
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGIA VEGETAL)**

**MATERIAL ADERIDO À MACRÓFITAS AQUÁTICAS SUBMERSAS
ENRAIZADAS COM ARQUITETURAS DE RAMO DISTINTAS E EM
DIFERENTES TIPOS DE ÁGUA**

ALINE FLORES SILVEIRA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

**MATERIAL ADERIDO À MACRÓFITAS AQUÁTICAS SUBMERSAS
ENRAIZADAS COM ARQUITETURAS DE RAMO DISTINTAS E EM
DIFERENTES TIPOS DE ÁGUA**

ALINE FLORES SILVEIRA

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biotecnologia do Câmpus de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista, como
parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Ciências Biológicas
(Biologia Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo

Março -2018

574.5263 Silveira, Aline Flores

S587m Material aderido à macrófitas aquáticas submersas enraizadas com
arquiteturas de ramo distintas e em diferentes tipos de água / Aline Flores
Silveira. - Rio Claro, 2018

56 f. : il., figs., gráfs., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Bióciências de Rio Claro

Orientador: Antonio Fernando Monteiro Camargo

1. Ecologia aquática. 2. Complexidade do ramo. 3. Cabomba furcata.
4. Egeria densa. 5. Água branca. 6. Água preta. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Material aderido à macrófitas aquáticas submersas enraizadas com arquiteturas de ramo distintas e em diferentes tipos de água

AUTORA: ALINE FLORES SILVEIRA

ORIENTADOR: ANTONIO FERNANDO MONTEIRO CAMARGO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA VEGETAL), área: BIOLOGIA VEGETAL pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ANTONIO FERNANDO MONTEIRO CAMARGO
Departamento de Ecologia / Instituto de Biociências de Rio Claro - SP



Professor Adjunto MARCELA BIANCHESSI DA CUNHA SANTINO
Departamento de Hidrobiologia / UNIVERSIDADE FEDERAL DE SAO CARLOS



Prof. Dr. SIDINEI MAGELA THOMAZ
Departamento de Biologia / UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ - UEM

Rio Claro, 15 de fevereiro de 2018

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que fazem parte de minha vida, àqueles que me incentivaram durante mais esta etapa da minha formação e àqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço primeiramente ao Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo, por sua orientação, ensinamentos e dedicação ao longo desses tantos anos de orientação.

Ao pessoal do LEA (Carlinhos, Laís, Amarilis, João e Alfredo) por toda ajuda de campo, no laboratório ou correção de trechos ainda que inacabados dessa dissertação e também pelo carinho e convivência nesses anos.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de mestrado concedida.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal), em especial, Profa. Dra. Alessandra Fidelis e Prof. Dr. Massanori Takaki, os quais fizeram parte da banca examinadora do meu exame geral de qualificação.

Ao Prof. Dr. Sidinei Magela Thomaz e a Prof. Dra. Marcela Bianchessi da Cunha Santino por aceitarem fazer parte da banca examinadora da defesa desta dissertação.

Aos funcionários do Departamento de Ecologia, da Biblioteca e da Seção Técnica de Pós-Graduação.

À Meire Mateus, pela convivência em casa, pela elaboração do mapa e por ter feito toda a revisão ortográfica dessa dissertação.

À Zhu Xinfang, a chinesa mais brasileira que conheço, por ter lido e feito críticas construtivas que contribuíram para melhoria dessa dissertação.

À você leitor (a) que escolheu essa dissertação para ler.

E por fim, mas de imensa importância, agradeço à minha família (Flores e Inhasz) que me ajudaram com todo apoio emocional e psicológico ao longo desses dois anos de elaboração e desenvolvimento dessa dissertação.

RESUMO :

Uma forma de compreender e caracterizar a importância ecológica das macrófitas aquáticas é através do delineamento das diferenças morfológicas das plantas e da quantificação de sua complexidade. As macrófitas podem atuar como estruturas retentoras de partículas em suspensão controlando a quantidade de material em suspensão na água, além de servirem como substrato para a colonização e crescimento do perifíton. Neste estudo foram utilizadas duas macrófitas aquáticas: *Cabomba furcata* Schult. & Schult. e *Egeria densa* Planch, encontradas na Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém. O objetivo geral foi avaliar se a capacidade de retenção de material varia entre macrófitas aquáticas com arquitetura de ramo distintas e se há variação na capacidade de retenção de material de *C. furcata* em rios com características limnológicas distintas. A coleta foi realizada em duas áreas no Rio Branco (A e B) e uma área no Rio Preto (C). Amostras de água e sedimento foram coletadas para análises limnológicas. Ramos de *C. furcata* e *E.densa* no Rio Branco e ramos de *C. furcata* no rio Preto foram coletados para a descrição de sua arquitetura e para a quantificação do material aderido. Em laboratório foram realizadas análises das variáveis limnológicas e do conteúdo de nitrogênio e fósforo total na biomassa das macrófitas e no material aderido. Para a caracterização ambiental das áreas de coleta, foram comparados os resultados das variáveis limnológicas medidas em cada área estudada. Para testar a diferença significativa entre as áreas A e C, foi aplicado o teste-t ($p < 0,05$) às variáveis limnológicas. O teste Mann-Whitney foi aplicado às variáveis de *C. furcata*, *E. densa* e às variáveis do material aderido coletadas no Rio Branco. O mesmo teste foi utilizado para a comparação entre *C. furcata* e material aderido em rios distintos. Os valores das variáveis limnológicas do Rio Branco foram similares nas áreas A e B. A quantidade de material em suspensão na água foi maior ($p < 0,001$) no Rio Branco quando comparado ao Rio Preto. Porém, a matéria orgânica contida no sedimento do Rio Branco foi menor ($p: 0,005$) do que a contida no sedimento do Rio Preto. Por outro lado, os teores de nitrogênio e fósforo total da água e do sedimento não apresentaram diferença significativa. *C. furcata* e *E.densa* apresentaram diferenças na arquitetura do ramo ($p < 0,05$), indicando uma maior complexidade do ramo para *C. furcata*. *C. furcata* de rios distintos apresentou pequenas variações na sua morfologia. Apesar da *C. furcata* apresentar maior área total do ramo do que *E. densa*, a quantidade de material aderido por ramo de *C. furcata* foi menor ($p: 0,001$). A quantidade de material aderido à *C. furcata* no Rio Branco foi menor ($p: 0,0251$) do que à *C. furcata* no Rio Preto. De modo geral, a quantidade de material aderido às macrófitas em ambientes lóticos pode ser positiva, negativa ou neutra às macrófitas e pode estar associada à complexidade da arquitetura do ramo desses organismos. Todavia, neste estudo a relação entre as espécies de macrófitas aquáticas avaliadas e o material aderido é neutra. Desta maneira, essas espécies podem ser consideradas apenas como um substrato para o acúmulo de material aderido, pois não foram encontradas relações positivas ou negativas com esse material.

Palavras-chave: Complexidade do ramo, *Cabomba furcata*, *Egeria densa*, água branca, água preta.

ABSTRACT:

One way to understand and characterize the ecological importance of aquatic macrophytes is to delineate the morphological differences of plants and quantify its complexity. Aquatic macrophytes can act as suspended particulate retentive structures by controlling the amount of suspended material on the water and serve as a substrate for the colonization and growth of the periphyton. Two aquatic macrophytes were used in this study: *Cabomba furcata* Schult. & Schult. and *Egeria densa* Planch, both are found in the Itanhaém River Basin. The aim of this research was to evaluate if the retention capacity of material varies between aquatic macrophytes with different branch architecture and if there is variation in the material retention capacity of *Cabomba furcata* in rivers with different limnological characteristics. The samples were collected in two areas in Branco River (A and B) and one area in Preto River (C). Water and sediment samples were collected for limnological analysis. *C. furcata* and *E. densa* branches were collected in Branco River for the description of the branch architecture and for the quantification of the attached material. In the same way, branches of *C. furcata* were collected in Preto River for the same purpose. In laboratory, analyzes of the limnological variables, the nitrogen and total phosphorus content in the macrophytes biomass and the attached material were performed. For the environmental characterization of the study areas, the results of the limnological variables measured in each studied area were compared. To test the significant difference between areas A and C, the t-test ($p < 0.05$) was applied to the limnological variables. The Mann-Witney test was used for the variables of *C. furcata*, *E. densa* and attached material collected in Rio Branco. The same test was applied for the comparison between *C. furcata* and attached material from different rivers. The values of the limnological variables of Branco River were similar in areas A and B. The amount of suspended material in water was higher ($p < 0.001$) in Branco River when compared to Preto River. However, the organic matter contained in Branco River sediment was lower ($p: 0.005$) than the one contained in Preto River sediment. On the other hand, nitrogen and total phosphorus contents of water and sediment did not present a significant difference. *C. furcata* and *E. densa* presented differences in the branch architecture ($p < 0.05$), indicating a greater branch complexity for *C. furcata*. *C. furcata* of distinct rivers showed small variations in its morphology. Although *C. furcata* had a larger branch total area than *E. densa*, the amount of attached material per branch of *C. furcata* was lower ($p: 0.001$). The amount of attached material to *C. furcata* in Branco River was lower. In general, the amount of attached material on the macrophytes in lotic environments may be positive, negative or neutral to the macrophytes and may be associated with the complexity of the macrophytes architecture. However, in this study, the relationship between the species of aquatic macrophytes evaluated and the attached material is neutral, so that these species can only be considered as a substrate for the accumulation of attached material, not having a positive or negative relation with this material.

Key-words: Branch complexity, *Cabomba furcata*, *Egeria densa*, white water, black water.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	8
2 MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1 Área de estudo	11
2.2 Caracterização das espécies	14
2.3 Variáveis limnológicas	15
2.4 Arquitetura do ramo das macrófitas aquáticas	16
2.4.1 Coleta das macrófitas aquáticas	16
2.4.2 Medição dos atributos das macrófitas aquáticas	17
2.5 Material aderido às macrófitas aquáticas	19
2.5.3 Correção dos valores de material aderido às macrófitas aquáticas	20
2.6 Análises de dados	20
2.6.1 Variáveis limnológicas	20
2.6.2 Arquitetura das macrófitas aquáticas	20
2.6.3 Material aderido às macrófitas aquáticas	21
3. RESULTADOS	21
3.1 Variáveis limnológicas	21
3.2 Arquitetura das macrófitas aquáticas	23
3.2.1 Arquitetura do ramo de <i>C. furcata</i> e <i>E. densa</i> no Rio Branco.....	23
3.2.2 Relação entre área total do ramo e biomassa de <i>C. furcata</i> e <i>E.densa</i> no Rio Branco.....	24
3.2.3 Diferenças entre <i>C. furcata</i> coletadas no rios Branco e Preto.....	25
3.2.4 Relação entre a área total do ramo e a biomassa de <i>C. furcata</i> nos rios Branco e Preto	27
3.3 Material aderido às macrófitas aquáticas	27
3.3.1 <i>C.</i> e <i>E. densa</i> no Rio Branco	27
3.3.2 Material aderido à <i>C. furcata</i> e <i>E. densa</i> no Rio Branco	29

3.3.3 <i>C. furcata</i> nos rios Branco e Preto	31
3.3.4 Material aderido à <i>C.furcata</i> nos rios Branco e Preto	32
4 DISCUSSÃO	34
4.1 Arquitetura das macrófitas.....	34
4.2 Material aderido às macrófitas aquáticas	35
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
Apêndice A.	47
Apêndice B.	48
Apêndice C.....	53

1 INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas podem ser classificadas de acordo com as suas formas de vida (Thomaz & Esteves, 2011), características morfológicas (Dibble et al., 1996; Ferreira et al., 2013; Tinoco et al., 2017) e conforme as posições em que são encontradas na zona litorânea dos ambientes aquáticos (Istvánovics et al., 2008; Nunes & Camargo 2016). Esses organismos contribuem para o aumento da heterogeneidade espacial, complexidade, estabilidade do habitat (Baatrup-Pedersen et al., 2003; Sand-Jensen & Pedersen, 2008) e tendem a afetar positivamente a riqueza e a abundância da fauna aquática (Agostinho et al., 2003).

Uma forma de compreender e caracterizar a importância ecológica das macrófitas para os ambientes aquáticos onde são encontradas faz-se através do delineamento das diferenças morfológicas das plantas e da quantificação de sua complexidade (Dibble & Thomaz, 2006). A complexidade da arquitetura das macrófitas pode ser inferida através de relações entre a área de superfície por um determinado volume (Sand-Jensen & Borum, 1991) e a relação de espaço intersticial (lacunas entre folhas-entrenós) (Dibble et al., 1996). A área da superfície da folha pode ser determinada pela técnica de dimensão fractal (Ferreira et al., 2013), bem como por abordagens euclidianas tradicionais (Sher-kaul et al., 1995; McAbendroth et al., 2005). Enquanto que o volume pode ser medido pelo deslocamento de água (Anderson et al., 2005). Entretanto, não há métodos padronizados para medir a complexidade da arquitetura das macrófitas aquáticas, fato este que pode limitar a realização de estudos comparativos entre as espécies vegetais (Kovalenko et al., 2012). Porém, de um modo geral, cada espécie possui uma contribuição única para o meio aquático em que é encontrada e cada planta fornece um componente diferente de heterogeneidade ao habitat (Dibble & Thomaz, 2006).

O termo "complexidade" é uma propriedade de qualquer objeto "como um todo composto de partes inter-relacionadas" (Merriam Webster, 2017). Neste estudo, nos referimos à arquitetura de macrófitas e à complexidade da forma do ramo como termos gerais englobando aspectos estruturais da área da folha, área da haste e a área total do ramo.

As macrófitas aquáticas podem atuar também como estruturas retentoras de partículas em suspensão (Schulz et al., 2003) controlando consideravelmente a quantidade de material em suspensão na água (Horpilla & Nurminen, 2001; Madsen et al., 2001; Agawin & Duarte 2002). Além disso, podem servir como substrato para a colonização e crescimento do perifíton (Ferreiro et al., 2013; Grutters et al., 2017).

Por definição, o material em suspensão na água corresponde ao conjunto de partículas sólidas, de origem orgânica ou inorgânica, que está disperso na coluna de água de um ambiente aquático (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008). A sua origem inorgânica pode ser proveniente da ressuspensão do sedimento (Kleeberg et al., 2010) e a orgânica, da excreção de organismos, como peixes e invertebrados (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008), além da presença de algas, como por exemplo os fitoplânctons (Sow et al., 2016). O termo “perifíton” pode ser definido como uma “complexa comunidade de organismos (bactérias, algas, fungos, protozoários, etc) e detritos (orgânicos e inorgânicos) que vivem aderidos ou associados a um substrato qualquer, vivo ou morto” (Wetzel, 1983). A comunidade perifítica pode se estabelecer em um substrato em poucos dias, porém distúrbios como intensas precipitações (Santos et al., 2013), pulsos de inundação ou fortes movimentos de água podem ocasionar o desprendimento mecânico desse material (Fernandes & Esteves, 2011). Neste trabalho, considerou-se “material aderido” como todo material retido pelas macrófitas aquáticas, incluindo o perifíton.

A quantidade de material aderido às folhas e aos ramos das macrófitas aquáticas depende de vários fatores, tais como: velocidade da água, arquitetura do ramo da macrófita e tamanho dos bancos (Rovira et al., 2016). A retenção de material pelas plantas pode levar à estabilização do sedimento, redução da ressuspensão e à sedimentação em torno da base das macrófitas (Waycott et al., 2009; van Katwijk et al., 2010; Lawson et al., 2012), promovendo aumento de áreas propícias à colonização de novas espécies vegetais (Horvath, 2004; van Katwijk et al., 2016). O acúmulo de material nas folhas e ramos pode, no entanto, reduzir a disponibilidade de luz às plantas (Díaz-Olarte et al., 2007; Verhofstad et al., 2017) e impedir a absorção de luz e nutrientes pelas folhas (Madsen et al., 2001; Schulz et al., 2003; Díaz-Olarte et al., 2007; Jones et al., 2012). Todavia, estudos (Kibriya & Jones, 2007; Grutters

et al., 2017) indicam que algumas espécies de macrófitas aquáticas submersas não são influenciadas de forma negativa pelo material aderido às suas folhas. Desta maneira, ainda não há um consenso nos resultados dos estudos realizados até o momento e a relação entre material aderido e macrófita aquática pode ser positiva, negativa ou neutra (Grutters et al., 2017).

