



ANA LÍVIA MARTINS SCARPA

MODIFICAÇÕES NA MORFOLOGIA, ANATOMIA E FISIOLOGIA DE *Typha domingensis* Pers. EM FUNÇÃO DO ALTO ADENSAMENTO POPULACIONAL

LAVRAS – MG

2017

ANA LÍVIA MARTINS SCARPA

MODIFICAÇÕES NA MORFOLOGIA, ANATOMIA E FISIOLOGIA DE *Typha domingensis* Pers. EM FUNÇÃO DO ALTO ADENSAMENTO POPULACIONAL

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Fabricio José Pereira

Orientador

Prof. Dr. Evaristo Mauro de Castro

Coorientador

Prof. Dr. Marcelo Polo

Coorientador

**LAVRAS – MG
2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Scarpa, Ana Livia Martins.

Modificações na morfologia, anatomia e fisiologia de *Typha
domingensis* Pers. em função do alto adensamento populacional : //
Ana Livia Martins Scarpa. - 2017.

30 p. : il.

Orientador(a): Fabricio José Pereira.

Coorientador(a): Evaristo Mauro de Castro, Marcelo Polo.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Macrófita. 2. Anatomia Vegetal. 3. Fisiologia de taboa. I.
Pereira, Fabricio José. II. de Castro, Evaristo Mauro. III. Polo,
Marcelo . IV. Título.

ANA LÍVIA MARTINS SCARPA

MODIFICAÇÕES NA MORFOLOGIA, ANATOMIA E FISIOLOGIA DE *Typha domingensis* Pers. EM FUNÇÃO DO ALTO ADENSAMENTO POPULACIONAL

MODIFICATION ON THE MORPHOLOGY, ANATOMY AND PHYSIOLOGY OF *Typha domingensis* Pers. AS RELATED TO HIGH DENSITY POPULATION

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 07 de abril de 2017.

Dr. Manuel Losada Gavilanes UFLA

Dr. Jean Marcel Sousa Lira UFLA

Prof. Dr. Fabricio José Pereira

Orientador

**LAVRAS – MG
2017**

*À minha mãe Elizabeth, mulher guerreira e de fibra, que apesar das adversidades, me apoiou
e me deu motivos pra seguir.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais e irmão, pela total confiança, apoio e amor incondicionais, em especial, à minha mãe, pela força dedicada mesmo nos momentos mais inesperados.

As amigas de Itanhandu, pelo ombro nas horas mais difíceis, carinhos, risadas, companheirismo e pela ajuda nos detalhes.

Ao meu orientador Fabrício, pela oportunidade e confiança em realizar esse trabalho, pelos ensinamentos e principalmente, pela compreensão.

Ao Professor Evaristo, pelo apoio e compreensão.

Aos demais professores, técnicos, em especial ao Ítalo, e funcionários do Departamento de Biologia (DBI) pela aprendizagem e convivência.

Ao Professor Marcelo Polo, pelo equipamento necessário para a realização da pesquisa.

Aos membros da banca por aceitarem o convite para participação na defesa deste trabalho.

Aos amigos da Botânica por todos os bons momentos compartilhados e as boas conversas, em especial, ao Márcio que foi imprescindível na realização da coleta e pelos ensinamentos durante a elaboração dos trabalhos referentes à pesquisa, e a Yasmini, que se tornou uma grande amiga durante a realização do Mestrado.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada pela oportunidade para realização do Mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de MG (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de estudos.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar a ocorrência de modificações nas características biométricas, anatômicas e fisiológicas de plantas de *Typha domingensis* Pers. (Typhaceae) em populações com diferentes condições naturais de adensamento. As plantas foram coletadas de populações naturais em condições de alto e baixo adensamento e submetidas às análises biométricas, anatômicas e fisiológicas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e 15 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott para $p < 0,05$. Populações sob alto adensamento demonstraram menor espaçamento entre plantas, maior densidade de plantas e área foliar. Os valores da condutância estomática e fotossíntese total apresentaram maiores médias nas plantas sob maior adensamento. Os resultados demonstram ainda redução gradual da intensidade de radiação encontrada no interior das populações muito adensadas de *T. domingensis* em comparação com as populações pouco adensadas. Os solos nos locais onde as populações muito adensadas ocorrem sofrem redução marcante do conteúdo de macronutrientes e dos principais micronutrientes, bem como a absorção dos elementos na planta. Portanto, as plantas de *T. domingensis*, sob maior adensamento apresentam aumento da área foliar e fotossíntese total consequentemente a um maior número de clones. Plantas de populações altamente adensadas desenvolvem adaptações anatômicas nos feixes e maior proporção de aêrenquima. O alto adensamento populacional de *T. domingensis* afeta o microclima e o solo dos locais onde as populações ocorrem atenuando a intensidade de radiação no interior da copa e reduzindo a disponibilidade de macro e micronutrientes.

Palavras-chave: macrófitas, *Typha domingensis*, densidade populacional, microclima e intensidade de radiação.

ABSTRACT

The aim of the work was to verify the occurrence of changes in the biometric, anatomical and physiological characteristics of *Typha domingensis* Pers. (Typhaceae) in populations with different natural densities. Plants were sampled on natural populations showing high or low density and submitted to biometric, anatomical and physiological evaluations. The experimental design was completely randomized with two treatments and 15 replicates. Data were submitted to analysis of variance and were compared by the Scott-Knott test for $p < 0.05$. Populations under high densification showed smaller spacing, greater density of plants and leaf area. The values stomatal conductance and total a reduction of the radiation intensity grow, suffered a reduction of the macronutrient and micronutrients content, as well nutrient uptake by plants. Therefore, *T. domingensis* under high density condition showed increased leaf area and total photosynthesis leading to the production of a larger number of clones. Plants of high density populations developed adaptations in the bundles to overcome a higher need of water, nutrients and photoassimilates, as well as aerenchyma development. The high density population of *T. domingensis* affects the microclimate and the soil where the populations grow, reducing the radiation intensity and the availability of macro and micronutrients.

Keywords: macrophytes, *Typha domingensis*, population density, microclimate and radiation intensity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 Macrófitas e sua relação ambiental.....	12
2.2 Fatores que afetam o crescimento de <i>Typha domingensis</i> Pers. e seu crescimento descontrolado.....	13
2.3 Adensamento populacional de <i>Typha domingensis</i> Pers.	14
2.4 Anatomia, fisiologia e crescimento de <i>Typha domingensis</i> Pers.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Material vegetal e delineamento experimental.....	15
3.2 Análise Biométrica.....	15
3.3 Análise Nutricional.....	16
3.4 Análise Anatômica.....	16
3.5 Avaliação das trocas gasosas foliares e teor de clorofila.....	17
3.6 Caracterização do solo e da água.....	17
3.7 Análise da intensidade de radiação.....	18
3.8 Análise Estatística.....	18
4 RESULTADOS.....	18
5 DISCUSSÃO.....	25
6 CONCLUSÃO.....	28
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

Macrófitas aquáticas consistem em plantas de diferentes táxons caracterizados por apresentarem partes vegetativas que realizam fotossíntese e crescem submersas na água ou flutuantes na sua superfície. Esses organismos demonstram grande capacidade de colonizar ambientes diversos onde contribuem com a diversidade biológica, biomassa e produtividade (ESTEVES, 2011). As macrófitas passaram por uma transição do ambiente terrestre para o aquático ao longo de sua evolução, resultando em adaptações que permitiram a colonização de ecossistemas aquáticos como o desenvolvimento do aerênquima (LI et al., 2010).

