um rio temporário no semiárido nordestino a biomassa de macrófitas e identificaram as espécies.

Dessa forma, o presente estudo partiu das hipóteses de que (i) a cobertura de macrófitas aquáticas do rio Itaim, no município de Itainópolis-PI é influenciada pelas variáveis físicas e químicas do ambiente, e que (ii) a estrutura de assembleias de macrófitas em ambiente urbano apresenta composição, riqueza e diversidade diferente em relação a ambientes rurais. Dessa forma, a pesquisa teve como objetivos (a) testar a influência das variáveis físicas e químicas sobre a cobertura de macrófitas em ambiente rural e urbano em ambiente lótico, bem como (b) descrever a diferença da estrutura de assembleias de macrófitas em ambiente rural e urbano no rio Itaim, município de Itainópolis-PI.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Macrófitas aquáticas

As macrófitas aquáticas são originalmente vegetais terrestres que sofreram modificações adaptativas para colonizar ambientes aquáticos (ESTEVES, 2011). Pott e Pott (2000) ressaltam que elas podem viver na água, ou plantas da margem que tem relação com a água em grande quantidade. Para Esteves (2011) estes vegetais podem colonizar diversos habitats desde brejos e até ambientes aquáticos. A comunidade de macrófitas aquáticas pode ser classificada em: (a) macrófitas aquáticas emersas ou emergentes, (b) macrófitas aquáticas, (c) submersas enraizadas, (d) submersas livres e (e) macrófitas aquáticas flutuantes (ESTEVES, 2011).

Thomaz et al. (1999) ressaltam que plantas aquáticas possuem uma capacidade de colonizar diferentes ambientes aquáticos e isso está relacionado com suas adaptações morfofisiológicas. Desta forma, as maiores adaptações para a sobrevivência no ambiente aquático foram desenvolvidas pelas plantas submersas que, diferentemente das flutuantes e emergentes, encontram seus requerimentos quase que totalmente na água e sedimento (PIERINI; THOMAZ, 2004).

Estas plantas são essenciais ao perfeito equilíbrio do ambiente aquático, sustentando um elevado número de organismos, diminuindo a turbulência das águas e, conseqüentemente, sedimentando os materiais em suspensão, principalmente naqueles pontos onde a mata ciliar foi suprimida. São também utilizadas como substrato para a desova e refúgio de vários organismos aquáticos, como peixes e insetos. As macrófitas desempenham um papel fundamental na estruturação dos ecossistemas de água doce, uma vez que são habitat e alimento para muitos organismos. Desta forma, a preservação das macrófitas aquáticas torna-se fundamental para a manutenção da biodiversidade dos ambientes aquáticos (BURNHAM; OVERTON 1978; MOURA; FRANCO; MATALLO, 2009).

Os ecossistemas aquáticos continentais brasileiros, em sua maioria com extensas regiões litorâneas, são propícios à ocorrência de macrófitas aquáticas (BIUDES; CAMARGO, 2010). Essas plantas aquáticas desempenham importantes funções para manutenção do equilíbrio de ambientes aquáticos. Elas são um elo fundamental da cadeia alimentar, promovem a oxigenação da água e a absorção de nutrientes, além de constituírem locais de refúgio para peixes e outros organismos. Também atuam na proteção e estabilização das

margens de corpos hídricos, minimizando os efeitos da ação erosiva de ondas (BIUDES; CAMARGO, 2010; CAMPELO et al., 2011).

O aumento de substâncias tais como fosfato, amônia e nitrato, que são encontrados em baixa disponibilidade no ambiente e as concentrações de nitrogênio e fósforo são os fatores determinantes na distribuição (ESTEVES, 2011). Normalmente o abastecimento de nutrientes ocorrem sem planejamento ou controle, e geram várias consequências nos recursos hídricos, tais como a eutrofização. Concomitante às entradas de nutrientes, é comum o carreamento de substâncias tóxicas usualmente empregadas na agricultura. A intensa proliferação de macrófitas aquáticas produz elevada quantidade de matéria orgânica que, quando se decompõe, libera nutrientes para o ambiente e deste modo, incrementam temporalmente a velocidade da fertilização das águas (BIANCHINI JR.; CUNHA-SANTINO, 2008)

Quando o equilíbrio é alterado pode acontecer um rápido e exagerado desenvolvimento dessas plantas aquáticas. Outras possíveis causas do desenvolvimento desordenado das espécies de plantas aquáticas são o lançamento de efluentes de origem urbana ou industrial e o transporte de fertilizantes utilizados na agricultura para os corpos hídricos, o que contribui para a eutrofização dos ambientes aquáticos (RODELLA et al., 2006).

A distribuição e a abundância das macrófitas aquáticas são determinadas, entre outros fatores, pela composição dos sedimentos, turvação das águas, disponibilidade de nutrientes e ação dos herbívoros. Nos ambientes aquáticos tropicais, normalmente, as condições climáticas tendem a favorecer o crescimento das plantas aquáticas; dentre elas citam-se: as temperaturas médias altas e as intensas radiações solares. Além desses fatores, ocorrem, ainda, ações antrópicas que podem induzir o aparecimento de condições favoráveis para o desenvolvimento destes vegetais; dentre as quais citam-se: a construção de reservatórios artificiais e a eutrofização (BIANCHINI JR.; CUNHA-SANTINO, 2008).

A integridade dos ambientes aquáticos é prejudicada por ações antrópicas que influenciam, negativamente, desde os pequenos até os grandes corpos hídricos. Atualmente existe um grande interesse em avaliar o efeito que as alterações antrópicas causam no sistema aquáticos a sua biota (CASTRO, 2007).

Os estudos dos ecossistemas aquáticos continentais brasileiros apresentaram um grande avanço nas últimas décadas. No entanto, os primeiros limnólogos brasileiros foram fortemente influenciados pelos estudos realizados em países europeus e da América do Norte, e a maioria dos estudos foi realizada com a assembleia planctônica. Somente após a década de 90 as pesquisas sobre macrófitas aquáticas se tornaram mais frequentes no Brasil (THOMAZ;

BINI, 2003). Thomaz e Bini (2003) ressaltam que estudos no Brasil têm focado mais em ambientes lênticos e reservatórios com menos estudos destinados aos ambientes lóticos.

## **2.2 Efeitos da urbanização**

Com o aumento de áreas urbanas, podem ser observados muitas alterações no meio ambiente, levando a modificações no ciclo hidrológico, considerando a quantidade e qualidade dos corpos de água em meio urbano. Essas modificações referem-se à necessidade de coletar água para abastecer sua população, a liberação dos efluentes e a supressão e transformação da cobertura vegetal para a área urbana (CASTRO, 2007).