Em regiões neotropicais, poucos trabalhos têm avaliado o material aderido às macrófitas aquáticas submersas em ambientes lóticos (Feijó et al., 1994; Ferreira et al., 2013). A maioria dos estudos sobre retenção de materiais por macrófitas aquáticas submersas têm sido realizados em condições de laboratório em micro e/ou mesocosmos (Engelhardt & Ritchie, 2001; Pluntke & Kozerski, 2003; Hendriks et al., 2008; Grutters et al., 2017), embora existam alguns estudos realizados *in situ* (O'Hare et al., 2011 e Rovira et al., 2016). Desta forma, pouco se sabe sobre a relação entre a arquitetura da macrófita e a retenção de materiais (Rovira et al., 2016; Grutters et al., 2017).

A pequena quantidade de estudos em campo deriva, em grande parte, da dificuldade de quantificar as interações entre a velocidade da água, movimento de material em suspensão e macrófitas aquáticas submersas, especialmente em grandes rios, nos quais as medições diretas são frequentemente difíceis de serem realizadas (Breugnot et al., 2008).

Vários estudos sobre ecologia de macrófitas aquáticas têm sido realizados na Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém, devido à abundância e riqueza de espécies de água doce e salobra e de diferentes formas de vida que ocorrem nos trechos de rios localizados nessa planície (Amorim et al., 2015; Nunes & Camargo, 2016). A variedade de ambientes aquáticos como, por exemplo, de águas claras, brancas, pretas e salobras, propicia a realização de estudos ecológicos com abordagens distintas (Camargo et al., 2002). Para este estudo foram utilizadas duas macrófitas aquáticas submersas enraizadas com arquiteturas de ramos distintas: *Cabomba furcata* Schult. & Schult. (Cabombaceae), que apresenta folhas segmentadas em formato semicircular (Lima et al., 2014) e se distribui amplamente e em abundância em rios da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém e; *Egeria densa* (Planch) Hydrocharitaceae, que apresenta folhas sésseis, lanceoladas e planas (Amaral, 2008) e é encontrada em abundância no Rio Branco, um dos principais rios da bacia hidrográfica.

Neste contexto, esta pesquisa teve como objetivo geral avaliar se a capacidade de retenção de material varia entre estas duas macrófitas aquáticas com arquitetura de ramo distintas (*Cabomba furcata* e *Egeria densa*) e se há variação na capacidade de retenção de material de *Cabomba furcata* em rios com características limnológicas distintas. Os objetivos específicos foram: (i) caracterizar as diferenças de arquitetura do ramo de *C. furcata* e *E. densa*; (ii) verificar se a diferença na arquitetura do ramo de *C. furcata* e *E. densa* tem relação com a retenção de material em um rio de água branca; (iii) verificar se uma mesma espécie (*C. furcata*) pode reter quantidade diferente de material em um rio de água branca e em um rio de água preta.

Para atingir tais objetivos foi proposto testar as seguintes hipóteses: (a) *C. furcata* por possuir maior complexidade do ramo (folhas aparentemente maiores e mais segmentadas) retém maior quantidade de material do que *E. densa*; (b) no ambiente com uma maior quantidade de material em suspensão na água (rio de água branca) há maior quantidade de material aderido em *C. furcata*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém está localizada no litoral sul do estado de São Paulo e compreende uma área de aproximadamente 930 km². A bacia é formada por rios com diferentes características físicas e químicas da água em razão de suas diferenças geológicas, apresentando rios de águas brancas, pretas e claras (Camargo et al., 2002). Os trechos meândricos de seus rios formam áreas alagadas favoráveis ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas (Henry-Silva & Camargo, 2000).

O Rio Branco, que ocupa as porções intermediária e superior desta bacia, nasce na Serra do Mar e apresenta águas brancas ou barrentas (Camargo et al., 2002). Além disso, esse rio é o maior em extensão desta Bacia Hidrográfica percorrendo parte de seu curso na planície costeira onde conflui com o Rio Preto formando o Rio Itanhaém (Camargo et al., 2002). O Rio Preto apresenta água de cor escura decorrente da presença de substâncias

húmicas e, ao contrário do Rio Branco, percorre a maior parte de sua extensão na planície costeira (Camargo et al., 2002).

A região é marcada pela pequena variação sazonal das características climáticas e limnológicas (Henry-Silva & Camargo, 2003), pela ausência de pulsos de inundação e pela pequena variação do nível de água devido à influência das marés (amplitude máxima de 1,50 metros) e das chuvas em curtos períodos (Camargo & Florentino, 1999). O regime climático é classificado de acordo com o sistema de Köeppen como Ap, tropical úmido sem estação seca (Camargo et al., 2002).

Além das águas, o sedimento dos rios dessa região tem origem distinta, sendo resultante da interação de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático (Camargo et al., 2002). Na maioria dos ecossistemas aquáticos continentais, o sedimento é o compartimento que apresenta maior concentração de nutrientes (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008). Entre a Serra do Mar e os terraços arenosos pleistocênicos de Itanhaém ocorre uma ampla faixa de sedimentos argilosos, ricos em matéria orgânica. A ocorrência de mangues na planície está restrita à foz dos rios Preto e Itanhaém, onde são encontrados sedimentos argilo-arenosos (Camargo et al., 2002). Ressalta-se que o tipo de sedimento pode influenciar no sucesso e na profundidade de enraizamento de macrófitas aquáticas, principalmente em condições de águas correntes (Barko et al., 1986).

Neste contexto, foram selecionadas três áreas (Figura 1) onde as espécies são encontradas em abundância para realização das coletas, sendo:

- Área A no Rio Branco, distante cerca de 7 Km de sua confluência com o Rio Itanhaém, com presença de *C. furcata*;
- Área B no Rio Branco, distante cerca de 3,0 km de sua confluência com o Rio Itanhaém, com presença de *C. furcata* e *E. densa*;
- Área C no Rio Preto, distante cerca de 7,0 km de sua confluência com o Rio Itanhaém, com presença de *C. furcata*.

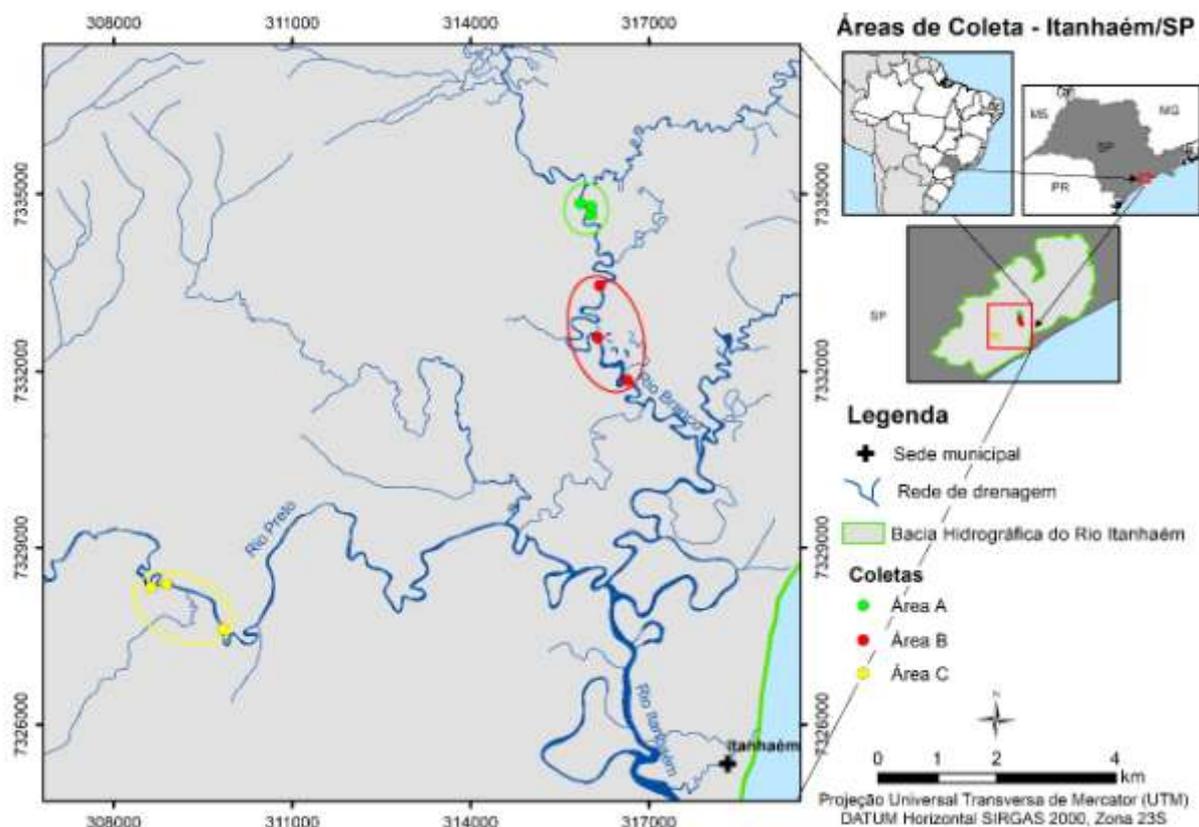


Figura 1: Mapa de localização das áreas de coleta na Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém. Área A no Rio Branco com presença de *C. furcata*; Área B, no Rio Branco com presença de *C. furcata* e *E. densa*; Área C, no Rio preto com presença de *C. furcata*.

Apesar de as áreas A e B serem trechos de um mesmo rio, essas áreas foram selecionadas pois foi levado em consideração que no local B havia a presença de duas espécies de macrófitas aquáticas submersas em abundância e que apresentam arquiteturas de ramo distintas. Além disso, as áreas A, B e C possuem diferenças em algumas características limnológicas (temperatura, pH, oxigênio dissolvido e alcalinidade) como exposto na Tabela 1.

Tabela 1: Valores médios e desvio padrão das variáveis limnológicas das áreas em que as macrófitas, água e sedimento foram coletados. Dados de março de 2017. Legenda: A: rio Branco; B: no rio Branco e C: rio Preto

Variáveis limnológicas	A	B	C
Temperatura (°C)	25,87 ±0,11	26,33 ±0,01	23,89 ±0,12
pH	5,89 ± 0,05	5,80 ± 0,09	4,99 ±0,11
Condutividade elétrica (µS/cm)	29,00 ±2,00	29,00 ± 1,00	27,00 ±1,00
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,13 ±0,11	6,37 ± 0,66	4,71 ±0,15
Oxigênio dissolvido (%)	88,20 ±1,66	79,70± 8,45	55,16 ±1,79
Coefficiente de atenuação vertical da luz (k.m ⁻¹)	1,98 ± 1,03	1,59 ±0,34	2,65 ±0,75
Alcalinidade (meq/L)	0,14 ±0,01	0,15 ±0,01	0,07 ±0,01

2.2 Caracterização das espécies

Cabomba furcata (Figura 2) apresenta folhas submersas e, esporadicamente, folhas flutuantes (Lima et al., 2014). As suas folhas submersas possuem lâminas palmadas, no formato elíptico-estreito, membranosas, com segmentos finos e pecíolo inserido no meio do limbo foliar (Figura 3) (Lima et al., 2014). Já as folhas flutuantes estão presentes durante a floração e se constituem em lâmina linear lanceolada de até 0,15 cm (Amaral, 2008).



Figura 2: Esquema representativo de uma *C. Furcata*. Fonte: Adaptado de Lima et al. (2014).



Figura 3: *C. furcata* com flor, folhas flutuantes e material aderido no Rio Branco, Itanhaém, SP. Fonte: Foto de A. F. M Camargo (2016).

A ocorrência desta espécie na Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém é predominante na região mais alta do Rio Branco, nas proximidades do Rio Mambu (Camargo et al., 2006; Mori, 2014), entretanto, também pode ser encontrada, segundo observações em campo, em rios de água preta, como os rios Preto e Aguapeú.

Egeria densa (Figura 4) apresenta folhas planas dispostas ao longo da haste, não diferenciadas em pecíolo e lâmina, são sésseis com lâminas em formato linear a lanceolada (Cook & Urmi-König, 1984; Amaral, 2008). Seu modo de propagação se dá por meio de fragmentação da haste e, esporadicamente, por sementes (Lorenzi, 2000).



Figura 4: *E. densa* com flor. Fonte: Lorenzi (2000).

2.3 Variáveis limnológicas

As coletas de campo foram realizadas em março de 2017. Para cada área (A, B e C) foram escolhidos três bancos de macrófitas aquáticas e, em

cada banco, foram coletadas cinco amostras de água em frascos plásticos de 500 mL para análises físicas e químicas da água. Um volume de 200 a 300 mL da água contida nos frascos de 500 mL foi filtrada. Os filtros (Whatman GF/F CAT No. 1825-047) foram secos em uma estufa a 100° por 24h e pesados para a determinação do material em suspensão na água (mg.L^{-1}) (Camouze, 1994). O teor de nitrogênio total (NT) das amostras de água foi determinado segundo o método de Mackereth et al (1978) e o teor de fósforo total (PT), segundo o método de Golterman et al. (1978).

Em seguida, cinco amostras de sedimento foram coletadas em frascos plásticos de 300 mL em cada banco de macrófitas selecionado. A análise da porcentagem de matéria orgânica do sedimento foi realizada através de queima a 550°C em forno mufla por 4 horas. Para a determinação do conteúdo de nitrogênio total do sedimento utilizou-se o método proposto por Mackereth et al. (1978) e para fósforo total o método proposto por Golterman et al. (1978). A análise granulométrica do sedimento foi realizada pelo método de peneiramento (Suguio, 1973) através de agitador magnético de peneiras (Bertel 050), com série de seis peneiras de abertura de malha de 2; 1; 0,50; 0,25; 0,125 e 0,050 mm (Peneiras de escala Tyler 9, 14, 32, 60, 115 e 270, respectivamente). Amostras de 100g do sedimento secas e pulverizadas em almofariz foram adicionadas à peneira superior (de maior malha) e peneiradas por 5 minutos na escala 1,5 do reostato que regula a intensidade de vibração. A porção de sedimento retida em cada peneira foi pesada para o cálculo da porcentagem de grãos de silte e argila (< 0,050 mm), areia muito fina (entre 0,050 e 0,125 mm), areia fina (entre 0,125 e 0,25 mm), areia média (entre 0,25 e 0,50 mm), areia grossa (entre 0,50 e 1 mm) e areia muito grossa (entre 1 e 2 mm), em cada amostra (IBGE, 2007).

2.4 Arquitetura do ramo das macrófitas aquáticas

2.4.1 Coleta das macrófitas aquáticas

Os ramos de *C. furcata* e *E. densa* foram coletados no Rio Branco (áreas A e B) e os ramos de *C. furcata* no Rio Preto (área C). Os ramos das

macrófitas foram alocados em caixas plásticas com água e transportados, no dia seguinte à coleta, para o Laboratório de Ecologia Aquática (Departamento de Ecologia, UNESP, Rio Claro). As macrófitas permaneceram submersas em água até o momento em que as medidas dos atributos foram realizadas, visando não ocorrerem danos às estruturas do ramo. De cada macrófita foram selecionados 10 ramos padronizados em 15 cm de comprimento.

2.4.2 Medição dos atributos das macrófitas aquáticas

A arquitetura das macrófitas aquáticas foi descrita a nível do ramo, sendo medidos os seguintes atributos: número de folhas por nó, número de folhas do ramo, área da folha, área da haste e área total do ramo (área da folha + área da haste).

Para o cálculo da área da folha de *C. furcata* foi utilizado o método de imagem digital que se baseia na captura de imagens de folhas (ou segmentos das folhas) abertas contra um fundo de cor maciça, por meio de uma câmera fotográfica digital (SONY Cyber-shot). As imagens de resolução de 10.1 “megapixels”, correspondentes a 4240 X 2384 pixels (72 dpi) foram obtidas em uma sala com boa iluminação, utilizando lâmpadas fluorescentes. De cada ramo, foram selecionadas 3 folhas para serem fotografadas. No total foram fotografadas 30 folhas de *C. furcata* coletadas no Rio Branco e 30 folhas de *C. furcata* coletadas no Rio Preto. Devido ao fato de *C. furcata* possuir folhas com segmentos finos, optou-se por segmentar a folha para obter maior acurácia da área da folha, tendo em vista que os segmentos poderiam se sobrepor. Desta forma, para cada folha desta espécie, foram obtidas de 3 a 5 imagens e somados os resultados de área de cada foto a fim de obtermos a área da folha.

Para executar tal etapa, foi necessário o uso de um programa computacional que calculasse a área de cada elemento que compõe a imagem (pixel) e possibilitasse sua classificação por meio da divisão da imagem em classes: folha e não folha (Adami et al., 2007). As imagens foram processadas utilizando ferramentas de um editor de imagem de livre acesso (ImageJ, versão 1.8.0 *Research Service Branch U.S., National Institutes of Health, Bethesda MD, USA*) que permitiu a contagem de pixels de determinada cor. Esse *software* livre processa e analisa imagens em computadores que possuam

Java e pode ser obtido em <https://imagej.nih.gov/ij.m>. Após reconhecer a cor selecionada, o programa converte os valores de pixel para uma unidade de medida pré-definida, no nosso caso, centímetro. Desta maneira, as fotografias foram manipuladas para criar uma imagem da folha preta em um fundo branco (Figura 5), onde a cor preta simbolizava a folha e a cor branca, não-folha. É importante também que o programa integre os elementos que pertencem à mesma categoria e desta forma calcule a área total da classe de interesse (Godoy et al., 2007).

