



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA DE PROGRAMAS ESPECIAIS

1. IDENTIFICAÇÃO

ALUNO: Will Jones Moura Soares da Silva

CURSO: Agronomia

PROGRAMA: (X) **PIBIC** () **PIC** () **PIBIC-EM**

ORIENTADORA: Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel

DEPARTAMENTO/UNIDADE ACADÊMICA: Biologia – Botânica/Sede UFRPE

RELATÓRIO: () PARCIAL (X) FINAL

2. TÍTULO DO PROJETO:

Tipos funcionais de macrófitas aquáticas indicadoras de poluição urbana

3. RESUMO DO RELATÓRIO

As macrófitas aquáticas são organismos importantes nos ecossistemas aquáticos por auxiliarem no estabelecimento da microfauna, além de participar da cadeia trófica e alimentar no ambiente. O uso de macrófitas tem sido enfatizado em estudos de bioindicação de poluição aquática e fitorremediação, visando mitigar danos antrópicos. Este estudo estuda as adaptações morfoanatômicas e histoquímicas de espécies de macrófitas estabelecidas no Rio Capibaribe, nas proximidades da região metropolitana do Recife. Foram realizadas coletas em cinco pontos, com diferentes níveis tróficos. Foram selecionadas e identificadas três espécies: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia minima* Baker. As folhas foram digitalizadas para a análise biométrica da morfologia externa e, posteriormente, seccionadas paradérmica e transversalmente para a confecção de lâminas histológicas para avaliação da sua estrutura anatômica.

4. INTRODUÇÃO

A ação antrópica degradativa nos ecossistemas avança devido ao crescimento populacional e industrial, produzindo, como consequência, um grande volume de resíduo, comprometendo a qualidade dos recursos naturais essenciais à manutenção dos ecossistemas, como o solo, o ar e a água (Rocha et al., 2009; Martins, 2009; da Costa et al., 2009).

As pesquisas em relação à qualidade da água e sua melhor utilização tem ganhado força devido às perspectivas negativas sobre a disponibilidade deste recurso para as próximas gerações. As alterações climáticas e a poluição são fatores considerados determinantes para a avaliação da condição da qualidade de vida da população humana no planeta (Marengo, 2008; Santos & Silva, 2007; Horikoshi & Fisch, 2007).

As fontes de poluição aquática são as mais diversas, tais como dejetos industriais e domésticos, além de atividades de mineração (Rocha, 2009). A contínua poluição da água pode acarretar um quadro de eutrofização dos corpos hídricos (Rocha, 2009). Muitas pesquisas têm sido realizadas visando identificar formas alternativas de indicação de qualidade de água utilizando animais, microorganismos e vegetais (Goulart & Callisto, 2003; Zurayk et al., 2001; Silva, 2010; Lopes, 2007).

As plantas são formas de vida capazes de sobreviver sob as mais diversas variações ambientais, tais como escassez de água (Nogueira & Santos, 2000; Calbo & Morales, 2000), salinidade (Gong et al., 2005; Parida & Das, 2005; Abdul Qados, 2011) e os diversos tipos de poluição (Oliveira et al., 2001; Costa et al., 2015; Vieira et al., 2015). Para tal, os vegetais desenvolvem adaptações fisiológicas e morfoanatômicas que garantem sua sobrevivência nos diferentes ecossistemas (Costa et al., 2015; Bohnert et al., 1995; Cunha et al., 2007). Estas adaptações das plantas às condições ambientais têm sido objeto de estudo de várias pesquisas, utilizando estas características como indicadoras de qualidade ambiental (Tripathi & Mukesh Gautam, 2007; Costa et al., 2015; Kardel et al., 2010).

Conhecendo a capacidade das plantas de sobreviver em ambientes poluídos, têm sido realizadas pesquisas visando a utilização de caracteres fisiológicos e morfoanatômicos identificados nestas espécies vegetais como bioindicadores de poluição na atmosfera (Costa et al., 2015; Kardel et al., 2011), nos solos (An, 2003; Silva et al., 2011; Lopes & Piedade, 2009) e em ambientes aquáticos (Argenta, 2011; Pereira, 2010; Harguinteguy et al., 2015).

As macrófitas desempenham papel importante nos ecossistemas aquáticos. Elas estão na base da cadeia alimentar dos ambientes aquáticos, além de estarem diretamente relacionadas com o ciclo de nutrientes nestes ecossistemas pela associação das raízes com microorganismos (Argenta, 2011) e acúmulo de elementos poluentes (Pereira, 2010). Estes vegetais são frequentemente associados aos processos de eutrofização (Han & Cui, 2015; Lehtoranta et al., 2013).

Diante do exposto, este estudo visa identificar caracteres morfoanatômicos que indiquem o potencial de espécies de macrófitas estabelecidas no Rio Capibaribe em Pernambuco como bioindicadoras de poluição aquática.

5. REVISÃO DA LITERATURA

5.1. Macrófitas aquáticas

São chamadas de macrófitas aquáticas as espécies vegetais vasculares cujos órgãos fotossinteticamente ativos estão submersos na água ou flutuando na superfície, permanentemente ou durante um período de tempo anual, podendo ser classificadas como emersas, submersas, submersas enraizadas, submersas livres e com folhas flutuantes, sendo capazes de colonizar ambientes aquáticos em diversos níveis tróficos, seja na água doce ou salobra (Pompêo, 2008; Thomaz & Bini, 1998; Silva, 2014).

A importância destas plantas vem sendo evidenciada em diversos estudos, destacando-se o fornecimento de abrigo físico para a micro e macrofauna, promovendo a biodiversidade (Thomaz, 2001; Pompêo, 2008), na proteção das margens de cursos de água (Sand-Jensen, 1998) e, sob determinadas condições, na retenção de nutrientes considerados poluentes, além da ciclagem de nutrientes (Thomaz & Bini, 1998; Argenta, 2011; Zurayk et al., 2000; Vieira et al., 2015).

As macrófitas podem colonizar, em diferentes graus, os corpos hídricos. Pesquisas mostram que as explosões populacionais de macrófitas ocorrem, muitas vezes, como consequência de alterações antrópicas no ambiente (Thomaz, 2001). Em grande quantidade, as macrófitas representam um problema para, por exemplo, a manutenção da biodiversidade e a geração de energia pelas usinas hidroelétricas (Pompêo, 2008).

Deste modo, a importância dos estudos sobre o comportamento e características de macrófitas aquáticas e a compreensão da interação destas espécies nos ecossistemas aquáticos não deve ser negligenciada.

5.2. O Rio Capibaribe

O Rio Capibaribe, cuja bacia hidrográfica se encontra localizada, totalmente, no estado de Pernambuco, abastece 43 municípios. A sua nascente localiza-se entre os municípios de

Jataúba e Porção, de onde ele percorre cerca de 250 km até sua foz, na área central da Cidade do Recife. A área da bacia é de 7.454,88 km², o que corresponde a 7,58% da área total do estado (Bione et al., 2011; Nogueira, 2011).

Segundo o relatório da CPRH (2012), a bacia do Rio Capibaribe abriga uma população de, aproximadamente, 1.328.361 habitantes, com a maior parte concentrada nas áreas urbanas. Segundo este mesmo documento, os principais usos da água desta bacia são para abastecimento público e recepção de efluentes domésticos, industriais e agroindustriais. Além disso, existe, ainda, o uso do solo, a ocupação urbana, a atividade agrícola, o cultivo com cana-de-açúcar e a ocupação industrial, tais como indústrias têxteis, alimentícias, farmacêuticas, metalúrgicas e de minerais não-metálicos (CPRH, 2012).

O uso inadequado do Rio Capibaribe fica evidente quando relacionamos as informações anteriormente mencionadas com o levantamento feito por Bione (2009), o qual concluiu que 36 dos municípios da bacia hidrográfica não possuem esgotamento sanitário, lançando esgoto doméstico, em estado bruto, diretamente no rio. Sendo assim, estudos que apontem alternativas de gestão da bacia do Rio Capibaribe são essenciais, sobretudo aqueles que apontem maneiras de mitigar os danos causados.

5.3. Caracteres morfológicos e anatômicos de plantas e a poluição

As plantas, sobretudo as suas folhas, são elementos de alta plasticidade fenotípica, sendo capazes de sobreviver aos mais diversos estresses ambientais. Para tal, os vegetais desenvolvem adaptações morfoanatômicas e fisiológicas.

Estudos têm mostrado a capacidade adaptativa das plantas a ambientes considerados poluídos. Costa et al. (2015) encontraram diferenças significativas para diversos parâmetros analisados em indivíduos de *Terminalia catappa* L., estabelecidos em locais com diferentes níveis de poluição atmosférica. Em estudos visando avaliar o desenvolvimento de espécies de plantas em solos contaminados por cobre e petróleo, Silva et al. (2011) e Lopes & Piedade (2009), respectivamente, encontraram diversas variações na morfologia vegetal, como no peso da matéria seca, número e comprimento das folhas.

Estes estudos, assim como tantos outros, mostram a eficiência dos caracteres morfoanatômicos presentes em plantas como bioindicadores de poluição. Apesar disso, trabalhos envolvendo investigações da estrutura anatômica e morfológica como indicadores de poluição aquática ainda são escassos.

5.4. Fitorremediação

A fitorremediação é a técnica que utiliza plantas para realizar a descontaminação de solo e água de substâncias orgânicas e inorgânicas (Souza et al., 2003; Salt et al., 2005). É considerada uma alternativa importante para uso em processos de descontaminação que costumam ser caros, exigindo altos custos com mão de obra e são difíceis de aplicar (Pereira, 2010).

Quando se trata de contaminação por elementos tóxicos, além da adaptabilidade da espécie estudada a um determinado ambiente, é necessário conhecer o potencial do uso de suas folhas ou raízes como bioacumuladoras (Gratão et al., 2005; Pereira, 2010).

No ambiente aquático, algumas das espécies que se destacam como potenciais fitorremediadoras são *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia auriculata* devido à sua frequente presença nos ecossistemas, sua fácil propagação e seu potencial bioacumulador (Pereira, 2010; Lavarda, 2010; Martins, 2014; Pinto et al., 2015; Almeida 2009). *Salvinia minima* também é apontada como potencial fitorremediadora de metais pesados (Iha, 2014).

