

**ULLY MATTILDE POZZOBOM COSTA**

**CARACTERÍSTICAS FOTOSSINTÉTICAS DE *Mayaca fluviatilis*  
Aubl. (MAYACACEAE) EM RESPOSTA À VARIAÇÃO DE  
TEMPERATURA E LUMINOSIDADE**

**Dissertação apresentada à Universidade do  
Estado de Mato Grosso, como parte das  
exigências do Programa de Pós-graduação  
em Ecologia e Conservação para a obtenção  
do título de Mestre.**

**NOVA XAVANTINA  
MATO GROSSO – BRASIL  
2010**

**ULLY MATTILDE POZZOBOM COSTA**

**CARACTERÍSTICAS FOTOSSINTÉTICAS DE *Mayaca fluviatilis*  
Aubl. (MAYACACEAE) EM RESPOSTA À VARIAÇÃO DE  
TEMPERATURA E LUMINOSIDADE**

**Dissertação apresentada à Universidade do  
Estado de Mato Grosso, como parte das  
exigências do Programa de Pós-graduação  
em Ecologia e Conservação para a obtenção  
do título de Mestre.**

**Orientador: Dr. Roberto Leung**

**NOVA XAVANTINA  
MATO GROSSO – BRASIL  
2010**

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Dados internacionais de catalogação na publicação (CPI)

C834c Costa, Uly Mattilde Pozzobom.

Características fotossintéticas de *Mayaca fluviatilis* Aubl. (Mayacaceae) em resposta a variação de temperatura e luminosidade / Uly Mattilde Pozzobom Costa – Nova Xavantina: UNEMAT, 2010.

IX - 24 f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, 2010.

Orientador: Roberto Leung.

1. Ecofisiologia. 2. Fotossíntese. 3. Respiração. 4. Macrófita aquática. I. Título.

CDU (043.3)

**ULLY MATTILDE POZZOBOM COSTA**

**Características fotossintéticas de *Mayaca fluviatilis* Aubl. (Mayacaceae) em resposta à  
variação de temperatura e luminosidade**

Essa dissertação foi julgada e aprovada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Nova Xavantina, 27 de Março de 2010.

Banca examinadora

Prof. Dr. Roberto Leung  
Universidade Federal do Mato Grosso  
(Orientador)

Prof. Dra. Beatriz Schwantes Marimon  
Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dra. Cristina Filomena Justo  
Universidade Federal do Mato Grosso

Prof. Dr. Fernando Pedroni  
Universidade Federal do Mato Grosso

Nova Xavantina  
MATO GROSSO, BRASIL  
2010

*...Eu sei que um dia a gente aprende  
Se você quiser alguém em quem confiar  
Confie em si mesmo.....Afinal, **quem acredita sempre alcança!!!!***

*Renato Russo*

***DEDICO** a minha família, em especial minha mãe, Maria Bernadete, mulher batalhadora que conseguiu construir a melhor família perante a todas as dificuldades da vida. Por ser base da minha vida, responsável pelo que sou hoje e agüentar todas as minhas agonias nessa fase final.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço todos os dias a DEUS por ter me dado força e fé para atingir meus objetivos durante o mestrado, cumprir meus deveres e enfrentar todas as dificuldades.

Ao professor Dr. Roberto Leung pela orientação, explicação e elaboração da dissertação.

À CAPES pela concessão da bolsa.

À Universidade do Estado de Mato Grosso, PPG – Ecologia e Conservação, *Campus* de Nova Xavantina.

Ao proprietário da Fazenda Santa Gema, Carlos Maciel por permitir a entrada na propriedade para a coleta das macrófitas aquáticas.

A Vali Joana Pott por estar sempre prestativa para identificar as minhas macrófitas aquáticas.

Aos membros da banca de qualificação pelas correções, em especial a Prof.<sup>a</sup> Beatriz Marimon.

Aos membros da banca de defesa, pelas correções.

Ao Duda do Laboratório de Análises Ambientais - NANA pelo mapa da área de estudo.

Ao André Souza pelo Abstract.

Aos Professores da pós-graduação por repassar e aguçar todo o conhecimento em ecologia.

Aos funcionários e professores da instituição, em especial as tias da limpeza.

À Clarissa Fernandes-Bulhão uma grande profissional e amiga, por permitir sugar um pouquinho do seu enorme conhecimento no estágio em docência em fisiologia vegetal, o qual foi de grande valia.

Ao Prof. Dr. César pelo empréstimo do Laboratório de Ictiologia e Limnologia – Unemat para realização de algumas partes do experimento e as correções na banca de qualificação. À Eliete, Priscila, Carol Mancine e Tatiane Zillmer, obrigado pelo auxílio com a bomba a vácuo!

À Helena uma pessoa maravilhosa na qual tive a sorte de conhecer como profissional, amiga, professora e coordenadora da pós-graduação. Todo mundo deveria ter uma Helena na vida, pois só ela tem essa enorme paciência para aturar todas as aflições, lágrimas, e como também dar uma sacudida quando necessário.

Aos meus pais Maria Bernadete e Ivari (*In memoriam*) por ser meu porto seguro. A minha mãe, em especial, por “às vezes” entender que os sete longos anos de distância eram necessários para o meu crescimento pessoal e profissional. Obrigada por acreditar no meu potencial, pela educação, pelas lições de vida que me passou, pelas que ainda estão por vir, pelos momentos estressantes e os de grande alegria. Por mais que você não entenda, muitas vezes precisamos sacrificar nossas noites de sono a fim de cumprir nosso objetivo, e eu cumpri o meu. Desculpe-me

por te deixar tantas noites acordadas, mas infelizmente não perdi o meu costume de bebê! Mãe, eu te amo!

Aos meus irmãos Iniss e o Murilo, ao meu cunhado Rafael e aos meus “bebês” Foca e Feik. A minha irmã Iniss pelo empréstimo dos seus meios de locomoção para que eu pudesse ir até a universidade e por todas as vezes que me socorreu nos momentos de aflição.

A todos da minha família Pozzobom & Costa (tios, tias, primos, primas, agregados e afins) que direto ou indiretamente me viram crescer e participam das minhas conquistas.

Às “primonas” Ava Mayara e Ediálida que apesar de toda a distância não deixamos de ser companheiras uma das outras. Obrigada pelas caretices, pelas longas conversas e pelo apoio durante muitas fases da minha vida e do mestrado. Vocês são essenciais á minha vida.

À minha amiga-irmã Karina Dias, um eterno caso de amor e ódio. Pelos sete anos de convivência em Nova Xavantina. Você é obrigada a me aceitar como mais uma dos seus sete irmãos. Agradeço desde a época de graduação na qual trocávamos o dia pela noite, com intermináveis horas de estudos a fim de um único propósito, na qual colhemos os frutos todos os dias. Pelas etapas de campo do Pindaíba, pela força nas minhas etapas de campo e olha que foram muitas. Por ser a motorista particular da Pampa (vulgo pamposa), pelos almoços e jantares, pelos dias em que duas horas da tarde eram bobagens, pelos estresses (que foram muitos), mas também pelos momentos de alegrias. Obrigada por enxugar as minhas lágrimas, por me aliviar através das palavras, por controlar as minhas raivas, alimentar meus vícios e mimos e ainda por cima me deixar muito estressada com os seus exageros. Obrigada por me apresentar o frio! Têm coisas que ficam guardadas além das fotografias. Por muitos dias, noites e fins de semana enfurnadas no laboratório a fim de entender e descomplicar o meu trabalho, e acima de tudo, por acreditar em mim, no meu trabalho e não permitir que eu desistisse no meio do caminho. Obrigada por fazer com que eu acreditasse que eu poderia chegar até o fim e ir muito, além disso...quem sabe NUPÉLIA (risos)!!! Saiba que você tem uma participação imensa na construção desse trabalho. Apesar de tudo que já se passou nessa trajetória de vida, não estaremos juntas o tempo todo, mas com certeza, você sempre fará parte da família que pude escolher na vida..... Afinal, você é um saco! Meu muito obrigado por você fazer parte da minha vida.

À Nara (Pucca) e Márcia pela amizade que temos e por acompanhar desde a época de graduação, nas alegrias e tristezas desse mundo. Obrigado por se preocupar comigo, aturar as minhas aflições, pelo companheirismo e por todas as vezes que vocês me diziam...Tá tudo bem?Vai dá tudo certo! Já tá acabando!! Valeu amigas. Narinha, obrigado por tudo. E aos amigos Samuel (vulgo cãozinho) e Daniel com quem aprendi que quem acredita sempre alcança.

Ao José Antunes Fernandes (Zé da Trevo) por me acolher em sua casa como mais um membro da sua grande família, pelas idas a campo, a faculdade e estar sempre disposto a

ajudar quando necessário. Afinal, valeu a pena a troca dos cinco reais do costelão (segredinho nosso né Zé)! A Iris, Adriana, Luciana, José Vitor, Larissa, Marcos, Mariano, Tia Rose, Tio Luis e Maristela meu muito obrigado pelos vários momentos que pude dividir com vocês durante esses sete anos de Nova Xavantina. Imensa é minha consideração a essa grande família. Maria.....Valeu, vou sentir saudades!

Ao Aluísio (Preto) e Cledina como exemplos de vida! Aos adoráveis Thainá e Mazinho. E ai Preto, quanto vale para carregar uma geladeira?

À Karina, ao Zé da Trevo, ao Beto, ao Thiago, ao Leandro Brasil, ao Denis e ao Fernando Botelho pelo auxílio nas coletas de campo.

Valeu Karina, Thiago e Leandro Brasil pela construção da estufa, não sei o que eu faria sem vocês, meus engenheiros particulares. Lê, obrigada por desmanchar a estufa também!

Aos companheiros da 1º turma de mestrado em Ecologia e Conservação Carla, Michele, Josenilton, Henrique, Moisés, Elias e Divino por dividir vários momentos durante todo esse tempo. A Carla e Michele por dividirmos pelo MSN as aflições do mestrado, e que aflições em Michele. Valeu pela amizade construída com vocês meninas!