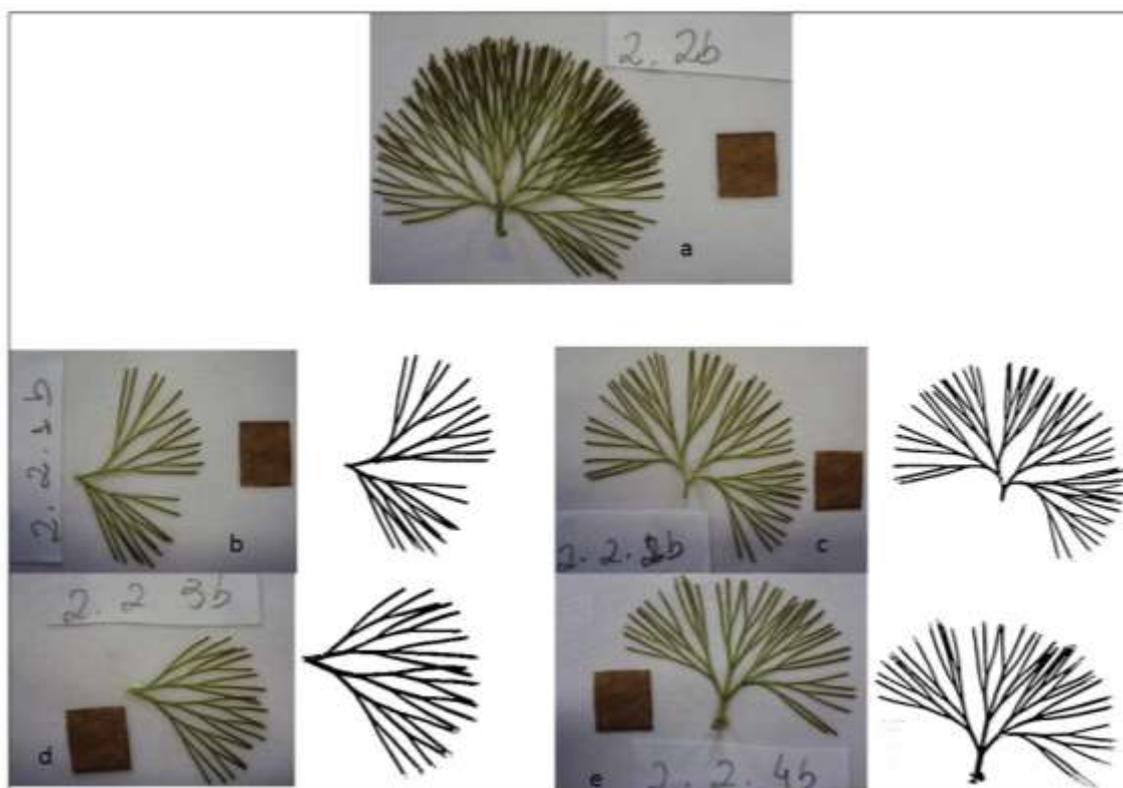


Figura 5: Detalhe de uma folha de *C. furcata*, onde “a” apresenta a folha inteira e “b”, “c”, “d” e “e”, as frações segmentadas da folha. Em preto, imagens adquiridas após o processo de contraste de cor.

Para o cálculo da área da folha de *E. densa*, as folhas foram consideradas como triângulos isósceles, sendo medidas para cada ramo um total de 20 folhas. A área de cada folha foi determinada como:

$$(a): At: b \cdot (h/2)$$

Onde: At: área do triângulo (cm²); b: base; h: altura.

Para ambas as espécies, a área da folha foi multiplicada por 2, obtendo assim, a área foliar das partes adaxial e abaxial da folha. Além disso, a haste

de ambas as espécies foi considerada de formato cilíndrico e, para o cálculo de sua área, nós utilizamos a seguinte fórmula:

$$(b): A_c: 2\pi r (r + h)$$

Onde: A_c : área do cilindro (cm^2), r : raio; h : altura.

A área total do ramo de cada indivíduo foi estabelecida como:

$$(c): [(A_{fm} * F_t * 2) + A_c] / M_{Sr}: A_r (\text{cm}^2 \cdot \text{gMS}^{-1})$$

Onde: A_{fm} : média da área da folha (cm^2); F_t : número total de folhas por ramo; A_c : área do cilindro (cm^2); M_{Sr} : biomassa do ramo (gMS).

Após as medições dos atributos, os ramos de todas as macrófitas foram colocados em uma estufa a 65°C até atingir peso constante para obtenção dos valores de biomassa constante do ramo.

2.5 Material aderido às macrófitas aquáticas

Amostras de macrófitas aquáticas e material aderido foram coletadas em três bancos de cada uma das três áreas (A, B e C) estabelecidas. As macrófitas foram coletadas utilizando-se o método do quadrado ($25 \times 25 \text{ cm}$ de lado, $0,0625\text{m}^2$) com a finalidade de obter a estimativa da biomassa total por m^2 das macrófitas ($\text{gMS} \cdot \text{m}^{-2}$) e para realizar as análises laboratoriais desses vegetais (cinco amostras por banco, total de 15 amostras por área). Em seguida, para a coleta do material aderido às macrófitas, os ramos das macrófitas (cinco amostras por banco, total de 15 amostras por área) foram cuidadosamente introduzidos em frascos plásticos de 1 L contendo água coletada adjacente aos bancos de macrófitas e agitados delicadamente por 30 segundos para a remoção deste material aderido como proposto por Rovira et al. (2016). As coletas foram realizadas a uma profundidade máxima de 30 cm, para a padronização dos dados, tendo em vista que *C. furcata* e *E. densa* são macrófitas submersas.

Em laboratório, as amostras de macrófitas aquáticas e os ramos contidos nos frascos de 1L foram colocados em estufa a 65°C , até obtenção da biomassa constante (Allen et al, 1974). Em seguida, foram realizadas análises de nitrogênio total (Mackereth et al., 1978) e fósforo total (Allen et al. 1974) contidos na biomassa desses vegetais. Um volume de 200 a 300 mL da

água contida nos frascos de 1 L (material aderido) foi filtrada. Os filtros foram secos em uma estufa a 100° C por 24h e pesados para a determinação do material aderido à macrófita (mg.L^{-1}) (Camouze, 1994). O teor de nitrogênio total das amostras do material aderido à macrófita foi determinado segundo o método de Mackereth et al. (1978) e o de fósforo total segundo o método de Golterman et al (1978).

2.5.3 Correção dos valores de material aderido às macrófitas aquáticas

Para a análise da quantidade de material aderido à macrófita, primeiramente, foi necessário realizar a correção dos dados. Os valores de material em suspensão obtidos das amostras de água (mg.L^{-1}) foram subtraídos dos resultados obtidos de material aderido à macrófita (mg.L^{-1}) similar ao realizado por Rovira et al. (2016) e o valor resultante foi dividido pelo valor de área total do ramo ($\text{cm}^2.\text{gMS}^{-1}$). Desta forma, foi obtida a quantidade de material aderido por área total de ramo de macrófita (mg.cm^{-2}).

2.6 Análises de dados

2.6.1 Variáveis limnológicas

Para a caracterização das áreas em que as macrófitas foram coletadas, os resultados das variáveis limnológicas medidas em cada área (A, B e C) foram comparados. Além disso, para testar a diferença significativa entre os rios (Branco e Preto), foi aplicado o teste-t ($p < 0,05$) às variáveis limnológicas.

2.6.2 Arquitetura das macrófitas aquáticas

Para testar a diferença significativa entre o número de folhas, área da folha, área da haste, área do ramo, biomassa do ramo e área total do ramo por biomassa entre as espécies de macrófitas aquáticas submersas, o teste-t ($p < 0,05$) foi aplicado à todas as variáveis medidas nos ramos de *C. furcata* e *E. densa* coletadas no rio de água branca (área B, Rio Branco). Da mesma

maneira, este teste foi aplicado às variáveis medidas nos ramos de *C. furcata* coletada em rios distintos (área A e C, rios Branco e Preto).

A análise de regressão linear foi utilizada para determinar as relações matemáticas da variável dependente (área total do ramo) com a variável independente (biomassa do ramo). Para cada espécie foi obtida uma função linear:

$$(d) Y = a + bX$$

Onde: Y: variável resposta (área do ramo); X: variável preditora (biomassa seca do ramo); a: intercepto; b: inclinação da reta.

Desta maneira, essas funções geradas foram utilizadas para prever os valores de Y dos ramos de macrófitas coletados, sendo possível assim, quantificar o material aderido por área do ramo.

2.6.3 Material aderido às macrófitas aquáticas

Aos resultados das variáveis de *C. furcata* e *E. densa* e do material aderido coletado na área B (Rio Branco) foi aplicado o teste Mann-Witney, teste não paramétrico aplicado a duas amostras independentes. Este teste foi utilizado, pois os dados não apresentaram homogeneidade de variância e distribuição normal. Da mesma maneira, aos resultados das variáveis de *C. furcata* e do material aderido coletado nas áreas A e C (rios Branco e Preto), o mesmo teste foi aplicado. As análises e gráficos foram elaborados no software GraphPad Prism 5.0 (GPW5-066646RCG7389) (GraphPad Software, 2007).

3. RESULTADOS

3.1 Variáveis limnológicas

Os valores das variáveis limnológicas do Rio Branco (área A) foram similares aos da área B. Porém, comparando-se as três áreas, a área B apresentou valores intermediários de todas as variáveis limnológicas medidas (Tabela 2). A alcalinidade do Rio Branco (área A) foi significativamente maior ($p < 0,001$) do que a alcalinidade do Rio Preto (área C). O material em suspensão na água do Rio Branco (área A) foi significativamente maior (p :

0,005) do que o material em suspensão na água do Rio Preto (área C). Em contrapartida, a matéria orgânica do sedimento do Rio Branco (área A) foi significativamente menor ($p: 0,005$) do que a matéria orgânica no sedimento do Rio Preto (área C). Por outro lado, os teores de NT e PT da água e do sedimento não apresentaram diferença significativa.

Tabela 2: Valores médios e desvio padrão das variáveis limnológicas das áreas A e B (Rio Branco) e área C (Rio Preto).

Variáveis limnológicas	Área A (Rio Branco)	Área B (Rio Branco)	Área C (Rio Preto)
Material em suspensão na água (mg.L⁻¹)	7,49 ±2,69	6,35 ± 1,36	5,13 ± 0,07
Alcalinidade (meq.L⁻¹)	0,14 ±0,01	0,15 ± 0,01	0,07 ± 0,01
Nitrogênio na água (mg.L⁻¹)	0,11 ±0,02	0,09 ± 0,03	0,12 ± 0,07
Fósforo na água (µg.L⁻¹)	19,31 ± 4,38	15,02 ± 2,82	18,83 ± 3,38
Nitrogênio no sedimento (% MS)	0,10 ±0,02	0,09 ±0,02	0,15 ± 0,10
Fósforo no sedimento (% MS)	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Materia orgânica no sedimento (% MS)	7,78 ± 0,62	7,05 ± 3,44	14,35± 6,41

O sedimento das três áreas apresenta fração de areia fina elevada. Contudo, a área B apresentou maior fração de areia fina do que as áreas A e C. A porcentagem de grãos muito finos (areia muito fina, silte e argila) para as três áreas foi, respectivamente, de 44,20%, 37,97% e 46,30% (Tabela 3).

Tabela 3: Valores médios e desvio padrão da fração dos tipos de grãos de sedimento presentes nas amostras do sedimento das áreas A, B e C, do grau de eficiência do peneiramento.

Tipo de grão (%)	Área A (rio Branco)	Área B (rio Branco)	Área C (rio Preto)
Areia muito grossa	0,08 ± 0,07	0,13 ±0,08	0,36± 0,17
Areia grossa	4,83 ± 6,15	2,65 ± 1,89	5,25 ± 2,24
Areia média	13,40 ± 6,61	8,29 ±6,056	8,636 ± 6,0
Areia fina	37,08 ±12,78	50,45 ± 8,75	39,10 ±13,71
Areia muito fina	36,77 ± 4,46	32,81 ± 9,37	38,98 ± 5,71
Silte e argila	7,43 ± 4,51	5,16 ± 4,05	7,31 ± 4,95
Eficiência do peneiramento	99,24 ± 0,76	99,45 ± 0,41	99,33 ± 0,59

3.2 Arquitetura das macrófitas aquáticas

3.2.1 Arquitetura do ramo de *C. furcata* e *E. densa* no Rio Branco

O número de folhas por nó de *C. furcata* (3) foi menor do que o número de folhas por nó de *E. densa* (4-6). O número de folhas por ramo de *C. furcata* foi significativamente menor ($p < 0,001$) do que o número de folhas por ramo de *E. densa* (Figura 6). No entanto, a área total do ramo de *C. furcata* foi significativamente maior do que a área total do ramo de *E. densa* (Figura 7).

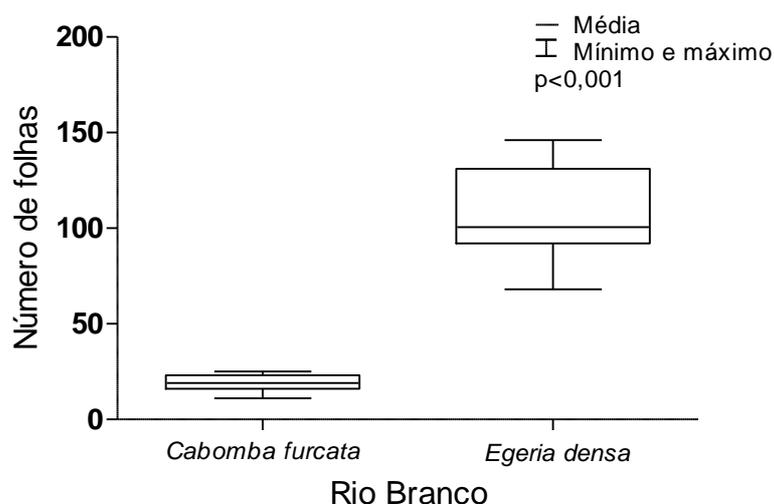


Figura 6: Valores médios, mínimos e máximos do número de folhas por ramo de *C. furcata* e *E. densa* coletadas no Rio Branco.

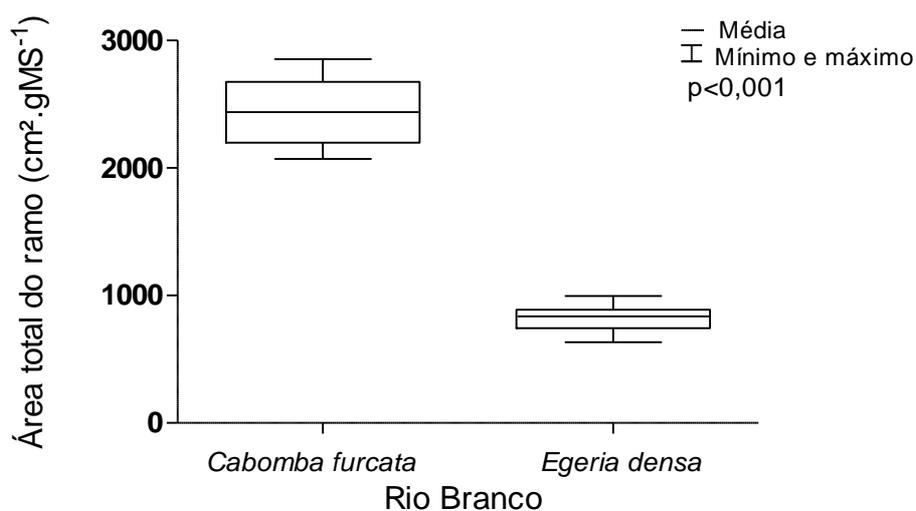


Figura 7: Valores médios, mínimos e máximos da área total do ramo de *C. furcata* e de *E. densa* no Rio Branco.

Não foi encontrada diferença significativa entre a área da haste de *C. furcata* e *E. densa* ($p:0,5220$). Todos os outros atributos medidos apresentaram diferenças significativas entre *C. furcata* e *E. densa* ($p<0,001$) (Tabela 4).