Os ecossistemas aquáticos têm sido modificados devido aos impactos ambientais originados das atividades antrópicas, com os rios, córregos, lagos e reservatórios sofrendo alterações decorrente das atividades humanas. A água doce é um recurso finito, correspondendo a 1% da água de toda a Terra, isso gera uma preocupação em relação a escassez. No Brasil encontram-se as mais extensas bacias hidrográficas do mundo sendo as principais causas de degradação dos recursos de água doce os esgotos domésticos e industriais (MCALLISTER et al., 1997; MANCUSO; SANTOS, 2003; CALLISTO; MORENO, 2004; MILESI et al., 2006; ESTEVES, 2011). A emissão de efluentes domésticos acarreta problemas como depósitos de sedimentos, diminuição do oxigênio dissolvido, contaminação por organismos patogênicos, eutrofização, danos causados a presença de tóxicos (CASTRO, 2007).

No Brasil, a maior parte dos esgotos são despejados diretamente nos corpos d'água sem passar antes por um tratamento adequado. Essa maneira de urbanização que é adotada ao longo das bacias hidrográficas no Brasil tem sido a causa de muitos problemas ambientais, além de trazer consequências ao homem (POMPEU et al., 2004). Essa intensa urbanização, a alta descarga de efluentes urbanos sem tratamento, o uso descontrolado dos recursos hídricos para a utilização agrícola, domésticos e industriais, e a decorrente poluição da água, são considerados os principais problemas a serem enfrentados (TUCCI, 2008).

Desse modo a poluição tem alterado as características físicas, químicas e biológicas da água, do solo e do ar que podem afetar a sobrevivência e o comportamento das comunidades, porque os parâmetros da água são elementos fundamentais para o sucesso da colonização e estabelecimento das comunidades biológicas em ambientes lóticos (CALADO, 2011; SANTOS, 2014). Sendo que as atividades antrópicas influenciam as características químicas, físicas e biológicas de um rio, decorrentes do excessivo despejo de esgotos. Dessa forma a

verificação sobre a estrutura de comunidades biológicas com a avaliação dos parâmetros físico-químicos são utilizados para constatar a qualidade da água, sendo os parâmetros: turbidez, Ph, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos e entre outros (GOULART; CALLISTO, 2003; BARRETO, 2013; SANTOS, 2014; DURIGON, 2015).

### **2.3 Fatores ambientais relacionados ao desenvolvimento de macrófitas**

O desenvolvimento de macrófitas aquáticas é influenciado por fatores bióticos e abióticos, entre os principais fatores abióticos estão: temperatura, vento, precipitação, disponibilidade de luz, características do substrato, concentração de nutrientes (nitrogênio e fósforo), condutividade, pH e variação do nível de água. Entre os fatores bióticos podemos citar: competição interespecífica e intraespecífica, herbívora, potencial de dispersão e colonização de cada espécie. As respostas das macrófitas aos fatores abióticos em conjunto com os bióticos determinam as bases da diversidade e abundância das comunidades. Em relação à dispersão desses vegetais, dependendo da intensidade e da direção, os ventos podem se constituir em agentes de disseminação ou de contenção das macrófitas flutuantes. No caso das espécies submersas, os efeitos da hidrodinâmica equivalem a ação dos ventos para a dispersão dos propágulos (LACOU; FREEDMAN, 2006; BIANCHINI JR.; CUNHA-SANTINO, 2008).

#### **Temperatura**

A temperatura da água é um importante fator que influencia a distribuição e produtividade de plantas aquáticas, pois ela afeta a sua fisiologia, assim ela é uma variável essencial no controle do crescimento e da atividade fotossintética das macrófitas. Elas podem ocorrer em lugares de climas temperados a tropicais, pois muitas delas possuem uma extensa faixa de tolerância a temperatura, sendo que cada uma possui seu valor de temperatura ideal (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003; ROONEY; KALFF, 2000).

#### **Disponibilidade de luz**

Nos ecossistemas aquáticos a disponibilidade de luz é fundamental para qualquer planta, pois a luz atua inibindo ou aumentando o crescimento de plantas de acordo com cada espécie (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003).

A entrada de luz na coluna de água possui uma relação propícia com a transparência da água, que por sua vez esta possui uma relação desfavorável com a turbidez. Águas mais claras recebem uma maior quantidade de luz, que é a principal condição para a colonização de espécies submersas (BINI; THOMAZ, 2005).

### **Variação do nível da água**

A repentina mudança do nível da água em rios e reservatórios pode atuar como condição limitante a produtividade de macrófitas aquáticas. A velocidade da corrente de água é essencial para a ocorrência de macrófitas em ambientes lóticos, sendo um fator determinante pois ela influencia no crescimento e a ocorrência das macrófitas aquáticas. Para espécies flutuantes a força da correnteza age na sua distribuição, podendo impossibilitar a formação de bancos de plantas, enquanto nas espécies enraizadas a influência acontece sobre a estabilidade do solo, que pode ser alterada por processos erosivo ou pela sedimentação (CHAMBERS et al., 1991; CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003).

### **Concentração de fósforo e nitrogênio**

Os elementos fósforos e nitrogênio são componentes das moléculas que agem no processo metabólico das macrófitas aquáticas, sendo o fósforo um dos integrantes do composto responsável pelo armazenamento de energia nas células e o nitrogênio está presente nas proteínas. Ambos os elementos fazem parte dos mais importantes processos fisiológicos das plantas como a fotossíntese e respiração. Desse modo a concentração desses elementos no ecossistema aquático pode favorecer limites ou a produtividade primária dessas plantas. De acordo com o biótipo da planta ela pode extrair os nutrientes essenciais direto da coluna no caso das flutuantes e submersas livres e as emergentes e fixas retiram do sedimento de água (LARCHER, 2000; DODDS, 2002; THOMAZ, 2002; KOBAYASHI; THOMAZ; PELICICE, 2008).