Aos amigos de perto e aos de longe pelo apoio: Larissa Rabaioli, João Paulo, Vagner, Clariana, Awára Meri, Pedro Edialda, Ava Mayara, Graziano, Gregório, Adam, Jeferson Lopes, Larissa Martens, Rodrigo Ramos, Paulo, Marcos André (você é MSc., eu sou mero especialista) Cristiane Pimentel e Lauro Morbeck, valeu gente!!!!

Ao Thiago, Bellinha e Karina....pessoas lindas que faziam as noites no Zezé sempre mais felizes. Viva o chinelinho!!!!

À eterna família Entomologia na qual sinto uma imensa saudade: Helena Cabette, Karina, Danielle, Laura Fernanda, Donizete, Jeyson, Isabella (Bellinha), Thiago, Leandro Brasil, Leandro Juen, Mariana Pavan, Yulie (Xapinha), Anselmo Segate, Vanessa Deprá, Tita, Bruna (Bolita), Jaqueline (Buchão), Denis (Maiooooo), Joana, Lourivaldo, Angélica, Núbia (obrigado pela força como secretária da pós e como amiga), Ninê Nayara, Maylla, Hilton Marcelo, Lílian e Ananda. Ao Leandro Juen além de ser amigo, é um anjo que ao invés de ter asas, tinha sempre uma solução estatística para a vida de muitos desesperados.

Aos companheiros do GEPEMA-UFMT: Paulo Venêre, Klebson, Jorge Neves, Gilvâni, Elivânia e Carla pelos momentos de trabalho, descontração, desespero e fofocas..... a parte da fofoca fica para Gil.

À Nova Xavantina, afinal quem bebe água do Rio das Mortes nunca mais vai embora!

Se me esqueci de alguém, peço desculpas, mas meu muito obrigado a todos.

***Como diria meu amigo Donizete depois de queimar metade de uma fiação elétrica pós-formatura (2006): “nós não temos dinheiro, mas temos os melhores amigos”***

*E não é que ele tinha razão!*  
*Hurull.....Vamos chorar todo mundo junto!!!!*

## SUMÁRIO

Resumo.....	1
Abstract.....	1
Introdução.....	2
Material e Métodos.....	6
Área de Estudo .....	6
Experimento.....	8
Resultados.....	12
Discussão.....	17
Referências Bibliográficas.....	22

# Características fotossintéticas de *Mayaca fluviatilis* Aubl. (Mayacaceae) em resposta à variação de temperatura e luminosidade<sup>1</sup>

Ully Mattilde **Pozzobom** Costa<sup>1,2,4</sup> & Roberto **Leung**<sup>2,3</sup>

**RESUMO** – (Características fotossintéticas de *Mayaca fluviatilis* Aubl. (Mayacaceae) em resposta à variação de temperatura e luminosidade). Este trabalho teve como objetivo determinar os parâmetros fotossintéticos de *Mayaca fluviatilis* Aubl. em resposta a diferentes temperaturas e luminosidades. O método utilizado para a determinação da taxa de fotossíntese e respiração foi o de frascos claros e escuros, onde as concentrações de oxigênio foram medidas através do método de Winkler. Foram testadas temperaturas de 15, 20, 25 e 30 °C à luminosidade 177  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . A curva fotossíntese – irradiação (F-I) e os parâmetros fotossintéticos foram estimados através de regressão não-linear. A fotossíntese bruta e líquida foi máxima em 15 °C, 4,923±0,540 e 4,766±0,540 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup>MS h<sup>-1</sup>, respectivamente, e diminuíram progressivamente com aumento da temperatura. As taxas de respiração apresentaram aumentos sucessivos com o incremento de temperatura até uma taxa máxima de 2,419±0,421 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup> em 30 °C. Os parâmetros derivados da curva F-I apresentaram baixos valores de  $I_c$ ,  $I_k$ ,  $I_s$ ,  $\alpha$  e  $\beta$ , sugerindo que *M. fluviatilis* possui adaptações a baixas intensidades de luz, sendo considerada, então, uma espécie fisiologicamente de sombra. Porém, ela pode aclimatar-se também a altas luminosidades, devido ao baixo valor de  $\beta$  e ter sido observada em campo, tanto em margens sombreadas, como em margens com alta incidência de luz. Com a perspectiva de aumento na temperatura com o aquecimento global de 1,1 a 6,4 °C em média, pode ser que não venha a afetar fortemente as taxas fotossintéticas de *M. fluviatilis*. É necessário mais estudos com essa espécie, para que possa gerar dados de comparação e definir um padrão mais amplo para *M. fluviatilis*.

**Palavras-chave:** Ecofisiologia, fotossíntese, respiração, macrófita aquática.

**ABSTRACT** – (Photosynthetic characteristics of *Mayaca fluviatilis* Aubl. (Mayacaceae) in response to variation of temperature and luminosity). This study aimed to determine the photosynthetic parameters of *Mayaca fluviatilis* Aubl. in response to different temperatures and luminosity. The method used to determine the rate of photosynthesis and respiration utilized clear and dark bottles, where oxygen concentrations were measured by the method of Winkler. The temperature was tested at 15, 20, 25 and 30 °C for 2 hours and luminosity 177  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . The photosynthesis – irradiance (P-I) curve and photosynthetic parameters were estimated using non-linear regression. The gross photosynthesis responded to 15 °C with maximum yield of 4.923 ± 0.540 mg O<sub>2</sub> g MS h<sup>-1</sup> and the net photosynthesis presented maximum yield of 4.766 ± 0.540 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup>MS h<sup>-1</sup> at 15 °C progressively decreased with increase of temperature. Respiration rates increased with the successive increase in temperature, with maximum rate of 2.419 ± 0.421 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup> at 30 °C. The parameters derived from the P-I curve showed low values of  $I_c$ ,  $I_k$ ,  $I_s$ ,  $\alpha$  and  $\beta$ , suggesting that *M. fluviatilis* has adapted to low light intensities, considering to be physiologically a shade species. Nevertheless, it may also acclimate at high luminosities, due to low values of  $\beta$  and have been observed in the field, both in shaded banks, like banks with high incidence of light. With the prospect of an increase in temperature with the global warming of 1.1 to 6.4 °C on average, probably it will not affect the photosynthetic rates of *M. fluviatilis* deeply. It is necessary more studies with this species, so you can generate comparison data and develop a broader pattern for *M. fluviatilis*.

**Keywords:** ecophysiology, photosynthesis, respiration, aquatic macrophyte.

Será submetido à Revista Acta Botanica Brasilica

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado do primeiro autor

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação-UNEMAT, Campus de Nova Xavantina, Br 158 km148 Caixa Postal 08. CEP 78690-000, Nova Xavantina-MT.

<sup>3</sup>Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT, Campus Universitário do Araguaia, Rod. MT-100, km 3,5. CEP 78698-000, Pontal do Araguaia-MT

<sup>4</sup>Autor para correspondência: [umpozzobom@yahoo.com.br](mailto:umpozzobom@yahoo.com.br)

## Introdução

Em termos evolutivos, as macrófitas aquáticas são em geral plantas vasculares que retornaram do ambiente terrestre para o ambiente aquático (Esteves 1998). Porém, existem diferentes definições em relação ao conceito de macrófita aquática, podendo ou não incluir macroalgas, variando entre diversos autores de livros e pesquisadores da área. Segundo Martins & Carauta (1984), planta aquática é aquela que vive na água ou sobre a água e é o termo ecológico referente à hidrófita. Tundisi & Tundisi (2008) referem-se à macrófitas aquáticas como um grande grupo de organismos, tendo como referências algas talóides, musgos e hepáticas até vegetais com flores que crescem em águas interiores, salobras, estuários e águas costeiras. De acordo com Esteves (1998) é um termo adotado pelo International Program of Biology, e é o mais adequado para plantas que vivem desde brejos a ambientes verdadeiramente aquáticos. Esteves (1998) e Pott & Pott (2000) ainda incluem entre o grupo de macrófitas aquáticas os vegetais que variam desde macroalgas como, por exemplo, o gênero *Chara* ou *Nitella*, até angiospermas, como o gênero *Thypha*. Neste trabalho, utilizaremos o conceito de macrófita aquático mais amplo, incluindo as macroalgas.

A capacidade de adaptação e a amplitude ecológica permitem que esses vegetais colonizem uma série de ambientes que englobam desde cachoeiras, fontes termais, lagos, brejos, rios, riachos, até ambientes salobros e salgados (Esteves 1998; Gantes & Caro 2001). Por serem geograficamente bem distribuídas, são consideradas cosmopolitas. Devido às diferenças dos grupos ecológicos, as macrófitas apresentam formas diferentes de crescimento, que permitem a elas colonizar lugares que variam em características ambientais (Gantes & Caro 2001; Camargo & Florentino 2000). Em relação aos grupos ecológicos, as macrófitas são classificadas como: macrófitas aquáticas emersas, com representantes dos gêneros *Typha*, *Pontederia*, *Echinodorus*, e *Eleocharis*; macrófitas aquáticas com folhas flutuantes, com representantes nos gêneros *Nymphaea*, *Vitoria* e *Nymphoides*; macrófitas aquáticas submersas enraizadas, com *Myriophyllum*, *Elodea*, *Egeria*, *Hydrilla*, *Mayaca* e *Chara*; macrófitas aquáticas submersas livres, com *Utricularia* e *Ceratophyllum* e macrófitas aquáticas flutuantes com representantes nos gêneros *Eichhornia*, *Salvinia*, *Pistia*, *Lemna* e *Azolla* (Camargo *et al.* 2003a; Esteves 1998; Tundisi & Tundisi 2008).