5.5. *Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms

Eichhornia crassipes é uma macrófita aquática flutuante (Barrett & Forno, 1982) da família Pontederiaceae, nativa da América do sul (Martins et al., 2002), que cresce abundantemente, de forma perene, em regiões tropicais e subtropicais do mundo (Mohanty et al., 2006; Muramoto & Oki, 1983). No Brasil, além de outros nomes populares (baronesa, camalote, jacinto-d'água), esta espécie é amplamente conhecida como aguapé.

Seus indivíduos possuem folhas pecioladas e, como é comum às demais plantas aquáticas, apresentam aerênquima nas folhas, nas raízes e nos caules (Velerio & Ferrufino, 2015).

Por muito tempo, *E. crassipes* foi considerada apenas uma planta daninha, muito frequente em lagos e represas, apresentando explosão populacional em consequência da eutrofização destas águas, levando a uma inutilização do corpo hídrico resultante de ação antrópica (Pereira, 2010). Todavia, o aguapé tem sido cada vez mais estudado pelo seu potencial fitorremediador, devido a capacidade bioacumuladora de elementos como o cádmio (Oliveira et al., 2011) e o arsênio (Dhankher et al., 2002). Outra forma de exploração do aguapé, recém-estudada por Mishima et al. (2008), é como biomassa para a produção de etanol.

5.6. *Pistia stratiotes* L.

Pistia stratiotes é uma macrófita aquática flutuante (Volk et al., 2002) da família Araceae (Sinha et al., 2005), conhecida popularmente como alface-d'água.

Como outras macrófitas aquáticas, *P. stratiotes* era uma espécie considerada apenas daninha (Martins et al., 2002). Todavia, tem sido enfatizado o seu potencial mitigador da contaminação aquática através da bioacumulação de elementos tóxicos, apontando para seu grande potencial fitorremediador (Pereira, 2010).

Usos alternativos indicados para esta espécie são: como medicinal, na alimentação (Sinha et al., 2005) e na produção de etanol (Mishima et al., 2008).

5.7. *Salvinia minima* Baker

Salvinia é um gênero da família Salviniaceae, composto por macrófitas flutuantes; suas espécies são encontradas em regiões tropicais e subtropicais ao redor do mundo (Nichols et al., 2000). *Salvinia minima* é nativa do México e Américas Central e Sul. (Madeira et al., 2003).

Salvinia minima tem sido estudada pelo seu potencial bioacumulador de elementos como arsênio e chumbo (Hoffmann et al., 2004). Em um estudo recente, Iha (2014) concluiu que *S. minima* é eficiente na remoção de Ni, Pb e Zn do ambiente aquático.

6. OBJETIVOS

6.1 Geral

Avaliar caracteres morfológicos e anatômicos em espécies de macrófitas aquáticas como bioindicadores de poluição.

6.2 Específicos

- Gerar mapa georreferenciado da presença de macrófitas aquáticas em canais e rios de áreas urbanizadas na Cidade de Recife;
- Caracterizar a estrutura morfoanatômica das espécies de macrófitas dominantes selecionadas para o estudo;
- Identificar a presença de metabólitos secundários indicadores de distúrbios em mecanismos vitais para as plantas; e
- Identificar os caracteres morfoanatômicos das macrófitas como possíveis indicadores da presença de poluentes específicos no ecossistema aquático em estudo.

7. METODOLOGIA

7.1. Áreas de estudo

As coletas foram realizadas em cinco pontos ao longo do Rio Capibaribe, nas proximidades da região metropolitana do Recife: dois em São Lourenço da Mata, dois em Paudalho e um na Cidade do Recife. Os pontos de coleta foram selecionados e classificados como poluídos e não poluídos a partir das informações oriundas do projeto de pesquisa “Impactos da Ação Humana Sobre a Ictiofauna do Rio Capibaribe e Propostas para sua Conservação”, desenvolvido pela Dra. Carolina Alves Collier de Almeida na Universidade Federal Rural de Pernambuco no Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza-PPGETNO, sob a orientação da Profa. Dra. Ana Carla Asfora El-Deir, na Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE.

7.2. Coleta de amostras

Amostras de folhas, caules e raízes foram coletadas em cinco indivíduos por espécie dominante nas áreas de estudo.

Foram selecionadas e identificadas três espécies de macrófitas: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia minima* Baker.

As amostras na cidade de São Lourenço da Mata foram realizadas em dois pontos distintos, um na zona rural e outro no perímetro urbano. No perímetro urbano foi coletada amostra de apenas uma espécie, *S. minima*. Na zona rural foram coletadas amostras das três espécies anteriormente mencionadas.

Em Paudalho foram realizadas coletas em pontos distintos, um na área agrícola e outro no perímetro urbano. Na área agrícola, na proximidade de uma usina de cana-de-açúcar, foram coletadas amostras de *P. stratiotes* e *S. minima*. No perímetro urbano foram coletadas amostras de *P. stratiotes* e *S. minima*.

Na Cidade do Recife foi realizada uma coleta no bairro da Várzea, em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), nas proximidades do Terminal Rodoviário do Recife (TIP). Neste ponto foram coletadas amostras de *E. crassipes*.

7.3. Identificação taxonômica das espécies

As plantas foram taxonomicamente identificadas em diferentes níveis (e.g. família, gênero e espécie), seguindo o sistema de classificação de Cronquist (1981) e APG II. As identificações foram realizadas com auxílio de bibliografia especializada, comparação com material de herbário e consulta a especialistas em diversos grupos taxonômicos quando necessário.

7.4. Procedimentos de laboratório

Amostras de material vegetal (folha, caule e raiz) foram acondicionados e sacos plásticos para transporte ao Laboratório de Fitomorfologia Funcional (LAFF) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) para posterior processamento.

As amostras de folhas foram digitalizadas em scanner de mesa para análise biométrica dos seguintes parâmetros: área foliar, comprimento e largura da lâmina e pecíolo, comprimento e número de nervuras principal e secundárias. A descrição da estrutura morfológica foliar utilizou a terminologia de Vidal & Vidal (1995); a determinação dos tipos foliares seguiu a classificação de Hickey (1973).

Em seguida, as amostras foram acondicionadas em recipientes contendo solução fixadora de FAA50, por até 48 horas, com posterior confecção de lâminas histológicas semipermanentes, seguindo Johansen (1940) e Bukatsch (1972). A classificação histológica

seguiu as convenções estabelecidas por Metcalfe & Chalk (1950, 1983). A classificação do(s) tipo(s) estomático(s) seguiu Van Cotthem (1970). Os tipos de tricomas foram determinados segundo Metcalfe & Chalk (1950, 1983), sendo, também, calculada sua densidade ($n^{\circ}.mm^{-2}$).

Nas folhas foram determinadas a espessura total da lâmina, a espessura do parênquima paliçádico e esponjoso e a área transversal ocupada pelo feixe vascular da nervura principal, na região mediana da folha. Além disso, foram medidas as áreas transversais dos feixes vasculares da nervura principal.

As informações sobre os parâmetros da água são oriundas do Projeto de Pesquisa “Impactos da Ação Humana Sobre a Ictiofauna do Rio Capibaribe e Propostas para sua Conservação”. Os parâmetros físico-químicos considerados foram: temperatura da água, pH, condutividade, oxigênio dissolvido, DBO, sólidos totais, sólidos suspensos totais, cor, coliformes fecais, nitrito, nitrato, amônia, fósforo total e clorofila.

Todas as medidas foram realizadas em imagens digitais, provenientes da digitalização em *scanner* de mesa e do uso de microscópio ótico (Opton) acoplado com câmera digital CCD (Samsung). Estas medidas foram realizadas utilizando programa de análise de imagens digitais, como o Image Tool (Wilcox et al., 2002) e ImageJ (Rasband, 2011), com as devidas calibrações.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionadas e identificadas três espécies estabelecidas nas águas do Rio Capibaribe, em cinco pontos, nas proximidades da Região Metropolitana do Recife: dois em São Lourenço da Mata, um na área agrícola e um na área urbana; dois em Paudalho, um na área agrícola e o segundo na área urbana; e um na Cidade do Recife, na Várzea. As áreas localizadas em Paudalho e São Lourenço da Mata foram consideradas poluídas; o ponto de coleta localizado na Várzea foi considerado não poluído.



Figura 1. Mapa da localização dos pontos de coleta de macrófitas aquáticas ao longo do Rio Capibaribe, na Região Metropolitana do Recife-PE. Pontos amarelos apontam a área considerada poluída e pontos verdes se referem à área considerada controle. SLu=São

Lourenço urbano; SLa=São Lourenço agrícola; Pdu=Paudalho urbano; Pda=Paudalho agrícola.

Entre as espécies selecionadas para estudo, apenas *E. crassipes* é peciolada, as demais possuem folhas com bainha. As folhas apresentam filotaxia verticilada em *E. crassipes* e *P. stratiotes*, e filotaxia oposta em *S. minima*, sendo a forma da lâmina variado nos tipos largoeleíptica, obovada e arredondada, respectivamente (Figura 2). As margens das folhas se mostram lisas e inteiras para todas as espécies.

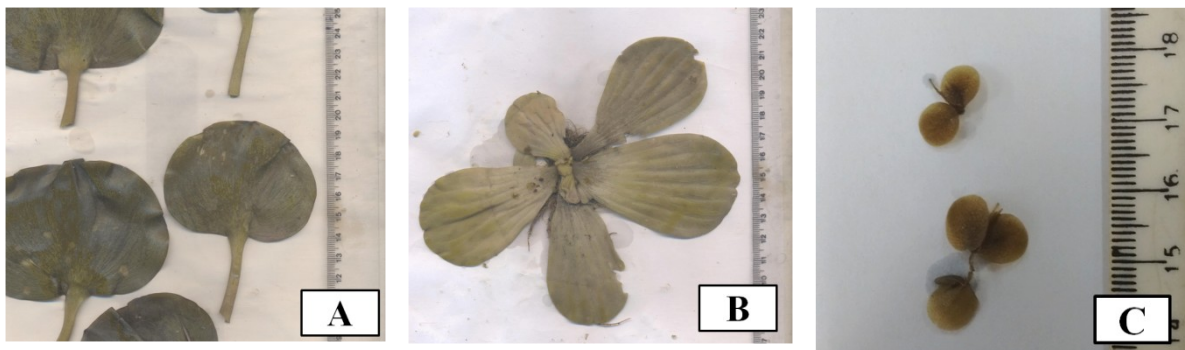


Figura 2. Morfologia foliar de macrófitas aquática do Rio Capibaribe. A. *Eichhornia crassipes*; B. *Pistia stratiotes*; C. *Salvinia minima*.