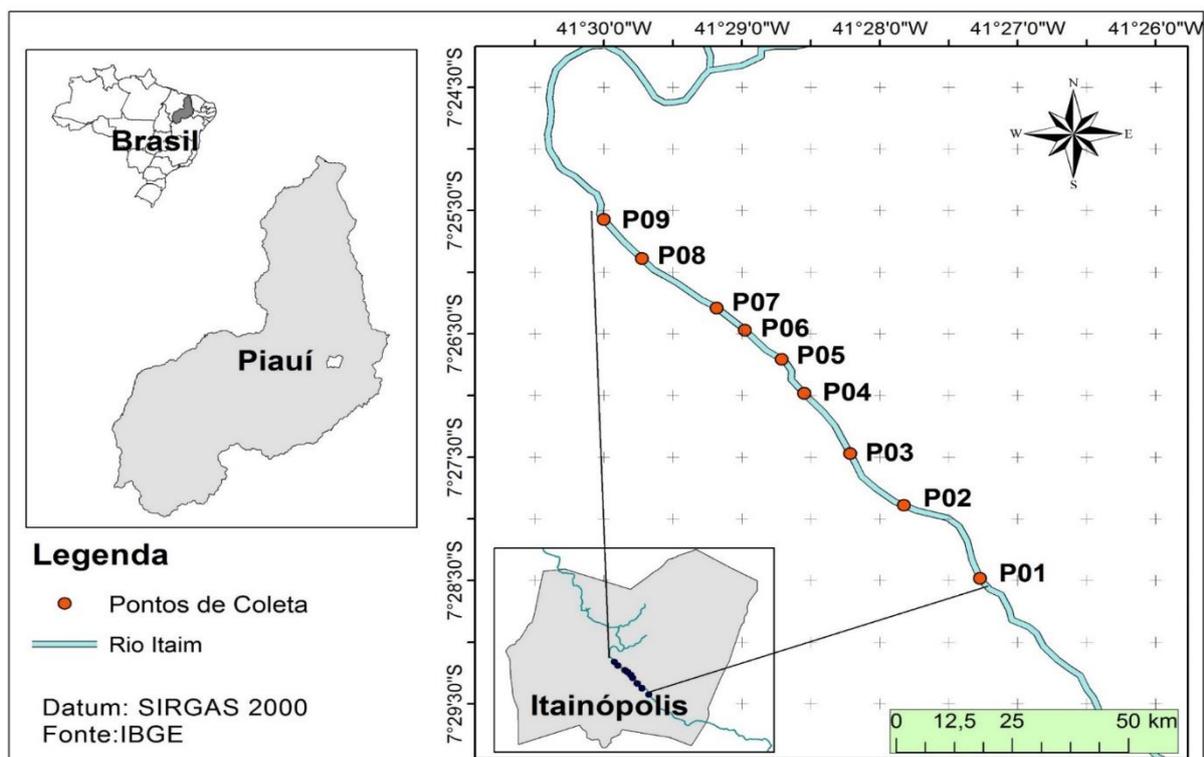
Um grande acúmulo dos nutrientes fósforo e nitrogênio indicam poluição por matéria orgânica. O que pode levar a um processo de eutrofização que uma grande concentração desses nutrientes pode ter origem de fertilizantes na agricultura, que por processos de lixiviação chega até os corpos de água em que ocorre, assim levando a uma diminuição do oxigênio dissolvido, provocando a perda da diversidade local (MALIK; NADEM, 2011; VON SPERLING, 1996).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Itainópolis, estado do Piauí (Figura 1). O município possui uma população de 11.343 habitantes e extensão territorial de 827,621 km<sup>2</sup> (IBGE, 2018). A cidade é cortada pelo rio Itaim, afluente do Canindé, que nasce a 700 m de altitude, no município de curral Novo do Piauí num prolongamento da Serra Dois Irmãos (CEPRO, 2015).

Figura 1: Mapa mostrando o rio Itaim e os pontos de coleta



Modificado pelo Autor (2018).

#### 3.2 Amostragem

As coletas foram realizadas em julho de 2018, no rio Itaím, município de Itainópolis. Para a amostragem, foram selecionados nove pontos distribuídos de forma equidistante em três setores do rio: antes da zona urbana (Prézu), zona urbana (Zur) e após a zona urbana (Pószu). Em cada ponto, foram montados transectos, separados paralelamente por 15 metros entre si, de uma margem a outra do rio. Em cada transecto, foram instalados quadrantes

medindo 1 m x 1m, separados entre si por dois metros. Em cada quadrante, foram anotadas a cobertura em percentual e as macrófitas coletadas para identificação. Durante a amostragem, foram mensurados *in situ*: temperatura da água, oxigênio saturado e dissolvido, pH, condutividade e sólidos totais dissolvidos. Alíquotas de 0,5 litro de água em duplicatas foram coletadas na subsuperfície da coluna de água para determinação dos nutrientes totais (fósforo) e dissolvidos (amônia e fosfato), este último após filtração em filtros de microfibras de vidro.

### **3.3 Análise dos dados**

A identificação das espécies foi realizada a partir do reconhecimento de suas estruturas vegetativas e reprodutivas, com o uso das seguintes bibliografias: Sousa e Lorenzi (2012) e Pott e Pott (2000) e auxílio de especialista. Para determinação dos nutrientes, foram utilizados os métodos do fenato para amônia, do ácido ascórbico para fosfato e fósforo total, de acordo com o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 1998).

### **3.4 Tratamento estatístico dos dados**

Uma análise de redundância (RDA) foi realizada para identificar a influência das variáveis ambientais sobre a cobertura de macrófitas aquáticas. Esta análise avalia a distribuição de espécies ao longo de gradientes ambientais, e tem como principal objetivo identificar a influência de variáveis ambientais sobre os padrões de composição e abundância das espécies em uma comunidade (PROVETE; SILVA; SOUSA, 2011).

Um teste de permutação foi realizado para verificar a significância dos resultados da RDA, sendo feita 1000 permutações sobre a matriz de densidade de espécies, segundo Legendre e Legendre (2012). Para acessar a diversidade de espécies em cada ambiente, foi utilizado o índice de diversidade de Simpson (1/D) (MAGURRAN, 2013).

Todas as análises foram realizadas no software livre R (2016), no pacote ‘vegan’ (OKSANEN et al., 2016).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo realizado no rio Itaim permitiu acessar a cobertura e estrutura da comunidade de macrófitas em três setores do rio: na zona urbana (Zur) e antes (Prézu) e após (Pószu) zona urbana.

A análise de redundância (RDA) ilustra uma clara separação entre os três setores do rio (Figura 2). O primeiro e segundo eixo da RDA correspondem, respectivamente, a 19,7% e 29,8% da proporção da variância nos dados. Juntos, são responsáveis por 49,5% desta proporção (Tabela 1). O primeiro eixo da RDA divide claramente os setores Prézu e Zur do setor Pószu. O setor Pószu mostra-se como uma intersecção entre os outros dois setores. O segundo eixo da RDA separa os pontos 1,2,5 e 6 do rio dos demais pontos.