A localização das macrófitas no ambiente aquático abrange a região litorânea, onde, em alguns casos, há uma sucessão de espécies ao longo de um gradiente de profundidade, com espécies mais adaptadas à luz próximo à superfície e com espécies mais adaptadas à sombra em maiores profundidades (Esteves 1998; Menendez & Sanchez 1998). Devido esse contato com o meio aquático, as macrófitas desenvolveram uma série de adaptações anatômicas, como por exemplo, reduzida quantidade de estômatos, cutícula fina e distribuição dos cloroplastos pela epiderme

superior aumentando a área de absorção de radiação subaquática; e as adaptações fisiológicas têm como exemplo, a presença de aerênquima para o armazenamento de gases produzidos durante a fotossíntese e a respiração (Esteves 1998; Tundisi & Tundisi 2008). As macrófitas ainda propiciam muitos habitats para reprodução, alimentação e refúgio para diversos grupos de organismos, como pequenos invertebrados, moluscos, tricópteros, larvas de quironomídeos e peixes (Moss 1998; Menendez & Sanchez 1998; Tundisi & Tundisi 2008; Pedralli & Teixeira 2003).

Em muitos casos, as ações humanas induzem ao aparecimento de condições apropriadas para o desenvolvimento das macrófitas aquáticas, sendo vistas como daninhas, tendo como principais ações a construção de reservatórios artificiais, que levam à redução da velocidade da água, ao aumento no nível da água e a um maior aporte de nutrientes via alóctone (Thomaz & Bini 1998; 1999; Pezzato & Camargo 2004). Entre as principais espécies que são favorecidas por essas ações, podem ser citadas *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia auriculata* que com alterações ambientais, ausência de espécies competidoras e predadoras e condições climáticas favoráveis apresentam uma elevada taxa de crescimento, podendo ser consideradas como praga (Esteves 1998). Nesse caso, surge a necessidade de controle e manejo desses vegetais.

O conhecimento sobre a distribuição e a abundância das macrófitas aquáticas é adquirido através de estudos sobre o comportamento das espécies (Pott & Pott 2003), da sucessão tanto no tempo quanto no espaço e dos fatores bióticos e abióticos que favorecem a colonização desses vegetais no ambiente aquático (Thomaz & Bini 1998; 1999; Bianchini Jr. 2003). Dessa forma, para compreender como ocorre o processo de distribuição e abundância de uma espécie no ambiente, é necessário conhecer a história natural da mesma, os recursos necessários para a sobrevivência, as taxas de natalidade e mortalidade, as interações intra e inter-específicas e todos os efeitos exercidos pelas condições ambientais (Begon *et al.* 2007).

Os organismos conseguem viver entre os limites inferiores e superiores de uma série de fatores ambientais (Henry-Silva & Camargo 2005). Os principais fatores que limitam o crescimento e a produtividade das macrófitas aquáticas são: o tipo ecológico e espécie, a competição intra e inter-específica e as características abióticas do ambiente, como temperatura, velocidade de corrente, radiação, transparência da água, tipo de substrato e concentração de nutrientes (Camargo *et al.* 2003b; Cancian 2007). Esses fatores regulam taxas de crescimento, reprodução e produtividade primária das macrófitas aquáticas (Tundisi & Tundisi 2008).

A fotossíntese é um processo central no funcionamento de todos os organismos clorofilados, fornecendo o esqueleto carbônico e a energia necessária para construir a biomassa e sintetizar uma variedade de produtos para o metabolismo das plantas (Larcher 2000; Kirk 1994), sendo que esse processo está relacionado diretamente com a habilidade do vegetal em utilizar água, luz e nutrientes (Moss 1998; Uehlinger *et al.* 2000).

A produtividade primária é a taxa com que a biomassa é produzida por unidade de área pelos vegetais. Essa medida é expressa por unidades de energia ou matéria orgânica seca, sendo maior de acordo com a capacidade de assimilação e balanço positivo das trocas gasosas das espécies num determinado ambiente (Begon *et al.* 2007). A diferença entre a fotossíntese e a respiração é definida como produtividade primária líquida (Cao & Woodward 1998), e é a taxa real de produção de nova biomassa que fica disponível para o consumo de outros organismos na cadeia trófica (Larcher 2000). Quando ocorre a fixação total da energia através dos processos fotossintéticos refere-se à produtividade primária bruta (Larcher 2000). Parte dessa energia total é respirada pelos vegetais e perdida pela comunidade (Begon *et al.* 2007).

Os fatores abióticos e bióticos no ambiente natural atuam em conjunto sobre a população ou indivíduo e é essa interação entre as variáveis que determina a distribuição das espécies no ambiente (Camargo *et al.* 2003b).

A temperatura é um fator ambiental que controla a distribuição das plantas (Davison 1991; Santamaría & Vierssen 1997) e regula a taxa de fotossíntese das macrófitas aquáticas, modificando pigmentos e concentrações de enzimas que atuam nos processos de reações cinéticas (Sand-Jensen 1989; Kirk 1994). A temperatura controla as reações da fotossíntese, em escalas diárias ou sazonais; os processos metabólicos; os eventos reprodutivos, a indução do florescer e germinação de sementes; como também determina a distribuição e abundância de plantas aquáticas (Santamaría & Vierssen 1997; Short & Neckles 1999).

Variações locais ou sazonais de temperatura levam os indivíduos a apresentarem modificações fenotípicas para sobreviverem sob diversas condições termais (Madsen & Brix 1997; Menendez & Sanchez 1998). Quando as condições ambientais estão próximas ao limite de tolerância da espécie, esta realiza fotossíntese apenas para a sua sobrevivência, e quando as condições estão próximas do ótimo, verifica-se alta eficiência de produção (Biudes & Camargo 2008).

O efeito da temperatura sobre as taxas de produtividade primária líquida, através do método de evolução do oxigênio, foram relatados na literatura, por diversos autores, entre eles, Menendez & Sanchez (1998) para a espécie *Potamogeton pectinatus* que apresentou o mínimo de produtividade primária líquida de 2,19 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup> a 10 °C e máxima de 19,67 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup> a 20 °C, Madsen & Brix (1997) com as espécies *Ranunculus aquatilis* (mínima de 1,90 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup> (5 °C) e máxima de 5,92 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup> (15 °C)) e *Elodea canadensis* (mínima de 1,12 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup> (5 °C) e máxima de 7,37 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup> (15 °C)) (Camargo *et al.* 2003a). Os estudos supracitados confirmam a idéia que os fatores ambientais, neste caso a temperatura, influenciam diretamente a taxa de produção das espécies.

A disponibilidade de luz é outro fator no ambiente aquático que define o limite de

profundidade de distribuição das macrófitas aquáticas e também controla os processos fotossintéticos (Camargo *et al.* 2003a; Kirk 1994; Necchi 2005). A resposta fotossintética a luz pode variar consideravelmente entre as espécies de vegetais, como também entre as folhas de um mesmo indivíduo (Santos 2004).

Em águas rasas, a disponibilidade de luz desempenha um papel importante na distribuição e abundância da vegetação aquática submersa (Obrador & Pretus 2008). A radiação luminosa que fica disponível para os processos fotossintéticos, está relacionada com o balanço da radiação incidente, refletância pela superfície aquática e a atenuação da luz (Esteves 1998; Kirk 1994).

O uso da curva fotossíntese F-I de Platt *et al.* (1980) é útil para verificar a influência da luminosidade nas taxas fotossintéticas de plantas aquáticas, desde que os experimentos sejam projetados de modo que outros fatores como nutrientes e temperatura não limitem as taxas fotossintéticas (Carr *et al.* 1997). A curva F-I descreve em curto prazo respostas da fotossíntese a mudanças da intensidade de luz, e pode mudar fortemente em diferentes escalas temporais, de minutos a estações (Uehlinger *et al.* 2000).

Os trabalhos relacionados à atividade fotossintética são muitos escassos, e se concentram em espécies mais abundantes nos ecossistemas, ou que possuem algum interesse mais específico (Biudes & Camargo 2008). No Brasil, estudos sobre macrófitas aquáticas possuem um desequilíbrio em relação aos tipos biológicos estudados, sendo que a maioria dos trabalhos relacionados enfoca um número limitado de espécies (Thomaz & Bini 2003).

Os estudos de macrófitas aquáticas seguem uma abordagem observacional ou descritiva, com carência de trabalhos que utilizaram métodos experimentais envolvendo o controle dos fatores ambientais (Thomaz & Bini 2003). Experimentos de laboratório relacionados à ecofisiologia de macrófitas aquáticas permitem conhecer a tolerância da espécie em relação à variação de cada fator limitante, considerando diferenças entre o ambiente natural e controlado, conhecendo os limites inferiores e superiores que afetam o crescimento e adaptação desses vegetais no ambiente (Pezzato 2007).

*Mayaca fluviatilis* Aubl. é uma macrófita submersa, pertencente a família Mayacaceae, monocotiledônea aquática com aspecto de musgo (Cruz 2001) e até o presente momento, poucos trabalhos relacionados a espécie foram encontrados na literatura. Geralmente, a espécie aparece em listas de levantamentos florísticos, estudos relacionados à anatomia floral da família Mayacaceae realizados por Carvalho *et al.* (2009), estudos taxonômicos como o de Cruz (2001) e até o presente momento nenhum relato sobre características ecofisiológicas, o que torna imprescindível ampliar o conhecimento da espécie em relação a suas tolerâncias ecofisiológicas aos fatores ambientais.

O estudo com *Mayaca fluviatilis* é o passo inicial para ampliação do conhecimento dos processos que ocorrem na comunidade de macrófitas aquáticas, podendo relacionar os

padrões de distribuição e abundância observados no campo com resultados obtidos em laboratório. Essas informações podem ser úteis para a elaboração de futuros planos de manejo de ambientes aquáticos.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar como as taxas fotossintéticas de *Mayaca fluviatilis* respondem à variação de temperatura e luminosidade.

Para verificar a resposta à mudança de temperatura, testou-se a hipótese de que *Mayaca fluviatilis* apresenta a produção fotossintética líquida e bruta máxima ótima em temperaturas mais baixas e maiores taxas de respiração em temperaturas mais altas. A hipótese de que *Mayaca fluviatilis* é uma macrófita de sombra e não apresenta fotoinibição será testada.