Typha domingensis Pers., conhecida popularmente como taboa é uma macrófita rizomatosa nativa da América do Sul, que forma agrupamentos densos nas margens de lagos, reservatórios, canais de drenagem e várzeas, sendo considerada uma espécie depuradora natural nesses ambientes (HEGAZY; ABDEL-GHANI; EL-CHAGHABY, 2011). Seus rizomas apresentam potencial nutricional semelhante ao do milho e da batata, além disso, ela é empregada de várias formas como: no forrageio animal, fonte de matéria prima para obtenção de celulose e no artesanato para a confecção de utensílios ornamentais (JAHAN et al., 2007).

Typha domingensis pode ser considerada invasora quando apresenta crescimento descontrolado, resultando em alta produtividade e colonização de grandes áreas (ESTEVES, 2011). Diferenças entre as populações de alta e baixa densidade de *T. angustifolia* relacionam-se com parâmetros de crescimento, anatomia radicular e atividades enzimáticas (CORRÊA et al., 2017). Dentre os fatores que promovem estas diferenças no crescimento das plantas aquáticas estão às condições climáticas como altas temperaturas e intensa radiação solar (CAMARGO & HENRY-SILVA, 2006).

Estudos sobre modificações anatômicas e fisiológicas relacionadas ao crescimento excessivo e colonização de diferentes espécies de *Typha* são muito raros (CORRÊA et al., 2016). Estes trabalhos podem ser importantes para auxiliar no entendimento do seu crescimento e no manejo dessas plantas, portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar populações de *Typha domingensis* em condições naturais de alto e baixo adensamento populacional, e as consequências do alto adensamento na anatomia, fisiologia e microclima dessas populações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Macrófitas e sua relação ambiental

Macrófitas aquáticas são plantas de diversos grupos que se caracterizam por terem partes vegetativas que crescem ativamente, permanentemente ou por um período, submersas, flutuando ou sobre a superfície da água (COOK et al., 1974; POTT, POTT, 2000). As macrófitas aquáticas são importantes em ecossistemas límnicos por contribuírem para a diversidade biológica e por apresentarem elevada biomassa e alta produtividade (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2003).

Macrófitas colonizam diversos tipos de ecossistemas aquáticos, como lagos, reservatórios, pântanos, riachos, rios, ambientes marinhos e até mesmo corredeiras e quedas. De acordo com Kalff (2002), a produção primária de macrófitas pode superar a de outros produtores primários aquáticos. Macrófitas geralmente colonizam ecossistemas onde elas se tornam componentes importantes, influenciando processos ecológicos como a diversidade de espécies (THOMAZ, 2010).

As macrófitas são plantas que apresentam uma relevante plasticidade morfológica, anatômica e fisiológica que possibilita a colonização em ambientes considerados adversos para muitas espécies (LI et al., 2010). A adaptação das plantas ao ambiente em que crescem pode estar relacionada a modificações em sua anatomia e fisiologia (PEREIRA et al., 2011). Adaptações como cutículas finas (PENGELLY et al., 2012) e desenvolvimento de aerênquima (PEREIRA et al., 2011) permitiram a colonização do ambiente aquático conferindo vantagem competitiva e possibilitando a sobrevivência em condições de estresse.

Pesquisas sobre o papel funcional desempenhado pelas macrófitas aquáticas nos ecossistemas límnicos revelam a importância dessas espécies, por serem capazes de estabelecer um intercâmbio entre o ecossistema aquático e o ambiente terrestre (VIANA et al., 2010). Macrófitas aquáticas submersas, enraizadas e emergentes, se destacam no cenário mundial em função de sua importância na remoção de uma variedade de contaminantes orgânicos e inorgânicos (DIRH; SHARMILA; SARADHI, 2009).

Além de possuírem uma alta taxa de crescimento a diversidade ecológica que ocorre na rizosfera das macrófitas promove várias reações químicas e biológicas capazes de aumentar a purificação da água contaminada (HADAD; MAINE; BONETTO, 2006).

Macrófitas emersas em condições limitadas de nutrientes demonstram elevada habilidade de competição e eficiência na absorção de nutrientes. *Typha domingensis* Pers. é uma macrófita aquática emersa, que pode demonstrar mudanças na alocação de biomassa e morfologia sob tais circunstâncias (LORENZEN et al., 2001).

2.2 Fatores que afetam o crescimento de *Typha domingensis* Pers. e seu crescimento descontrolado

Typha domingensis Pers. pertence à família Typhaceae sendo popularmente conhecida como taboa, é uma planta perene, herbácea, rizomatosa e aquática. Nativa da América do Sul, essa espécie pode atingir até três metros de altura, sendo muito frequente em margens de lagos, reservatórios, canais de drenagem e várzeas. A taboa apresenta fácil propagação vegetativa e forma densos agrupamentos podendo produzir até 7.000 kg de rizomas por hectare (BIANCO et al., 2003). A gestão dessa e de outras espécies de macrófitas é feita através de práticas tradicionais em muitas partes do mundo: pequenos agricultores colhem os escapos para a produção de artesanato, servindo como uma importante fonte de renda (SILVEIRA et al., 2011a).

As espécies do gênero são dominantes na maioria dos ambientes aquáticos onde o nível da água costuma flutuar, colonizando áreas contaminadas por diversos tipos de resíduos industriais e atuando na absorção de metais pesados (HEGAZY; ABDEL-GHANI; EL-CHAGHABY, 2011) podendo contribuir assim, para o saneamento ambiental e pode ser indicada como depuradora natural de ambientes aquáticos (PEREIRA et al., 2011).

Fatores nutricionais, densidade populacional, longos períodos de alagamento ou diminuição da disponibilidade hídrica exercem influência no desenvolvimento da taboa (SANTOS et al., 2015; CORRÊA et al., 2015; GRANDIS; GODOI; BUCKERIDGE, 2010). Normalmente, em ambientes aquáticos tropicais, as condições climáticas, como altas temperaturas médias e intensas radiações solares tendem a favorecer o crescimento das plantas aquáticas (CAMARGO; HENRY-SILVA, 2006). Além disso, segundo Thomaz (2002), vários problemas decorrentes do desenvolvimento excessivo de macrófitas ocorrem após a interferência antrópica em um ecossistema.

O enriquecimento de fósforo (P), em conjunto com alterações na disponibilidade hídrica, são alguns dos principais fatores responsáveis pelo crescimento descontrolado em comunidades de macrófitas aquáticas podendo levar ao declínio de espécies nativas

anteriormente dominantes (LI et al., 2010). Macek et al. (2010) relataram a redução quase completa da população de *Eleocharis* spp. ao competir com *T. domingensis* em ambientes ricos em fósforo; Miao et al. (2010), Santos et al. (2015) entre outros autores, também descreveram o aumento do crescimento populacional de *T. domingensis* sob enriquecimento de P.