**Tabela 1** - Espécies e escores com os componentes 1 e 2 da RDA.

| ESPECIES                       | ESCORES  |           |
|--------------------------------|----------|-----------|
|                                | RDA1     | RDA2      |
| <i>Salvinia auriculata</i>     | 0,06715  | -0,180641 |
| <i>Najas sp</i>                | 0,08333  | 0,040709  |
| FABACEA                        | 0,06357  | -0,027635 |
| POACEA1                        | -0,12086 | 0,241022  |
| POACEA2                        | -0,04984 | 0,090654  |
| MELASTOMATACEAE1               | -0,05568 | 0,09667   |
| <i>Paspalum sp1</i>            | 0,06314  | 0,117557  |
| <i>Paspalum sp2</i>            | -0,01664 | 0,04676   |
| <i>Hydrocotyle bonariensis</i> | -0,13226 | 0,220031  |
| <i>Pistia sp</i>               | -0,0313  | 0,062074  |
| <i>Eleocharis geniculata</i>   | 0,20867  | -0,004797 |
| <i>Chara sp</i>                | 0,47468  | 0,047277  |
| <i>Azolla caroliniaceae</i>    | 0,09751  | 0,051304  |
| <i>Ludwigia</i>                |          |           |
| <i>helminorrhiza</i>           | -0,32046 | -0,003539 |
| <i>Neptunia sp</i>             | -0,0332  | 0,043893  |
| <i>Paspalum notatum</i>        | -0,09812 | 0,103644  |
| <i>Pistia stratiotes</i>       | -0,16306 | -0,290283 |
| <i>Sphenoclea zeylanica</i>    | -0,07338 | 0,11822   |
| <i>Brachiaria sp</i>           | -0,20824 | -0,210375 |
| <i>Hygrophila sp</i>           | -0,05538 | 0,074257  |
| ACANTHACEAE                    | -0,02697 | 0,037223  |
| <i>Mikania cardiophylla</i>    | -0,16376 | -0,099698 |
| <i>Hydrolea spinosa</i>        | -0,0132  | 0,037104  |
| <i>Hudwigia grandiflora</i>    | -0,04828 | 0,01299   |

|  |          |           |
|--|----------|-----------|
| <i>Ruellia bahiensis</i>               | -0,02131 | -0,024233 |
| <i>Cyperus.sp</i>                      | -0,02697 | 0,037223  |
| <i>Echinodorus subalatus</i>           | -0,01664 | 0,04676   |
| <i>Echinochloa sp</i>                  | -0,0181  | 0,02497   |
| <i>Ipomoea asarifolia</i>              | -0,03795 | 0,022527  |
| <i>Luziola sp</i>                      | -0,0332  | 0,043893  |
| <i>Hymenachne<br/>amplexicaulis</i>    | 0,15616  | -0,067887 |
| <i>Steinchisma laxum</i>               | -0,01664 | 0,04676   |
| <i>Panicum sp</i>                      | -0,04046 | 0,055835  |
| <i>Alternanthera<br/>philoxeroides</i> | -0,0332  | 0,043893  |
| <i>Aeschynomene sp</i>                 | -0,0332  | 0,043893  |
| <i>Heptochlos sp</i>                   | -0,0181  | 0,02497   |
| <i>Myrcia sp</i>                       | -0,0332  | 0,043893  |
| <i>Ipomoeae.sp</i>                     | -0,0332  | 0,043893  |
|  | RDA1     | RDA2      |
| Eigenvalue                             | 0.152    | 0.1003    |
| Proportion explained                   | 0.298    | 0.1965    |

O setor Zur apresentou a maior variação nos dados, influenciado principalmente pelo quarto ponto de coleta. A ordenação também ilustra que os pontos 1, 2, 5 e 6 são mais similares em termos de estrutura de comunidade de macrófitas (interseção entre os polígonos Prézu e Zur, símbolos azul e verde).

A maior variação dos dados no setor Zur está relacionado principalmente às características do ponto 4. Este ponto apresenta em uma de suas margens um chiqueiro de porcos e um plantio de capim, além de ser utilizado para a pesca, sendo notavelmente marcado pela ação antrópica. As principais consequências na produção de suínos é a contaminação do solo e águas superficiais e subterrâneas por nitrogênio e fósforo (BELLI et al., 2001). Por outro lado, a semelhança entre os pontos 1, 2, 5 e 6 pode estar relacionada a fatores como profundidade e distância entre as margens do rio.

Os nutrientes fosfato ( $\text{PO}_4^-$ ), fósforo total (PT) e amônia ( $\text{NH}_3^-$ ) foram mais associados ao setor Pószu, este apresentando pouca variação quando comparado aos outros setores do rio.

A maior associação desses nutrientes ao setor Pószu pode estar relacionada ao transporte dos mesmos ao longo do rio, os quais tornam-se mais concentrados à medida em que são transportados pela água do rio. Dessa forma, o setor Pószu recebe toda a carga de nutrientes advinda da zona urbana. Deus (2016) fala que o rio Itaim recebe altas cargas de

matéria orgânica tendo princípio doméstico porque esse município não possui tratamento adequado para os resíduos sólidos e líquidos.

Os táxons mais associados aos ambientes Pós-zu foram *Chara* sp (L) (Cha.sp), *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees. (Hy.amp), *Eleocharis geniculata* (L.) Roem. & Schult (El.gen) e *Salvinia auriculata* Aubl (As.aur). *Poaceae* (R.Br.) Barnh (POAC1), *Hydrocotyle bonariensis* Lam, (Hy.bon) e *Sphenoclea zeylanica* Gaertn (Sp.sph) foram mais correlacionadas com os pontos 1, 2, 5 e 6, enquanto *Brachiaria* (Trin.) Griseb. (Br.sp1) e *Pistia stratiotes* L. (Pi.str) foram mais representativas nos pontos 3 e 4 (Tabela 2).

O teste de permutação não foi significativo para os resultados da RDA, não havendo evidência suficiente para garantir que a cobertura de macrófitas aquáticas seja influenciada pelas variáveis físicas e químicas estudadas (Tabela 3). A não relação entre estrutura de comunidade e variáveis ambientais já foi observada em alguns estudos. Por exemplo, Balanson et al. (2005) compararam o número de espécies em áreas não urbanas e urbanas em 20 pontos do rio Cuyahoga em Ohio, Estados Unidos, analisando sua abundância e diversidade esses autores observaram que não houve uma correlação entre a proporção de nutrientes dos riachos e o grau de impacto nas comunidades de macrófitas. Diferentemente desses autores, no presente estudo não foi realizada a análise do nitrogênio, sendo que isso pode ter influenciado no resultado.