Tabela 4: Resultado do teste -t aplicado às variáveis de *C.furcata* e *E.densa* coletadas no Rio Branco. Em negrito o valor significativo ($p<0,05$).

Variáveis	<i>C.furcata</i>	<i>E.densa</i>	Valor de p
	Média		
Número de folhas	19,00	107,30	<0,0001
Área média das folhas (cm ²)	22,71	0,69	<0,0001
Área total das folhas (área da folha * número de folhas) (cm ²)	421,04	74,39	<0,0001
Área da haste (cm ²)	10,75	11,39	0,5220
Área do ramo (folha + haste) (cm ²)	431,80	85,79	<0,0001
Biomassa do ramo (gMS)	0,17	0,10	<0,0010
Área total do ramo por biomassa (cm ² .g ⁻¹)	2433,10	823,04	<0,0001

3.2.2 Relação entre área total do ramo e biomassa de *C. furcata* e *E.densa* no Rio Branco

Uma relação positiva foi observada entre a área total do ramo e a biomassa do ramo de *C. furcata* e *E. densa*. Além disso, para uma mesma biomassa, *C. furcata* evidenciou maior área total do ramo do que *E. densa*. (Figura 8).

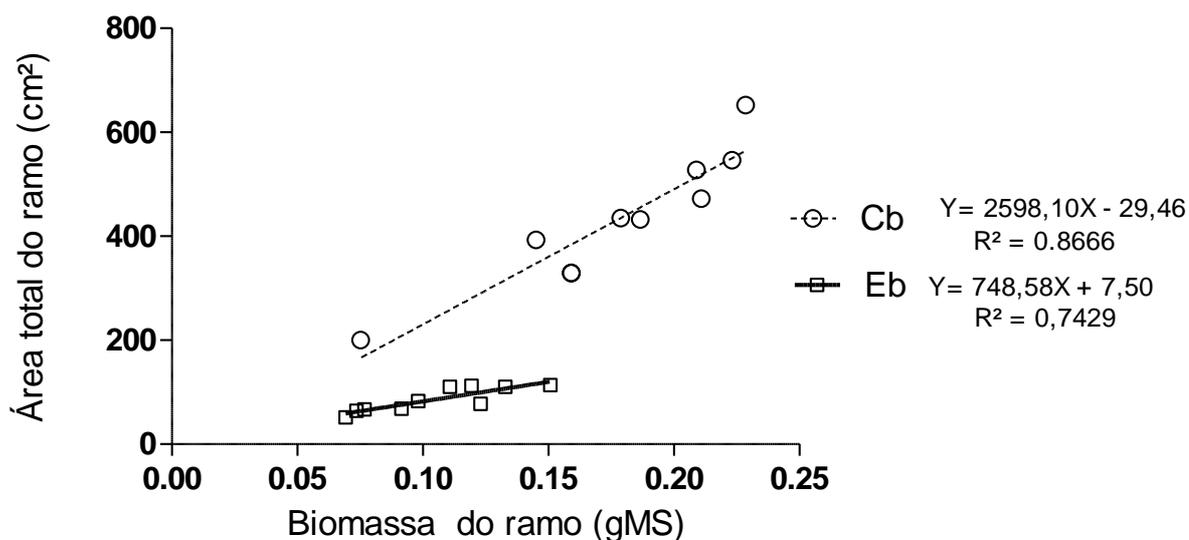


Figura 8: Regressão linear simples entre a área total do ramo e a biomassa do ramo de *Cabomba furcata* e *Egeria densa* coletadas no Rio Branco. Onde, Cb corresponde a *Cabomba furcata* e Eb, a *Egeria densa*.

3.2.3 Diferenças entre *C. furcata* coletadas nos rios Branco e Preto

O número de folhas por nó de *C. furcata* (3) do Rio Branco foi maior do que o número de folhas de *C. furcata* (2) do Rio Preto. Já, o número de folhas por ramo de *C. furcata* no Rio Branco e no Rio Preto não apresentou diferença significativa ($p < 0,1269$) (Figura 9). Da mesma maneira, a área total do ramo de *C. furcata* no Rio Branco não foi significativamente diferente da área total do ramo de *C. furcata* no Rio Preto (figuras 10).

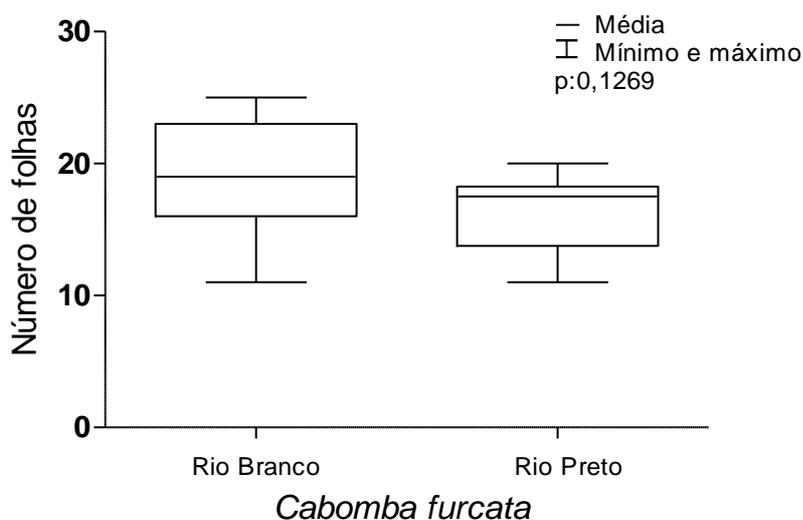


Figura 9: Valores médios, mínimos e máximos do número de folhas por ramo de *C. furcata* no Rio Branco e no Rio Preto.

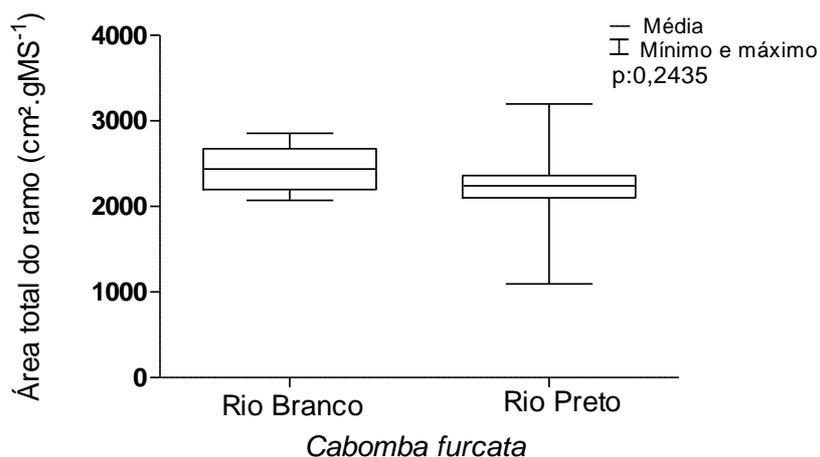


Figura 10: Valores médios, mínimos e máximos da área total do ramo de *C. furcata* no Rio Branco e no Rio Preto.

Não foram encontradas diferenças significativas entre o número de folhas, a área das folhas e a área total do ramo por biomassa de *C. furcata* coletadas no Rio Branco e no Rio Preto. Porém, a área total das folhas, a área da haste, a área do ramo e a biomassa do ramo de *C. furcata* foram significativas maiores no Rio Branco quando comparados à *C. furcata* do Rio Preto (Tabela 5).

Tabela 5: Resultado do teste-t aplicado às variáveis de *C. furcata* coletadas no Rio Branco e no Rio Preto. Em negrito os valores de significativos ($p < 0,05$).

Variáveis	<i>C.furcata</i>	<i>C.furcata</i>	Valor de p
	(Rio Branco)	(Rio Preto)	
	Média		
Número de folhas	19,00	16,40	0,1269
Área média das folhas (cm²)	22,71	16,84	0,0608
Área total das folhas (área da folha * número de folhas) (cm²)	421,04	275,87	0,0133
Área da haste (cm²)	10,75	8,30	0,0190
Área do ramo (folha + haste) (cm²)	431,80	284,17	0,0127
Biomassa do ramo (gMS)	0,17	0,12	0,0064
Área total do ramo por biomassa (cm². gMS⁻¹)	2433,10	2211,64	0,2435

3.2.4 Relação entre a área total do ramo e a biomassa de *C. furcata* nos rios Branco e Preto

Uma relação positiva foi observada entre a área total do ramo e a biomassa do ramo de *C. furcata* nos rios Branco e Preto. Além disso, para uma mesma biomassa, *C. furcata* no Rio Branco evidenciou maior área total do ramo do que *C. furcata* no Rio Preto (Figura 11).

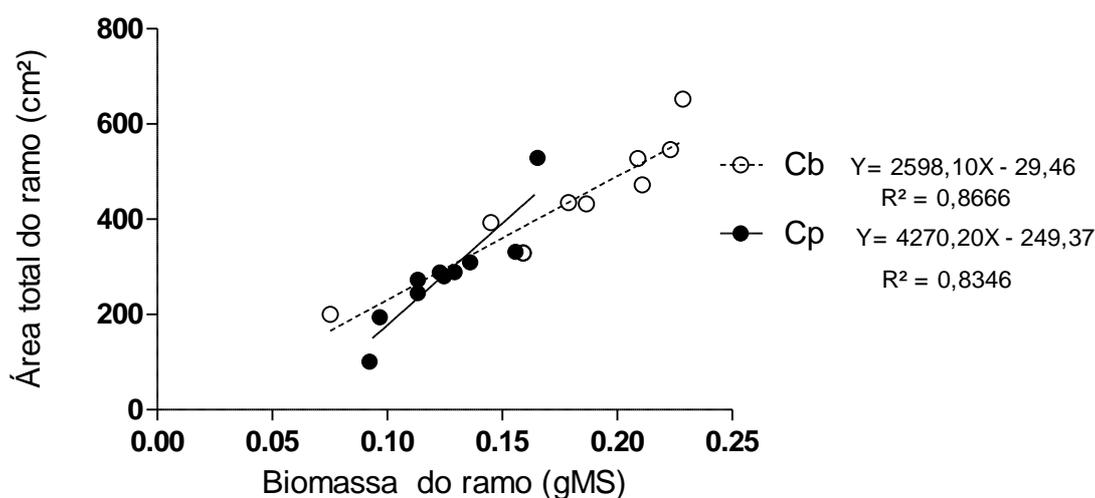


Figura 11: Regressão linear simples entre a área total do ramo e a biomassa do ramo de *Cabomba furcata* coletada nos rios Branco e Preto. Onde Cb corresponde a *Cabomba furcata* no Rio Branco e Cp, a *Cabomba furcata* no Rio Preto.

3.3 Material aderido às macrófitas aquáticas

3.3.1 *C. furcata* e *E. densa* no Rio Branco

A biomassa total por m² de *C. furcata* e *E. densa* coletadas no Rio Branco (área B) apresentou grande variação intraespecífica. No entanto, não houve diferença significativa nos valores da biomassa total por m² entre as espécies (Figura 12).

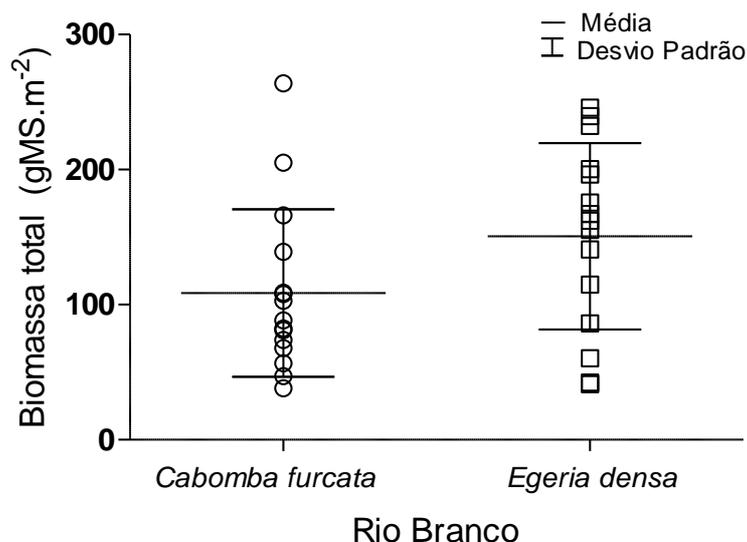


Figura 12: Biomassa total por m² de *C. furcata* e *E. densa* coletadas no Rio Branco.

A biomassa do ramo de *C. furcata* e *E. densa* também apresentou grande variação (de 0,1 a 0,4 gMS) (Figura 13). E, a área total do ramo de *C. furcata* foi significativamente maior do que a área total do ramo de *E. densa*, indicando maior complexidade de ramo ($p < 0,001$), conforme é apresentado na Figura 14.

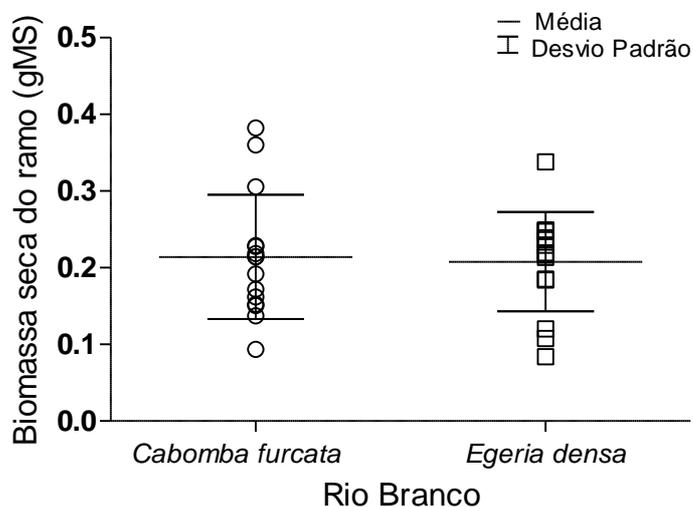


Figura 13: Biomassa do ramo de *C. furcata* e *E. densa* coletadas no Rio Branco.

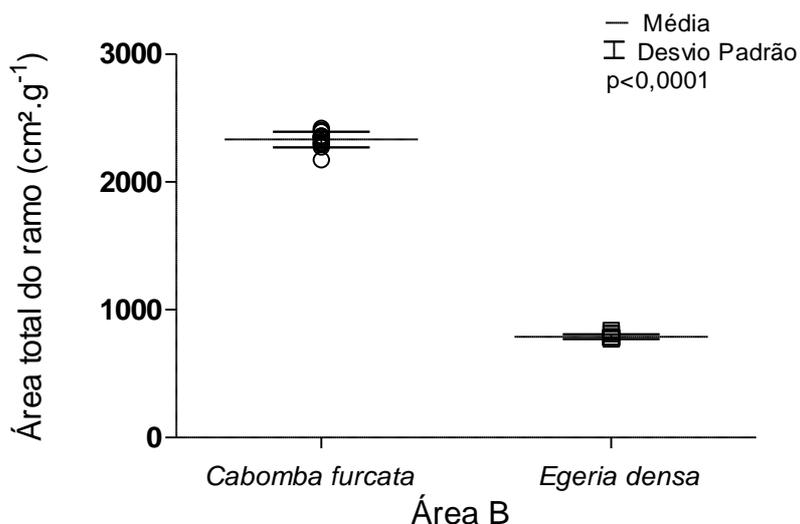


Figura 14: Área total do ramo de *C. furcata* e *E. densa* coletadas no Rio Branco.

Não houve diferença significativa na porcentagem de NT na biomassa de *C. furcata* e *E. densa*. No entanto, a porcentagem de PT na biomassa de *C. furcata* foi significativamente maior do que de *E. densa* ($p:0,0421$) (Figura 15).

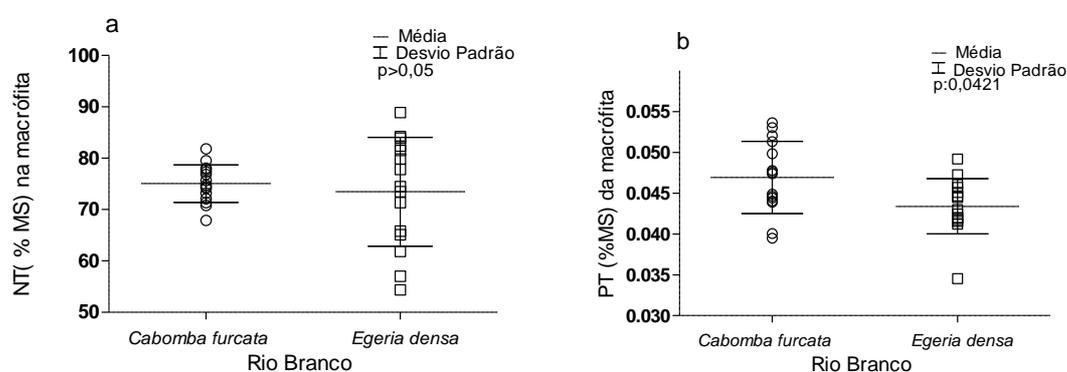


Figura 15: Porcentagem de nitrogênio (a) e fósforo total (b) na biomassa de *C. furcata* e *E. densa* coletadas no Rio Branco.