2.3 Adensamento populacional de *Typha domingensis* Pers.

Estudos mostram que taboas cultivadas em casa de vegetação oriundas de diferentes densidades populacionais alteram sua capacidade de crescimento a sua anatomia. Populações muito adensadas demonstram alterações principalmente na distribuição de biomassa e anatomia radicular relacionadas a uma maior capacidade de crescimento em função da redução de barreiras apoplásticas radiculares (CORRÊA, 2015). Li et al. (2009) relataram que a colonização de *T. domingensis* reduz populações de *Cladium jamaicense* mas apesar de alguns pontos mostrarem alta colonização de *T. domingensis*, ocupando mais de 50% da área, em alguns pontos, as plantas não colonizaram até 50% da sua área.

2.4 Anatomia, fisiologia e crescimento de *Typha domingensis* Pers.

Adaptações das plantas ao ambiente podem estar relacionadas às alterações na anatomia e fisiologia. Essas modificações estão relacionadas às características genéticas ou a condições ambientais (PEREIRA et al. 2011; PEREIRA et al., 2008; SOUZA et al., 2009; DOHENY-ADAMS et al., 2012; WANG et al., 2007; XIAO et al., 2009).

Algumas adaptações comuns em macrófitas são: o desenvolvimento do aerênquima (CASTRO et al., 2009; YANG et al., 2012), o aumento do esclerenquima (MANUS et al., 2002), modificações para mecanismos de absorção alternativa ao CO₂ água e O₂ (PIERINI & THOMAZ, 2004), e no aumento da porosidade da raiz (INSAUSTI et al., 2001). De acordo com Santos et al. (2015), a limitação da fotossíntese em *T. domingensis* em baixos níveis ou excesso de fósforo está relacionada a alterações anatômicas no parênquima paliçádico e estômatos das folhas.

T. domingensis apresenta folhas anfiestomáticas, epiderme delgada unisseriada, geralmente três camadas de parênquima paliçádico, grandes áreas de parênquima esponjoso e câmaras de aerênquima que ocupam a maior parte do mesofilo (BARROS, 2005). Os feixes

vasculares são colaterais com xilema e floema localizados entre o parênquima paliádico das faces abaxial e adaxial (SANTOS et al., 2015). As células epidérmicas do rizoma são estreitas e com cutícula delgada, logo abaixo ocorrem poucas camadas de parênquima e há presença de um aerênquima radiado bem desenvolvido com câmaras irregulares ocupando maior parte do córtex. A região central do rizoma apresenta feixes colaterais e parênquima interfascicular, enquanto a endoderme é formada por células arredondas ou achatadas com presença de estrias de Caspary (BARROS, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material vegetal e delineamento experimental

Plantas de *T. domingensis* foram coletadas em açudes naturais localizados no campus da Universidade Federal de Lavras (21°13'27.1"S 44°58'01.1"W), Minas Gerais. Foram avaliadas plantas em populações de alta densidade populacional (mais de 50% da área colonizada por *T. domingensis*) e em populações de baixa densidade populacional, ou seja, 50% ou menos da área colonizada por *T. domingensis* segundo Corrêa et al., (2015). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos (muito e pouco adensada) (Fig. 1) e 15 repetições.

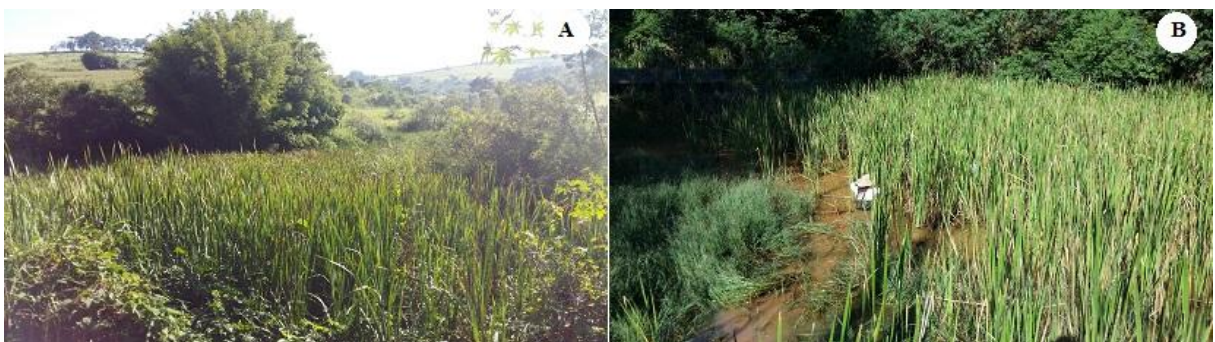


Figura 1. (A) População muito adensada (B) População pouco adensada

3.2 Análise Biométrica

Nas duas condições de adensamento, foi delimitada uma área de um metro quadrado para a amostragem das plantas. Nessa área, foi realizada a contagem do número de indivíduos e o espaçamento entre as plantas, medido em 10 pontos distintos. As plantas de *T. domingensis* foram amostradas aleatoriamente dentro destas áreas, removendo-as por inteiro do solo. O número de folhas foi contado e a altura das plantas foi medida com fita métrica. As

plantas foram separadas em folhas, rizoma e raízes. As folhas frescas foram levadas ao laboratório e escaneadas. As imagens foram utilizadas para a medição da área foliar, realizada no software UTHSCSA-ImageTool (The University of Texas Health Science Center, San Antonio, Texas, USA). Posteriormente, folhas, e raízes foram pesadas em balança analítica para a obtenção da massa fresca e posteriormente secas em estufa a 60 °C por 48 h para avaliação da massa seca em uma balança analítica (AY 220, Shimadzu , Japão).

3.3 Análise Nutricional

Para a análise nutricional foram determinados o teor de macronutrientes [Fósforo (P), cálcio (Ca), e Enxofre (S)] e micronutrientes [Boro (B), Cobre (Cu) e Ferro (Fe)] de raízes, rizomas e folhas de 10 amostras por tratamento.

Os órgãos vegetativos foram lavados em água corrente e secos em estufa a 60°C por 72h. Com auxílio de moinho de facas tipo Willey, a massa seca de cada órgão foi triturada. Em seguida, 500 mg de massa seca foram pesadas em balança analítica. Para determinação do Boro foi realizada a incineração do material vegetal a 550°C e para quantificar os demais elementos foi utilizada a digestão nitroperclórica conforme o método proposto por Sarruge e Haag (1974). Para a digestão ácida foram adicionados 10 mL de HNO₃ nas amostras sendo deixadas em repouso por 12h. A digestão foi feita a uma temperatura de 150°C por 30 minutos até a redução de aproximadamente a metade do volume do ácido nítrico adicionado. Depois desse período foi adicionado 1,0 mL de HClO₄ P.A. e a temperatura do bloco digestor aumentada para 210°C por 20 minutos, até o clareamento da solução. O produto da digestão (amostra) foi transferido para balão volumétrico de 25 mL, completando o volume com água destilada e levados para leitura em Espectrômetro de Absorção Atômica, modalidade chama. As análises nutricionais foram realizadas no Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química (DQI) na Universidade Federal de Lavras.