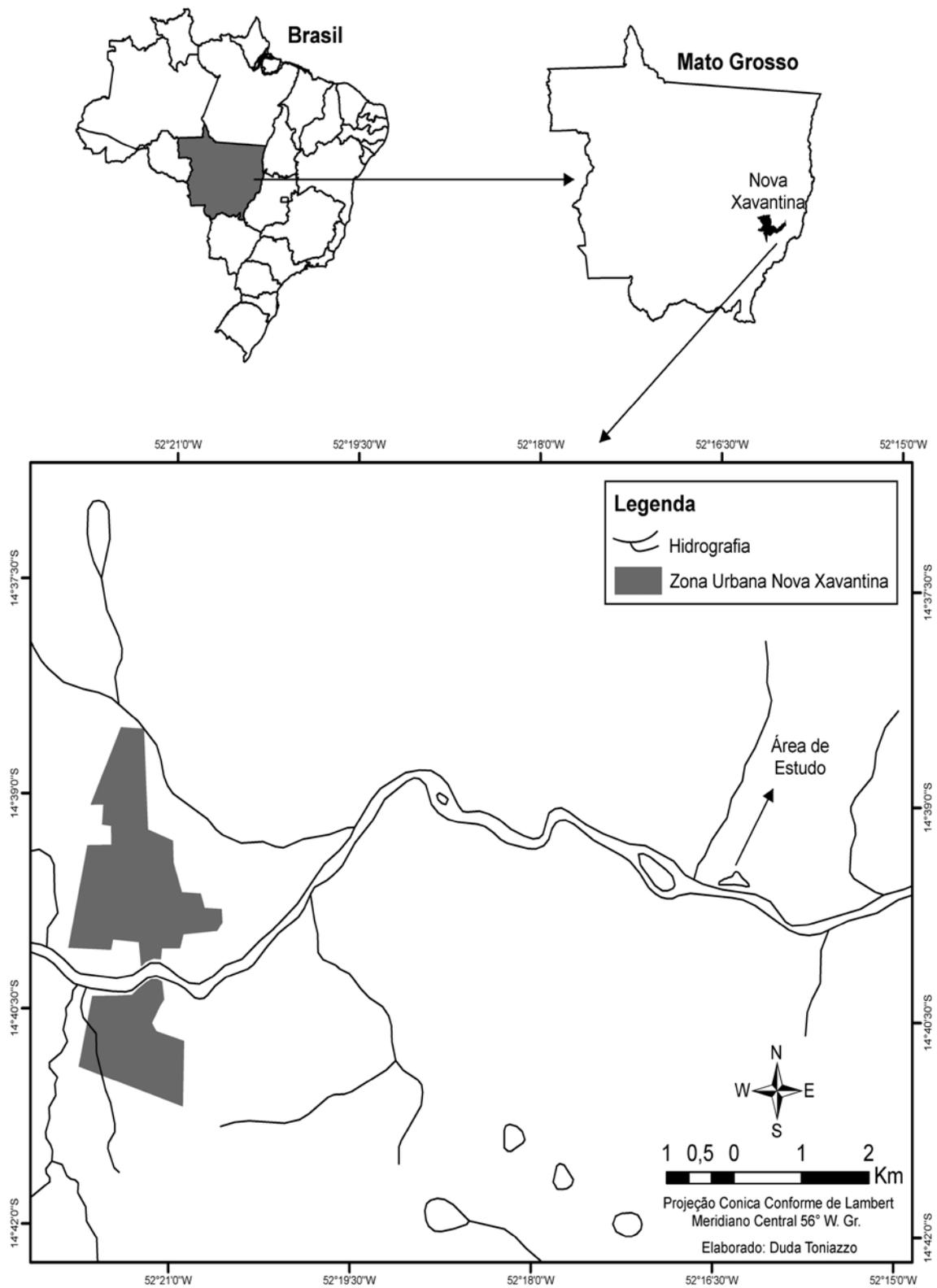
## Material e Métodos

### Área de estudo

A coleta de *Mayaca fluviatilis* Aubl. (Mayacaceae) foi realizada em uma represa artificial, adjacente ao Rio das Mortes situada nas coordenadas 14°39'32,6" S e 52°16'15,0" W, na Fazenda Santa Gema, município de Nova Xavantina–MT (Fig. 1). A represa artificial foi construída há aproximadamente 25 anos, com alguns eventos de rompimento e reconstrução da barragem na época de cheia do Rio das Mortes. Possui uma área total de 4,291ha. A represa é utilizada para pesca, lazer e bebedouro para gado. Suas margens encontram-se desmatadas, com apenas um pequeno remanescente de vegetação onde está localizada a nascente do córrego que foi represado.

O clima da região é do tipo Aw, com duas estações climáticas bem definidas; um período seco (de maio a setembro) e outro período chuvoso (dezembro a março). A altitude da região varia de 450 a 500 m. Temperatura média anual de 24 °C com máximas mensais de 27,9 °C e mínimas de 14,7 °C. A precipitação pluviométrica anual está em torno de 1600 mm (RadamBrasil 1981).

De acordo com a descrição realizada por Pott & Pott (2000), *Mayaca fluviatilis* Aubl. é uma macrófita aquática submersa pertencente à família Mayacaceae. Tem aproximadamente 20 a 30 cm de altura, com flores de 2 a 5 mm que variam de rosa claro a roxo, podendo apresentar populações de flores brancas, de acordo com a disponibilidade de luz e nutrientes na água. Sua reprodução é realizada via sementes ou fragmentação. Normalmente, seu local de ocorrência é nas bordas rasas dos ambientes aquáticos, floresce quando as águas baixam, podendo florir também embaixo d'água. Essa macrófita pode desaparecer no período de seca, reaparecendo novamente quando o ambiente está favorável para o seu crescimento. Ela possui origem no Brasil, com distribuição ampla em diversos locais entre o Pará ao Rio Grande do Sul, ocorrendo na América tropical dos Estados Unidos ao Uruguai.



**Figura 1.** Local de coleta, Fazenda Santa Gema, município de Nova Xavantina – MT.

## Experimento

O experimento teve início com a coleta de material vegetal em janeiro de 2009. Nos experimentos pilotos foram usados indivíduos de *Bacopa reflexa* (Benth.) Edwall (Scrophulariaceae) devido a sua maior abundância no local de coleta. Foram avaliados o tempo de incubação de teste entre 1 e 5 horas com luminosidade conhecida de  $177 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e temperatura de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  com o propósito de verificar o melhor tempo de incubação e apurar a metodologia a ser empregada. Após os testes preliminares verificou-se que o melhor tempo de incubação foi de duas horas.

O experimento desenvolvido com *Mayaca fluviatilis* foi realizado no período de junho a agosto de 2009. A coleta do material vegetal em campo foi realizada na margem, numa profundidade média de até 35 cm, onde foram selecionados ramos com as mesmas características vegetativas. Os ramos foram previamente lavados no local de coleta e transportados em tanques com a própria água da represa para o Laboratório de Análises de Águas da Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus de Nova Xavantina, onde foram realizados os experimentos. No momento da coleta foi registrada a temperatura da água com auxílio de termômetro digital.

Em laboratório, a água que foi utilizada para o armazenamento dos ramos e para incubação, foi filtrada com o auxílio de uma bomba a vácuo com filtros GFC Millipore AP25 de 47 mm de diâmetro para retirar material em suspensão e possíveis organismos presentes. A água utilizada nas incubações, após filtragem, foi aquecida para diminuir a concentração de oxigênio dos frascos claros e aeradas para aumentar a concentração de oxigênio dos frascos escuros (Henley 1993). A incubadora utilizada no experimento foi do tipo DBO da marca Eletrolab e modelo 101M, adaptada com lâmpadas frias da marca Philips - 15W, extra luz do dia, fornecidos através do uso de uma, duas e três lâmpadas frias, combinados com o uso de filtros neutros (50%). As medidas de irradiância foram feitas com o auxílio do radiômetro da marca Li-Cor 250A com o sensor esférico.

Os ramos foram lavados cuidadosamente para remover organismos perifíticos e outros materiais aderidos, com o auxílio de escova de cerdas macias e pinça. Em seguida, foram acondicionados em recipientes com água filtrada da represa e iluminadas por lâmpadas frias até o momento do início do experimento. Utilizaram-se apenas os ápices dos ramos (5 cm de comprimento) para as incubações como uma forma de padronizar a idade das folhas.

Os ramos foram transferidos para a incubadora um dia antes do experimento para serem aclimatados à temperatura e luminosidade do teste. Uma hora antes do início do teste, os ramos usados para a fotossíntese foram deixados expostos a luz, enquanto que os ramos utilizados para respiração foram mantidas no escuro para evitar a ativação do aparelho fotossintético e liberação de oxigênio no momento do experimento.

Para determinar as taxas fotossintéticas e de respiração, foi utilizado o método de frascos

claros (n=5) e escuros (n=3) (Volleweider 1974); as concentrações iniciais e finais de oxigênio foram medidas através do método de Winkler (Golterman *et al.* 1978).

Os frascos de borossilicato (97% de transparência e volume aproximado 300 mL) foram completados com água. Dois ramos apicais da macrófita aquática foram adicionados a cada frasco claro para o teste de fotossíntese; e três ramos foram adicionados a cada frasco escuro, recoberto com papel alumínio, para o teste de respiração.

Para evitar a depleção do carbono inorgânico nos frascos claros no momento da incubação, foram adicionados 2 mmol L<sup>-1</sup> de NaHCO<sub>3</sub> (1 mL/100 mL) nas amostras de água (Necchi & Zucchi 2001). O mesmo foi feito para os frascos escuros como uma forma de uniformização.

Frascos claros e escuros sem plantas foram utilizados como controle para determinar a respiração e talvez a fotossíntese de possíveis organismos presentes nas amostras de água que não foram retidos pela filtração. Os valores obtidos de fotossíntese e de respiração da macrófita aquática foram corrigidos com os valores dos frascos controle.

Após as incubações, os ramos utilizados foram secos em estufa a 80 °C até peso constante para posterior cálculo das taxas de fotossíntese ou respiração por grama de matéria seca.

Temperaturas de 15, 20, 25 e 30 °C, com luminosidade de 177 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, foram testadas para verificar a influência da temperatura na fotossíntese e respiração de *Mayaca fluviatilis*.