**Tabela 3-** Escores das variáveis abióticas com os componentes principais 1 e 2 da RDA.  
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

| Variáveis                    | Escore |          |
|------------------------------|--------|----------|
|                              | RDA1   | RDA2     |
| Ph                           | 0,7307 | 0,09483  |
| Total de sólidos dissolvidos | 0,4595 | -0,24462 |
| Condutividade                | 0,4424 | -0,34436 |
| Oxigênio                     | 0,8209 | 0,01441  |
| Temperatura                  | 0,7735 | -0,36377 |
| Fósforo Total                | 0,3465 | -0,62757 |
| Fosfato                      | 0,7218 | 0,10121  |
| Amônia                       | 0,5667 | 0,1509   |

**Tabela 2** – lista de família e espécies e forma de vida de macrófitas aquáticas do rio Itaim. Legenda: (A) Anfíbias, (EM) Emergentes, (F) Flutuantes, (FL) Flutuantes livres, (FF) Flutuantes fixas, (SF) Submersas fixas, (SL) Submersas livres.

| <b>Espécies/ família</b>                           | <b>Acrônimo</b> | <b>Formas biológicas</b> |
|--|-----------------|--------------------------|
| <b>Acanthaceae</b>                                 |                 |                          |
| <i>Hygrophila</i> sp.                              | Hy.sp           | A                        |
| <i>Ruellia bahiensis</i> (Ness) morong.            | Ru.bah.         | A                        |
| <b>Asteraceae</b>                                  |                 |                          |
| <i>Mikania cardiophylla</i> B.L. Rob.              | Mi.car.         | A/EM                     |
| <b>Alismataceae</b>                                |                 |                          |
| <i>Echinodorus subalatus</i> (Mart.) Griseb        | Ec.sub.         | EM                       |
| <b>Convolvulaceae</b>                              |                 |                          |
| <i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem.e Schult.   | Ip.asa.         | AN                       |
| <b>Amaranthaceae</b>                               |                 |                          |
| <i>Alternanthera philoxeroides</i> (mart.) Griseb. | Al.phi.         | EM/AN                    |
| <b>Araceae</b>                                     |                 |                          |
| <i>Pistia stratiotes</i> L.                        | Pi.str.         | FL                       |
| <b>Araliaceae</b>                                  |                 |                          |
| <i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam                 | Hy.bon.         | EM                       |
| <b>Azolla</b>                                      |                 |                          |
| <i>Azolla caroliniaceae</i> Wild.                  | Az.car.         | F                        |
| <b>Cyperaceae</b>                                  |                 |                          |
| <i>Eleocharis geniculata</i> (L)                   | El.gen.         | AN                       |
| <b>Characeae</b>                                   |                 |                          |
| <i>Chara</i> sp.                                   | Cha.sp          | SF                       |
| <b>Fabaceae</b>                                    |                 |                          |
| <i>Aeschynomene</i> sp.                            | Aes.sp.         | A                        |
| <i>Neptunia</i> sp                                 | Nep.sp          | A/EM                     |
| <b>Hydroleaceae</b>                                |                 |                          |
| <i>Hydrolea spinosa</i> L.                         | Hy.spi          | A/EM                     |
| <b>Myrtaceae</b>                                   |                 |                          |
| <i>Myrcia</i> sp                                   | Myr.sp          | EM                       |
| <b>Najadaceae</b>                                  |                 |                          |
| <i>Najas</i> sp                                    | Naj.sp          | SF                       |
| <b>Onagraceae</b>                                  |                 |                          |
| <i>Ludwigia helminorrhiza</i> (Mart.) Hara         | Hu.hel.         | FF                       |
| <b>Poaceae</b>                                     |                 |                          |
| <i>Echinochloa</i> sp                              | Ech.sp          | EM                       |
| <i>Luziola</i> sp.                                 | Luz.sp          | AN                       |
| <i>Paspalum</i> sp1                                | Pa.sp1          | AN/TR                    |
| <i>Paspalum</i> sp2                                | Pa.sp2          | AN/TR                    |
| <i>Paspalum notatum</i> Fluggé                     | Pa.not.         | FF                       |
| <i>Panicum</i> sp.                                 | Pan.sp          | EM                       |
| <i>Brachiaria</i> sp L (Trin.) Griseb              | Bo.sp.          | EM                       |
| <i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nus        | Hy.amp.         | AN                       |
| <i>Steinchisma laxum</i> (sw.) Zuloaga             | St.lax.         | E/A                      |
| <b>Salviniaceae</b>                                |                 |                          |
| <i>Salvinia auriculata</i> Aubl                    | As.aur.         | FL                       |

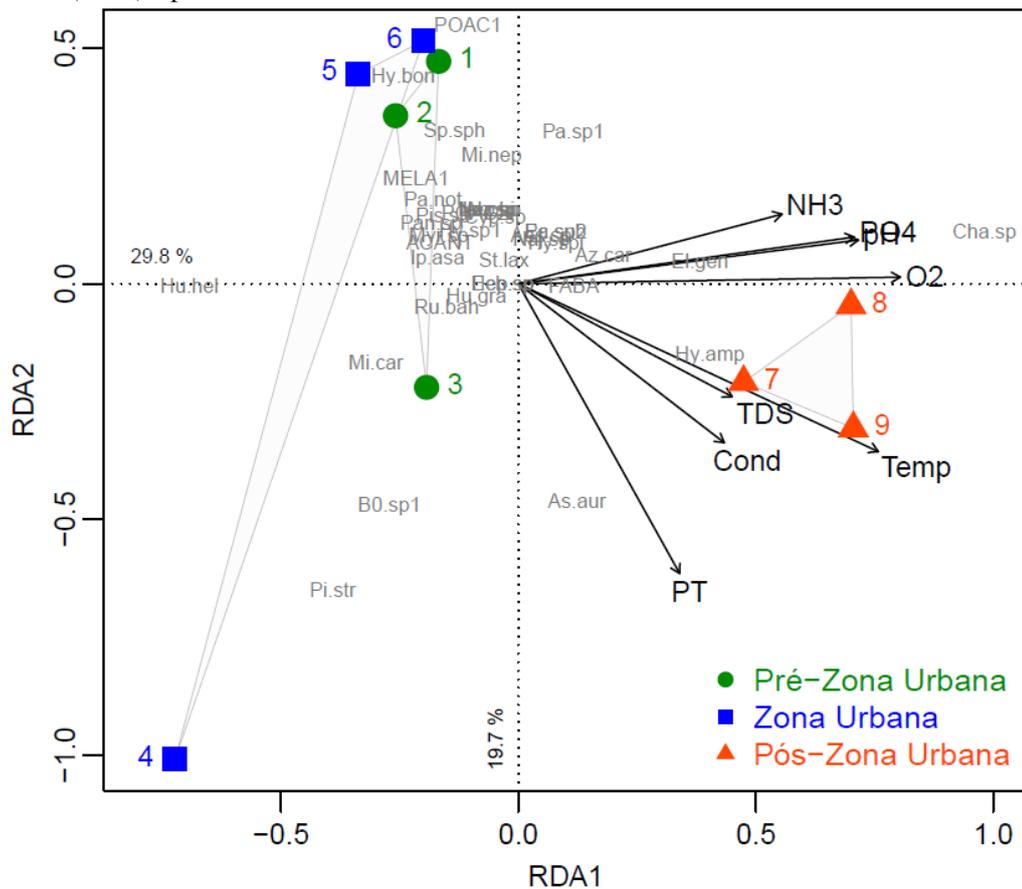
**Sphenocleaceae***Sphenoclea zeylanica* Gaertn.