Entre os parâmetros de morfologia externa avaliados nas folhas de *E. crassipes* foi encontrada diferença significativa apenas para o comprimento do pecíolo (Figura 3), quando comparadas as folhas dos indivíduos da área poluída (São Lourenço agrícola) com aqueles da área controle (Várzea), sendo encontrada a média maior para os indivíduos estabelecidos na área controle (Tabela 1).

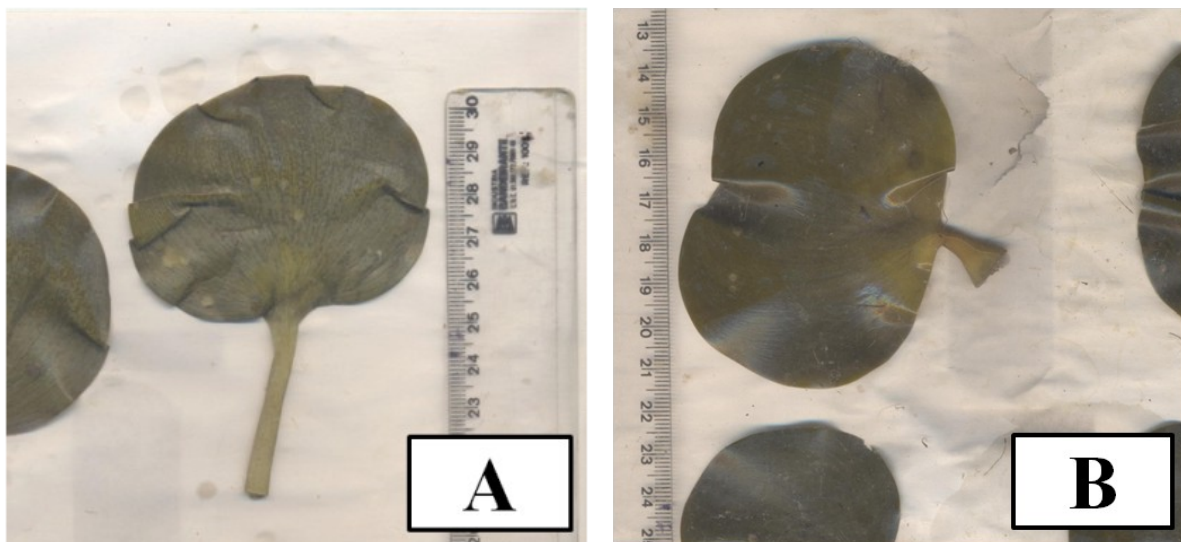


Figura 3. Morfologia foliar de *Eichhornia crassipes*. A. Indivíduo estabelecido na Várzea; B. Indivíduo estabelecido no ponto São Lourenço Agrícola.

Gobbi et al. (2009) afirmam que o maior comprimento do pecíolo pode ser uma defesa contra o sombreamento, permitindo a máxima captação de luz. Em seu estudo, Gonçalves (2006) verificou alta correlação entre a morfometria do pecíolo e a biomassa nesta espécie. O resultado mostra que este parâmetro é sensível à poluição, podendo ser bioindicador nesta espécie.

Tabela 1. Médias e desvio padrão de parâmetros de anatomia e morfologia foliar de indivíduos de *Eichhornia crassipes* estabelecidos em uma área poluída (São Lourenço, área agrícola) e uma área controle (Várzea), na Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, Brasil.

Parâmetros	Várzea	São Lourenço agrícola	Significância (p)
<i>Lâmina</i>			
Área (cm ²)	47,017±25,45	47,655±25,52	0,929947
Largura máxima (cm)	8,5272±2,27	8,2860±1,93	0,687785
Comprimento máximo (cm)	6,62±1,83	6,7512±2,19	0,827844
<i>Pecíolo</i>			
Comprimento (cm)	3,9408±0,96	1,7176±0,86	0,000117*
<i>Feixe vascular</i>			
Área transversal (µm ²)	35699,08±13554,05	36538,37±18473,69	0,751081
<i>Mesofilo (espessura)</i>			
Total (µm)	521,63±108,51	507,34±83,20	0,365322
Parênquima paliádico (µm)	149,67±24,23	131,47±36,73	0,009358*
Parênquima esponjoso (µm)	323,26±95,64	308,42±75,17	0,290790
<i>Epiderme</i>			
Densidade estomática face adaxial	25,68±6,16	24,267±4,63	0,112818
Densidade estomática face abaxial	20,987±6,24	21,16±3,35	0,832323
Comprimento polar estômatos adaxial (µm)	35,373±4,57	36,432±2,94	0,091870
Comprimento polar estômatos abaxial (µm)	36,145±4,74	40,086±2,83	0,000009*
Espessura face adaxial (µm)	31,15±5,01	40,67±5,67	0,000009*
Espessura face abaxial (µm)	26,43±3,95	27,30±5,54	0,269736
Espessura cutícula face adaxial (µm)	1,4752±0,35	1,8221±0,42	0,000009*
Espessura cutícula da face abaxial (µm)	1,5021±0,37	1,7159±0,45	0,001546*

Valores de p seguidos de * diferiram significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Em *P. stratiotes*, a biometria das folhas apresentaram diferenças significativas nos parâmetros avaliados entre as áreas de estudo (Figura 4). O parâmetro área total da folha apresentou diferença significativa entre as áreas Paudalho urbano e as demais, todavia não houve diferença significativa entre as áreas Paudalho agrícola e São Lourenço agrícola. Na largura máxima da folha a área São Lourenço agrícola diferiu significativamente das demais, não havendo diferença significativa entre as áreas Paudalho agrícola e Paudalho urbano. Considerando o comprimento máximo da folha, a área Paudalho urbano diferiu estatisticamente das demais, não havendo diferença entre as áreas São Lourenço agrícola e Paudalho agrícola. Os resultados encontram-se resumidos na Tabela 2.

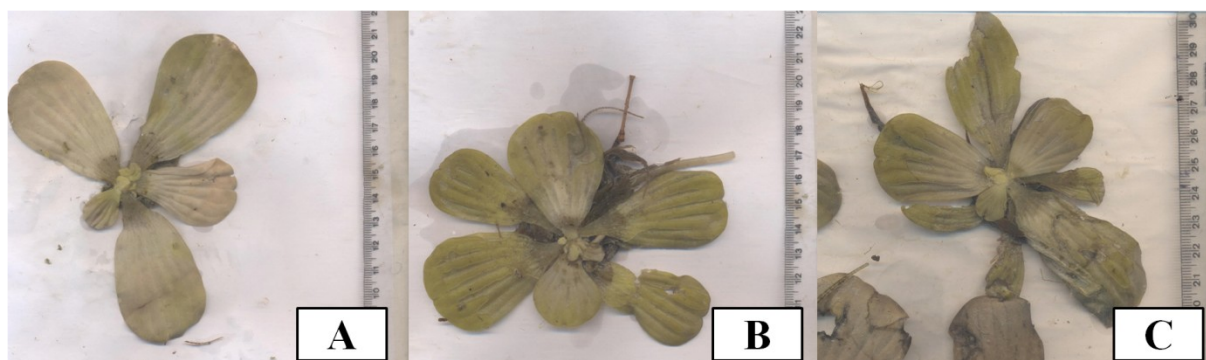


Figura 4. Morfologia externa das folhas de *Pistia stratiotes*. A. Indivíduo da área Paudalho urbano; B. Indivíduo da área Paudalho agrícola; C. Indivíduo da área São Lourenço agrícola.

Tabela 2. Médias e desvio padrão de parâmetros da morfologia e anatomia foliar de *Pistia stratiotes* estabelecida em áreas poluídas em Paudalho agrícola (Pa), Paudalho urbano (Pu) e São Lourenço agrícola (SLa), na Região metropolitana do Recife, Pernambuco, Brasil.

Parâmetros	Pa	Pu	SLa
<i>Morfologia externa</i>			
Área do limbo (cm ²)	10,396b±4,14	19,121a±7,82	8,5876b±6,17
Largura máxima (cm)	3,6360a±0,89	4,1248a±0,99	2,5792b±0,89
Comprimento máximo (cm)	3,8772b±1,42	6,4984a±1,74	4,3344b±1,84
<i>Anatomia</i>			
Espessura (µm)			
Mesofilo	354,50b±52,91	520,99a±32,30	-
Parênquima paliádico	73,370b±18,24	84,487a±17,60	-
Parênquima esponjoso	388,24a±55,36	227,42b±36,50	-
Face adaxial da epiderme	28,485a±5,95	23,121b±5,50	-
Face abaxial da epiderme	30,185b±10,46	37,521a±9,94	-

Colunas com letras idênticas não diferem significativamente pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Menores valores para área foliar e comprimento máximo da lâmina foliar nas áreas Paudalho agrícola e São Lourenço agrícola pode ser um indicativo de maior nível de poluição nestas áreas, o que corroboraria trabalhos como os de Marozzi et al. (2000), Alves et al. (2008) e Costa et al. (2015). Marozzi et al. (2000) observaram uma redução da área foliar para a mesma espécie quando submetida a tratamentos com cádmio, poluente cujos efeitos nas macrófitas aquáticas são largamente estudados (Mohan & Hosetti, 2006; Uysal & Taner, 2007; Souza et al., 2009). Alves et al. (2008) e Costa et al. (2015) encontraram valores menores para os parâmetros de morfologia externa nos indivíduos estabelecidos nas áreas com maior poluição, utilizando as espécies terrestres (não aquáticas) *Eugenia uniflora* L. e *Terminalia catappa* L. respectivamente.