A fotossíntese e a respiração foram calculadas conforme as seguintes equações:

$$FL = \frac{(c - i) \times v}{t \times MS} \quad \text{Equação 1}$$

$$RE = \frac{(i - e) \times v}{t \times MS} \quad \text{Equação 2}$$

$$P^B = FL + RE \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$FL$  = taxa fotossintética líquida

$RE$  = taxa respiratória

$P^B$  = taxa fotossintética bruta

$c$  = concentração de O<sub>2</sub> no frasco claro final

$e$  = concentração de O<sub>2</sub> no frasco escuro final

$i$  = concentração de O<sub>2</sub> no frasco inicial claro/escuro

$v$  = volume do frasco de incubação

$t$  = tempo de incubação

$MS$  = massa seca da macrófita incubada

Para verificar se a variação da temperatura afeta as taxas de fotossíntese e respiração, utilizou-se a análise de variância de uma classificação. A homogeneidade das variâncias foi testada pelo teste de Bartlett e a normalidade dos resíduos foi determinada por uma análise de resíduo (Sokal & Rholf 1995; Zar 1999; Vieira 2006). Para detecção das diferenças entre os grupos usou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade (Sokal & Rholf 1995; Zar 1999).

Para determinar as taxas fotossintéticas em resposta à variação da irradiância foi realizado experimento com diferentes intensidades luminosas, temperatura constante de  $20 \pm 0,5$  °C e tempo de incubação de duas horas. Foram utilizados 11 diferentes regimes de luz: 0, 11, 31, 59, 91, 122, 177, 222, 268, 317 e 403  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de acordo com Menendez & Sanchez (1998).

Para os valores obtidos de fotossíntese bruta em função irradiância foi ajustado a equação de Platt *et al.* (1980) através de uma regressão não-linear gerando a curva F-I. Onde:

Equação Geral (4)

$$P^B = P_s^B \times (1 - e^{-a}) \times e^{-b}$$

$$a = \frac{\alpha \times I}{P_s^B}$$

$$b = \frac{\beta \times I}{P_s^B}$$

$P^B$  = taxa fotossintética bruta

$P_s^B$  = taxa fotossintética bruta máxima teórica

$\alpha$  = coeficiente associado à fotossintética

$\beta$  = coeficiente associado à fotoinibição

$I$  = Irradiância

Através da equação geral calcula-se ainda os valores do ponto de compensação de luz ( $I_c$ ), intensidade ótima de luz para a fotossíntese ( $I_m$ ) e fotossíntese bruta máxima observada ( $P_m^B$ ).

Índice saturação de luz (Equação 5)

$$I_k = \frac{P_m^B}{\alpha}$$

$\alpha$  = coeficiente associado à fotossintética

$I_k$  = índice de saturação luz

$P_m^B$  = fotossíntese bruta máxima observada

Saturação de luz (Equação 6)

$$I_s = \frac{P_s^B}{\alpha}$$

$I_s$  = saturação de luz

$P_s^B$  = taxa fotossintética bruta máxima teórica

$\alpha$  = coeficiente associado à fotossintética

Parâmetro indicativo de fotoinibição (Equação 7)

$$I_b = \frac{P_s^B}{\beta}$$

$I_b$  = parâmetro indicativo de fotoinibição

$P_s^B$  = taxa fotossintética bruta máxima teórica

$\beta$  = coeficiente associado à fotoinibição

Em ambos os experimentos, os frascos foram trocados cinco vezes de lugar em intervalos de 24 em 24 minutos, de forma que todos os frascos pudessem ocupar todas as posições dentro da incubadora, recebendo, assim, a mesma quantidade de luz em média.

## Resultados

A temperatura média da água da lagoa durante o período de coleta foi  $25,03 \pm 1,876$  °C. Nos experimentos em laboratório, verificou-se que a temperatura exerceu um efeito significativo na taxa fotossintética líquida ( $F_{(3,15)}: 90,684; p < 0,001$ ), corroborando a hipótese inicial de que *M. fluviatilis* apresentaria melhores taxas fotossintéticas em menores temperaturas, pois em baixas temperaturas a taxa respiratória foi menor, como veremos mais adiante. A taxa fotossintética líquida foi de  $4,76 \pm 0,540$  mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup> em 15 °C e diminuiu progressivamente com o aumento da temperatura (20, 25 e 30 °C) (Fig. 2).

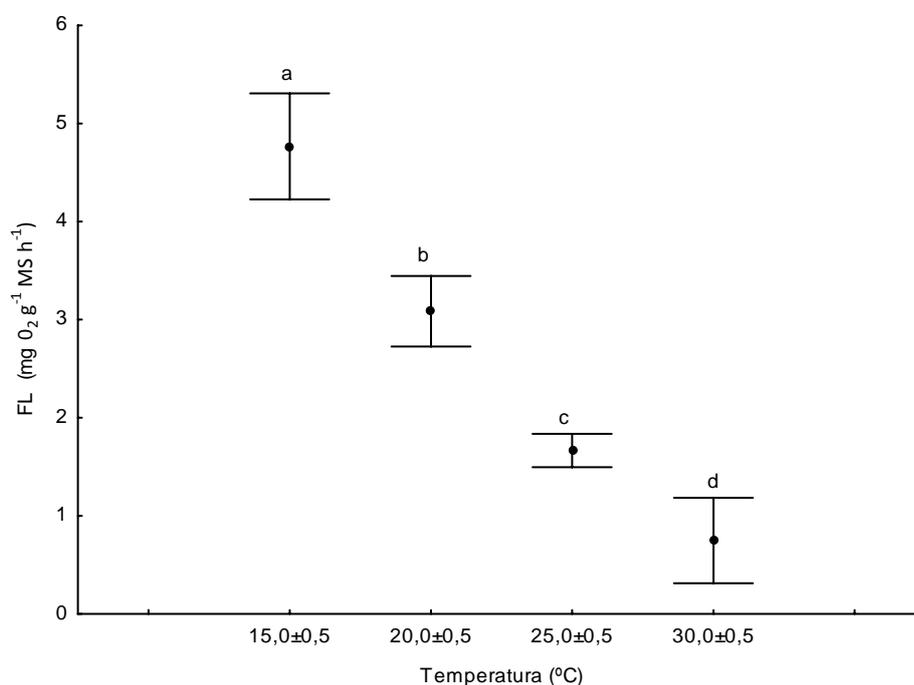


Figura 2. Taxa fotossintética líquida (*FL*) de *Mayaca fluviatilis* Aubl. em função de diferentes temperaturas, sob intensidade luminosa de  $177 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . As barras indicam médias  $\pm$  desvios padrão. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

A temperatura exerceu efeito significativo na taxa fotossintética bruta ( $F_{(3,15)}: 20,708; p < 0,001$ ). A taxa de fotossíntese bruta foi significativamente maior para a temperatura de 15 °C, com valor de  $4,92 \pm 0,540$  mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> MS h<sup>-1</sup> (Fig. 3). Se aceita, portanto, a hipótese que a taxa fotossintética bruta apresentaria melhor produção em temperatura mais baixa (15 °C), de acordo com a faixa testada no estudo.

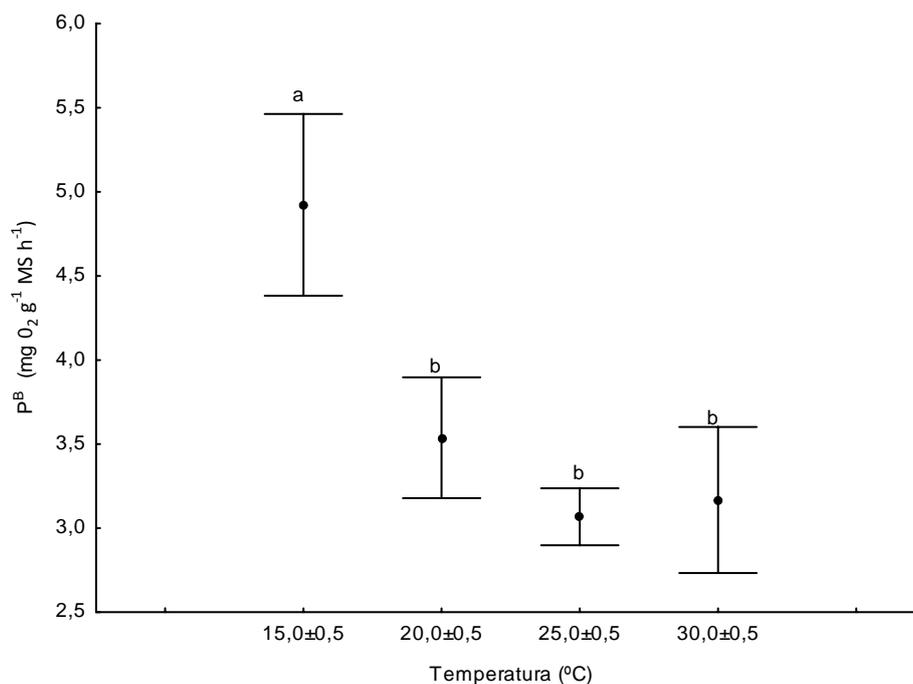


Figura 3. Taxa fotossintética bruta ( $P^B$ ) de *Mayaca fluviatilis* Aubl. em função de diferentes temperaturas, sob intensidade luminosa de  $177 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . As barras indicam médias  $\pm$  desvios padrão. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

A taxa de respiração apresentou aumentos significativos ( $F_{(3,15)}: 34,669$ ;  $p < 0,001$ ) para o incremento da temperatura com uma maior taxa respiratória de  $2,41 \pm 0,421 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$  na temperatura de  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  (Fig. 4). A temperatura exerceu, portanto, um efeito significativo na taxa de respiração, então aceito a hipótese inicial que com o aumento da temperatura, há um aumento gradativo nas taxas respiratórias.