3.3.2 Material aderido à *C. furcata* e *E. densa* no Rio Branco

A quantidade de material aderido por ramo de *C. furcata* foi significativamente menor do que de *E. densa* (Figura 16), apesar de *C. furcata* apresentando maior área total do ramo em relação à *E. densa*.

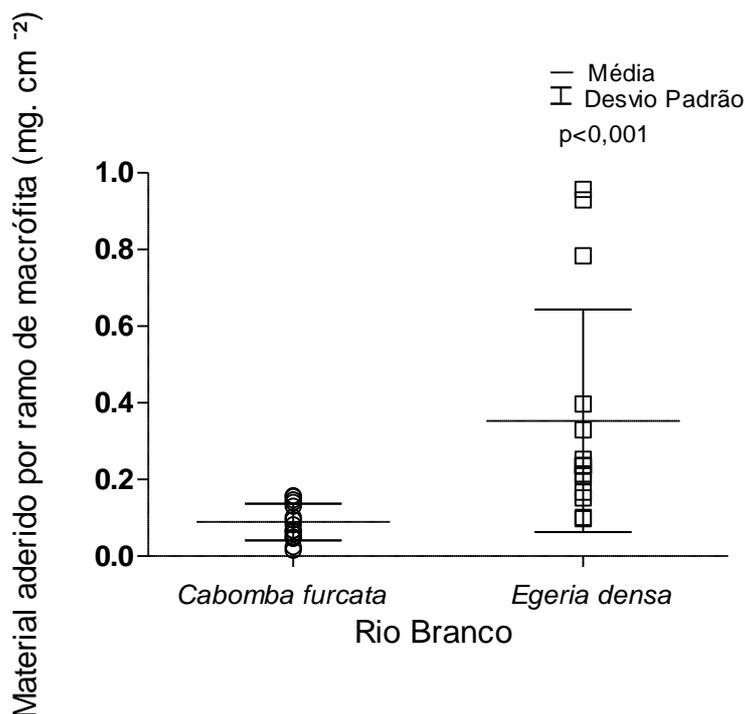


Figura 16: Material aderido à *C. furcata* e *E. densa* coletadas no Rio Branco.

Os valores da quantidade de material aderido à *C. furcata* apresentaram menor variação do que os valores de material aderido à *E. densa*. Todavia, o material aderido às macrófitas apresentaram quantidades similares de NT e PT (Figura 17). Porém, apesar de não apresentarem diferença significativa, nota-se que o material aderido à *C. furcata* tem menor quantidade de NT (Figura 17a) e maior quantidade de PT do que o material aderido à *E. densa* (Figura 17b).

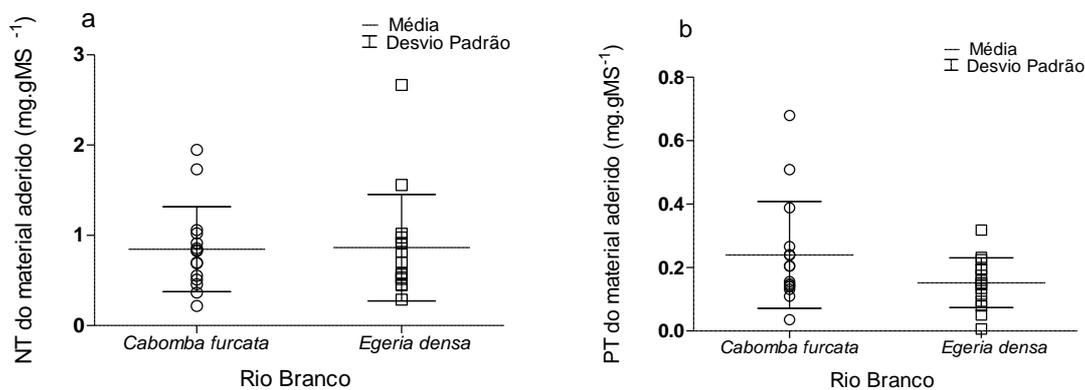


Figura 17: Quantidade de nitrogênio (a) e fósforo total (b) do material aderido à *C. furcata* e *E. densa* coletadas no Rio Branco.

3.3.3 *C. furcata* nos rios Branco e Preto

A biomassa total por m² de *C. furcata* no Rio Preto (área C) apresentou maior variação do que no rio Branco (área A), porém sem diferenças significativas (Figura 18). Além disso, não houve diferença significativa entre a biomassa do ramo de *C. furcata* para ambos locais (Figura 19).

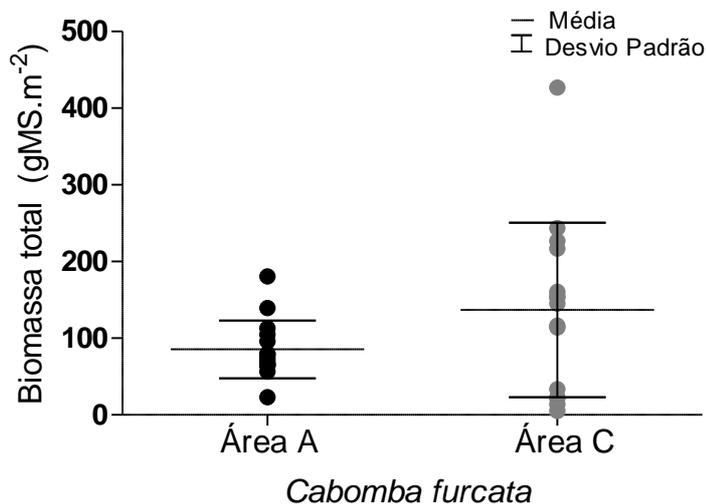


Figura 18: Biomassa total por m² de *C. furcata* coletadas no Rio Branco e Rio Preto.

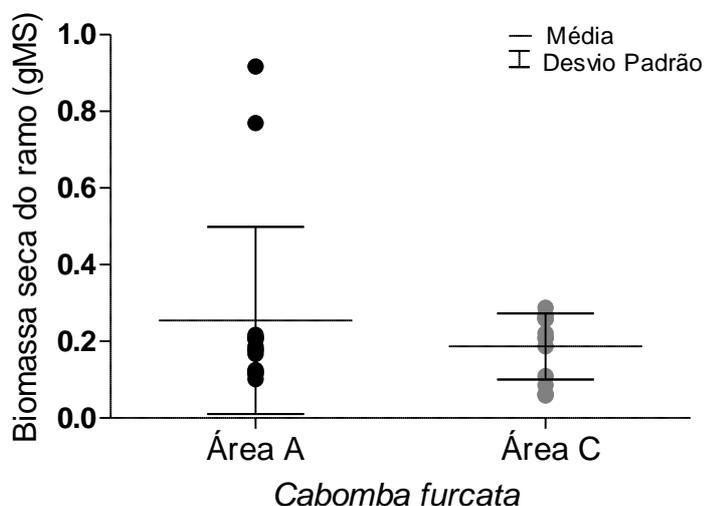


Figura 19: Biomassa do ramo de *C. furcata* coletadas no Rio Branco e Rio Preto.

Os valores de área total do ramo de *C. furcata* no Rio Branco apresentaram menor variação do que os valores de *C. furcata* no Rio Preto. No entanto, esta diferença não foi significativa (Figura 20).

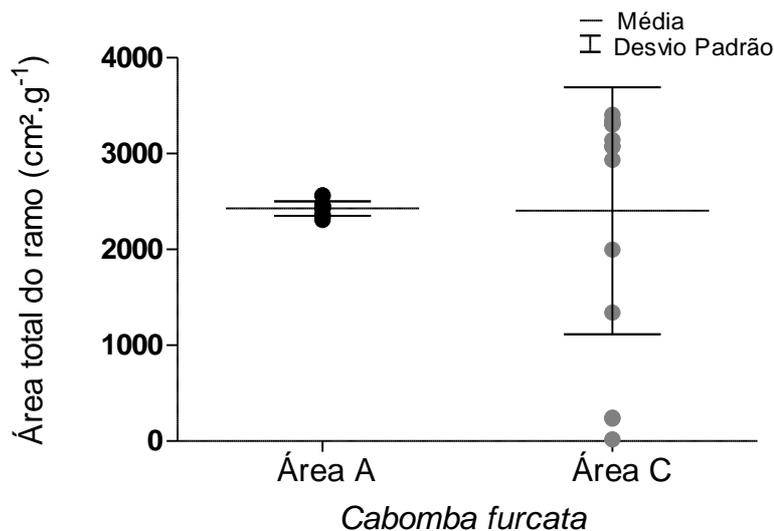


Figura 20: Área total do ramo de *C. furcata* coletadas no Rio Branco e no Rio Preto.

A porcentagem de NT e de PT na biomassa de *C. furcata* no Rio Branco foi significativamente maior ($p:0,0181$; $p:0,0037$, respectivamente) do que a porcentagem de NT e de PT na biomassa de *C. furcata* no Rio Preto (Figura 21).

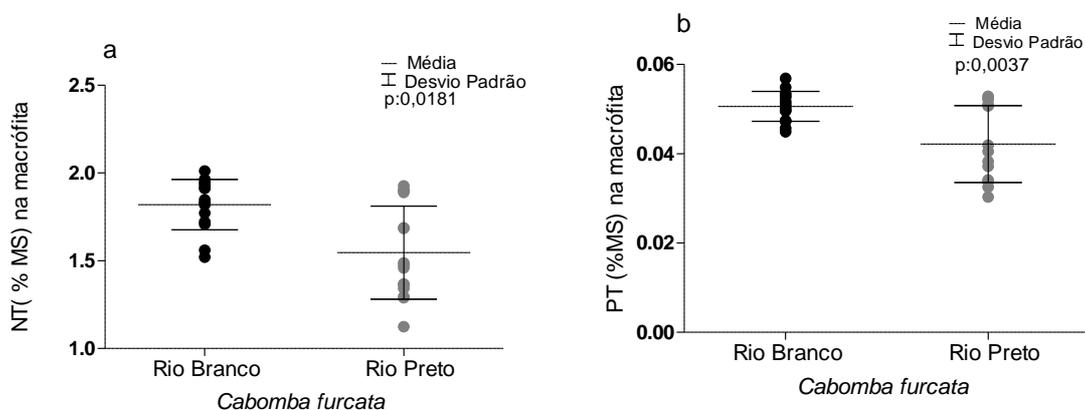


Figura 21: Porcentagem de nitrogênio (a) e fósforo total (b) na biomassa de *C. furcata* coletadas no Rio Branco e Rio Preto.

3.3.4 Material aderido à *C. furcata* nos rios Branco e Preto

A quantidade de material aderido à *C. furcata* no Rio Branco foi significativamente menor ($p:0,0251$) do que a quantidade de material aderido à *C. furcata* no Rio Preto (Figura 22). No entanto, o material aderido às macrófitas apresentaram quantidades similares de NT e PT (Figura 23). Porém, apesar de não apresentarem diferença significativa, nota-se que o material

aderido à *C. furcata* tem menor quantidade de NT (Figura 23a) e maior quantidade de PT do o material aderido à *E. densa* (Figura 23 b).

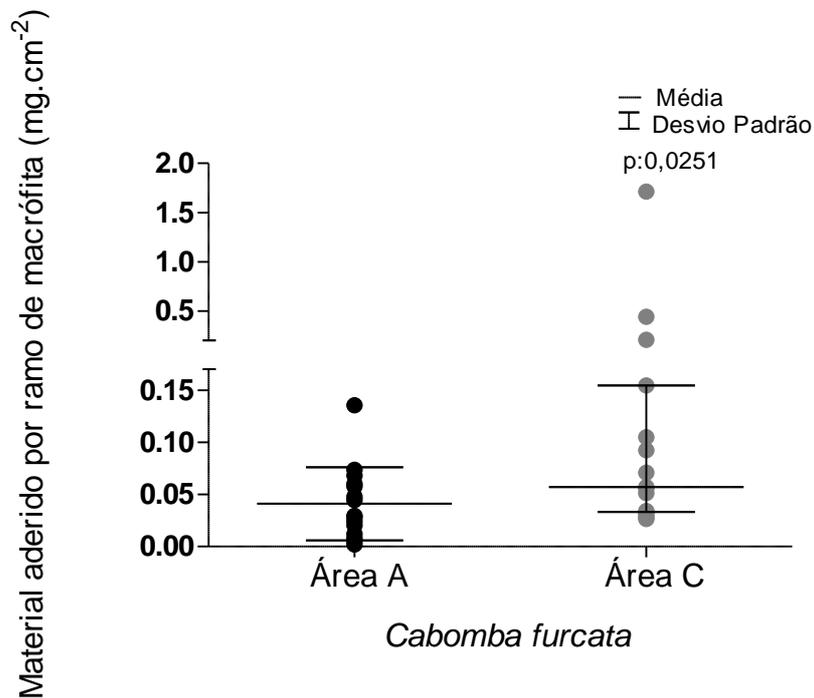


Figura 22: Material aderido à *C. furcata* coletadas no Rio Branco e Rio Preto. Obs.: o eixo y foi segmentado para melhor visualização dos dados.

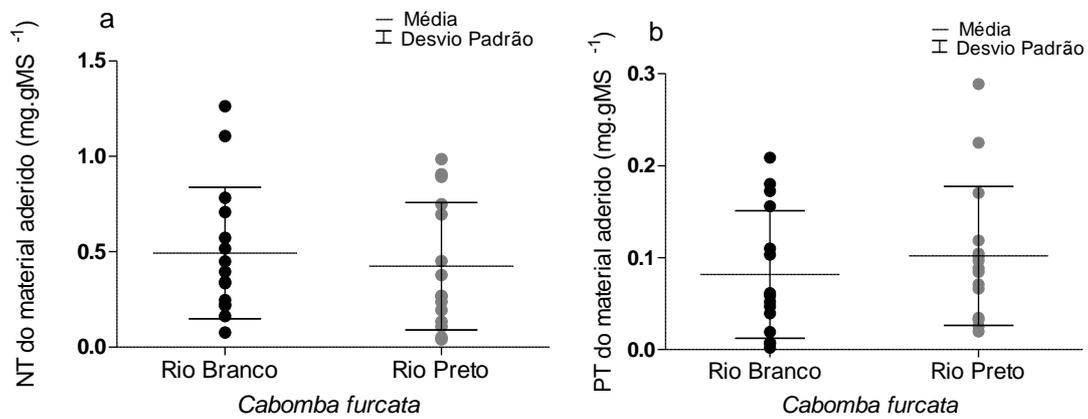


Figura 23: Quantidade de nitrogênio (a) e fósforo total (b) do material aderido à *C. furcata* coletadas no Rio Branco e no Rio Preto.

4 DISCUSSÃO

4.1 Arquitetura das macrófitas

Os resultados indicaram que, para o mesmo valor de biomassa, *C. furcata* evidencia maior área total do ramo que *E. densa*. Esta maior área total do ramo poderia estar diretamente relacionada ao fato de *C. furcata* apresentar folhas maiores, segmentadas e em formato semi-esférico, enquanto *E. densa* possui folhas menores, lisas e planas. Desta maneira, podemos inferir que *C. furcata* possui uma maior complexidade de arquitetura de ramo do que *E. densa*.

Tais resultados condizem com os obtidos no experimento de Gruters et al. (2017). Os autores compararam a complexidade do ramo de 11 espécies de macrófitas submersas e entre elas *Cabomba caroliniana* e *Elodea nuttallii*, espécies que possuem arquitetura de ramo semelhante, respectivamente, às de *C. furcata* e *E. densa*. Ao dividir a área total (cm²) pela biomassa do ramo (gMS), *C. caroliniana* apresentou área total de ramo (648,8 cm².gMS⁻¹) maior do que de *E. nuttallii* (432,63 cm².gMS⁻¹). De fato, folhas mais segmentadas poderiam apresentar uma maior área total de ramo. Por outro lado, os resultados do estudo de Sher-Kaul et al. (1995), indicaram que a relação entre a área e a biomassa não estão relacionadas à morfologia da planta, isto é, o fato de a macrófita possuir folha segmentada não seria o fator principal para que esta tivesse uma área do ramo maior do que uma macrófita com folha não segmentada. Sendo assim, a área total do ramo poderia estar mais relacionada à espécie do que à morfologia do ramo. Contudo, para as espécies estudadas, *C. furcata* seguiu o padrão de área do ramo semelhante a outras espécies com folhas segmentadas.