Em *S. minima* foram encontradas diferenças na morfologia externa das folhas, quando comparados os parâmetros nas quatro áreas estudadas (Figura 5).

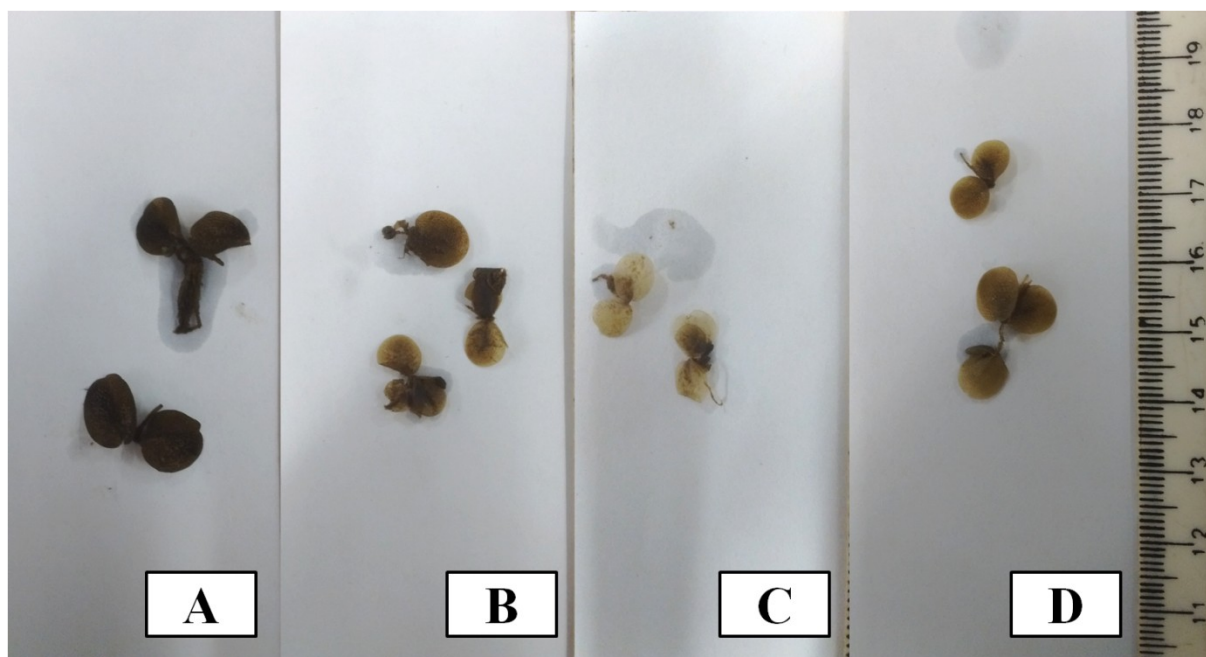


Figura 5. Morfologia externa de indivíduos de *Salvinia minima* estabelecidos nas diferentes áreas de estudo. A. São Lourenço agrícola; B. São Lourenço urbano; C. Paudalho agrícola; D. Paudalho urbano.

Os parâmetros morfológicos avaliados em *S. minima* mostraram maiores valores na área foliar dos indivíduos em SLa (Tabela 3), diferindo de *P. stratiotes*. O resultado pode estar apontando para um menor estresse nesta espécie desta área, sendo este ambiente mais propício ao seu desenvolvimento (Alves et al., 2008; Costa et al., 2015). A grande variação encontrada na morfologia externa foliar, neste caso, pode apontar para o potencial de *S. minima* funcionar como bioindicadora, utilizando estes parâmetros.

Tabela 3. Médias e desvio padrão de morfologia foliar e anatomia foliar de *Salvinia minima* estabelecida nas áreas Paudalho agrícola (Pa), Paudalho urbano (Pu), São Lourenço agrícola (SLa) e São Lourenço Urbano (SLu), na Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, Brasil.

Parâmetros	Pa	Pu	SLa	SLu
<i>Morfologia externa</i>				
Área do limbo (cm ²)	0,3452c±0,1	0,4384b±0,12	0,6748a±0,11	0,2092d±0,08
Largura máxima (cm)	0,6256b±0,1	0,7132b±0,1	0,9180a±0,11	0,4836c±0,10
Comprimento máximo (cm)	0,7232b±0,1	0,7988b±0,09	0,97440a±0,1	0,5972c±0,11
<i>Anatomia (espessura)</i>				
Mesofilo (µm)	133,11b±25, 3	128,02b±23,1 1	146,62a±22,4 8	123,93b±24,0 6
Face adaxial da epiderme (µm)	32,131a±6,7	30,561a±7,54	32,107a±7,32	30,927a±6,06
Face abaxial da epiderme (µm)	25,409b±5,5	29,223a±6,65	24,881b±6,22	23,137b±6,37

Eichhornia crassipes é uma espécie anfiestomática, com estômatos paracíticos (Figura 6). As células epidérmicas mostram paredes anticlinais pouco sinuosas.

Foi encontrada diferença significativa no comprimento polar dos estômatos da face adaxial entre os indivíduos de *E. crassipes*, nas duas áreas de estudo, com média maior para a área poluída (São Lourenço agrícola). Os demais parâmetros relativos aos estômatos não apresentaram diferença significativa. O resultado pode indicar a sensibilidade desta estrutura às variações do nível trófico do ambiente, podendo ser utilizado como bioindicador nesta espécie.

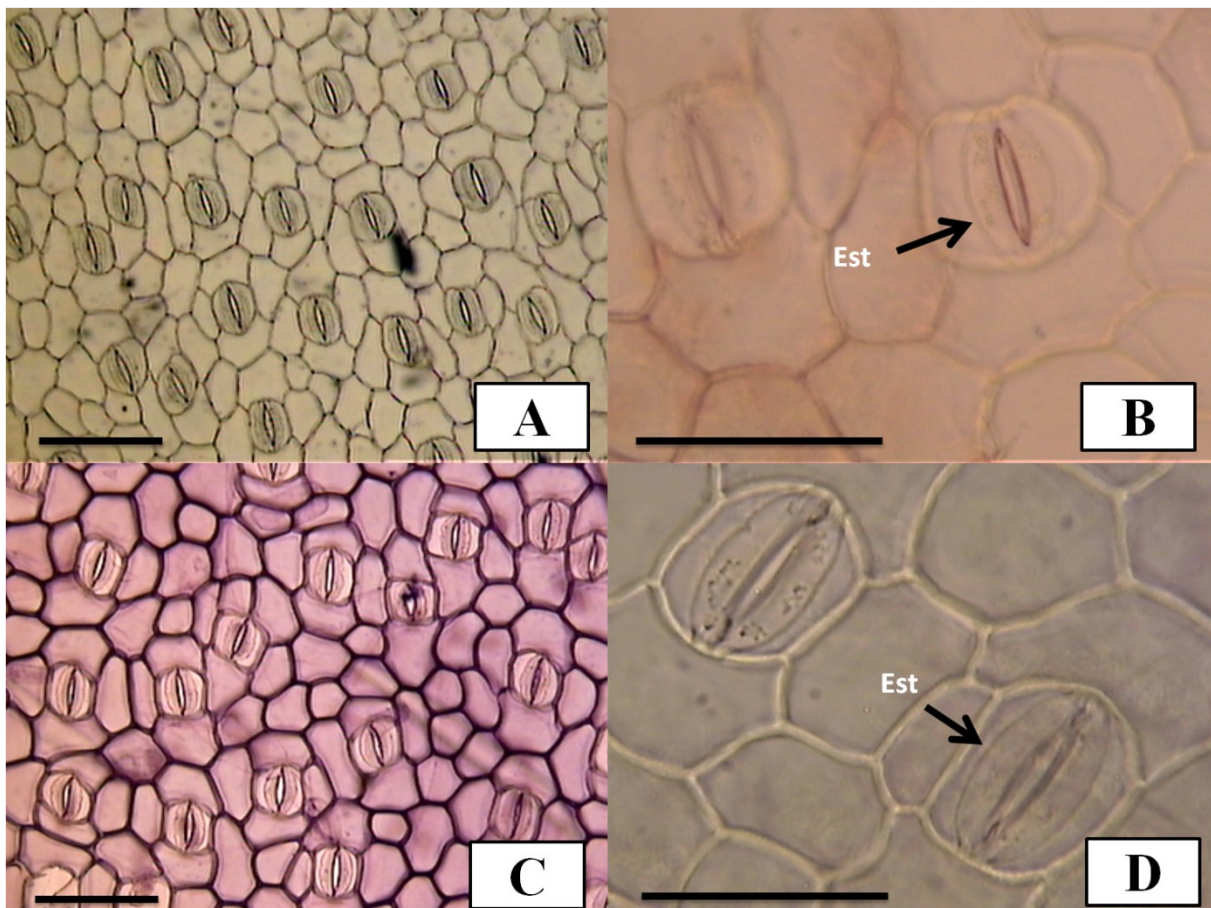


Figura 6. Vista paradérmica das folhas de *Eichhornia crassipes*. A e B. face abaxial das folhas de indivíduos estabelecidos na Várzea; C e D. face abaxial das folhas de indivíduos estabelecidos em São Lourenço agrícola. Est = estômatos. Barras: A e C = 50 μ m; B e D = 100 μ m.

Nas secções transversais de *E. crassipes* foi observada cutícula delgada sobre uma epiderme uniestratificada, cujas células variam com formas arredondadas e retangulares. O parênquima paliçádico é bem desenvolvido, seguido de um parênquima esponjoso com numerosos e bem desenvolvidos espaços intercelulares, caracterizando a presença de aerênquima (Figura 7).

Analisando a anatomia das folhas de *E. crassipes* foram encontradas diferenças significativas na espessura do parênquima paliçádico, na espessura das células da face adaxial da epiderme e na espessura da cutícula, nas faces adaxial e abaxial (Tabela 1).



Figura 7. Morfologia e anatomia de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae). A. Morfologia externa; B e C. Vista transversal do mesofilo na folha. Aq = aerênquima; Pp = parênquima paliçádico. Barras: 100 μ m.