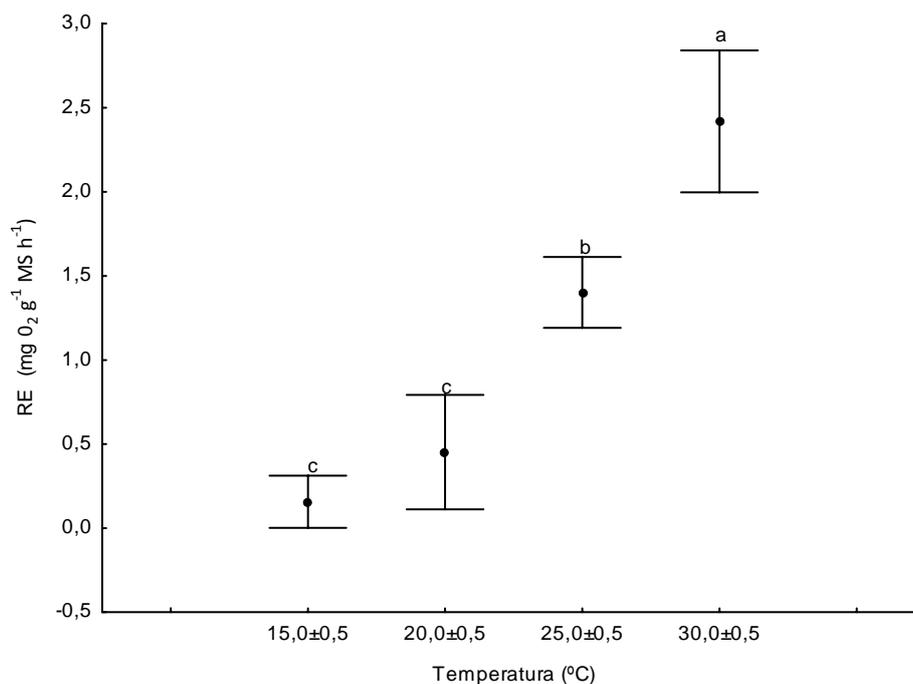


Figura 4. Taxa respiratória ( $RE$ ) de *Mayaca fluviatilis* Aubl. em função de diferentes temperaturas, sob intensidade luminosa de  $177 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . As barras indicam médias  $\pm$  desvios padrão. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

A curva F-I apresentou uma pequena fotoinibição indicada pelo baixo valor de  $\beta = 0,0022$  e o alto de  $I_b$  ( $2097,4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) indicando que a fotoinibição foi muito pouco pronunciada (Fig. 5), ou seja, a curva F-I apresenta uma queda muito pequena, quase imperceptível, nas intensidades luminosas mais altas. A eficiência fotossintética expressa por  $\alpha = 0,06891 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1} (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$  foi intermediária a baixa (Fig. 5). Os valores de  $I_k$  e  $I_s$  foram de 58 e  $66 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  respectivamente e o ponto de compensação luminosa ( $I_c$ ) apresentou valor de  $6,94 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

A fotossíntese bruta máxima teórica ( $P_s^B$ ) predita pelo modelo foi de  $4,6143 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$  e a fotossíntese bruta máxima observada ( $P_m^B$ ) baseada na estimativa da curva foi de  $4,0012 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$ . A intensidade luminosa para a fotossíntese máxima observada ( $I_m$ ) foi de  $232 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

$$FB = 4,61433 \times \left( 1 - e^{\frac{-0,06891 \times I}{4,61433}} \right) \times e^{\frac{-0,0022 \times I}{4,61433}}$$

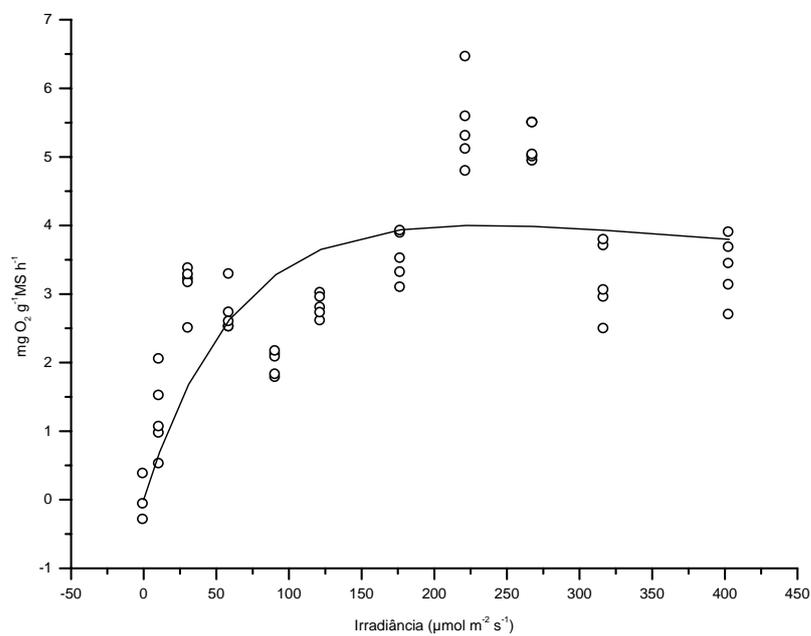


Figura 5. Curva Fotossíntese-Irradiância de *Mayaca fluviatilis* em diferentes intensidades luminosas e temperatura de  $20 \pm 0,5$  °C.

Os resultados obtidos para *Mayaca fluviatilis* são semelhantes a outros estudos de curvas F-I para macrófitas aquáticas submersas (Tab 2).

Tabela 1. Comparação dos parâmetros fotossintéticos das diferentes espécies de macrófitas aquáticas submersas. Os dados são expressos a seguinte:  $P_s^B$  (fotossíntese bruta máxima teórica,  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1}\text{MS h}^{-1}$ ),  $\alpha$  (eficiência fotossintética,  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1}\text{MS h}^{-1}(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ ),  $\beta$  (fotoinibição,  $\text{mg O}_2 \text{ g}^{-1}\text{MS h}^{-1}(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ ),  $I_c$  (ponto de compensação de luz,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ),  $I_k$  (índice de saturação luz,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ),  $I_s$  (saturação de luz,  $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ ). Método: Fot-Luz: curvas de fotossíntese luz através de medidas de alteração de oxigênio dissolvido na água.

Espécie	Família	Município/Estado	$P_s^b$	$\alpha$	$\beta$	$I_c$	$I_k$	$I_s$	Autor
<i>Mayaca fluviatilis</i> Aubl.	Mayacaceae	Nova Xavantina/MT	4,61	0,06	0,0022	6,94	58	66	Este estudo
<i>Cabomba furcata</i> Schult. & Schult. f.	Cabombaceae	Luiz Antonio/SP	-	0,04 - 0,06	(-0,06)-(- 0,09)	4,0-11,0	-	-	Pezzato (2007)
<i>Egeria najas</i> Planch.	Hydrocharitaceae	Luiz Antonio/SP	-	0,03 - 0,04	(-0,03)-(- 0,04)	7,6 - 10,96	-	-	Pezzato (2007)
<i>Nitella subglomerata</i> A. Braun	Characeae	São José do Rio Preto/SP	-	0,09	-0,31	17,2	29,2	69	Vieira & Necchi (2003)
<i>Chara guairensis</i> R. Bicudo	Characeae	São José do Rio Preto/SP	-	0,04	-0,34	20	64,8	131	Vieira & Necchi (2003)
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Haloragaceae	Rio Hudson/EUA	4,2- 14,4	0,02 - 0,06	-	40,3 - 114	173 - 452,1	-	Harley & Findlay (1994)
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	Potamogetonaceae	Rio Hudson/EUA	7,9- 18,0	0,02 - 0,06	-	29,3 - 53,6	250,1 - 487,5	-	Harley & Findlay (1994)
<i>Vallisneria americana</i> Michx.	Hydrocharitaceae	Rio Hudson/EUA	8,1 - 14,9	0,08-0,22	-	2,3 - 82,3	100,2 - 279,1	-	Harley & Findlay (1994)

## Discussão

No presente estudo, as taxas de fotossíntese líquida e bruta foram maiores na temperatura de 15 °C, diminuindo de acordo com a elevação da temperatura. A temperatura influencia no metabolismo da planta por meio da cinética das reações químicas e da atividade de muitas enzimas, sendo considerada uma variável importante no controle do crescimento, da atividade fotossintética das macrófitas aquáticas e da sua distribuição no ambiente (Camargo *et al.* 2003a; Larcher 2000; Madsen & Sand-Jansen 1991; Sand-Jensen 1989). No seu ambiente natural, *M. fluviatilis* ocorre em temperatura média de  $25,03 \pm 1,876$  °C, no período de amostragem, bem acima do ótimo de produção em laboratório. Vieira Jr. & Necchi (2006) mencionam que espécies tropicais apresentam melhor desempenho fotossintético em temperaturas consideradas menores, do que aquelas nas quais são encontradas nos seus ambientes em boa parte do ano e/ou período do dia.

De acordo com Santamaría & Hootsmans (1998), as macrófitas aquáticas podem obter seu melhor desempenho fotossintético em temperaturas mais baixas, mas também é capaz de aclimatar-se a temperaturas mais altas. No ambiente natural, dificilmente as espécies vivem em sua condição ótima de temperatura (Odum & Barrett 2007) devido a inúmeros fatores abióticos, como variação no nível da água, variação na temperatura e nutrientes, e devido a efeitos de interações com outros organismos, como competição, alelopatia, interação intra e inter-específicas, que limitam o desempenho do vegetal em relação aos processos fisiológicos.

Na represa onde foram coletados os indivíduos de *M. fluviatilis*, outra espécie de macrófita aquática submersa *Bacopa reflexa* também foi encontrada, porém elas se desenvolveram em períodos distintos. De dezembro de 2008 a maio de 2009, período de chuvas, predominou a *B. reflexa*, que declinou a partir de maio, quando *M. fluviatilis* passou a predominar até agosto de 2009, período de seca, mostrando uma substituição dessas espécies ao longo do tempo.