3.4 Análise Anatômica

Para análise anatômica, foram coletados fragmentos da região mediana de folhas totalmente expandidas e fixados em solução de formaldeído, ácido acético e etanol 70% (FAA₇₀) e armazenados em etanol 70% para posterior análise (JENSEN, 1970 in KRAUS & ARDUIN, 1997). As secções foliares paradérmicas foram obtidas usando lâminas de aço nas superfícies abaxial e adaxial, e coradas com safranina aquosa 1% (m v⁻¹). As secções transversais foram obtidas a mão livre e coradas com solução de safrablau (safranina 1% e

azul de astra 0,1% numa proporção de 7:3). As secções foram clarificadas com hipoclorito de sódio 50% e lavadas em água destilada durante 10 minutos, coradas e montadas em lâminas com glicerol a 50% (JOHANSEN, 1940). As lâminas foram fotografadas usando um microscópio Olympus modelo CX31 (Olympus, Tokyo, Japan). Para cada repetição, foram avaliadas cinco seções e cinco campos para cada seção. Utilizou-se o software UTHSCSA-ImageTool (Universidade de Texas Health Science Center, San Antonio, Texas, EUA) para analisar as variáveis anatômicas: espessura do parênquima paliçádico das faces adaxial e abaxial, densidade estomática das faces abaxial e adaxial, proporção de aerênquima, e diâmetro dos vasos de xilema.

3.5 Avaliação das trocas gasosas foliares e teor de clorofila

As trocas gasosas foram realizadas utilizando um analisador de trocas gasosas por infravermelho (IRGA) modelo LI-6400XT (Li-COR Biosciences, Lincoln, Nebraska, EUA). As leituras foram feitas em duas folhas completamente expandidas por planta. As avaliações começaram às 08 horas e não ultrapassaram às 10 horas da manhã. A densidade de fótons fotossinteticamente ativos foi fixada em $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ na câmara. As seguintes características foram avaliadas: condutância estomática (g_s), taxa transpiratória (E) e taxa fotossintética (Pn). Foi calculado o uso eficiente da água (UEA) pela razão Pn/E. A fotossíntese total da planta foi calculada multiplicando-se a Pn pela área foliar. A concentração de clorofila nas folhas foi feita com o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Konica Minolta, Tokyo, Japan). Foram avaliadas duas folhas por planta e três campos por folha (base, meio e ápice).

3.6 Caracterização do solo e da água

Amostras de solo foram coletadas na área central de cada população para caracterização do sedimento em condições de alto e baixo adensamento de *T. domingensis*. O sedimento fracionado foi seco em estufa de circulação forçada à temperatura de 40 °C até peso constante. Após digestão ácida os elementos foram determinados em analisador elementar Perkin Elmer 2400 (CHNS/O). Para a determinação do fósforo foi realizada uma digestão ácida (HCl) nas amostras, reação colorimétrica utilizando azul de molibdênio e, logo após, leitura à 885 nm no Espectrofotômetro UV/VIS, modelo DR 200, Hach, Japão

(DELGADO et al., 1994). Para a obtenção dos teores de matéria orgânica e cinzas, as amostras foram calcinadas em forno mufla à 550°C por 4 horas e determinados por gravimetria (SFRISO et al., 1999). As análises químicas do solo foram realizadas pelo Departamento de Ciências do Solo (DCS) na Universidade Federal de Lavras.

Foram coletadas amostras da água para cada população para as análises de fósforo e nitrogênio totais. A determinação do Nitrogênio Total foi realizada pelo processo de digestão Kjeldahl conforme metodologia descrita por Nogueira e Souza (2005). Já a determinação de Fósforo Total foi realizada com base no método colorimétrico ácido vanadomolibdofosfórico (1 a 20 mg L⁻¹). As análises foram realizadas pelo Laboratório de Análise de Água do Departamento de Engenharia (DEG) na Universidade Federal de Lavras.

3.7 Análise da intensidade de radiação

Para a análise da intensidade de radiação dentro das populações foi utilizado um espectrorradiômetro portátil de campo modelo SPR-4002 (Luxchem Research Inc., Ottawa, Canadá). As leituras foram realizadas em intervalos de dois minutos no interior das populações de *T. domingensis* em três diferentes alturas: alto, meio e base da parte aérea das plantas. Um microcomputador acoplado ao espectrorradiômetro armazenou as medidas radiométricas para determinação das modificações na intensidade da radiação na faixa de 220 à 900 nm.

3.8 Análise Estatística

Os dados foram primeiramente testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e, em seguida, submetidos à análise de variância (ANAVA) e à comparação das médias pelo teste de Scott-Knott, para $P < 0,05$, com auxílio do software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2003). Os dados do espectrorradiômetro foram submetidos à análise em esquema fatorial 2x3 com 15 repetições e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott para $P < 0,05$.

4 RESULTADOS

A população mais adensada de *T. domingensis* apresentou o maior número de plantas por unidade de área. A área foliar também apresentou médias maiores na população muito

adensada. Contudo, a distância entre os indivíduos na população pouco densada foi 3,2 vezes maior em comparação com a muito densada. A altura e o número de folhas das plantas analisadas apresentaram médias semelhantes nas populações de alto ou baixo adensamento (Tabela 1). Além disso, o alto adensamento populacional não promoveu diferenças significativas para massa seca total das plantas bem como para a massa fresca ou seca da parte aérea (Tabela 1).

Tabela 1. Biometria de plantas de *Typha domingensis* provenientes de diferentes adensamentos populacionais. Os dados são mostrados como a média \pm desvio padrão.

Variável	Muito densada	Pouco densada
Nº de plantas	10,70 \pm 2,2 a	6,70 \pm 1,4 b
Área foliar (cm ²)	1192,58 \pm 182,5 a	783,46 \pm 190,9 b
Distância (cm)	13,30 \pm 4,0 b	55,30 \pm 17,1 a
Altura (m)	2,55 \pm 0,3 a	2,76 \pm 0,2 a
Nº de folhas	12,47 \pm 1,5 a	11,80 \pm 3,4 a
Massa seca total (g)	97,12 \pm 25,7 a	105,08 \pm 30,5 a
Massa seca folhas (g)	93,20 \pm 25,3 a	88,00 \pm 27,9 a
Massa fresca folhas (g)	597,07 \pm 113,2 a	565,47 \pm 199,1 a

As médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $p < 0,05$.

O teor e alocação de macro e micronutrientes de populações muito e pouco densadas de *T. domingensis* apresentam algumas diferenças (Tabela 2). Plantas das populações muito densadas apresentaram uma maior concentração de fósforo em relação à população pouco densada no rizoma e raiz.. As raízes das plantas de populações muito densadas apresentam maior teor de S mas menor quantidade de Ca em comparação às plantas pouco densadas. As raízes das plantas de populações muito densadas ainda apresentam menor absorção de Cu e maior teor de B em comparação com as populações pouco densadas. O teor de P e Ca não foi modificado nos diferentes órgãos de plantas das populações pouco densadas, contudo, o P apresenta-se em menor quantidade nas raízes e rizomas de plantas das populações muito densadas. As plantas de populações pouco densadas apresentaram maior teor de S nas raízes reduzindo-se gradualmente em rizomas e folhas. Os teores de micronutrientes

avaliados tendem a reduzir nos rizomas e folhas de ambas as populações, contudo, o B não segue este padrão e apresenta menores médias apenas nas raízes das populações pouco adensadas (Tabela 2).