O resultado encontrado para a espessura do parênquima paliçádico, para o qual a área das folhas nas plantas da área controle tem maior média, corrobora a pesquisa realizada por Pereira (2010), na qual foi observada uma redução da espessura do parênquima paliçádico em *E. crassipes*, em decorrência do aumento da concentração do poluente. Este parâmetro pode estar apontando a necessidade do maior desenvolvimento do parênquima esponjoso nas plantas estabelecidas na área poluída, de modo a favorecer a captação de CO₂, elevando as taxas fotossintéticas e, conseqüentemente, favorecendo o desenvolvimento da planta e sua tolerância à contaminação (Pereira, 2010; Rodrigues et al., 2016).

O resultado encontrado para espessura da face adaxial da epiderme não corrobora Pereira (2010), que afirma que, apesar de haver encontrado diferença significativa para espessura da epiderme abaxial em sua pesquisa com *E. crassipes*, este não é um fato comum em plantas aquáticas, as quais não estão sob o efeito de limitações hídricas, adaptações na espessura da epiderme, visto que este caractere é diretamente relacionado à transpiração, o que corrobora Argenta (2011). O resultado encontrado para a espessura da face adaxial da epiderme também não corrobora Alves et al. (2001) e Costa et al. (2015), estudando outras fontes de poluição em ambientes não aquáticos. Todavia, o espessamento da epiderme nos indivíduos estabelecidos na área poluída, associado ao espessamento da cutícula nas faces epidérmicas adaxial e abaxial, também mostrou diferença significativa entre as áreas de estudo, podendo ser considerado um caractere bioindicador de poluição para *Eichhornia crassipes*.

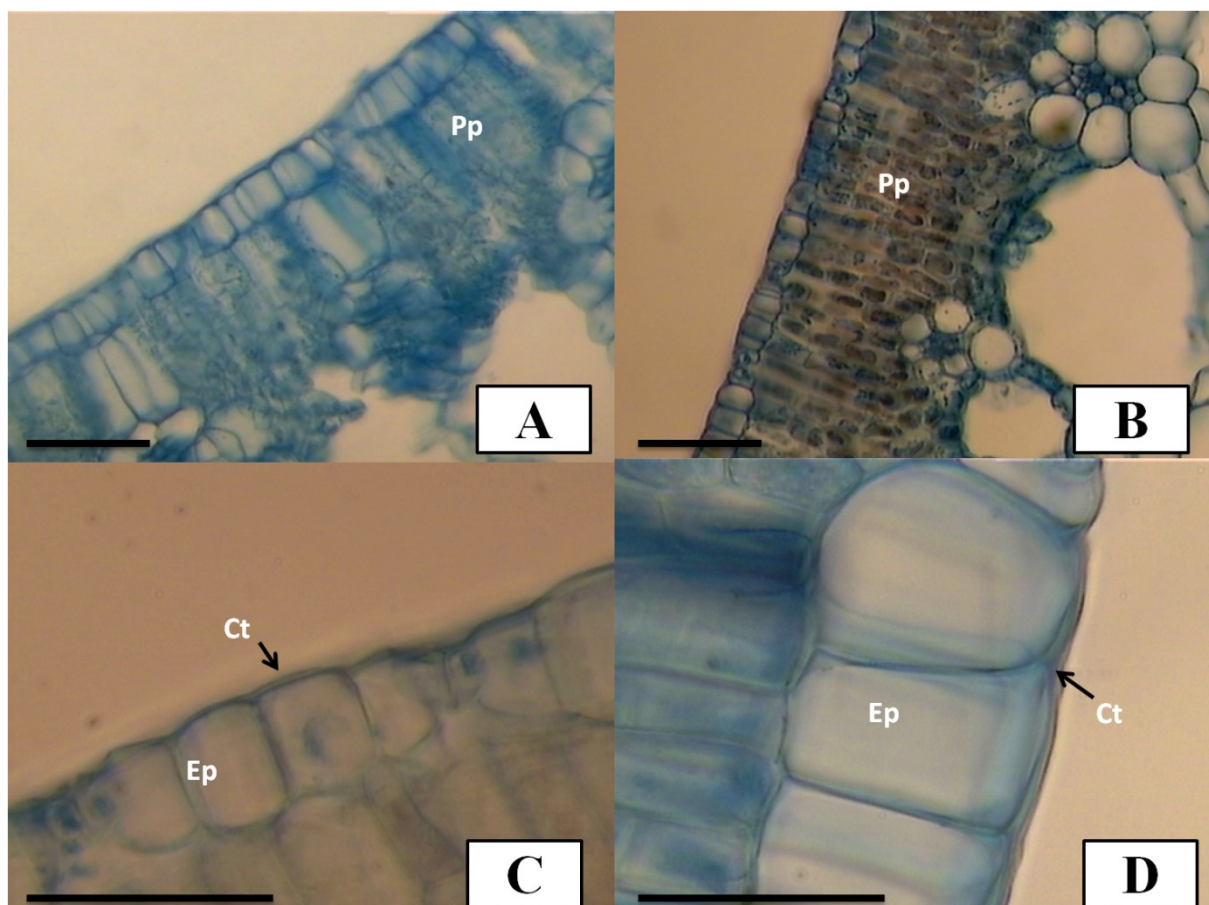


Figura 8. Vista transversal das folhas de *Eichhornia crassipes*; A e D. Indivíduos estabelecidos na área poluída (SL-A); B e C. Indivíduos estabelecidos na área controle (Várzea). Pp = parênquima paliçádico; Ep = epiderme; Ct = cutícula; Barras: A e B = 100 μ m; C e D = 50 μ m

Pistia stratiotes é uma espécie anfiestomática, com presença de muitos tricomas tectores em ambas as faces da epiderme (Duarte, 2015). A avaliação anatômica mostra um parênquima paliçádico bem desenvolvido e um parênquima esponjoso com muitos espaços intercelulares, caracterizando um aerênquima (Figura 9).

Todos os parâmetros de anatomia foliar diferiram significativamente entre as áreas de estudo. Foram encontrados maiores valores para espessura total do mesofilo e espessura do parênquima paliçádico na área de Paudalho agrícola. A média para a espessura do parênquima esponjoso foi superior na área de Paudalho agrícola.

Alves et al. (2008) observaram maiores valores para a espessura total do mesofilo e a espessura do parênquima paliçádico em folhas de indivíduos estabelecidos em áreas com reduzida poluição. Segundo Rodrigues et al. (2016), o aumento da espessura do parênquima esponjoso se constitui em uma adaptação das plantas aquáticas para otimizar a assimilação de CO₂, aumentando a taxa fotossintética, de modo a garantir, além de um maior desenvolvimento da planta, uma tolerância maior ao estresse no ambiente.

O espessamento da face abaxial da epiderme foi relatado por Pereira (2010) em plantas estabelecidas em ambientes sob concentrações reduzidas de poluentes. Este fato pode proporcionar um maior estresse através da poluição na área de Paudalho agrícola. Este parâmetro pode ser considerado um bioindicador de poluição em *Pistia stratiotes*.

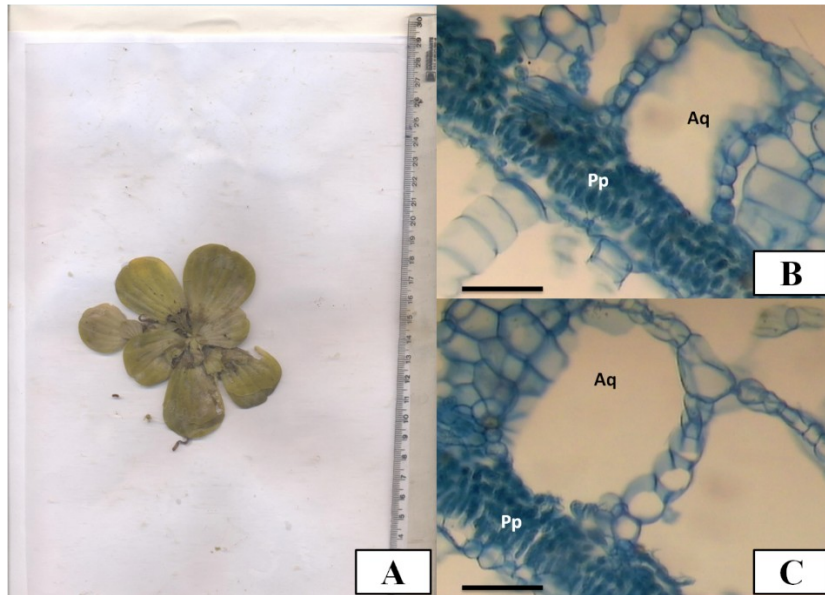


Figura 9. Morfologia e anatomia de *Pistia stratiotes* L. (Araceae). A. Morfologia externa; B e C. Vista transversal do mesofilo na folha. Aq = aerênquima; Pp = parênquima paliçádico. Barras: 100 μ m.