No período de chuvas em que predominou *B. reflexa*, a temperatura da água foi mais elevada, acima de 27 °C. Por outro lado, no período de seca em que predominou *M. fluviatilis*, a temperatura foi menor, menos que 25 °C. Um dos fatores que pode explicar, pelo menos em parte, essa inversão das espécies predominantes no ambiente natural é a mudança na temperatura da água, uma vez que foi verificado que a taxa fotossintética líquida de *M. fluviatilis* aumentou em temperaturas mais baixas no experimento realizado. Porém, não se descarta outros fatores ambientais desconhecidos, como por exemplo, exigência diferenciada da concentração de nutrientes que pode interferir na abundância dessas espécies ao longo das diferentes épocas do ano. Mais estudos com essas espécies são necessários para verificar o padrão de substituição dessas espécies no local estudado e como isto interfere na fisiologia dessas plantas.

Especialmente, *B. reflexa* ocupou maiores profundidades (aproximadamente de 0,5 a 0,8 m), enquanto que *M. fluviatilis* ocupou áreas mais rasas (0,0 a 0,35 m) indicando uma separação de habitat.

Os experimentos de laboratório são úteis, pois permitem controlar e manipular os fatores ambientais e verificar em que condições a planta apresenta maior taxa fotossintética. Estudos vêm mostrando que as espécies de macrófitas aquáticas podem variar a sua taxa ótima de produção fotossintética. Menendez & Sanchez (1998) relatam a influência da temperatura para *Chara hispida*, que possui preferência por temperaturas mais baixas, apresentando produtividade máxima em 10 °C. Além disso, as diferenças nas taxas de Produção/Respiração em distintas temperaturas indicam que variações de temperatura podem interferir no balanço de carbono do vegetal. Pezzato (2007) infere que a temperatura ótima de fotossíntese para *Egeria najia* foi de 25 °C, independente da temperatura de crescimento (15-30 °C). Em trabalhos de Vieira Jr & Necchi (2003), para duas espécies de *Chara*, foram observadas as melhores taxas fotossintéticas em temperaturas mais baixas de 10 e 15 °C, corroborando com Menendez & Sanchez (1998) e parcialmente com o presente estudo e para a espécie *Nitella* a temperatura variou entre 20 a 25 °C, mostrando que os valores de temperatura ótima variaram entre espécies ou até mesmo entre populações da mesma espécie.

As taxas respiratórias observadas neste estudo apresentaram menor valor em 15 °C aumentando com o incremento de temperatura com máxima a 30 °C para a espécie. O aumento da temperatura favorece a aceleração das atividades metabólicas e reações químicas nas plantas (Murakami & Rodrigues 2009), o que proporciona um aumento das taxas de respiração e diminuição nas taxas fotossintéticas. Essa tendência do aumento da respiração com o aumento da temperatura também foi observado por Vieira Jr. & Necchi (2003), Libbert & Walter (1985), Plus *et al.* (2005), Menendez & Sanchez (1998), Pezzato & Camargo (2004) e Vieira Jr & Necchi (2006).

Plus *et al.* (2005), estudando 23 espécies de macrófitas aquáticas no Lago Thau na Costa do Mediterrâneo, verificaram diferenças nas taxas de respiração, para as quais apresentaram uma correlação positiva com a temperatura entre as espécies estudadas. Variando a respiração em função da temperatura de 6,7  $\mu\text{mol O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$  para *Rytiphlaea tinctoria* a 7 °C e para *Dasya sessilis* 793,5  $\mu\text{mol O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MS h}^{-1}$  a 25 °C. No geral, foram registradas menores taxas de respiração no outono e inverno, época mais fria, conseqüentemente reações metabólicas mais lentas e taxas de respiração mais elevadas na primavera e verão, quando os valores de temperatura foram maiores.

Segundo Larcher (2000) a respiração aumenta exponencialmente com o aumento da temperatura afetando a velocidade dos processos bioquímicos na planta. Ela varia de acordo com a parte vegetativa, disponibilidade de substrato, desenvolvimento da planta e condições ambientais.

Com a perspectiva do aumento de temperatura no globo terrestre e a constante destruição de habitats naturais, a comunidade de macrófitas aquáticas terá sua produtividade afetada, como também, a distribuição e funcionamento das espécies (Rosenzweig *et al.* 2008).

No entanto, Cancian *et al.* (2009) indicam que as mudanças no clima não afetam individualmente uma espécie, mas sim, todas as espécies que interagem com ela. O autor supracitado afirma ainda que a previsão sobre a distribuição e o crescimento de macrófitas aquáticas, devido ao aquecimento global, torna-se difícil, por que são diversos os fatores compensatórios envolvidos.

Deve-se levar em consideração que os efeitos diretos do aumento da temperatura vão depender diretamente da tolerância térmica da espécie e qual a sua temperatura ótima para a realização dos processos fotossintéticos que irão resultar nas taxas de crescimento e desenvolvimento das espécies (Short & Neckles 1999).

De acordo com os dados estimados pela IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), onde prevê que até o final do século XXI, a temperatura média global vai subir cerca de 1,1 a 6,4 °C e aquecendo mais em altas latitudes que os trópicos (Vale *et al.* 2009). Pode ser que esse aumento global de temperatura não afete fortemente a condição fotossintética de *M. fluviatilis* considerando que esta espécie ocorre nos trópicos e que, segundo os nossos resultados, uma alteração de 2 ou 3 °C, alteraria pouco as taxas fotossintéticas e respiratórias. No entanto, não se pode garantir a estabilidade desta população frente aos efeitos indiretos do aumento da média de temperatura global, como aumento de chuvas em algumas regiões e secas em outras (Vale *et al.* 2009).

Os parâmetros derivados da curva F-I apresentaram baixos valores de  $I_c$ ,  $I_k$ ,  $I_s$ ,  $\alpha$  e  $\beta$  sugerindo que *M. fluviatilis* possui adaptações a baixas intensidades de luz, sendo considerada uma espécie fisiologicamente de sombra, neste estudo, o que leva a aceitar a hipótese inicial. Porém, são necessários mais estudos de outras populações para se estimar a variabilidade nos parâmetros derivados da curva F-I entre diferentes populações de *M. fluviatilis*.

Para *M. fluviatilis*, o valor alto de  $I_b$  e o valor baixo de  $\beta$  são indicativos da ausência de fotoinibição (Platt *et al.* 1980), que permite a esta espécie se aclimatar a altas irradiâncias e realize sua produção fotossintética com eficiência, mesmo sendo uma planta de sombra.

Comparando-se com outras espécies percebe-se que apenas *N. subglomerata* e *C. guairensis* apresentaram valores elevados de fotoinibição, enquanto que *C. furcata* e *E. najas* apresentaram valores intermediário a baixo, comparando com as espécies supracitadas, e *M. fluviatilis* com valor muito baixo (Tab. 1), sugerindo que essa espécie pode se aclimatar em altas intensidades de luz, ao contrário das demais espécies mencionadas, que por apresentarem altos valores de fotoinibição não

se aclimatam bem em altas intensidades luminosas, afetando assim a sua colonização em um ambiente onde predomina altas intensidades de luz.

Em campo, foi observado que *M. fluviatilis* se encontra nas margens da represa até uma profundidade de 35 cm e maior abundância na margem sombreada. Porém, ela também ocorreu na margem com vegetação marginal ausente, onde a intensidade de luz é maior para as plantas e a ausência da fotoinibição é importante nesta situação. Verifica-se, então, que *M. fluviatilis* pode se aclimatar tanto a regiões de baixa luminosidade quanto a regiões de alta luminosidade.

As espécies *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton perfoliatus* e *Vallisneria americana* estudadas por Harley & Findlay (1994) mostraram diferenças nas curvas F-I. Segundo Harley & Findlay (1994), para as espécies de macrófitas submersas *M. spicatum* e *P. perfoliatus*, o valor atribuído a inclinação da curva ( $\alpha$ ) foi baixo e  $I_k$  relativamente elevado, comparados com *M. fluviatilis* que apresentou valores intermediários de  $\alpha$  e baixos valores de  $I_k$  (Tab. 1). Ao contrário de *Vallisneria americana* que apresentou  $\alpha$  relativamente elevado e  $I_k$ , com valores mais baixos. A consequência destes valores para *V. americana* é que um aumento da irradiância no início da curva F-I leva a um grande aumento da taxa fotossintética, ao contrário do que ocorre com *M. spicatum* e *P. perfoliatus*, nas quais um mesmo aumento de irradiância no início da curva leva a um pequeno incremento na taxa fotossintética. Os valores de  $I_c$  das três espécies que Harley & Findlay (1994) estudaram foram consideravelmente mais elevados que o  $I_c$  de *M. fluviatilis* (Tab. 1), reforçando a hipótese de que a espécie estudada é de sombra.

Segundo Pilon & Santamaría (2002), os vegetais possuem as respostas geneticamente fixas e plasticidade fenotípica em resposta à variação da irradiação. As plantas fisiologicamente de sol possuem características de desenvolvimento que permite o crescimento em altas irradiâncias, enquanto que as plantas de sombra, para compensar a baixa luminosidade, aumentam a área foliar para a captura de luz (Boardman 1977; Givnish 1988).

A tolerância da planta em relação ao sombreamento e à altas intensidade de luz pode conferir vantagens adaptativas e competitivas em situações em que a luminosidade torna-se limitante para o desenvolvimento de macrófitas aquáticas (Barko & Smart 1981; Givnish 1988). Dessa forma, é necessário avaliar as exigências e tolerâncias de diferentes espécies de macrófitas aquáticas. A curva de luz F-I pode avaliar não só a capacidade fotossintética da planta em uma faixa estreita de irradiância em que se encontra no campo, como também, a capacidade fotossintética potencial da planta em uma ampla faixa de intensidade de luz (Ralf & Gademann 2005).

Este é o primeiro estudo da curva F-I e da influência da temperatura para *M. fluviatilis*, não tendo outro estudo com essa espécie a respeito do seu desempenho fotossintético em diferentes localidades e climas. Nesse sentido, a ampliação dos estudos com *Mayaca fluviatilis* e também com outras espécies de macrófitas submersas, tanto em laboratório quanto em campo, avaliando os

efeitos de temperatura e luminosidade, são necessários para compreender como esses fatores governam as taxas fotossintéticas e afetam a estrutura das populações/comunidades.