Tab 2. Teor e alocação de macronutrientes e micronutrientes em *Typha domingensis* de diferentes adensamentos populacionais.

P%			
População	Raiz	Rizoma	Folha
Pouco adensada	0,08 aA	0,06 bA	0,08 bA
Muito adensada	0,07 aB	0,08 aB	0,12 aA
Ca%			
População	Raiz	Rizoma	Folha
Pouco adensada	0,35 bA	0,94 aA	0,95 aA
Muito adensada	0,64 aA	0,72 aA	1,15 aA
S%			
População	Raiz	Rizoma	Folha
Pouco adensada	0,41 aA	0,21 aB	0,09 aC
Muito adensada	0,22 bA	0,20 aA	0,16 aA
B (ppm)			
População	Raiz	Rizoma	Folha
Pouco adensada	2,46 bB	12,16 aA	14,38 aA
Muito adensada	21,94 aA	12,42 aA	5,87 aA
Cu (ppm)			
População	Raiz	Rizoma	Folha
Pouco adensada	43,54 aA	32,14 aB	2,82 aC
Muito adensada	7,92 bA	8,56 bA	0,22 aA
Fe (ppm)			
População	Raiz	Rizoma	Folha
Pouco adensada	1521,36 aA	1345,76 aB	1074,58 aC
Muito adensada	1564,00 aA	1217,24 aB	353,16 bC

As médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $P < 0,05$.

Não ocorreram diferenças significativas na fotossíntese líquida, transpiração, eficiência no uso da água, e no teor de clorofila entre diferentes populações de *T. domingensis*

(Tabela 3). Contudo, a condutância estomática apresentou médias 30% maiores na população muito adensada. A fotossíntese total da planta foi 38,4% maior nas plantas sob alto adensamento populacional (Tabela 3).

Tabela 3. Trocas gasosas e teor de clorofila de folhas de *Typha domingensis* em diferentes adensamentos populacionais. Os dados são mostrados como a média \pm desvio padrão.

Variável	Muito adensada	Pouco adensada
Pn ($\mu\text{mCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	7,60 \pm 1,6 a	7,57 \pm 2,4 a
E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	6,90 \pm 2,7 a	7,71 \pm 2,4 a
UEA ($\mu\text{mCO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}$)	1,22 \pm 0,4 a	1,04 \pm 0,3 a
Teor de Clorofila (unidades SPAD)	45,21 \pm 5,6 a	43,00 \pm 2,9 a
gs ($\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	0,50 \pm 0,3 a	0,35 \pm 0,2 b
Pn total da planta ($\mu\text{mCO}_2 \text{ s}^{-1}$)	0,92 \pm 0,2 a	0,57 \pm 0,3 b

As médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $p < 0,05$.

Quanto à anatomia foliar de *T. domingensis*, as plantas da população em condição de alto adensamento apresentam diferenças significativas (Tabela 4). O diâmetro dos vasos de xilema foi 17,87% maior nas plantas sob alto adensamento em relação às plantas pouco adensadas. Em relação à proporção de aerênquima, as plantas pouco adensadas apresentaram média 22,2% maior em relação à população muito adensada (Tabela 4). Contudo, não ocorreram diferenças significativas para a espessura do parênquima paliçádico (PP) e densidade estomática (DE) das faces abaxial e adaxial (Tabela 4).

Tabela 4. Características anatômicas de *Typha domingensis* de diferentes densidades populacionais. Os dados são mostrados como a média \pm desvio padrão.

	<i>Muito adensada</i>	<i>Pouco adensada</i>
PP abaxial (μm)	30,17 \pm 3,0 a	28,77 \pm 2,6 a
PP adaxial (μm)	31,73 \pm 3,5 a	29,60 \pm 2,2 a
DE abaxial (estômatos mm^2)	0,16 \pm 0,02 a	0,16 \pm 0,02 a
DE adaxial (estômatos mm^2)	0,17 \pm 0,02 a	0,18 \pm 0,1 a
Proporção de aerênquima %	46,01 \pm 0,7 b	59,23 \pm 0,5 a
Diâmetro dos vasos de xilema (μm^2)	49,42 \pm 7,9 a	40,59 \pm 4,6 b

As médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $P < 0,05$.

A composição do solo onde as populações muito e pouco adensadas de *T. domingensis* crescem apresenta algumas diferenças nutricionais (Tabela 5). Os teores de macronutrientes no solo da população pouco adensada são maiores para todos os elementos analisados (Tabela 5). Observa-se ainda, teores maiores dos micronutrientes Zn, Cu e Mn no solo da população pouco adensada em comparação com a muito adensada. Não há diferença para o valor de pH destes solos, contudo, observa-se um maior teor de Al e matéria orgânica no solo das populações pouco adensada. Contudo, o solo da população pouco adensada apresenta maiores valores para a saturação de bases, soma de bases e capacidade de troca de cátions em relação ao solo de populações muito adensadas (Tabela 5).

Tabela 5. Concentrações de macro e micronutrientes e características dos solos onde se encontram populações *Typha domingensis* de diferentes adensamentos populacionais.

Macronutrientes (%)	Muito adensada	Pouco adensada
K	32,90	68,62
P	5,39	6,74
Ca	2,20	4,90
S	7,45	37,35
Mg	0,40	0,70
Micronutrientes (ppm)	Muito adensada	Pouco adensada
Zn	3,70	4,64
Fe	1.945,57	1.942,57
Mn	40,73	122,19
Cu	4,94	6,60
B	0,90	0,94
Outras características	Muito adensada	Pouco adensada
pH	5,4	5,5
Al (%)	0,20	0,10
SB (mmolc/dm ³)	2,68	5,78
T (mmolc/dm ³)	6,50	9,56
V (%)	41,30	60,42
M.O. (%)	2,65	1,81

SB= soma de bases, T= capacidade de troca de cátions, V= saturação de bases, M.O.= matéria orgânica.

A análise mostra que há pouca variação no pH da água nas duas populações, contudo, a água da população muito adensada demonstra uma maior quantidade de P e N totais (Tabela 6).

Tab 6. Análise da água onde se encontram *Typha domingensis* de diferentes adensamentos populacionais.