Sp.sph.

EM

Além disso, outras variáveis não contempladas no estudo podem ter influenciado na estruturação de assembleias de macrófitas. Sossey-Alaoui e Rosillon (2013) realizaram um estudo no rio Walloon, na Bélgica descrevendo a distribuição das assembleias de macrófitas em relação aos parâmetros físico-químicos, observando a estrutura dessa assembleia em locais preservados e não preservados, e constataram que as condições ambientais adversas além da concentração de nutrientes, tais como solo e conservação da mata ciliar que podem ser agentes limitantes da abundância.

**Figura 2** - Análise de redundância (RDA) sobre matriz de cobertura de macrófitas em relação a matriz de variáveis ambientais entre setores do rio Itaim: Pré-Zona Urbana, Zona Urbana e Pós-Zona-Urbana. Fósforo total (PT), fosfato (PO4), oxigênio dissolvido (O2), sólidos totais dissolvidos (TDS), condutividade (Cond) e pH.



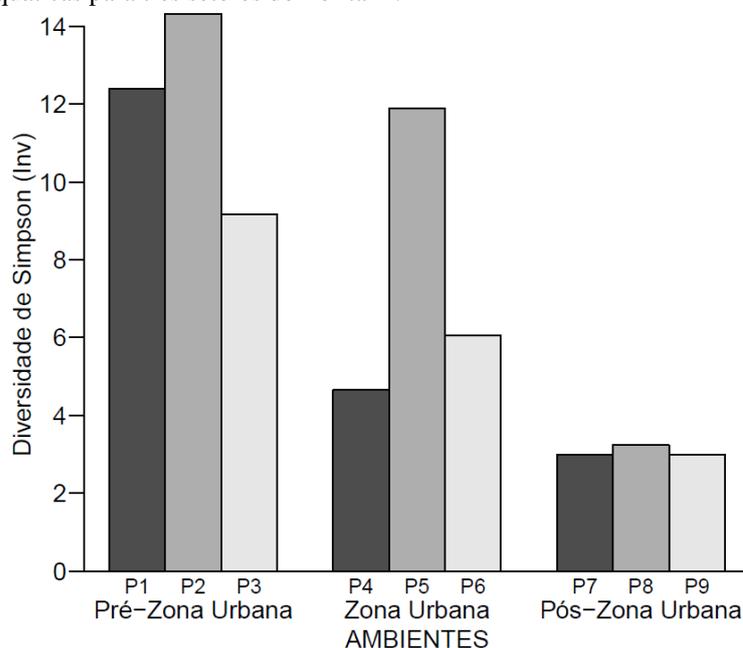
Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto a diversidade de espécies, os setores que apresentaram, respectivamente, a maior e a menor diversidade média foram o Prézu e o Pószu (Figura 3).

O mesmo padrão foi observado para riqueza de espécies (com a maior e menor riqueza sendo registradas nos setores Prézu e Pószu, respectivamente) e para a estimação da riqueza real em cada setor, exceto para o estimador Chao2, que prevê uma riqueza real no ambiente de 54,1 espécies, em contraste com as 22 espécies registradas.

Estimadores de riqueza são amplamente utilizados em estudos ecológicos com macrófitas aquáticas (Tabela 4). Ainda como Deus (2016) afirma que os nutrientes e o grau de antropização são importantes causadores da estrutura e riqueza das assembleias de macrófitas aquáticas.

**Figura 3** – Diversidade de Simpson (Inv) em assembleias de macrófitas aquáticas para três setores do rio Itaim.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Xavier et al. (2016) em um estudo realizado em ambiente lótico no estado do Pernambuco observou em Santa Cruz do Capibaribe que na área urbana teve maior ocorrência de espécies, quando comparada a não urbana no mesmo município, esses autores relacionaram esse fato a ausência de água e de qualquer vegetação no rio na estação seca entre os meses de janeiro e março. Diferente presente estudo em que a área não urbana (pré-zona urbana) apresentou uma maior diversidade e que na pós-zona urbana houve uma menor diversidade podendo ser explicado pela enorme quantidade de chara sp. Em um estudo realizado por Rolon, Rocha e Maltchik (2011) realizaram um levantamento de macrófitas aquáticas em áreas úmidas do parque nacional da lagoa do peixe, identificando 176 espécies de macrófitas aquáticas e observaram que a diversidade das áreas úmidas palustres é alta.

**Tabela 4** – Estimadores de riqueza para dados de presença-ausência de espécies em três setores do rio Itaim. Intervalo de confiança ( $\pm$ ) mostrados para Chao2, Jackknife1 e Bootstrap.

| Ambientes       | Riqueza | Chao2           | Jackknife1     | Jackknife2 | Bootstrap      |
|-----------------|---------|-----------------|----------------|------------|----------------|
| Pré-Zona Urbana | 29      | 36,3 $\pm$ 5,3  | 38,3 $\pm$ 6,9 | 41,5       | 33,5 $\pm$ 3,8 |
| Zona Urbana     | 22      | 54,1 $\pm$ 24,9 | 33,3 $\pm$ 9,4 | 38,5       | 27,1 $\pm$ 4,9 |
| Pós-Zona Urbana | 10      | 11,8 $\pm$ 2,4  | 12,7 $\pm$ 2,1 | 13,5       | 11,3 $\pm$ 1,3 |

Para calcular a riqueza estimada nos ambientes estudados foram utilizados 4 estimadores de riquezas: o Jackknife foi escolhido pois executa uma avaliação confiável da riqueza mesmo com uma baixa amostragem. Chao é um estimador simples e poderoso porque se baseia na abundância de espécies o Bootstrap este estimador é diferente dos outros pois usa os dados de todas as espécies coletadas para estimar a riqueza total. Não se limitando as espécies raras (Z AHL, 1977; CHAO, 1984; PROVETE; SILVA; SOUSA, 2011).