Além disso, nossos resultados indicaram uma relação positiva entre a área total do ramo e a biomassa do ramo de *C. furcata* e *E. densa*, resultado similar ao apresentado por Sher-Kaul et al. (1995) e Armstrong et al. (2003) para outras espécies de macrófitas aquáticas submersas. Desta maneira, as funções lineares geradas para *C. furcata* e *E. densa* podem de fato ser utilizadas para prever valores da área total do ramo dessas duas espécies em

estudos subsequentes, desde que os rios apresentem características limnológicas semelhantes às encontradas nesse estudo.

Na comparação entre a área total do ramo de *C. furcata* coletada no rio de água branca e no rio de água preta, para algumas variáveis (área total das folhas, área da haste, área do ramo, biomassa do ramo), foram encontradas diferenças significativas. De modo geral, *C. furcata* pode apresentar pequenas variações em sua morfologia (Ørgaard, 1991) dependendo das variáveis limnológicas do ambiente aquático em que é encontrada. De fato, este resultado é semelhante ao de vários estudos anteriores em espécies de plantas terrestres e aquáticas (Bonser & Aarssen 2003, Wang & Yu 2007, Xie et al., 2013).

As diferenças morfológicas de *C. furcata* do Rio Branco e do Rio Preto podem estar associadas às diferenças nas concentrações de nutrientes nas águas e no sedimento de ambos os rios. No Rio Branco, a disponibilidade de NT na água e no sedimento foi menor e a disponibilidade de PT na água e no sedimento foi maior do que no Rio Preto. Embora não tenham sido encontradas diferenças significativas entre as variáveis, essas diferenças na morfologia da macrófita foram observadas por Garbey et al. (2004) para *Rununculus peltatus* e por Tóth et al. (2017) para *Myriophyllum spicatum*, que apresentaram maior biomassa no ambiente cuja disponibilidade de nutrientes era favorável ao seu crescimento.

Além disso, foi encontrada relação positiva entre a área total do ramo e a biomassa seca do ramo. Esse resultado poderia expressar a diferença morfológica do ramo de uma mesma espécie em ambientes distintos. Desta maneira, as funções lineares que foram geradas para *C. furcata* de cada rio podem ser utilizadas para prever valores da área total do ramo dessa espécie em estudos subsequentes, desde que os rios apresentem características limnológicas semelhantes às encontradas nesse estudo.

4.2 Material aderido às macrófitas aquáticas

A disponibilidade de nutrientes é um dos fatores abióticos fundamentais para a colonização e estabelecimento de macrófitas aquáticas (Thomaz & Estevez, 2011). Além disso, espécies de macrófitas submersas enraizadas

podem retirar seus nutrientes tanto da coluna d'água (Mony et al., 2007) quanto do sedimento (Mori, 2014; Tóth et al., 2017). Sendo que, *C. furcata* absorve maior quantidade de NT e PT do sedimento (Mori, 2014) e *E. densa* absorve maior quantidade de NT proveniente da coluna d'água (Feijóó, et al. 1996; Mony et al. 2007). Desta maneira, as condições deste ambiente são propícias para a colonização e estabelecimento de ambas as espécies.

Apesar de possuir maior área total de ramo, *C. furcata* possui a menor quantidade de material aderido. Contudo, há uma grande variação nos valores de material aderido à *E. densa*. Desta maneira, a primeira hipótese de que *C. furcata*, por possuir maior complexidade de arquitetura de ramo, teria maior quantidade de material aderido não foi corroborada.

Ao compararem a diferença na retenção de material aderido a espécies com arquiteturas de folhas diferentes, Rovira et al. (2016) chegaram à conclusão de que espécies com hastes ramificadas e folhas segmentadas conseguem reter maior quantidade de material do que espécies com folhas menos ramificadas e menos segmentadas. Da mesma maneira, para Fernandes et al. (2016) as diferenças do tipo e quantidade de material aderido pode estar relacionada à arquitetura e rugosidade da macrófita aquática. Sendo assim, o esperado seria que a maior quantidade de material aderido fosse encontrada nos ramos de *C. furcata*, fato não ocorrido. Por outro lado, semelhante ao encontrado neste estudo, os resultados do estudo realizado por Agawin & Duarte (2002) e de Hendricks et al. (2008) fornecem evidências de que macrófitas aquáticas marinhas, normalmente com folhas lisas, são capazes de reter substancialmente partículas em suspensão na água. Além disso, essas macrófitas podem ser capazes de controlar a quantidade de material em suspensão na água.

Os resultados não indicaram menor biomassa dos ramos ou menor porcentagem de nutrientes (NT e PT) na biomassa das macrófitas independentemente da quantidade de material aderido. Tendo em vista que *C. furcata* e *E. densa* apresentaram diferenças significativas na porcentagem de NT e PT na biomassa, os teores de nutrientes (NT e PT) do material aderido à ambas espécies não foi significativamente diferente. A grande quantidade de material aderido poderia afetar de forma negativa a macrófita devido à competição por luz ou nutrientes, como exposto por Díaz-Olarte et al. (2007)

em seu estudo realizado com *Utricularia foliosa*, uma macrófita submersa livre. Entretanto, os resultados de Kibriya e Jones (2007) indicaram que para *Utricularia vulgaris* não há relação significativa entre a quantidade de material aderido e a área da folha dessa macrófita.

Estudos (Pluntke & Peter-Kozerski, 2003; Rovira et al., 2016) relatam uma relação negativa entre a quantidade de material aderido às macrófitas e a velocidade de corrente de um ecossistema aquático lótico e da distribuição das macrófitas submersas em função desta mesma variável. Todavia, em um estudo anterior (Biem, 2014) não foram encontrados indícios da relação entre a distribuição das espécies e essa variável, na área estudada. Resultado que se assemelha ao encontrado na região dos pampas argentinos (Feijoó et al., 1994) e, por isso, a velocidade de corrente não foi considerada.

Por outro lado, ao contrário de *C. furcata* que a qualquer movimentação de água o material aderido poderia se desprender de suas folhas e ramos, *E. densa* apresenta folhas sésseis, sendo assim, o material aderido poderia ficar retido com maior facilidade e, mesmo com a movimentação das águas, não se desgrudaria tão facilmente. Resultados similares foram encontrados por Fránková et al. (2017) para ambientes lênticos.

Os resultados de um experimento de Grutters et al. (2017) que avaliou a relação entre o material aderido e 11 espécies de macrófitas aquáticas, indicaram que a quantidade de material aderido pode variar entre as espécies com morfologia similar mesmo que sejam cultivadas em condições semelhantes. Os resultados desse estudo indicaram que a relação entre o material aderido e as macrófitas aquáticas pode ser positiva (ganho de biomassa na macrófita), negativa (perda de biomassa na macrófita) ou neutra. Neste estudo, a relação entre o material aderido, *C. furcata* e *E. densa* pode ser considerada neutra. Fato este que pode ser comprovado pela a grande variação na quantidade de material aderido às macrófitas para uma mesma área total de ramo.

As porcentagens de NT e PT na biomassa de *C. furcata* foram significativamente maiores no Rio Branco, no entanto, não foram encontradas diferenças significativas entre as variáveis. Além disso, *C. furcata* foi encontrada em abundância em ambas as áreas. Desta maneira, essa pequena variação na disponibilidade de NT e PT de ambos os rios não seria um fator

limitante para essa espécie. De fato, *C. furcata* pode apresentar relação positiva com NT e PT do sedimento (Mori, 2014) e, provavelmente, *C. furcata* do Rio Branco utilize como fonte principal o sedimento para absorção de nutrientes, enquanto que no Rio Preto ela não tenha a mesma disponibilidade e acumule menor quantidade desses nutrientes em seus tecidos. Os resultados de um experimento realizado com *Cabomba caroliniana* (Bickel, 2012) indicaram que a porcentagem ótima de matéria orgânica para o crescimento dessa espécie seria de 5%, enquanto que em porcentagens superiores (15%) o crescimento é menor. A área A (Rio Branco) apresentou porcentagem inferior a 10% de matéria orgânica no sedimento, já a área C (Rio Preto) apresentou uma porcentagem de 14,35 %.

A quantidade de material aderido à *C. furcata* no Rio Branco foi menor do que no Rio Preto. À medida que a quantidade de material em suspensão na água foi maior no Rio Branco. Desta maneira, sendo a segunda hipótese, no ambiente com uma maior quantidade de material em suspensão na água (Rio Branco) há maior quantidade de material aderido em *C. furcata*, não corroborada. Desta maneira, é possível inferir que a maior porção do material aderido não é proveniente do material em suspensão na água.

Taniwaki et al. (2013) associaram a maior quantidade de perifíton a um ambiente com maior disponibilidade de nitrogênio na água, na forma de nitrato. Entretanto ao relacionarmos a quantidade de NT e PT do material aderido à *C. furcata* e a disponibilidade de nutrientes (NT e PT) da água e do sedimento para ambos os rios, é possível observar uma relação inversa entre esses valores. Desta maneira, a quantidade de NT e PT do material aderido à *C. Furcata* nos rios Branco e Preto não tem relação com a disponibilidade de nutrientes desses ambientes. Além disso, é possível inferir que a relação entre o material aderido e as macrófitas é neutra.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho foi possível concluir que *C. furcata* apresenta maior complexidade do ramo do que *E. densa*. Apesar de *C. furcata* apresentar algumas diferenças em sua morfologia, de uma maneira geral, a estrutura do

seu ramo é similar mesmo em ambientes com características limnológicas distintas.

A retenção de material não apresentou relação com a complexidade da arquitetura do ramo das espécies de macrófitas aquáticas submersas e, ao contrário da nossa hipótese, a macrófita com maior complexidade do ramo (*C. furcata*) reteve menor quantidade de material. Desta maneira, a retenção de material provavelmente se relaciona não só com a arquitetura do ramo das espécies vegetais, mas também com outras variáveis não abordadas neste estudo.

Como não foram observadas as relações entre a quantidade de material aderido e as espécies de macrófitas aquáticas, pode-se considerar que essas espécies são apenas um substrato para o acúmulo de material aderido, que não apresenta relação positiva ou negativa com esse material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adami, M.; Moreira, M. M.; Rudorff, B. F. T.; Freitas, C. C.; Faria, R. T.; Deppe, F., 2007, Painel amostral para estimativa de áreas agrícolas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.81-88
- Agawin N.S.R., Duarte C.M.,2002, Evidence of direct particle trapping by a tropical seagrass meadow. Estuaries, 25, 1205–1209.
- Allen, S. E.; Grimshaw, J. M.; Parkinson, J. A.; Quarmby, c. Chemical Analysis of Ecological Materials. Oxford: Blackwell, ISBN: 978-0632017423, 1974.
- Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. and Julio Jr., H. F.,2003, Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In: Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas, eds. S. M. Thomaz and L. M. Bini. Eduem, Maringá, pp. 261-277.
- Amaral, M. C.E., 2008, Guia de campo para plantas aquáticas e palustres do Estado de São Paulo, 452p
- Amorim, S.R.; Umetsu, C. A.; Toledo, D.; Camargo, A. F. M.,2015, Effects of a Non-native Species of Poaceae on Aquatic Macrophyte Community Composition: a Comparison with a Native Species. Journal of Aquatic Plant Management, v. 53, p. 191-196
- Anderson, M. J., Diebel, C. E., Blom, W. M., Landers, T. J., 2005. Consistency and variation in kelp holdfast assemblages: spatial patterns of biodiversity for the major phyla at different taxonomic resolutions. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 320: 35–56.
- Armstrong, N., Planas, D., Prepas, E., 2003, Potential for estimating macrophyte surface area from biomass. Aquatic Botany, 75(2), 173-179. doi.org/10.1016/S0304-3770(02)00169-9.
- Baatrup-Pedersen, A., Larsen, S. E., Riis, T., 2003, Composition and richness of macrophyte communities in small Danish streams - influence of environmental factors and weed cutting, Hydrobiologia 495: 171–179.
- Barko, J.W.; Adams, M.S., Clesceri, N.L. 1986. Environmental factors and their consideration in the management of submerged aquatic vegetation: a review. Journal of Aquatic Plant Management, 24: 1-10.
- Bickel, T. O., 2012, Ecology of the submersed aquatic weed *Cabomba caroliniana* in Australia, Eighteenth Australasian Weeds Conference.
- Bonser, S. P., Aarssen, L. W.,2003, Allometry and development in herbaceous plants: functional responses of meristem allocation to light and nutrient availability. Am. J. Bot. 90, 404–412. doi: 10.3732/ajb.90.3.404

- Breugnot E., Dutartre A., Laplace-Treytore C. & Haury J., 2008, Local distribution of macrophytes and consequences for sampling methods in large rivers. *Hydrobiologia*, 610, 13-23
- Camargo, A.F.M., Peazzato, M.M., Henry-Silva, G.G., Assumpção, A.M., 2006, Primary production of *Utricularia foliosa* L., *Egeria densa* Planchon and *Cabomba furcata* Schult & Schult. from rivers of the coastal plain of the State of São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, 570: 35
- Camargo, A. F. M., Pereira, L. A., Pereira, A.M.M., 2002, Capítulo 12: Ecologia da bacia hidrográfica do Rio Itanhaém. In: Alexandre Schiavetti; Antonio Fernando Monteiro Camargo. (Org.). *Conceitos de Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações*. 1ed. Ilhéus: Editus-Editora da UESC, v. 1, 239-256p
- Carmouze, J. P. Caracterização dos ciclos do C, N, e P por modelos de compartimentos múltiplos. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. Editora Edgard Blücher: FAPESP, 1994. p. 39-50.
- Cook, C.D.K., Urmi-König, K., 1984. A revision of the genus *Egeria* (Hydrocharitaceae). *Aquatic Botany*, 19: 73-96.
- Díaz-Olarte, Jhon., Valoyes-Valois, V., Guisande, C., Torres, N., N., Gonzalez-Bermudez, A., Sanabria-Aranda, L., Hernandez, A., M., M., Duque, S., R., Marciales, L., J., Nunez-Avellaneda, M., 2007, Periphyton and phytoplankton associated with the tropical carnivorous plant *Utricularia foliosa*, *Aquatic Botany* 87 285–291
- Dibble, E.D., Killgore, K. J., Dick, G. O., 1996. Measurement of plant architecture in seven aquatic plants. *Journal of Freshwater Ecology* 11: 311–318.
- Dibble, E.V., Thomaz, S.M, 2006, A Simple Method to Estimate Spatial Complexity in Aquatic Plants, *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol.49, n. 3: pp. 421-428
- Engelhardt, K.A.M., Ritchie M.E., 2001, Effects of macrophyte species richness on wetland ecosystem functioning and services, *Nature*, vol 411.
- Feijoó, C.S., Ferreira, G.A., Tur, N.M., Momo, F.R., 1994, Influence of a macrophyte bed on sediment deposition in a small plain stream, *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 25: 1888—1892.
- Feijoó, C.S., Momo, F.R., Bonetti, C.A, Tur, N.M., 1996, Factors influencing biomass and nutrient content of the submersed macrophyte *Egeria densa* Planch. in a pampasic stream. *Hydrobiologia*, 341: 21-2

- Fernandes, V. O., Esteves, F. A., 2011, Comunidade Perifítica, In: Esteves, F. A. E. Fundamentos de Limnologia. 3a Ed. Rio de Janeiro Interciência, p.461-518.
- Fernandes U., L., Oliveira, E.C.C., Lacerda, S.R., 2016, Role of macrophyte life forms in driving periphytic microalgal assemblages in a Brazilian reservoir, *J. Limnology*; 75(1): 44-51 DOI: 10.4081/jlimnol.2015.1071.
- Ferreiro N., Giorgi, A., Feijoó, C., 2013, Effects of macrophyte architecture and leaf shape complexity on structural parameters of the epiphytic algal community in a Pampean stream, *Aquatic Ecology* 47:389–401 DOI 10.1007/s10452-013-9452-1
- Fránková, M., Šumberová, K., Potužák, J., Vild, O., 2017, The role of plant substrate type in shaping the composition and diversity of epiphytic diatom assemblages in a eutrophic reservoir, *Fundam. Appl. Limnol.* 189/2 ,117–135.
- Godoy, L. J. G., Yanagiwara, R. S., Villas Boas, R. L., Backes, C., Lima, C. P., 2007, Análise da imagem digital para estimativa da área foliar em plantas de laranja “pêra”, *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 3, p. 420-42
- Golterman, H. L.; Clyno, R. S.; Ohnstad, M. A. M., *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters.* 2 ed. Blackwell, Oxford, ISBN: 9780632004591, 1978.
- Grutters, B., M., C., Gross, E., M., van Donk, E., Bakker, E. S., 2017, Periphyton density is similar on native and non-native plant Species, *Freshwater Biology*.62:906–915.
- Hacker, S. D., R. S. Steneck, 1990. Habitat architecture and the abundance and body-size dependent habitat selection of a phytal amphipod. *Ecology* 71: 2269–2285.
- Istvánovics, V., Honti, M., Kovács, A., Osztoics, A., 2008, Distribution of submerged macrophytes along environmental gradients in large, shallow Lake Balaton (Hungary), *Aquatic Botany* 88, 317–330.
- McAbendroth, L., P. M. Ramsay, A. Foggo, S. D. Rundle, D.T. Bilton, 2005. Does macrophytes fractal complexity drive invertebrate diversity, biomass and body size distributions? *Oikos* 111: 279–290.
- Hendriks I.E., Sintes T., Bouma T.J., Duarte C.M., 2008, Experimental assessment and modeling evaluation of the effects of the seagrass *Posidonia oceanica* on flow and particle trapping. *Marine Ecology Progress Series*, 356, 163– 173.
- Henry-Silva, G., Camargo, A.F.M. 2003. Avaliação sazonal da biomassa de 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*, 30(1): 71-77

Horpilla, J., Nurminen, L., 2001, The effect of an emergent macrophyte (*Typha angustifolia*) on sediment resuspension in a shallow north temperate lake, *Freshwater Biology* 46, 1447-1455

Horvath T.G., 2004, Retention of particulate matter by macrophytes in a first-order stream, *Aquatic Botany* 78, 27-36.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2007, Ministério do Planejamento e Orçamento. Manual técnico de pedologia, Manuais técnicos em geociências, n.4, 2ª ed. Rio de Janeiro.