Variável	Muito adensada	Pouco adensada
pH	6,8	7,0
P total (mg/L)	0,26	0,17
N total (mg/L)	0,14	0,04

A intensidade de radiação demonstra um padrão semelhante de distribuição dentro dos comprimentos de onda para ambas as populações, contudo, algumas diferenças são observadas (Figura 2). Percebe-se que, para as duas populações, a região entre 470 e 550 nm do espectro da radiação é a que exibe maior intensidade, sendo bastante reduzida em comprimentos de onda abaixo de 350 nm ou acima de 750 nm (Figura 2). A população muito adensada de *T. domingensis* apresenta maior intensidade de radiação no alto da copa, com uma redução no meio e uma grande redução na base da copa das plantas (Figura 2). Contudo, para a população pouco adensada, o alto e a meio da copa não apresentam diferenças significativas e apenas uma pequena redução é observada na base da copa das plantas (Figura 2).

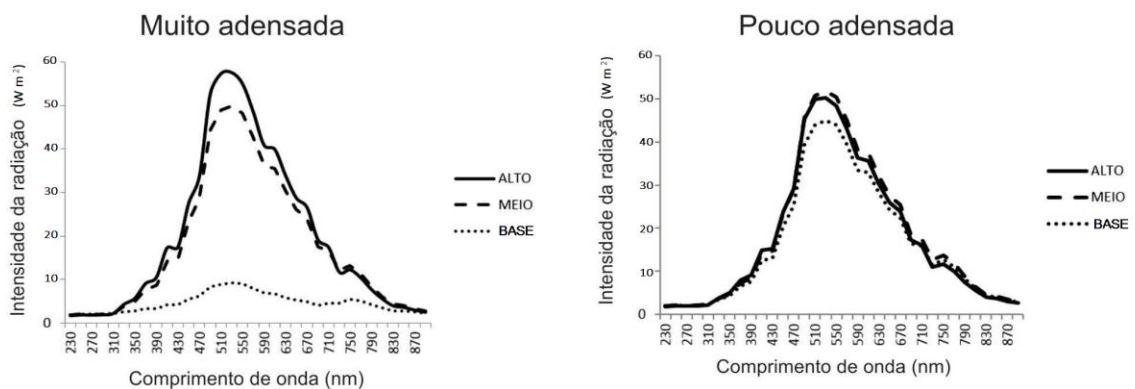


Figura 2. Intensidade de radiação incidente ($W m^{-2}$) x Comprimento de onda (nm) em diferentes alturas da copa em *Typha domingensis* de diferentes adensamentos populacionais.

Observa-se que no alto e meio da copa das plantas não ocorrem diferenças significativas na intensidade de radiação nas populações de *T. domingensis*, contudo, a intensidade de radiação na base da copa da população pouco adensada foi 3,3 vezes maior em comparação com a população muito adensada (Tabela 7). Além disso, a população pouco

adensada apresenta uma redução da intensidade de radiação apenas na base da copa, enquanto que na população muito densada a redução foi gradual (Tabela 7).

Tabela 7. Intensidade da radiação incidente ($W m^{-2}$) em diferentes alturas da copa em *Typha domingensis* de diferentes adensamentos populacionais. A comparação foi realizada no comprimento de onda onde ocorreu o pico de absorção para ambas as populações (510 nm). Os dados são mostrados como a média \pm desvio padrão.

<i>População</i>	<i>Alto</i>	<i>Meio</i>	<i>Base</i>
Pouco densada	43,56 \pm 16,2 aA	43,78 \pm 16,37 aA	37,00 \pm 14,16 aB
Muito densada	50,44 \pm 18,36 aA	42,78 \pm 15,48 aB	8,68 \pm 22,33 bC

As médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $p < 0,05$.

5 DISCUSSÃO

O estudo sobre o crescimento populacional de espécies de *Typha* é essencial para se estabelecer padrões de manejo e entender o seu papel ecológico. Populações podem apresentar-se aparentemente densadas quando ocupam grandes áreas dos corpos d'água onde ocorrem, como o critério estabelecido por Corrêa et al. (2015) que consideraram populações densadas aquelas que ocupam 50% ou mais da área onde ocorrem. Os dados do presente trabalho demonstram que as populações de *T. domingensis* que ocupam mais de 50% da área onde se encontram, de fato, apresentam maior número de plantas por unidade de área e reduzida distância entre os indivíduos caracterizando-as como muito densadas.

O alto adensamento populacional pode ser prejudicial para *T. angustifolia*, que demonstra características anatômicas foliares e radiculares relacionadas com o estresse por competição (CORRÊA et al., 2016a). Além disso, Hong e Kim (2016) demonstraram que a espécie *T. orientalis* apresenta menor capacidade de colonização quando a população de uma área é estabelecida, inicialmente, sob alto adensamento populacional. Estes trabalhos corroboram os resultados para *T. domingensis* que demonstra algumas respostas relativamente desfavoráveis sob condições de alto adensamento populacional, como a redução no teor de nutrientes do solo. Contudo, as principais variáveis de crescimento avaliadas demonstram a capacidade de *T. domingensis* em adaptar-se a condições de alto e baixo adensamento, não apresentando variações significativas no tamanho e biomassa das plantas.

As plantas de *T. domingensis* da população muito adensada demonstraram maior capacidade de produção de clones, que, por sua vez, aumentaram o número de indivíduos por unidade de área e encurtaram a distância entre as plantas. Esta capacidade de crescimento clonal já foi relatada para populações de *T. angustifolia* (CORRÊA et al., 2015) que, independentemente das condições nutricionais do meio, promoveu maior produção de clones levando a um maior adensamento. O crescimento e produção de biomassa em plantas de *T. domingensis* estão diretamente relacionados com a fotossíntese líquida e com a espessura do parênquima paliádico (CHEN; VAUGHAN, 2014; SANTOS et al., 2015). Contudo, não houve diferença significativa para a Pn nas plantas de *T. domingensis*, mas sim, na fotossíntese total da planta. Este resultado é interessante, pois demonstra que a área foliar total da parte aérea possui grande influência no crescimento de *T. domingensis*, uma vez que esta variável foi significativamente maior nas plantas sob alto adensamento populacional.

Com relação à anatomia de *T. domingensis*, no que se refere ao sistema vascular, maior diâmetro dos vasos do xilema e espessura do floema estão relacionados com a capacidade de transporte (PEREIRA et al., 2008 ; SCHULDT et al, 2013). Plantas de populações altamente adensadas desenvolvem adaptações nos feixes para suportar a necessidade mais elevada de água, nutrientes e fotossimilados. Adaptações de macrófitas para ambientes aquáticos são requisitos básicos para a sua capacidade de sobrevivência e colonização, essas adaptações incluem a produção de aerênquima bem como o desenvolvimento de grandes áreas de esclerênquima. De acordo com Armstrong et al. (2000), aerênquimas são responsáveis pelo fornecimento e armazenamento de gás adequado para o metabolismo respiratório e fotossintético.