O Jackknife1 é um estimador que se baseia no número de espécies que ocorrem apenas em uma amostra. Já o Jackknife2 baseia-se no número de espécies que ocorrem em somente uma amostra e no número de espécies que ocorrem precisamente em duas amostras. O Bootstrap requer somente dados de incidência, sendo a estimativa calculada somando-se a riqueza observada à soma do inverso da proporção de amostras em que cada espécie ocorre (PROVETE; SILVA; SOUSA, 2011).

A baixa riqueza de espécies no setor Pószu ocorreu em função da dominância da macrófitas submersa *Chara* sp, a qual ocupa grande espaço nesse ambiente impedindo o crescimento de outras espécies. O crescimento dessa espécie foi favorecido pela baixa profundidade e consequente abundância de luz nesses pontos. A profundidade da água é uma das variáveis essenciais em rios de planícies para determinar a composição e distribuição de macrófitas aquáticas (BERNEZ et al., 2004). De acordo com Abou-hamdani et al. (2005) para esses autores a luz é um agente fundamental que atua na composição e massa de macrófitas. Thomaz (2002) ressalta que o aumento de nutrientes pode estimular o crescimento de algumas espécies, que acabam se destacando sobre as demais. Como foi observado o setor Pószu possui uma carga maior de nutrientes em relação aos outros, isso também pode estar relacionado a grande quantidade de *Chara* sp encontrada nesse setor.

Como consequência, a diversidade também apresentou baixos valores para esse setor. A diversidade está diretamente relacionada com a equitabilidade, a qual diz respeito à distribuição do número de indivíduos dentro das espécies. Dessa forma, quanto maior a equitabilidade, maior será a diversidade do ambiente (MAGURRAM, 2013). Nesse sentido, o Pószo apresentou baixa equitabilidade, em função da dominância de *Chara sp*, resultando assim em uma baixa diversidade para esse setor.

## 5 CONCLUSÃO

No presente estudo, concluiu-se que (i) a cobertura de macrófitas aquáticas não é influenciada por fatores físicos e químicos do ambiente e que outros fatores, não tratados em nosso estudo, são responsáveis pela densidade de macrófitas no rio Itaim. Concluiu-se ainda que (ii) setores do rio menos associados com descarga de efluentes urbanos apresentam uma maior riqueza e diversidade de macrófitas aquáticas quando comparados com ambientes de zona urbana ou sob influência dela.

Apesar do estudo ter respondido aos objetivos propostos, novos questionamentos surgem a partir da pesquisa, tais como: (a) qual a influência do nitrogênio (dissolvidos e totais) sobre a estrutura de assembleias de macrófitas? e (b) qual padrão sazonal físico, químico e dessa estrutura no rio Itaim? Finalizo o trabalho apontando para a necessidade de realização de novos estudos para responder a essas e outras questões que possam surgir.

## 6 REFERÊNCIAS

- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20 ed. Washintgton, 1998.
- ABOU-HAMDAN, H. et al. Macrophytic communities inhabiting the Huveaune (South-East France), a river subject to natural and anthropic disturbances. **Hydrobiologia**, v. 551, n. 1, p. 161-170, 2005.
- BALANSON, S. et al. Aquatic macrophyte diversity and habitat characterization of the Cuyahoga River watershed in northeastern Ohio. **Ohio Journal of Science**, v. 105, n. 4, p. 88-96, 2005.
- BARRETO, L. V. et al., Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.9, n.16, p. 2165-2179, 2013.
- BELLI F. P. et al. Technology for swine waste treatment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 166-170, 2001.
- BERNEZ, I. et al. Combined effects of environmental factors and regulation on macrophyte vegetation along three rivers in western France. **River Research and Applications**, v. 20, n. 1, p. 43-59, 2004.
- BIANCHINI JR, I.; CUNHA-SANTINO, M.B. As rotas de liberação do carbono dos detritos de macrófitas aquáticas. **Oecologia Brasiliensis**, vol. 12, n. 1, p. 20-29, 2008.
- BINI, L. M.; THOMAZ, S. M. Prediction of *Egeria najas* and *Egeria densa* occurrence in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil–Paraguay). **Aquatic Botany**, v. 83, n. 3, p. 227–238, 2005.
- BIUDES, J. F. V.; CAMARGO, A. F. M. Uso de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes de aquicultura. **Boletim Ablimno**, v. 38, p. 1-10, 2010
- BURNHAM, K. P.; OVERTON, W. S. Estimation of the size of a closed population when capture probabilities vary among animals. **Biometrika**, v. 65, n. 3, p. 625-633, 1978.
- CALADO, S.C. de M. **Teia Trófica dos Macroinvertebrados em dois trechos do Rio Sambaqui, Morretes - PR**. 2011. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- CALLISTO, M.; MORENO, P. Bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas. In: FERRACINI V.L.; QUEIROZ S.C.N.; SILVEIRA M.P. **Bioindicadores de Qualidade da Água**. 1. ed. Jaguariuna: Embrapa, v. 1, cap. 5, 2004.
- CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Org.) **Ecologias e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 319-341.
- CAMPELO, M.J.A. et al. In: José Alves de Siqueira-Filho (Org.). **Flora das Caatingas do Rio São Francisco**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio Editorial Ltda., vol. 1, p. 192-229, 2011.

CEPRO, **Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí**. 2015. Disponível em: <[http://www.cepro.pi.gov.br/download/201102/CEPRO28\\_387210ae07](http://www.cepro.pi.gov.br/download/201102/CEPRO28_387210ae07)>. Pdf. Acesso em: 15 Ago. 2018.

CHAMBERS, P. A. et al., Current velocity and its effect on aquatic macrophytes in flowing waters. **Ecological Applications**, v. 1, n. 3, p. 249-257, 1991.

CHAO, A. Non-parametric estimation of number of classes in a population. **Scandinavian Journal of Statistics**, v. 11, n. 4, p. 265-270, 1984.

DE CASTRO, L. M. A. **Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água**. 2007. 321 f. Tese (Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

DEUS, M. S. M. **Composição florística e banco de sementes das comunidades de macrófitas aquáticas em afloramentos hídricos no semiárido**. 2016. 76 f. Tese (Doutor em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

DHOTE, S.; DIXIT, S. Role of macrophytes in improving water quality of an aquatic ecosystem. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 11, n. 4, p. 131-135, 2007.

DODDS, W. K. **Freshwater ecology: concepts and environmental applications**. San Diego: Academic, 2002. 569 p.

DODDS, W. K.; COLE, J. J. Expanding the concept of trophic state in aquatic ecosystems: It's not just the autotrophs. **Aquatic Sciences**, v. 69, n. 4, p. 427-439, 2007.

DODDS, Walter K. Trophic state, eutrophication and nutrient criteria in streams. **Trends in ecology & evolution**, v. 22, n. 12, p. 669-676, 2007.