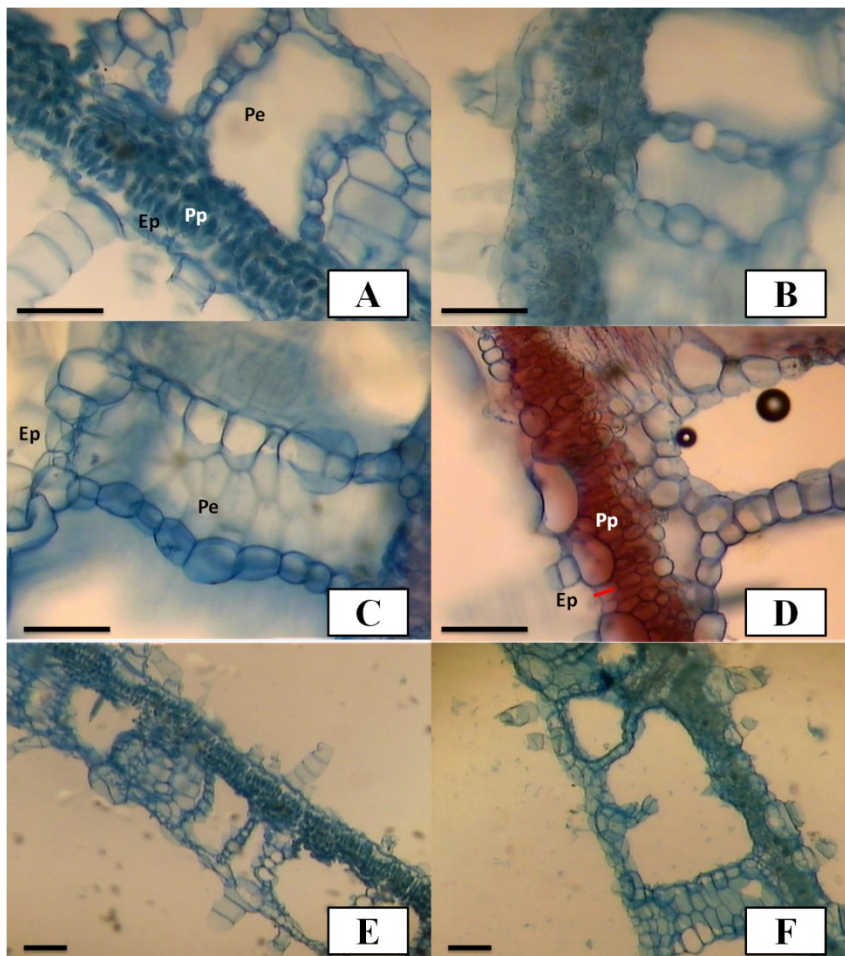


Figura 10. Vista transversal de folhas de *Pistia stratiotes*. A, B e E. Indivíduos estabelecidos nas áreas Pau-A; C, D e F. Indivíduos estabelecidos na área Pau-U; Pp=parênquima paliçádico; Pe=parênquima esponjoso; Ep=epiderme; Em=espessura do mesofilo. Barras: 100 μ m.

Salvinia minima é uma espécie epiestomática (Sota & Pazos, 1990), com estômatos anomocíticos (Inamdar et. al, 1971; Sota & Pazos, 1990) considerados vestigiais, sem capacidade para regulação, por estarem sempre abertos (Sota & Pazos, 1990; Martins-Loução et al., 1993).

Para esta espécie foi observado um padrão similar ao descrito no estudo de Oliveira (2012), no qual as lacunas de aerênquima ocupam grandes espaços no mesofilo. Observamos, também, que o mesofilo, em relação às outras espécies estudadas, mostrou reduzida espessura do mesofilo (Figura 11).

Entre os parâmetros anatômicos avaliados para *S. minima* foi constatada diferença significativa para a espessura da epiderme abaxial e espessura do mesofilo, quando comparados os indivíduos estabelecidos nas áreas de estudo (Figura 10), sendo a maior média para espessura do mesofilo encontrada nos indivíduos localizados na área São Lourenço agrícola e a maior média para espessura da epiderme adaxial na área Paudalho urbano (Tabela 3).

Pereira (2010), estudando os efeitos do poluente na anatomia de *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*, encontraram maior espessura das folhas nos tratamentos com menor poluição, o que pode significar que este parâmetro é bastante sensível, podendo ser utilizado como bioindicador de poluição nestas espécies.

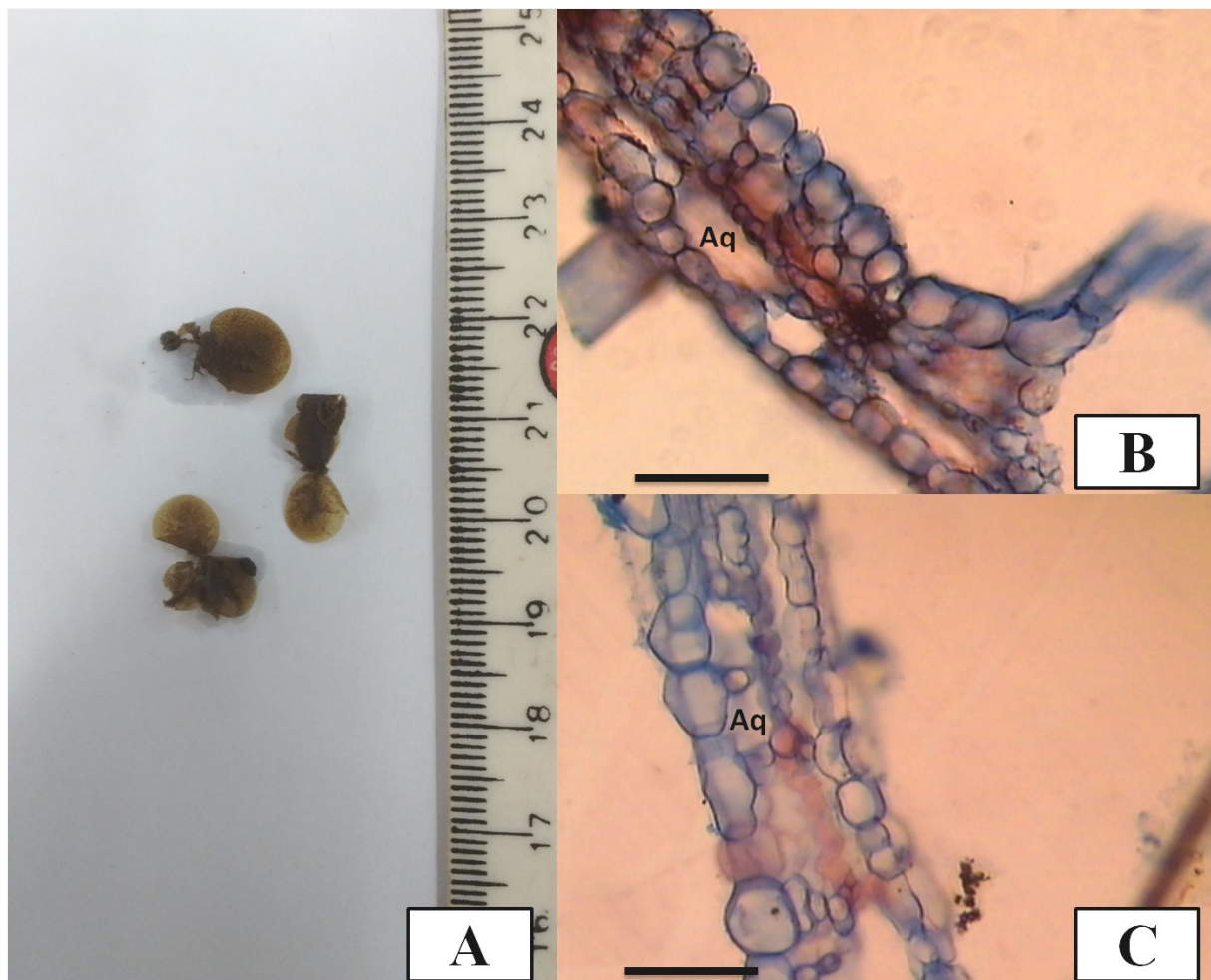


Figura 11. Morfologia e anatomia de *Salvinia minima* Baker (Salviniaceae). A. Morfologia externa; B e C. Vista transversal da folha. Aq = aerênquima. Barras: 100 μ m.

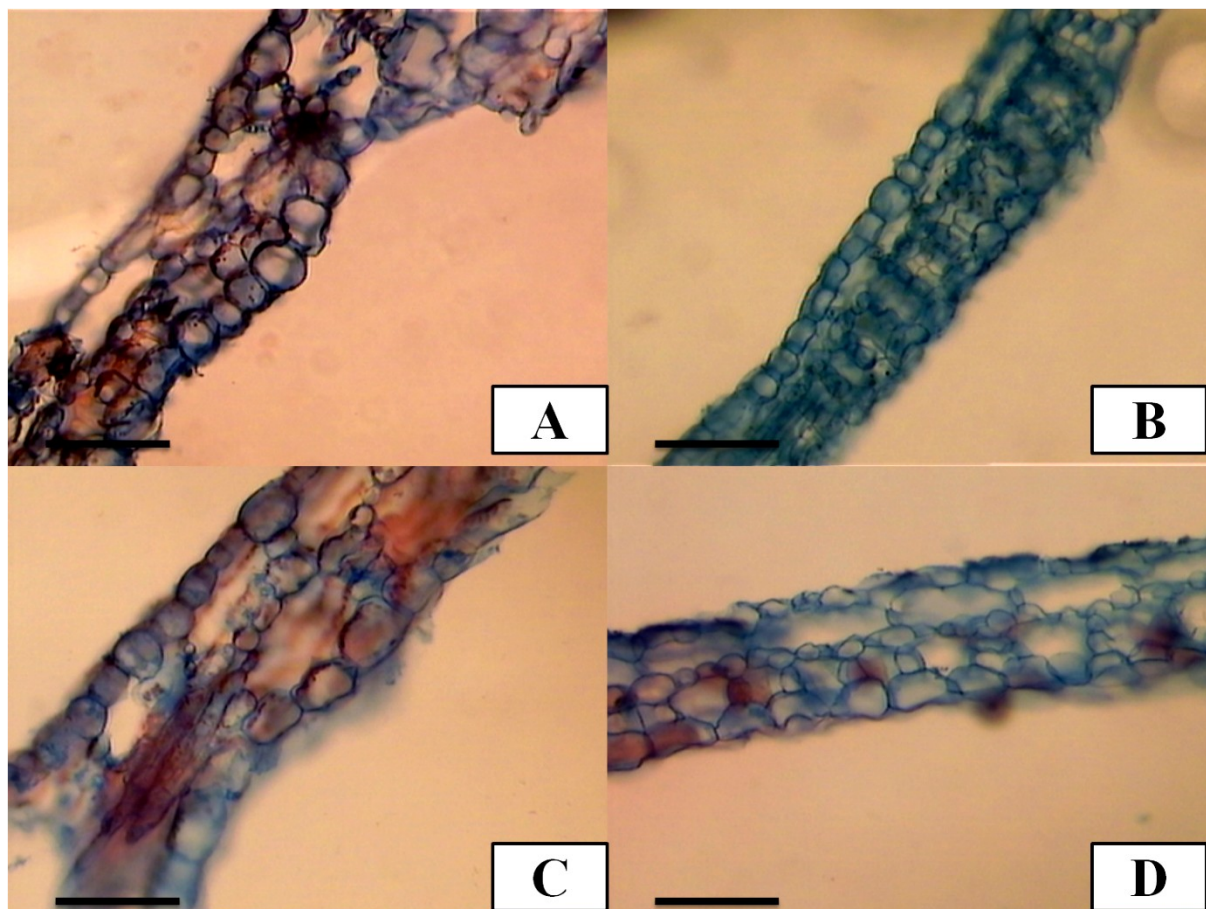


Figura 12. Vista transversal das folhas de indivíduos de *Salvinia minima* estabelecidos nas diferentes áreas de estudo. A. Paudalho agrícola; B. Paudalho urbano; C. São Lourenço agrícola; D. São Lourenço urbano. Barras: 100µm.

9. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Atividades	2015					2016						
	a	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j	J
Levantamento bibliográfico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Coleta de dados e amostras de campo			x									
Confecção de lâminas histológicas	x	x	x	x	x	x	x	x				
Testes histoquímicos	x	x	x	x	x	x	x	x				
Testes fitoquímicos	x	x	x	x	x	x	x	x				
Análise de dados						x	x	x	x	x	x	x
Confecção de relatórios e material para apresentação na Jornada Anual de Iniciação Científica da Facepe					x	x					x	x

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi constatada a sensibilidade de diversos parâmetros de morfologia e anatomia das folhas nas espécies estudadas, os quais podem atuar como bioindicadores de poluição para estas espécies.

Pistia stratiotes e *Salvinia minima* demonstraram grande sensibilidade quanto aos parâmetros de morfologia externa avaliados, os quais são de fácil mensuração, apontando para o potencial destas espécies como alternativas menos onerosas no monitoramento da poluição aquática.

Os parâmetros aqui investigados se mostraram promissores na avaliação de bioindicadores foliares de poluição para espécies de macrófitas aquáticas. Este fato estimula o Grupo de Pesquisas Fitomorfologia Funcional e Interações Antrópicas – FITANTROP/CNPq, liderado pela Profa. Dra. Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel, continuar os estudos na identificação e caracterização de parâmetros morfoanatômicos foliares como indicadores dos efeitos da poluição na vegetação aquática.

11. BIBLIOGRAFIA

- ABDUL QADOS, A.M.S. 2011. Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* (L.). **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.10, p.7-1
- ALMEIDA, G.W. 2009. **Avaliação do potencial bioindicador e fitorremediador de *Salvinia auriculata* Aublet na presença de cádmio e chumbo**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada), Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.
- ALVES, E.S., TRESMONDI, F., LONGUI, E.L. 2008. Leaf anatomy of *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) in urban and rural environments, São Paulo State, Brazil. **Acta Botanica Brasilica** 22, 241-248.
- AN, Y.-J., 2003. Soil ecotoxicity assessment using cadmium sensitive plants. **Environmental Pollution**, v. 127, p. 21-26.
- ANDRADE, E.M.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; DISNEY, W.; ALVES, A.B. 2007. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Eng. Agríc.**, v.27, n.3, p.683-690.
- APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.161, p.105-121.
- ARGNETA, J.A. 2011. Potencial fitorremediador de *Brachiaria arrecta*: Modificações nas características anatômicas e fisiológicas na presença de arsênio e cádmio. **Tese** (Universidade Federal de Lavras), Lavras-MG.
- BARRET, S.C.H.; FORNO, I.W. 1982. Style morph distribution in new world populations of *Eichhornia crassipes* (mart.) Solms-laubach (water hyacinth). **Aquatic Botany**, v. 13, p. 299-306.
- BIONE, M.A.A.; DANTAS, R.M.L.; TAVARES, R.G.; ALBUQUERQUE, C.G.; SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F. 2009. Poluição do Rio Capibaribe por esgoto doméstico. In: IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão. **Anais**, Recife-PE, 2009.
- BOHNER, H.J.; NELSON, D.E.; JENSEN, R.G. 1995. Adaptations to Environmental Stresses. **The Plant Cell**, v. 7, p. 1099-1111.

- BOVE, C.P.; GIL, A.S.B.; MOREIRA, C.B.; ANJOS, R.F.B, 2003. Hidrófitas fanerogâmicas de ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta bot. bras.**, v. 17, n. 1, p. 119-135.
- CASTRO, E.M.; PINTO, J.E.B.P.; SOARES, A.M.; MELO, H.C.; BERTALUCCI, S.K.V.; VIEIRA, C.V.; JÚNIOR, E.C.L., 2007. Adaptações anatômicas de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel (Asteraceae), em três regiões distintas da planta, em diferentes níveis de sombreamento. **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 9, n. 2, p. 8-16.
- COAN, A.I.; SCATENA, V.L; GIULIETTI, A.M. 2002. Anatomia de algumas espécies aquáticas de Eriocaulaceae brasileiras. **Acta bot. bras.**, v.16, n.4, p.371-384.
- COSTA, V.B.S.; SILVA, W.M.S.; ALMEIDA, G.M.A.; FERREIRA, M.H.G.; OLIVEIRA, T.H.; GALVÍNCIO, J.D.; PIMENTEL, R.M.M. 2015. Influência da Poluição Atmosférica em *Terminalia catappa* L. em Áreas Urbanizadas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 02, p. 236-252.
- COSTA, T.C.C.; OLIVEIRA, M.A.J.; ACCIOLY, L.J.O.; SILVA, F.H.B.B. 2009. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 961-974.
- CPRH. Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Relatório das bacias hidrográficas – 2012**. Recife-PE, CPRH: 2014.
- CUNHA, K.P.V.; NASCIMENTO, C.W.A.; PIMENTEL, R.M.M.; ACCIOLY, A.M.A.; SILVA, A.J. 2008. Disponibilidade, acúmulo e toxidez de cádmio e zinco em milho cultivado em solo contaminado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p. 1319-1328.
- DHANKHER, O.P.; LI, Y.; ROSEN, B.P.; SHI, J.; SALT, D.; SENECOFF, J.S.; SASHTI, N.A.; MEAGHER, E.B. 2002. Engineering tolerance and hyperaccumulation of arsenic by combining arsenate reductase and γ -glutamylcysteine synthetase expression. **Nature Biotechnology**, v. 20, p. 1140-1145.
- DUARTE, A.C.O. 2015. **Elementos terras raras nas características anatômicas, fisiológicas e nutricionais de *Pistia stratiotes* L. (Araceae) e *Zea mays* L. (Poaceae)**. Dissertação (Mestrado em Botânica aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.
- GALVÍNCIO, J.D.; PIMENTEL, R.M.M.; FERNANDES, J.G. 2010. Relação da temperatura do ar e do solo com a quantidade de clorofila a e b em jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret) no semi-árido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 03, p. 41-46.
- GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F.; PEREIRA, O.G.; VENTRELLA, M.C.; ROCHA, G.C. 2009. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1645-1654.

- GONÇALVES, C.V. 2006. **Alometria foliar, biomassa e fitoacumulação de cromo em *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.** Dissertação (Pós-Graduação em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande de Sul, Porto alegre – RS.
- GONG, Q.; LI, P., MA, S.; RUPASSARA, S.I.; BOHNERT, H.J. 2005. Salinity stress adaptation competence in the extremophile *Thellungiella halophila* in comparison with its relative *Arabidopsis thaliana*. **The Plant Journal**, v. 44, p. 826-839.
- GOULART, M.; CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1, p.1-9.
- GRATÃO, L.P.; PRASAD, M.N.V.; CARDOSO, P.F.; LEA, P.J.; AZEVEDO, R.A. Phytoremediation: Green technology for the clean up of toxic metals in the environment. **Braz. J. Plant Physiol.**, v. 17, n.1, p. 53-64.
- HAN, Z.; CUI, B. 2015. Performance of macrophyte indicators to eutrophication pressure in ponds. **Ecological Engineering**.
- HARGUINTEGUY, C.A.; COFRÉ, M.N.; FERNÁNDEZ-CIRELLI, A.; PIGNATA, M.L. 2016. The macrophytes *Potamogeton pusillus* L. and *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. as potential bioindicators of a river contaminated by heavy metals. **Microchemical Journal**, v. 124, p. 228-234.
- HOFFMANN, T.; KUTTER, C.; SANTAMARÍA, J.M. 2004. Capacity of *Salvinia minima* Baker to tolerate accumulate As and Pb. **Eng. Life Sci**, v. 4, n. 1, p. 61-65.
- HORIKOSHI, A.S.; GILBERTO FISCH, G. 2007. Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no Município de Taubaté, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 2, n. 2, p. 34-46.
- IHA, D.S. 2014. Bioacumulações de Cd, Ni, Pb e Zn durante os crescimentos de *Salvinia minima* e *Lemna valdiviana*. **Tese** (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP.
- INAMDAR, J. A., PATEL, R. C., BHATT, D. C. 1971. Structure and development of stomata in some leptosporangiate ferns. **Ann. Bot.**, v. 35, p. 643-651.
- LAVARDA, S.R. 2010. Estudo do Potencial de Biossorção dos Íons Cd (II), Cu (II) e Zn(II) pela Macrófita *Eichhornia crassipes*. **Dissertação** (Centro de Engenharias e Ciências Exatas), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo-PR.
- LEHTORANTA, S.; VILPAS, R.; MATTILA, T.J. Comparison of carbon footprints and eutrophication impacts of rural on-site wastewater treatment plants in Finland. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 439-446.
- LOPES, A.; PIEDADE, M.T. 2009. Estabelecimento de *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock (Poaceae) em solo de várzea contaminado com petróleo de Urucu. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 583-590.