Os resultados demonstram ainda que o aumento da área foliar nas populações de *T. domingensis* sob alto adensamento parece estar ligado a uma condição de auto-sombreamento. Esta hipótese é suportada pela redução gradual da intensidade de radiação encontrada no interior das populações muito adensadas de *T. domingensis* em comparação com as populações pouco adensadas. O sombreamento das folhas pode, de fato, levar ao desenvolvimento de uma maior área foliar (CAMPOS; UCHIDA, 2002; PIRES et al., 2015). E uma maior área foliar leva a uma maior fotossíntese total da planta, uma vez que os modelos de analisadores de trocas gasosas usualmente consideram a fixação do carbono por unidade de área. De fato, a maior capacidade de crescimento das plantas de *T. domingensis* parece estar mais ligada ao aumento total da área disponível para a fotossíntese do que a adaptação individual de pequenas partes da folha. Segundo Ojanguren e Goulden (2013) as

folhas de *T. latifolia* apresentam respostas semelhantes para a taxa fotossintética em diferentes condições de radiação, demonstrando grande plasticidade das folhas da espécie para ajustar a sua fotossíntese à radiação. Este tipo de resposta pode ter ocorrido em *T. domingensis* sendo que a Pn manteve-se estável independentemente do auto-sombreamento, mas a formação de uma maior área foliar levou a um maior potencial de crescimento da população.

O aumento da área foliar apenas favoreceu o crescimento, pois o auto-sombreamento de populações de *T. domingensis* não é intenso o suficiente para atenuar a radiação de forma significativa na região fotossintética das folhas de *T. domingensis*. Os resultados demonstram que a intensidade de radiação é igual no alto da copa e ligeiramente menor no meio da copa das plantas de *T. domingensis* sob alto adensamento. A parte basal das folhas de espécies de *Typha* é constituída por uma bainha com coloração mais clara e meristemas (KAUL, 1974; CORRÊA et al., 2016b). De fato, altas profundidades de alagamento, por encobrir as partes fotossintéticas, são prejudiciais para a fotossíntese de *T. domingensis* (CHEN; VAUGHN, 2014) e o sombreamento por espécies arbóreas também é prejudicial para o crescimento de espécies de *Typha* (PLUMB et al. 2013). Portanto, populações de *T. domingensis* parecem promover o adensamento por aumentar a área fotossintética em decorrência de um leve auto-sombreamento possibilitando a maior fotossíntese total das plantas e produção de clones.

Apesar da condição de alto adensamento ser favorecida pelo auto-sombreamento, uma maior densidade populacional será, em longo prazo, limitante para *T. domingensis*. A limitação pelo próprio adensamento populacional decorrerá com o esgotamento de nutrientes ao longo do tempo. Os resultados mostram que os solos nos locais onde as populações muito adensadas ocorrem sofrem redução marcante do conteúdo de macronutrientes e dos principais micronutrientes. Esta redução nos teores de nutrientes corrobora a sugestão de Corrêa et al. (2015) que discutem as modificações estruturais das raízes de *T. angustifolia* de populações muito adensadas como relacionadas ao estresse por competição. A restrição de fósforo, também causa redução na taxa fotossintética e na atividade meristemática e desenvolvimento foliar de *T. domingensis* (SANTOS et al., 2015; CORRÊA et al., 2016a), demonstrando a sensibilidade da espécie para restrição nutricional. Segundo Chen et al. (2014) altas profundidades de inundação reduzem a captação de nutrientes, a fotossíntese e o crescimento de *T. domingensis*. Portanto, os locais onde ocorrem populações de *T. domingensis* sob alto adensamento podem sofrer empobrecimento dos solos ao longo do tempo, causando uma limitação para a expansão da população relacionada à restrição nutricional.

6 CONCLUSÃO

O adensamento populacional afeta algumas as características biométricas, anatômicas e fotossintéticas de *T. domingensis*. O alto adensamento populacional de *T. domingensis* promove um auto-sombreamento gerando um aumento da área foliar e fotossíntese total da planta conseqüentemente a um maior número de clones. O alto adensamento populacional de *T. domingensis* afeta o microclima e o solo dos locais onde as populações ocorrem atenuando a intensidade de radiação no interior da copa e reduzindo a disponibilidade de macro e micronutrientes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMSTRONG, W. et al. Oxygen distribution in wetland plant roots and permeability barriers to gas-exchange with the rhizosphere: a microelectrode and modelling study with *Phragmites australis*. **Annals of Botany**, v. 86, n. 3, p. 687-703, 2000.
- BARROS, A.L. **Morfo-anatomia e teor de nutrientes em três espécies vegetais e cultivadas em sistemas "wetland construído"**. 2005. 70 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; PITELLI, A. M. C. M. Leaf area estimation in *Typha latifolia* using leaf blade linear dimensions. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.2, p.257-261, 2003.
- CAMARGO, A.F.M. e HENRY-SILVA, G.G. Ecologia de macrófitas aquáticas em ecossistemas lóticos. **Boletim SBL**, n. 35/1, p. 11-14, 2006.
- CAMPOS M.A.A. & UCHIDA T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37(3): 281-288, 2002.
- CASTRO, E. M. et al. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 234 p., 2009.
- CHEN, H. & VAUGHAN, K. Influence of Inundation Depth on *Typha domingensis* and its Implication for Phosphorus Removal in the Everglades Stormwater Treatment Area. **Wetlands**, v. 34, p. 325-334, 2014.
- CHEN, H. et al. Effect of deep flooding on nutrients and non-structural carbohydrates of mature *Typha domingensis* and its post-flooding recovery. **Ecological Engineering**, v. 53, p. 267-274, 2014.
- COOK, C. D. K. et al. **Water plants of the world**. The Hague: Dr. Junk B. V. 561 p., 1974
- CORRÊA, F. F. et al. Anatomy and physiology of Cattail as related to different population densities. **Planta daninha**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 1-12, 2015.
- CORRÊA, F. F. et al. Anatomical traits related to stress in high density populations of **Typha angustifolia** L. (Typhaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 1, 2016a.
- CORRÊA, F. F. et al. Leaf ontogeny and meristem activity of *Typha domingensis* Pers.(Typhaceae) under different phosphate concentrations. **Aquatic Botany**, v. 136, p. 43-51, 2016b.
- DELGADO, O.; BALLESTEROS, E.; VIDAL M. Seasonal variation in tissue nitrogen and phosphorus of *Cystoseira mediterranea* Sauvageau (Fucales, Phaeophyceae) in the northwestern Mediterranean sea. **Botanica Marina**, v. 37, p. 1-9, 1994.
- DHIR, B.; SHARMILA, P.; SARADHI, P. P. Potential of aquatic macrophytes for removing contaminants from the environment. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, Boca Raton, v. 39, n. 9, p. 754-781, Sept. 2009.