DURIGON, M. et al. a urbanização compromete a qualidade da água da bacia hidrográfica dos rios vacacaí e vacacaí-mirim em Santa Maria, RS. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 4, p. 64 – 73, 2015.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Editora Interciência: Rio de Janeiro, 2011. 575 p.

GOULART, M.D.C.; CALLISTO, M. Bioindicadores de Qualidade de Água como Ferramenta em Estudos de Impacto Ambiental. **Revista da Faculdade de Pará de Minas**, v. 2, n. 1, p. 156 – 164, 2003.

IBGE. **Brasil/Piauí/ Itainópolis**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/itainopolis/panorama>>. Acesso em: 15 Ago. 2018.

KOBAYASHI, J. T.; THOMAZ, S. M.; PELICICE, F. M. Phosphorus as a limiting factor for *Eichhornia crassipes* growth in the upper Parana river floodplain. **Wetlands**, v. 28, n. 4, p. 905-913, 2008.

- LACOUL, P.; FREEDMAN, B. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. **Environmental Reviews**, v. 14, n. 2, p. 89-136, 2006.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 3 ed., Oxford: Elsevier. 2012.
- LIMA, M. R. **Atributos de solos e macrófitas aquáticas flutuantes**. 2005. 128 f. Tese (Doutorado em ciências) – Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005.
- MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Science, 2013. 256p.
- MALIK, R. N.; NADEEM, M. Spatial and temporal characterization of trace elements and nutrients in the Rawal Lake Reservoir, Pakistan using multivariate analysis techniques. **Environmental geochemistry and health**, v. 33, n. 6, p. 525– 541, 2011.
- MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F.S. **Reuso de Água**. Barueri: Manole, 2003. 591 p.
- MCALLISTER, D.E.; HAMILTON, A.L.; HARVEY, B. Global freshwater biodiversity: striving for the integrity of freshwater ecosystems. **Sea Wind**, v. 11, n. 3, p.1-142, 1997.
- MILESI, S.V. et al., Utilização de indicadores biológicos na avaliação do impacto urbano e industrial sobre a qualidade das águas. In: 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste. 2006, Curitiba. In: **Anais do 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste**. Curitiba: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2006. p. 1-14.
- MOURA, M. A. M.; FRANCO, D. A. S.; MATALLO, M. B. Manejo integrado de macrófitas aquáticas. **Biológico**, v. 71, n. 1, p. 77-82, 2009.
- MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, p. 370-374, 2002.
- OKSANEN, J. et al. **vegan: Community Ecology Package**. 2016.
- PIERINI, S. A.; THOMAZ, S. M. Adaptações de plantas submersas à absorção do carbono inorgânico. **Acta Botanica Brasílica**, v. 18, n. 3, p. 629-641, 2004.
- POMPÊO, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 147, 2008.
- POMPEU, P. P.; ALVES, M. C. B.; CALLISTO, M. The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas basin, Brazil. **American Fisheries Society**, v. 47, p. 11-22. 2004.
- POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Emprapa, 2000. 404p.
- PROVETE, D. B.; SILVA, F. R.; SOUZA, T. G. Estatística aplicada à ecologia usando o R. **São José do Rio Preto: Universidade Estadual Paulista**, 2011.

RODELLA, R. A. et al. Diferenciação entre *Egeria densa* e *Egeria najas* pelos caracteres anatômicos foliares. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 211-220, 2006.

ROLON, A. S.; ROCHA, O.; MALTCHIK, L. Diversidade de macrófitas aquáticas do Parque Nacional da Lagoa do Peixe. **Neotropical Biology & Conservation**, v. 6, n. 1, 2011.

ROONEY, N.; KALFF, J. Inter-annual variation in submerged macrophyte community biomass and distribution: the influence of temperature and lake morphometry. **Aquatic Botany**, v. 68, n. 4, p. 321–335, 2000.

SANTOS, K.P. **Macroinvertebrados bentônicos e parâmetros físico-químicos como indicadores da qualidade da água de microbacias utilizadas para o abastecimento público da Região Metropolitana de Goiânia**. 2014. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, 2014.

SANTOS, M. R. B. et al. Macrófitas aquáticas de um rio temporário no semiárido nordestino. **Multitemas**, v. 22, n. 52, p. 53-66, 2017.

SMITH, A. J.; TRAN, C. P. A weight-of-evidence approach to define nutrient criteria protective of aquatic life in large rivers. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 29, n. 3, p. 875-891, 2010.

SOSSEY - ALAOUI, K.; ROSILLON, F. Macrophytic distribution and trophic state of some natural and impacted watercourses-Belgium Wallonia. **International Journal of Water Sciences**, v. 2, n. 3, p. 1-11, 2013.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. São Paulo: NovaOdessa, Instituto Plantarum, 2012. 640 p.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta daninha**, v. 20, n. 1, p. 21-33, 2002.

THOMAZ, S. M. et al. Aquatic macrophytes of Itaipu Reservoir, Brazil: survey of species and ecological considerations. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, n. 1, 1999.

THOMAZ, S.M., Bini L.M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Eduen, Maringá-PR, 34p. 2003

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 1-16, 2008.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243p.

WILLIAMSON, C. E. et al. Lakes and streams as sentinels of environmental change in terrestrial and atmospheric processes. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, n. 5, p. 247-254, 2008.

XAVIER, L. R. C. C. et al. Urbanization effects on the composition and structure of macrophytes communities in a lotic ecosystem of Pernambuco State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 4, p. 888-897, 2016.

ZAHN S. Jackknifing an index of diversity. **Ecology**, v. 58, n. 4, p. 907-913, 1977.



TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DIGITAL NA BIBLIOTECA  
“JOSÉ ALBANO DE MACEDO”

**Identificação do Tipo de Documento**

- ( ) Tese  
( ) Dissertação  
( X ) Monografia  
( ) Artigo

Eu, João Paulo da Silva Oliveira,  
autorizo com base na Lei Federal nº 9.610 de 19 de Fevereiro de 1998 e na Lei nº 10.973 de  
02 de dezembro de 2004, a biblioteca da Universidade Federal do Piauí a divulgar,  
gratuitamente, sem ressarcimento de direitos autorais, o texto integral da publicação  
Resposta da Estrutura de Assembleias de Macro-  
fitas aquáticas à Influência Urbana.  
de minha autoria, em formato PDF, para fins de leitura e/ou impressão, pela internet a título  
de divulgação da produção científica gerada pela Universidade.

Picos-PI 26 de Fevereiro de 2019.

João Paulo da Silva Oliveira  
Assinatura

João Paulo da Silva Oliveira  
Assinatura