Jones J.I., Collins A.L., Naden P.S., Sear D.A., 2012, The relationship between fine sediment and macrophytes in rivers. *River Research and Applications*, 28, 1006–1018.

Kibriya S., Jones, J.I., 2007, Nutrient availability and the carnivorous habit in *Utricularia vulgaris*, *Freshwater Biology* 52, 500–509

Kleeberg, A., Köhler J., Sukhodolova T., Sukhodolov A., 2010, Effects of aquatic macrophytes on organic matter deposition, resuspension and phosphorus entrainment in a lowland river, *Freshwater Biology* 55, 326-345

Kovalenko, K.E., Thomaz, S.M.T., Warfe, D.M., 2012, Habitat complexity: approaches and future directions, *Hydrobiologia* 685:1–17 DOI 10.1007/s10750-011-0974-z

Lawson, S.E., K.J. McGlatherty, P.L. Wiberg. 2012. Enhancement of sediment suspension and nutrient flux by benthic macrophytes at low biomass. *Marine Ecology Progress Series* 448: 259–270.

Lima, C.T., Santos, F. A.R, Giulietti, A.M., 2014, Morphological strategies of *Cabomba* (Cabombaceae), a genus of aquatic plants, *Acta Botanica Brasilica* 28(3): 327-338. doi: 10.1590/0102-33062014abb3439

Lorenzi, H., 2000, Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas- 3ed., Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum.

Mackereth, F. I. F.; Heron, J.; Talling, J. F, 1978, Water analysis: some revised methods for limnologists. London: Freshwater Biological Association, 1978

Madsen, J.D., Chambers, P.A., James, W.F., Koch, E.W, Westlake, D.F., 2001, The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes, *Hydrobiologia* 444: 71–84

- Merriam-Webster.com 'complex' (20 de novembro 2017) <http://www.merriam-webster.com/dictionary/complex>
- Mony, C.; Koschnick, T.; Haller, W., Muller, S. 2007. Competition between two invasive Hydrocharitaceae (*Hydrilla verticillata* (L.f.) (Royle) and *Egeria densa* (Planch.) as influenced by sediment fertility and season. *Aquatic Botany*, 86: 236-242.
- Mori, G. B., 2014, Distribuição de macrófitas aquáticas em relação a um gradiente ambiental na bacia do rio Itanhaém, SP, Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro.
- van Katwijk, M.M., Bos, A.R., Hermus, D.C.R., Suykerbuyk, W., 2010. Sediment modification by seagrass beds: muddification and sandification induced by plant cover and environmental conditions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 89: 175–181
- van Katwijk, M. M., Thorhaug, A., Marbà, N., Orth, R. J., Duarte, C. M., Kendrick, G. A., Althuizen, I. H. J., Balestri, E., Bernard, G., Cambridge, M. L., Cunha, A., Durance, C., Giesen, W., Han, Q., Hosokawa, S., Kiswara, W., Komatsu, T., Lardicci, C., Lee, K.-S., Meinesz, A., Nakaoka, M., O'Brien, K. R., Paling, E. I., Pickerell, C., Ransijn, A. M. A., Verduin, J. J. , 2016, Global analysis of seagrass restoration: the importance of large-scale planting. *Journal of Applied Ecology*, 53: 567–578. doi: 10.1111/1365-2664.12562
- Nunes, L. S. C., Camargo, A.F.M. 2016, Do interspecific competition and salinity explain plant zonation in a tropical estuary? *Hydrobiologia* DOI 10.1007/s10750-016-2821-8
- O'hare J.M., O'hare M.T., Gurnell A.M., Dunbar M.J., Scarlett P.M., Laize C., 2011, Physical constraints on the distribution of macrophytes linked with flow and sediment dynamics in british rivers. *River Research and Applications*, 27, 671–683.
- Ørgaard, M., 1991, The genus *Cabomba* (Cabombaceae) - a taxonomic study, *Nordic Journal of Botany* 11: 179-203. Copenhagen
- Pluntke T., Kozerski H.P., 2003, Particle trapping on leaves and on the bottom in simulated submerged plant stands. *Hydrobiologia*, 506, 575–581.
- Schulz M., Kozerski H.P., Pluntke T., Rinke K., 2003, The influence of macrophytes on sedimentation and nutrient retention in the lower River Spree (Germany). *Water Research* 37 569–578.
- Rovira, A., Alcaraz, C., Trobajo, R., 2016, Effects of plant architecture and water velocity on sediment retention by submerged macrophytes, *Freshwater Biology*, Volume 61 (5), 758–768

- Sand-Jensen, K. Pedersen, M.L., 2008, Streamlining of plant patches in streams, *Freshwater Biology*, 53, 714–726.
- Sher-Kaul S., Oertli B., Castella E., Lachavanne J.B., 1995, Relationship between biomass and surface area of six submerged aquatic plant species. *Aquatic Botany*, 51, 147–154.
- Sow, M. M., Majdi, N., Muylaert, K., Tackx, M., Julien, F., Probst, J.-L., Mialet, B., Sutra, C., Probst, A., Thébault, J.-M., Kenarlikdjian, M., Gérino, M., 2016, Retention of nutrients, suspended particulate matter and phytoplankton in a pondage associated with a run-of-the-river type hydroelectric power plant. *Ecohydrol.*, 9: 229–237. doi: 10.1002/eco.1626.
- Suguio, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo: EDUSP, 317 p.
- Takamura, N., Kadono, Y., Fukushima, M., Nakagawa, M., Kim, B., H., O., 2003, Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes, *Ecological Research* 18, 381–395.
- Taniwaki, R.H., Magrin, A.G.E., Calijuri, M.C., Moschini –Carlos, V., 2013, Biomass and elemental composition (C, N, H) of the periphytic community attached to *Polygonum punctatum* Ell. in a subtropical reservoir and its relationship to environmental factors, *Limnetica*, 32 (2): 189-200.
- Tinoco, A. I., Furman, B. T., Darnell, K. M., Peterson, B. J., 2017, Submerged aquatic vegetation, topography and flow characteristics in the upper, tidal Hudson River: Progress toward a predictive habitat model, *Aquatic Botany* 142 53–60.
- Thomaz, S. M.; Esteves, F. S. E., 2011, Comunidade de macrófitas aquáticas. In: Esteves, F. A. E. *Fundamentos de Limnologia*. 3a Ed. Rio de Janeiro Interciência, p.461-518.
- Tundisi, J.G., Matsumura-Tundisi, T., 2008, *Limnologia, Oficina de Textos*, São Paulo, 632p, ISBN:9788586238666.
- Verhofstad, M.J.J.M., Alirangues-Nuñez, M.M., Reichman, E.P, van Donk, E., Lamers, L.P.M., Bakker E.S., 2017, Mass development of monospecific submerged macrophyte vegetation after the restoration of shallow lakes: roles of light, sediment nutrient levels, and propagule density, *Aquatic Botany*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2017.04.004>
- Wang J, Yu D., 2007, Influence of sediment fertility on morphological variability of *Vallisneria spiralis* L. *Aquatic Botany* 87:127–133.
- Waycott, M., Duarte, C., Carruthers, T., Orth, R., Dennison, W., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J., Heck, K., Hughes, A.R., Kendrick, G., Kenworthy, W.J, Short, F., Williams, S., 2009, Accelerating loss of

seagrasses across the globe threatens ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences 106: 12377–12381.

Wetzel, R. G., 1983, Opening remarks. In: Wetzel, R. G. (ed.). Periphyton of freshwater ecosystems. Boston, The Hague Dr. W. Junk, p. 3-4.

Xie D, Yu D, 2011, Size-related auto-fragment production and carbohydrate storage in auto-fragment of *Myriophyllum spicatum* L. in response to sediment nutrient and plant density. Hydrobiologia 658:221–231.

Apêndice A. Valores brutos dos atributos medidos nas macrófitas aquáticas.

Rio	Espécie	Número de folhas	Média da área da folha (cm ²)	Média da área folha * 2 (cm ²)	Área foliar (folha* média da folha*2) (cm ²)	Área da haste (cm ²)	Área do ramo (cm ²)	Biomassa do ramo (gMS)	Área total do ramo (cm ² .gMS ⁻¹)
Branco	<i>C. furcata</i>	16	9,965	19,931	318,891	10,438	329,329	0,159	2070,078
Branco	<i>C. furcata</i>	23	11,552	23,105	531,407	14,752	546,159	0,223	2447,060
Branco	<i>C. furcata</i>	25	8,468	16,937	423,417	9,169	432,585	0,187	2318,250
Branco	<i>C. furcata</i>	23	11,207	22,413	515,507	11,873	527,380	0,209	2524,677
Branco	<i>C. furcata</i>	18	5,421	10,841	195,144	5,200	200,344	0,075	2664,149
Branco	<i>C. furcata</i>	16	9,995	19,991	319,851	9,483	329,333	0,159	2070,108
Branco	<i>C. furcata</i>	17	13,594	27,187	462,185	10,438	472,623	0,211	2240,555
Branco	<i>C. furcata</i>	11	17,266	34,533	379,859	13,311	393,170	0,145	2710,585
Branco	<i>C. furcata</i>	21	10,110	20,221	424,634	10,093	434,727	0,179	2431,357
Branco	<i>E. densa</i>	140	0,368	0,737	103,137	9,483	112,619	0,119	943,369
Branco	<i>E. densa</i>	109	0,451	0,903	98,420	11,873	110,293	0,111	996,054
Branco	<i>E. densa</i>	146	0,353	0,707	103,150	10,438	113,588	0,151	753,134
Branco	<i>E. densa</i>	97	0,373	0,747	72,438	10,438	82,876	0,098	844,554
Branco	<i>E. densa</i>	68	0,405	0,809	55,012	11,873	66,885	0,077	872,149
Branco	<i>E. densa</i>	100	0,261	0,522	52,161	11,873	64,034	0,074	871,087
Branco	<i>E. densa</i>	101	0,205	0,410	41,420	9,960	51,380	0,069	742,812
Branco	<i>E. densa</i>	92	0,314	0,627	57,707	10,438	68,145	0,092	744,754
Branco	<i>E. densa</i>	92	0,346	0,691	63,595	14,271	77,866	0,123	632,854
Branco	<i>E. densa</i>	128	0,379	0,757	96,928	13,311	110,239	0,133	829,676
Branco	<i>C. furcata</i>	20	15,989	31,978	639,560	12,831	652,391	0,229	2854,230
Preto	<i>C. furcata</i>	14	8,497	16,994	237,916	7,100	245,016	0,113	2162,354
Preto	<i>C. furcata</i>	19	13,710	27,420	520,980	8,077	529,057	0,165	3199,811

Apêndice A. Valores brutos dos atributos medidos nas macrófitas aquáticas.

Rio	Espécie	Número de folhas	Média da área da folha (cm ²)	Média da área folha * 2 (cm ²)	Área foliar (folha* média da folha*2) (cm ²)	Área da haste (cm ²)	Área do ramo (cm ²)	Biomassa do ramo (gMS)	Área total do ramo (cm ² .gMS ⁻¹)
Preto	<i>C. furcata</i>	18	5,189	10,379	186,816	7,681	194,497	0,097	2011,345
Preto	<i>C. furcata</i>	16	10,151	20,302	324,832	7,100	331,932	0,156	2130,776
Preto	<i>C. furcata</i>	11	12,308	24,616	270,776	9,483	280,259	0,125	2248,907
Preto	<i>C. furcata</i>	20	7,523	15,045	300,907	9,006	309,912	0,136	2277,930
Preto	<i>C. furcata</i>	18	7,763	15,525	279,456	9,483	288,939	0,129	2236,368
Preto	<i>C. furcata</i>	18	7,813	15,625	281,256	7,100	288,356	0,123	2347,414
Preto	<i>C. furcata</i>	17	7,773	15,547	264,293	8,529	272,822	0,113	2407,750
Preto	<i>C. furcata</i>	13	3,518	7,037	91,477	9,483	100,959	0,092	1093,819

Apêndice B. Valores brutos da biomassa da macrófita (BM), material aderido à macrófita (MA), biomassa seca do ramo (BR), material aderido à macrófita (MAR), área do ramo (AR), área total do ramo (ATR), material aderido por área total do ramo (MARr), nitrogênio total da macrófita (NTm), nitrogênio total do material aderido (NTma), fósforo total da macrófita e fósforo total do material aderido (PTma).

Área	Rio	Espécie	BM (gMS.m ⁻²)	MA (mg.L ⁻¹)	BR (gMS)	MAR (mg.gMS ⁻¹)	AR (cm ²)	ATR (cm ² .g ⁻¹)	MARr (mg.cm ²)	NTm (%MS)	NTma (mg.gMS ⁻¹)	PTm (%MS)	PTma (mg.L ⁻¹)
A	Branco	<i>C. furcata</i>	79,344	15,910	0,101	157,291	233,338	2306,849	0,068	1,520	1,107	0,0526	0,010
A	Branco	<i>C. furcata</i>	75,824	29,827	0,211	141,688	517,466	2458,154	0,058	1,722	1,264	0,0530	0,004

Apêndice B. Valores brutos da biomassa da macrófita (BM), material aderido à macrófita (MA), biomassa seca do ramo (BR), material aderido à macrófita (MAR), área do ramo (AR), área total do ramo (ATR), material aderido por área total do ramo (MARr), nitrogênio total da macrófita (NTm), nitrogênio total do material aderido (NTma), fósforo total da macrófita e fósforo total do material aderido (PTma).