- LOPES, A.G.D. 2007. Estudo da comunidade fitoplantônica como bioindicador de poluição em três reservatórios em série do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP. **Tese** (Faculdade de Saúde Pública), Universidade de São Paulo, São Paulo-SP.
- MADEIRA, P.T.; JACONO, C.C.; TIPPING, P.; K. VAN, T.K.; CENTER, T.D. 2003. A genetic survey of *Salvinia minima* in the southern United States. **Aquatic Botany**, v. 76, p. 127-139.
- MARENGO, J.A. 2008. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n.63, p.83-96.
- MAROZZI, M.D.C.; DEVERCELLI, M.; POLLA, W.; VILLALBA, A. 2000. Respuesta de *Pistia stratiotes* L.(Araceae) a la Acción del Cadmio. **Revista FABICIB**, v. 4, p. 149-155.
- MARQUES, A.M.S.M.; MOSCHETA, I.S. 2010. Anatomy of the root of eight species of emergent aquatic macrophytes from the upper Paraná river, Paraná state, Brazil floodplain. **Acta scientiarum. Biological Sciences**, v. 32, n.3, p. 297-304.
- MARTINS, A.P.G., 2009. Cascas de árvores como biomonitores da poluição atmosférica de origem veicular em parques urbanos da cidade de São Paulo. **Tese** (Faculdade de Medicina). Universidade de São Paulo, São Paulo-SP.
- MARTINS, D.; VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E.; TOFOLI, G.R. 2002. Controle químico de *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes* e *Salvinia molesta* em caixas d'água. **Planta Daninha**, v. 20, p. 83-88.
- MARTINS, D.F.F. 2014. Estudo integrado do potencial fitorremediador de *Eichhornia crassipes* em ambientes naturais e sua utilização para obtenção de extratos proteicos. **Tese** (Programa de Pós-Graduação em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.
- MARTINS-LOUÇÃO, M.A.; WOLLENWEBER, B; A. RAVEN, J.A. 1993. Response of *Salvinia* spp. to different nitrogen sources: the acid-base regulation approach. **Oecologia**, v. 93, p. 524-530.
- MISHIMA, D.; KUNIKI, M.; SEI, K.; SODA, S.; IKE, M.; FUJITA, M. 2008. Ethanol production from candidate energy crops: Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). **Bioresource Technology**, v. 99, p. 2495–2500.
- MOHAN, B.S.; HOSETTI, B.B. 2006. Phytotoxicity of cadmium on the physiological dynamics of *Salvinia natans* L. grown in macrophyte ponds. **Journal of Environmental Biology**, v. 27, n. 4, p. 701-704.
- MOHANTY, K.; JHA, M.; MEIKAP, B.C.; BISWAS, M.N. 2006. Biosorption of Cr(VI) from aqueous solutions by *Eichhornia crassipes*. **Chemical Engineering Journal**, v. 117, p. 71-77.

- MURAMOTO, S.; Oki, Y. 1983. Removal of Some Heavy Metals from Polluted Water by Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*). **Bull. Environm. Contam. Toxicol.**, v.30, p. 170-177.
- NICHOLS, P.B.; COUCH, G.D.; AL-HAMDANI, S.H. 2000. Selected physiological responses of *Salvinia minima* to different chromium concentrations. **Aquatic Botany**, v. 68, p. 313-319.
- NÓBREGA, A.S.C. 2011. Fontes de contaminação no estuário do Rio Capibaribe, Pernambuco. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.
- NOGUEIRA, R.M.M.C; SANTOS, R.C. 2000. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 41-45.
- OLIVEIRA, J.A.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A.O.; E JORDÃO, C.P. 2001. Absorção e acúmulo de cádmio e seus efeitos sobre o crescimento relativo de plantas de aguapé e de salvinia. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, v. 13, n. 3, p. 329-341.
- PARIDA, A.K.; DAS, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 60, p. 324-349.
- PEREIRA, F.J. 2010. Características fisiológicas e anatômicas de aguapé e índice de fitorremediação de alface d'água cultivados na presença de arsênio, cádmio e chumbo. **Tese** (Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.
- PINTO, L.E.S.; CÂMARA, M.Y.F.; FREITAS, F.B.A.; PINTO, F.G.H.; SANTOS, A.G.D.; MARTINS, D.F.F. 2015. Determinação da potencialidade de utilização da *Pistia stratiotes* como agente fitorremediador de ambientes naturais. 5º Encontro regional de química & 4º encontro nacional de química. **Anais**. Mossoró-RN.
- POMPÊO, M. 2008. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oeco. Bras.**, v. 12, p. 406-424.
- RAHIMA, K.; F. Z. MAJID, F.Z. 1986. Morphological variation in *Eichhornia crassipes* [of Bangladesh]. Section 2. **Annual Bangladesh Science Conference**. Rajshahi (Bangladesh).
- ROCHA, S.A.; LOUGON, M.S.; GARCIA, G.O. 2009. Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização. **Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil)**, v.4, n.4, p. 01-06.
- RUBIO, A.V.; VALERIO, G.A.; FERRUFINO, L. 2015. Anatomía caular y foliar de tres especies de plantas acuáticas. **Revista Portal de Ciencias**, n. 8, p. 31-44.
- SALT, D.E.; BLAYBLOCK, M.; KUMAR, N.P.B.A.; DUSHENKOV, V.; ENSLEY, B.D.; CHET, I.; RASKIN, I. 1995. Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. **Biotechnology**, v. 13, p. 468-474.

- SAND-JENSEN, K. 1998. Influence of submerged macrophytes on sediment composition and near-bed flow in lowland streams. **Freshwater Biology**, v. 39, p. 663-679.
- SANTOS, C.A.G.; SILVA, R.M. 2007. Aplicação do modelo hidrológico AÇUMOD baseado em SIG para a gestão de recursos hídricos do rio Pirapama, Pernambuco, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 2, n. 2, p. 8-20.
- SILVA, A.P.G. 2010. Macrófita lírio-do-brejo como bioindicadora da qualidade da água do Rio Tamanduazinho, Foz do Iguaçu-PR. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Engenharia Ambiental), Faculdade Dinâmica das Cataratas, Foz do Iguaçu-PR.
- SILVA, R.F.S.; SAIDELLES, F.L.F.; SILVA, A.S.; BOLZAN, J.S. 2011. Influência da contaminação do solo por cobre no crescimento e qualidade de mudas de açoitaca-cavalo (*Luehea divaricata* Mart. & Zucc.) e aroeira-vermelha (*Schinus therebinthifolius* Raddi). **Ci. Fl.**, v. 21, n. 1, p. 111-118.
- SINHA, S.; SAXENA, R.; SINGH, S. 2005. Chromium induced lipid peroxidation in the plants of *Pistia stratiotes* L.: role of antioxidants and antioxidant enzymes. **Chemosphere**, v.58, p. 595-604.
- SOUZA, V.L.; SILVA, D.C.; SANTANA, K.B.; MIELKE, M.S; ALMEIDA, A.F.; MANGABEIRA, P.A.O; ROCHA, E.A. 2009. Efeitos do cádmio na anatomia e na fotossíntese de duas macrófitas aquáticas. **Acta bot. bras.**, v. 23, n. 2, p. 343-354.
- SOTA, E.R; PAZOS, L.A.C. 1990. On the stomata of *Salvinia herzogii* (Salviniaceae, Pteridophyta). **Plant Systematics and Evolution**, v. 172, p. 119-125.
- PEREIRA, F.J. 2010. **Características anatômicas e fisiológicas de aguapé e índice de fitorremediação de alface d'água cultivados na presença de arsênio, cádmio e chumbo**. Tese (Doutorado em Agronomia/Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.
- PIRES, F.R.; SOUZA, C.M.; SILVA, A.A.; QUEIROZ, M.E.L.R.; PROCÓPIO, S.O.; SANTOS, J.B.; SANTOS, E.A.; CECON, P.R. 2003. Seleção de plantas com potencial para fitorremediação de Tebuthiuron. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 451-458.
- RASBAND, W., 2011. **ImageJ documentation**. Disponível em: www.rsb.info.nih.gov, acesso em 01/04/2011.
- THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. 1998. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 10, n.1, p. 103-116.
- TRIPATHI, A.K.; GAUTAM, M. 2007. Biochemical parameters of plants as indicators of air pollution. **Journal of Environmental Biology**, v. 28, n. 1, p. 127-132.
- UYSAL, Y.; TANER, F. 2007. The Effect of Cadmium Ions on the Growth Rate of the Freshwater Macrophyte Duckweed *Lemna minor*. **Ekoloji**, v. 16, n. 62, p. 9-15.

VIEIRA, R.L.; CORRÊA, E.S.; MORAES, B.S.; ROSSATO, M.V.; VESTENA, S. 2015. Toxicidade de cádmio em plantas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1574-1588.

VOLK, G.M.; LYNCH-HOLM, V.J.; KOSTMAN, T.A.; GOSS, L.J.; FRANCESCHI, V.R. The role of druse and raphide calcium oxalate crystals in tissue calcium regulation in *Pistia stratiotes* leaves. 2002. **Plant biol.**, v. 4, p. 34-45.

ZURAYK, R.; SUKKARIYAH, B.; BAALBAKI, R. 2001. Common hydrophytes as bioindicators of nickel, chromium and cadmium pollution. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 127, p. 373-388.

12. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA

O bolsista participou da XV Jornada de Ensino Pesquisa e Extensão da UFRPE apresentando um trabalho com resultados preliminares oriundos desta pesquisa da Iniciação Científica.

13. DIFICULDADES ENCONTRADAS

Devido à necessidade de material fresco para análise de massa seca e parâmetros de histoquímica, tais resultados não constam neste relatório, todavia será efetuada uma coleta adicional para publicações futuras.

A metodologia de dissociação da epiderme não foi eficiente para as espécies *Pistia stratiotes* e *Salvinia minima*. Está sendo desenvolvido um protocolo especial para a obtenção dos caracteres celulares nestas espécies.

Ainda é escasso o material de estudo comparativo de níveis poluição utilizando parâmetros morfoanatômicos em espécies de macrófitas, fato que dificultou uma discussão mais aprofundada e ampla.

14. PARECER DO ORIENTADOR

O estagiário desenvolveu todas as atividades a ele atribuídas, sempre se mostrando interessada em interagir com demais estudantes no laboratório onde realizou as análises do material em estudo. Além disso, foi assíduo, pontual e demonstrou capacidade para buscar soluções para os problemas que se apresentaram durante seu trabalho. Foram obtidos dados inéditos para a descrição e caracterização das espécies macrófitas aquáticas, especialmente no que tange às respostas destas plantas à poluição ambiental.

Recife, 06 de julho de 2016.

Assinatura do Orientador

Assinatura do Aluno