- DOHENY-ADAMS, T. et al. Genetic manipulation of stomatal density influences stomatal size, plant growth and tolerance to restricted water supply across a growth carbon dioxide gradient. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 367, n. 1586, p. 547-555, 2012.
- ESTEVEES, F. A. **Fundamento de limnologia**. Interciência, Rio de Janeiro. 2011
- FERREIRA, D. F. **Programa SISVAR: Sistema de Análise de Variância**. Versão 4.6 (Build 6.0). Lavras: DEX/UFLA, 2003.
- GRANDIS, A.; GODOI, S.; BUCKERIDGE, M. S. Respostas fisiológicas de plantas amazônicas de regiões alagadas às mudanças climáticas globais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 33, n. 1, p.1-12, 2010.
- HADAD, H. R.; MAINE, M.; BONETTO, C. A. Macrophyte growth in a pilot-scale constructed wetland for industrial wastewater treatment. **Chemosphere**, Oxford, v. 63, n.10, p.1744-1753, 2006.
- HEGAZY, A. K.; ABDEL-GHANI, N. T.; EL-CHAGHABY, G. A. Phytoremediation of industrial wastewater potentiality by *Typha domingensis*. **International Journal of Environmental Science and Technology**, Oxford, v. 8, n. 3, p. 639-648, 2011.
- HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Avaliação sazonal da biomassa da macrófita aquática *Eichhornia azurea* em um rio de águas brancas da bacia hidrográfica do rio Itanhaém, litoral sul do Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 30, n. 1, p.71-77, 2003.
- HONG, M.G. & KIM, J.G. Effects of Initial Density, Nutrient, and Water Level Regime on the Seedling Survival and Growth of *Typha orientalis* Presl. **Journal of Plant Biology** v. 59, p. 369, 2016.
- INSAUSTI, P. et al. Flooding induces a suite of adaptive plastic responses in the grass *Paspalum dilatatum*. **New Phytologist**, v. 152, n. 2, p. 291-299, 2001.
- JAHAN, M. S. et al. Pulping and papermaking properties of pati (*Typha*). **Industrial Crops and Products**, London, v. 26, n. 3, p. 259-264, 2007.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. 2.ed. New York: Mc-Graw-Hill. 523 p., 1940.
- KALFF, J. **Limnology - inland water ecosystems**. Upper Saddle River, NJ - Prentice-Hall, 2002.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico em métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR. 221 p., 1997.
- LI, S. et al. Does sulphate enrichment promote the expansion of *Typha domingensis* (cattail) in the Florida Everglades. **Freshwater Biology**, v. 54, n. 9, p. 1909-1923, 2009.
- LI, S.; LISSNER, J.; MENDELSSOHN, I.; BRIX, H.; LORENZEN, B.; MCKEE, K.L.; MIAO, S. Nutrient and growth responses of cattail (*Typha domingensis*) to redox intensity and phosphate availability **Annals of Botany**, v. 105, p. 175-184, 2010.

- LORENZEN, B. et al. Growth, biomass allocation and nutrient use efficiency in *Cladium jamaicense* and *Typha domingensis* as affected by phosphorus and oxygen availability. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 70, n. 2, p. 117-133, 2001.
- MACEK, P.; REJMÁNKOVÁ, E.; LEPŠ, J. Dynamics of *Typha domingensis* spread in *Eleocharis* dominated oligotrophic tropical wetlands following nutrient enrichment. *Evolutionary Ecology*, vol. 24, no. 6, p. 1505-1519, 2010.
- MANUS, H. A. et al. Epifluorescent and histochemical aspects of shoot anatomy of *Typha latifolia* L., *Typha angustifolia* L., and *Typha glauca* Godr. **Annals of Botany**, v. 90, n. 1, p. 1-5, 2002.
- MIAO, S.; NEWMAN, S.; SKLAR, F.H. Effects of habitat nutrients and seed sources on growth and expansion of *Typha domingensis* **Aquatic Botany**, v. 68, p. 297–311, 2010.
- NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 313p., 2005.
- OJANGUREN, C. T.; GOULDEN, M. L. Photosynthetic acclimation with individual *Typha latifolia* leaf segments. **Aquatic Botany**, v. 111, p. 54-61, 2013.
- PENGELLY, J.J., Tan, J., FURBANK, R.T., von CAEMMERER, S. Antisense reduction of NADP-malic enzyme in *Flaveria bidentis* reduces flow of CO₂ through the C₄ cycle. **Plant Physiology**, v.160, p. 1070–1080, 2012.
- PEREIRA, F. J. et al. Evolução da anatomia radicular do milho ‘Saracura’ em ciclos de seleção sucessivos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1649-1656, 2008.
- PEREIRA, F. J. et al. Mecanismos anatômicos e fisiológicos de plantas de aguapé para a tolerância à contaminação por arsênio. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 259-267, 2011.
- PIERINI, S. A.; THOMAZ, S. M. Adaptações de plantas submersas à absorção de carbono inorgânico. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 629-641, 2004.
- PIRES, M. F. et al. Micromorfometria foliar de *Schinus molle* L. (anarcadiaceae) em diferentes alturas na copa. *Cerne*, v. 21, p. 17-25, 2015.
- PLUMB, P. B.; DAY, S. D.; WYNN-THOMPSON, T. M.; SEILER, J. R. Relationship between woody plant colonization and *Typha* L. encroachment in stormwater detention basins. **Environ Manage**, v. 52, p. 861-876, 2013.
- POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: EMPRAPA. 404 p. 2000.
- SANTOS, K.R. et al. *Typha domingensis* Pers. growth responses to leaf anatomy and photosynthesis as influenced by phosphorus. **Aquatic Botany**, v. 122, p. 47-53, 2015.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ. 56 p., 1974.
- SFRISO, A. e MARCOMINI, A. Macrophyte production in a shallow coastal lagoon. Part II. Coupling with sediment, SPM and tissue carbon, nitrogen and phosphorus concentrations. **Maine Environmental Research**, vol. 47, p. 285-309, 1999.

- SCHULDT, B. et al. Changes in wood density, wood anatomy and hydraulic properties of the xylem along the root-to-shoot flow path in tropical rainforest trees. **Tree Physiol.**, v. 33, n. 2, p. 161-174, 2013.
- SILVEIRA, T.C.L et al., *Schoenoplectus californicus* - Junco. In **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Sul** (L. Coradin, A. Siminski & A. Reis, orgs.). MDA, Brasília, v.40, p.282-290, 2011.
- SOUZA, T. C. et al. Morpho-anatomical characterization of root in recurrent selection cycles for flood tolerance of maize (*Zea mays* L.). **Plant Soil Environ.**, v. 55, n. 11, p. 504-510, 2009.
- 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. & Cunha, E.R. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages composition and biodiversity. **Acta Limnologica Brasiliensia**. v. 22, p. 218-236, 2010.
- VASELLATI, V., OESTERHELD, M., MEDAN, D., LORETI, J. Effects of Flooding and Drought on the Anatomy of *Paspalum dilatatum*. **Ann. Bot.**, v. 88, p. 355-360, 2001.
- VIANA, J. M.W. et al. Distribuição de macrófitas aquáticas no açude de Apipucos. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10., 2010, Recife. **Anais...** Recife: Editora da UFRPE, 2010.
- WANG, W. et al. Leaf anatomical responses to periodical waterlogging in simulated semidiurnal tides in mangrove *Bruguiera gymnorrhiza* seedlings. **Aquatic Botany**, v. 86, n. 1, p. 223-228, 2007.
- XIAO, Y. et al. Leaf and stem anatomical responses to periodical waterlogging in simulated tidal floods in mangrove *Avicennia marina* seedlings. **Aquatic Botany**, v. 91, n. 3, p. 231-237, 2009.
- YANG, X. et al. Drought-induced root aerenchyma formation restricts water uptake in Rice seedlings supplied with nitrate. **Plant Cell Physiol.**, v. 53, n. 3, p. 495-504, 2012.