Área	Rio	Espécie	BM (gMS.m ⁻²)	MA (mg.L ⁻¹)	BR (gMS)	MAR (mg.gMS ⁻¹)	AR (cm ²)	ATR (cm ² .g ⁻¹)	MARr (mg.cm ²)	NTm (%MS)	NTma (mg.gMS ⁻¹)	PTm (%MS)	PTma (mg.L ⁻¹)
A	Branco	<i>C. furcata</i>	71,584	19,320	0,179	108,090	434,924	2433,280	0,044	1,771	0,783	0,0568	0,007
A	Branco	<i>C. furcata</i>	56,320	14,907	0,217	68,735	533,990	2462,258	0,028	1,820	0,516	0,0535	0,013
A	Branco	<i>C. furcata</i>	79,808	37,807	0,119	318,587	278,857	2349,849	0,136	1,560	0,708	0,0512	0,020
A	Branco	<i>C. furcata</i>	65,616	14,240	0,126	113,421	296,731	2363,452	0,048	1,964	0,223	0,0501	0,007
A	Branco	<i>C. furcata</i>	180,720	11,295	0,167	4,599	403,695	2421,397	0,002	2,012	0,336	0,0517	0,008
A	Branco	<i>C. furcata</i>	139,456	12,486	0,209	59,869	512,374	2456,839	0,024	1,829	0,218	0,0457	0,003
A	Branco	<i>C. furcata</i>	95,872	10,265	0,205	50,088	502,995	2454,351	0,020	1,948	0,342	0,0496	0,032
A	Branco	<i>C. furcata</i>	112,928	7,833	0,114	68,949	265,710	2338,792	0,029	1,912	0,246	0,0496	0,002
A	Branco	<i>C. furcata</i>	22,944	12,280	0,917	13,387	2353,77	2565,984	0,005	1,848	0,076	0,0506	0,010
A	Branco	<i>C. furcata</i>	63,824	25,867	0,177	146,214	430,170	2431,575	0,060	1,708	0,396	0,0449	0,000
A	Branco	<i>C. furcata</i>	65,024	21,267	0,122	173,960	288,158	2357,118	0,074	1,830	0,573	0,0474	0,008
A	Branco	<i>C. furcata</i>	67,520	15,847	0,770	20,585	1970,55	2559,830	0,008	1,917	0,164	0,0472	0,006
A	Branco	<i>C. furcata</i>	104,768	5,500	0,187	29,443	455,865	2440,391	0,012	1,935	0,450	0,0548	0,001
B	Branco	<i>C. furcata</i>	47,248	24,930	0,228	109,467	537,408	2359,742	0,046	1,883	0,553	0,0521	0,008
B	Branco	<i>C. furcata</i>	82,352	41,470	0,214	193,460	504,079	2351,661	0,082	1,799	0,914	0,0478	0,031

Apêndice B. Valores brutos da biomassa da macrófita (BM), material aderido à macrófita (MA), biomassa seca do ramo (BR), material aderido à macrófita (MAR), área do ramo (AR), área total do ramo (ATR), material aderido por área total do ramo (MARr), nitrogênio total da macrófita (NTm), nitrogênio total do material aderido (NTma), fósforo total da macrófita e fósforo total do material aderido (PTma).

Área	Rio	Espécie	BM (gMS.m ⁻²)	MA (mg.L ⁻¹)	BR (gMS)	MAR (mg.gMS ⁻¹)	AR (cm ²)	ATR (cm ² .g ⁻¹)	MARr (mg.cm ²)	NTm (%MS)	NTma (mg.gMS ⁻¹)	PTm (%MS)	PTma (mg.L ⁻¹)
B	Branco	<i>C. furcata</i>	88,480	40,690	0,172	236,873	398,118	2317,602	0,102	1,866	1,059	0,0474	0,046
B	Branco	<i>C. furcata</i>	108,800	29,640	0,192	154,512	448,024	2335,527	0,066	1,867	0,219	0,0444	0,046
B	Branco	<i>C. furcata</i>	73,936	49,220	0,152	322,818	350,053	2295,882	0,140	1,967	0,826	0,0476	0,027
B	Branco	<i>C. furcata</i>	67,912	34,900	0,219	159,572	514,931	2354,401	0,068	1,783	0,512	0,0530	0,043
B	Branco	<i>C. furcata</i>	107,952	26,580	0,093	284,704	202,922	2173,547	0,130	1,909	1,949	0,0449	0,036
B	Branco	<i>C. furcata</i>	102,928	21,970	0,162	146,040	373,476	2307,113	0,059	1,416	0,692	0,0513	0,029
B	Branco	<i>C. furcata</i>	38,112	17,540	0,151	116,336	345,822	2293,703	0,051	1,911	0,836	0,0498	0,031
B	Branco	<i>C. furcata</i>	56,672	13,540	0,229	59,142	540,395	2360,420	0,025	1,794	0,856	0,0536	0,036
B	Branco	<i>C. furcata</i>	81,088	113,780	0,306	372,268	731,309	2392,712	0,155	2,005	0,458	0,0401	0,021
B	Branco	<i>C. furcata</i>	205,216	46,140	0,137	335,832	312,517	2274,674	0,147	1,491	1,732	0,0395	0,029
B	Branco	<i>C. furcata</i>	166,048	7,680	0,214	35,829	504,079	2351,661	0,015	1,481	1,025	0,0440	0,024
B	Branco	<i>C. furcata</i>	139,184	137,140	0,360	380,733	867,114	2407,312	0,158	1,657	0,700	0,0446	0,023
B	Branco	<i>C. furcata</i>	263,904	88,410	0,382	231,367	925,114	2421,004	0,096	1,575	0,366	0,0439	0,025
B	Branco	<i>E. densa</i>	86,128	23,180	0,084	275,887	70,396	837,844	0,329	2,302	2,666	0,0473	0,002
B	Branco	<i>E. densa</i>	41,152	26,170	0,219	119,236	171,798	782,752	0,152	2,227	0,702	0,0457	0,020

Apêndice B. Valores brutos da biomassa da macrófita (BM), material aderido à macrófita (MA), biomassa seca do ramo (BR), material aderido à macrófita (MAR), área do ramo (AR), área total do ramo (ATR), material aderido por área total do ramo (MARr), nitrogênio total da macrófita (NTm), nitrogênio total do material aderido (NTma), fósforo total da macrófita e fósforo total do material aderido (PTma).

Área	Rio	Espécie	BM (gMS.m ⁻²)	MA (mg.L ⁻¹)	BR (gMS)	MAR (mg.gMS ⁻¹)	AR (cm ²)	ATR (cm ² .g ⁻¹)	MARr (mg.cm ²)	NTm (%MS)	NTma (mg.gMS ⁻¹)	PTm (%MS)	PTma (mg.L ⁻¹)
B	Branco	<i>E. densa</i>	140,880	19,080	0,249	76,479	194,256	778,643	0,098	2,291	0,449	0,0420	0,029
B	Branco	<i>E. densa</i>	42,464	42,207	0,229	184,067	179,149	781,288	0,236	2,335	0,977	0,0492	0,027
B	Branco	<i>E. densa</i>	60,272	41,400	0,247	167,313	192,729	778,890	0,215	2,395	1,018	0,0447	0,016
B	Branco	<i>E. densa</i>	114,832	18,720	0,236	79,218	184,397	780,318	0,102	2,180	0,533	0,0462	0,063
B	Branco	<i>E. densa</i>	175,736	35,522	0,217	164,057	169,583	783,219	0,209	2,124	0,517	0,0425	0,093
B	Branco	<i>E. densa</i>	155,440	57,620	0,184	313,442	145,111	789,379	0,397	1,994	0,457	0,0430	0,118
B	Branco	<i>E. densa</i>	232,304	43,473	0,338	128,547	260,662	770,757	0,167	2,030	0,290	0,0345	0,087
B	Branco	<i>E. densa</i>	200,368	22,273	0,108	206,713	88,159	818,186	0,253	2,070	1,559	0,0415	0,078
B	Branco	<i>E. densa</i>	239,504	39,380	0,214	184,286	167,464	783,678	0,235	1,526	0,917	0,0417	0,048
B	Branco	<i>E. densa</i>	196,432	114,440	0,185	618,427	146,025	789,110	0,784	1,587	0,908	0,0445	0,043
B	Branco	<i>E. densa</i>	245,824	179,930	0,249	723,831	193,582	778,751	0,929	1,436	0,563	0,0412	0,049
B	Branco	<i>E. densa</i>	162,080	178,440	0,239	746,611	186,411	779,961	0,957	1,814	0,586	0,0451	0,042
B	Branco	<i>E. densa</i>	167,248	23,060	0,120	191,991	97,412	811,023	0,237	1,743	0,816	0,0420	0,006
C	Preto	<i>C. furcata</i>	152,640	26,200	0,260	100,700	861,651	3311,748	0,030	1,688	0,108	0,0508	0,031
C	Preto	<i>C. furcata</i>	243,392	31,350	0,187	167,871	548,090	2934,885	0,057	1,488	0,750	0,0405	0,054

Apêndice B. Valores brutos da biomassa da macrófita (BM), material aderido à macrófita (MA), biomassa seca do ramo (BR), material aderido à macrófita (MAR), área do ramo (AR), área total do ramo (ATR), material aderido por área total do ramo (MARr), nitrogênio total da macrófita (NTm), nitrogênio total do material aderido (NTma), fósforo total da macrófita e fósforo total do material aderido (PTma).

Área	Rio	Espécie	BM (gMS.m ⁻²)	MA (mg.L ⁻¹)	BR (gMS)	MAR (mg.gMS ⁻¹)	AR (cm ²)	ATR (cm ² .g ⁻¹)	MARr (mg.cm ²)	NTm (%MS)	NTma (mg.gMS ⁻¹)	PTm (%MS)	PTma (mg.L ⁻¹)
C	Preto	<i>C. furcata</i>	226,864	22,700	0,259	87,624	856,868	3307,604	0,026	1,476	0,378	0,0382	0,009
C	Preto	<i>C. furcata</i>	426,688	50,650	0,270	187,551	903,840	3346,813	0,056	1,343	0,052	0,0337	0,046
C	Preto	<i>C. furcata</i>	116,272	64,300	0,221	290,595	695,497	3143,206	0,092	1,289	0,696	0,0337	0,015
C	Preto	<i>C. furcata</i>	22,752	12,900	0,059	219,949	1,077	18,367	0,209	1,903	0,239	0,0510	0,005
C	Preto	<i>C. furcata</i>	5,360	6,400	0,062	103,593	14,443	233,780	0,443	1,890	0,906	0,0507	0,001
C	Preto	<i>C. furcata</i>	14,096	7,300	0,110	66,551	219,028	1996,793	0,033	1,902	0,893	0,0525	0,003
C	Preto	<i>C. furcata</i>	21,872	17,683	0,085	207,575	114,408	1342,978	0,155	1,927	0,986	0,0521	0,007
C	Preto	<i>C. furcata</i>	33,440	25,833	0,062	417,138	15,083	243,557	1,713	1,685	0,452	0,0528	0,004
C	Preto	<i>C. furcata</i>	114,080	45,350	0,208	217,976	639,045	3071,594	0,071	1,459	0,269	0,0371	0,007
C	Preto	<i>C. furcata</i>	160,528	33,400	0,288	115,880	981,430	3405,023	0,034	1,124	0,194	0,0341	0,029
C	Preto	<i>C. furcata</i>	155,328	33,000	0,209	157,714	644,127	3078,411	0,051	1,368	0,134	0,0303	0,022
C	Preto	<i>C. furcata</i>	216,704	91,450	0,263	348,116	872,412	3320,942	0,105	1,296	0,266	0,0325	0,059
C	Preto	<i>C. furcata</i>	145,120	23,600	0,258	91,413	853,068	3304,286	0,028	1,363	0,041	0,0419	0,025

Apêndice C. Valores brutos das variáveis abióticas: material em suspensão na água (MS), alcalinidade (Alc), nitrogênio total na água (NTa), nitrogênio total no sedimento (NTs), fósforo total na água (PTa), fósforo no sedimento (PTs) e matéria orgânica no sedimento (MOs).

Área	Rio	MS (mg.L ⁻¹)	Alc (meq.L ⁻¹)	NTa(mg.L ⁻¹)	NTs (%MS)	PTa (µg.L ⁻¹)	MOs (%MS)
A	Branco	6,240	0,148	0,112	0,104	14,810	7,051
A	Branco	6,440	0,140	0,126	0,140	17,320	6,799
A	Branco	9,680	0,144	0,140	0,130	16,200	23,599
A	Branco	7,760	0,140	0,126	0,140	15,840	14,656
A	Branco	5,760	0,142	0,112	0,149	16,850	13,745
A	Branco	8,560	0,146	0,154	0,089	16,050	5,360
A	Branco	4,200	0,142	0,126	0,091	22,340	5,255
A	Branco	8,400	0,144	0,126	0,085	21,910	5,303
A	Branco	3,160	0,156	0,098	0,097	29,150	7,569
A	Branco	4,000	0,148	0,112	0,078	23,300	5,173
A	Branco	6,520	0,148	0,112	0,089	24,330	3,046
A	Branco	8,000	0,146	0,084	0,093	22,290	3,105
A	Branco	10,600	0,148	0,070	0,120	19,690	9,064
A	Branco	10,320	0,150	0,084	0,104	16,210	3,911
B	Branco	12,800	0,140	0,084	0,084	13,490	3,073
B	Branco	5,920	0,140	0,112	0,077	13,120	7,387
B	Branco	7,680	0,146	0,042	0,070	16,470	6,691
B	Branco	5,920	0,138	0,070	0,074	12,320	4,466

Apêndice C. Valores brutos das variáveis abióticas: material em suspensão na água (MS), alcalinidade (Alc), nitrogênio total na água (NTa), nitrogênio total no sedimento (NTs), fósforo total na água (PTa), fósforo no sedimento (PTs) e matéria orgânica no sedimento (MOs).

Área	Rio	MS (mg.L ⁻¹)	Alc (meq.L ⁻¹)	NTa(mg.L ⁻¹)	NTs (%MS)	PTa (µg.L ⁻¹)	MOs (%MS)
B	Branco	6,560	0,150	0,042	0,084	13,580	4,158
B	Branco	7,360	0,150	0,168	0,078	12,920	5,825
B	Branco	4,680	0,160	0,112	0,087	19,110	6,141
B	Branco	8,000	0,158	0,112	0,134	15,630	8,471
B	Branco	3,680	0,150	0,112	0,123	16,350	8,667
B	Branco	7,560	0,158	0,126	0,115	17,670	9,663
B	Branco	6,560	0,156	0,070	0,152	16,410	5,502
B	Branco	7,320	0,152	0,084	0,090	7,640	6,140
B	Branco	5,960	0,158	0,070	0,079	15,050	4,288
B	Branco	7,780	0,158	0,098	0,093	17,030	18,143
B	Branco	6,160	0,154	0,098	0,100	17,370	5,986
B	Branco	6,840	0,154	0,112	0,095	14,710	4,282
B	Branco	5,920	0,140	0,112	0,077	13,120	7,387
B	Branco	7,680	0,146	0,042	0,070	16,470	6,691
B	Branco	5,920	0,138	0,070	0,074	12,320	4,466
B	Branco	6,560	0,150	0,042	0,084	13,580	4,158
B	Branco	7,360	0,150	0,168	0,078	12,920	5,825
B	Branco	4,680	0,160	0,112	0,087	19,110	6,141

Apêndice C. Valores brutos das variáveis abióticas: material em suspensão na água (MS), alcalinidade (Alc), nitrogênio total na água (NTa), nitrogênio total no sedimento (NTs), fósforo total na água (PTa), fósforo no sedimento (PTs) e matéria orgânica no sedimento (MOs).

Área	Rio	MS (mg.L ⁻¹)	Alc (meq.L ⁻¹)	NTa(mg.L ⁻¹)	NTs (%MS)	PTa (µg.L ⁻¹)	MOs (%MS)
B	Branco	8,000	0,158	0,112	0,134	15,630	8,471
B	Branco	3,680	0,150	0,112	0,123	16,350	8,667
B	Branco	7,560	0,158	0,126	0,115	17,670	9,663
B	Branco	6,560	0,156	0,070	0,152	16,410	5,502
B	Branco	7,320	0,152	0,084	0,090	7,640	6,140
B	Branco	5,960	0,158	0,070	0,079	15,050	4,288
B	Branco	2,520	0,158	0,098	0,093	17,030	18,143
B	Branco	6,160	0,154	0,098	0,100	17,370	5,986
B	Branco	6,840	0,154	0,112	0,095	14,710	4,282
C	Preto	6,400	0,088	0,168	0,280	14,640	17,506
C	Preto	5,450	0,076	0,154	0,258	16,790	16,992
C	Preto	4,500	0,078	0,112	0,252	20,640	21,663
C	Preto	3,900	0,094	0,112	0,218	16,510	19,326
C	Preto	5,000	0,086	0,084	0,130	19,750	16,626
C	Preto	4,950	0,080	0,098	0,150	19,530	15,344
C	Preto	2,600	0,098	0,084	0,158	20,450	12,816
C	Preto	4,900	0,064	0,056	0,043	19,090	13,714
C	Preto	5,000	0,074	0,070	0,047	26,380	13,902

Apêndice C. Valores brutos das variáveis abióticas: material em suspensão na água (MS), alcalinidade (Alc), nitrogênio total na água (NTa), nitrogênio total no sedimento (NTs), fósforo total na água (PTa), fósforo no sedimento (PTs) e matéria orgânica no sedimento (MOs).

Área	Rio	MS (mg.L ⁻¹)	Alc (meq.L ⁻¹)	NTa(mg.L ⁻¹)	NTs (%MS)	PTa (µg.L ⁻¹)	MOs (%MS)
C	Preto	6,650	0,058	0,084	0,059	20,340	16,218
C	Preto	6,150	0,064	0,084	0,055	19,930	27,645
C	Preto	5,900	0,060	0,074	0,029	23,090	5,218
C	Preto	5,550	0,072	0,252	0,277	13,220	5,038
C	Preto	4,100	0,066	0,168	0,071	16,760	7,775
C	Preto	5,950	0,072	0,322	0,292	15,430	5,550