Dessa forma, conclui-se que *Mayaca fluviatilis* possui taxas fotossintéticas bruta e líquida maiores em temperatura mais baixa (15 °C), e possui taxa respiratória maior em temperatura mais elevada (30 °C), corroborando a hipótese inicial deste trabalho. Considerando a perspectiva do aquecimento global, o aumento da temperatura poderá não afetar os valores da taxa fotossintética de *M. fluviatilis*. A curva F-I mostrou uma quase ausência de fotoinibição, baixos valores de  $I_c$ ,  $I_k$ ,  $I_s$ ,  $\alpha$  e alto valor de  $I_b$ , sugerindo que *M. fluviatilis* é uma espécie fisiologicamente de sombra, neste estudo, corroborando a hipótese testada. Porém, a espécie pode se aclimatar também em alta luminosidade.

Dessa forma, são necessários mais estudos tanto no ambiente natural, quanto em laboratório com essa espécie e em diversas localidades de sua ocorrência, em diferentes temperaturas e luminosidades, a fim de gerar dados de comparação e definir um padrão mais amplo de resposta de *M. fluviatilis* à variação dos fatores ambientais.

## Referências Bibliográficas

- Barko, J.W. & Smart, R. 1981. Comparative influences of light and temperature on the growth and metabolism of selected submersed freshwater macrophytes. **Ecological Monographs** **51**(2): 219-235.
- Begon, M.; Townsend, C.R. & Harper, J.L. 2007. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Artmed. Porto Alegre.
- Bianchini Jr., I. 2003. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. Pp. 85-126. In: **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. S.M. Thomaz, & L.M. Bini (eds.). Nupélia – Maringá (SC). Eduem, Maringá.
- Biudes, J.F.V. & Camargo, A.F.M. 2008. Estudos dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil. **Oecologia Brasiliense** **12**(1): 7-19.
- Boardman, N.K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology** (**28**): 355-77.
- Camargo, A.F.M. & Florentino, E. R. 2000. Population dynamics and net primary production of the aquatic macrophyte *Nymphaea rudgeana* c.f. meyer in a lotic environment of the Itanhaém River basin (SP, Brazil). **Revista Brasileira Biologia** **60**(1): 83-92.
- Camargo, A.F.M.; Pezzato, M.M. & Henry-Silva, G.G. 2003a. Fatores limitantes a produção primária de macrófitas aquáticas. Pp.59-83. In: **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. S.M. Thomaz, & L.M. Bini (eds.). Nupélia – Maringá (SC). Eduem, Maringá.
- Camargo, A.F.M.; Henry-Silva, G.G. & Pezzato, M.M. 2003b. Crescimento e produção primária de macrófitas aquáticas em zonas litorâneas. Pp. 213-232 In: **Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos**. R. Henry (eds.). São Carlos: RiMa.
- Cancian, L.F.; Camargo, A.F.M. & Silva, G.H.G. 2009. Crescimento de *Pistia stratiotes* em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo. **Acta Botanica Brasilica** **23**(2): 552-557.
- Cancian, L. F. 2007. **Crescimento das macrófitas aquáticas flutuantes *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo**. Jaboticabal – SP (Dissertação de mestrado).
- Cao, M. & Woodward, F.I. 1998. Dynamic responses of terrestrial ecosystem carbon cycling to global climate change. **Nature** (393).
- Carr, G.; Duthie, H.C. & Taylor, W.D. 1997. Models of aquatic plant productivity: a review of the factors that influence growth. **Aquatic Botany** **59**: 195-215.
- Carvalho, M.L.S.; Nakamura, A.T. & Sajo, M.G. 2009. Floral anatomy of Neotropical species of Mayacaceae. **Flora** **204**: 220-227.
- Cruz, A.J.U. 2001. Las Mayacaceae de Cuba. **Anales Jardín Botánico de Madrid**. **58**(2): 325-329.
- Davison, I.R. 1991. Environmental effects on algal photosynthesis: temperature. **Journal of Phycology** **27**: 2-8.

- Esteves, F.A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. 2<sup>o</sup>ed. Rio de Janeiro, Interciência.
- Gantes, H.P. & Caro, A.S. 2001. Environmental heterogeneity and spatial distribution of macrophytes in plain streams. **Aquatic Botany** **70**: 225–236.
- Givnish, T. 1988. Adaptation to sun and shade: A Whole-plant Perspective. **Australian Journal of Plant Physiology** **15**: 63-92.
- Golterman, H.L.; Climo, R.S. & Ohnstad, M.A.M. 1978. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. Oxford: IBP.
- Harley, M.T. & Findlay, S. 1994. Photosynthesis-Irradiance relationships for three species of submersed macrophytes in the Tidal Freshwater Hudson River. **Estuaries** **17(1B)**: 200-205.
- Henley, W.J. 1993. Measurement and interpretation of photosynthetic light-response curve in algae in the context of photoinhibition and diel changes. **Journal of Phycology** **29**: 729-739.
- Henry-Silva, G.G. & Camargo, A.F.M. 2005. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiote*. **Hoehnea** **32(3)**: 445-452.
- Kirk, J.T.O. 1994. **Light and photosynthesis in aquatic ecosystems**. 2<sup>o</sup>ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Larcher, W. 2000. **Ecofisiologia Vegetal**. Rima: São Carlos.
- Libbert, E. & Walter, T. 1985. Photosynthetic production of a brackish water community of *Chara tomentosa* L. its dependence on environmental conditions. **Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie** **70**: 359-68.
- Madsen, T.V. & Brix, H. 1997. Growth, photosynthesis and acclimation by two submerged macrophytes in relation to temperature. **Oecologia** **110**: 320-327.
- Madsen, T.V. & Sand-Jensen, K. 1991. Photosynthetic carbon assimilation in aquatic macrophytes. **Aquatic Botany** **41**: 5-40.
- Martins, H. F. & Carauta, J.P.P 1984. Plantas aquáticas. Classificação e comentários. **Atas da Sociedade Botânica do Brasil**. **2 (13)**
- Menendez, M. & Sanchez, A. 1998. Seasonal variations in P-I responses of *Chara hispida* L. and *Potamogeton pectinatus* L. from stream mediterranean ponds. **Aquatic Botany** **61**: 1-15.
- Moss, B. 1998. **Ecology of fresh waters: man and medium, past to future**. Third Edition.
- Murakami, E.A. & Rodrigues, L. 2009. Resposta das algas perifíticas às alterações de temperatura e ao enriquecimento artificial de nutrientes em curto período de tempo. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** **31(3)**: 273-284.
- Necchi, O.Jr. 2005. Light – related photosynthetic characteristics of freshwater Rhodophytes. **Aquatic Botany** **82**: 193-209.

- Necchi, O.Jr. & Zucchi, M.R. 2001. Photosynthetic performance of freshwater Rhodophyta in response to temperature, irradiance, pH and diurnal rhythm. **Phycological Research** **49**: 305–318.
- Obrador, B. & Pretus, J.L. 2008. Light regime and components of turbidity in a Mediterranean coastal lagoon. Estuarine, **Coastal and Shelf Science** **77**: 123-133.
- Odum, E.P. & Barrett, G.W. 2007. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Cengage Learning.
- Pilon, J. & Santamaría, L. 2002. Clonal variation in morphological and physiological responses to irradiance and photoperiod for the aquatic angiosperm *Potamogeton pectinatus*. **Journal of Ecology** **90**: 859–870.
- Pedralli, G. & Teixeira, M.M.B. 2003. Macrófitas aquáticas como agentes filtradores de materiais particulados, sedimentos e nutrientes. Pp. 234-251 In: Henry, R. **Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos**. São Carlos: RiMa.
- Pezzato, M.M. 2007. **Macrófitas aquáticas submersas: fotossíntese, crescimento e variáveis abióticas da água**. São Carlos – SP (Tese de doutorado).
- Pezzato, M.M. & Camargo, A.F.M. 2004. Photosynthetic rate of the aquatic macrophyte *Egeria densa* Planch. (Hydrocharitaceae) in two rivers from the Itanhaém River Basin in São Paulo State, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **47**(1): 153-162.
- Platt, T.; Gallegos, C.L. & Harrison, W.G. 1980. Photoinhibition of photosynthesis in natural assemblages of marine phytoplankton. **Journal of Marine Research** **38**(4): 687-701.
- Plus, M.; Auby, I.; Verlaque, M. & Levavasseur, G. 2005. Seasonal variations in photosynthetic irradiance response curves of macrophytes from a Mediterranean coastal lagoon. **Aquatic Botany** **81**:157-173.
- Pott, V.J. & Pott, A. 2003. Dinâmica da vegetação aquática do Pantanal. Pp.145-162. In: **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. S.M. Thomaz, & L.M. Bini (eds.). Nupélia – Maringá (SC). Eduem, Maringá.
- Pott, V.J. & Pott A. 2000. **Plantas Aquáticas do Pantanal**. Corumbá, MS, Embrapa: Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal.
- RadamBrasil. 1981. **Levantamento de recursos naturais**. Ministério das Minas e Energia 25, Folha SD - 22 Goiás.
- Ralph, P.J. & Gademann, R. 2005. Rapid light curves: A powerful tool to assess photosynthetic activity. **Aquatic Botany** **82**: 222–237.
- Rosenzweig, C.; Karoly, D.; Vicarelli, M.; Neofotis, P.; Wu, Q.; Casassa, G.; Menzel, A.; Root, T.L.; Estrella, N.; Seguin, B.; Tryjanowski, P.; Liu, C.; Rawlins, S. & Imeson, A. 2008. Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. **Nature** **453**: 353-358.
- Sand-Jensen, K. 1989. Environmental variables and their effect on photosynthesis of aquatic plant communities. **Aquatic Botany** **34**: 5-25.

- Santamaría, L. & Hootsmans, M.J.M. 1998. The effect of temperature on the photosynthesis growth and reproduction of a Mediterranean submerged macrophyte, *Ruppia drepanensis*. **Aquatic Botany** **60**: 169-188.
- Santamaría, L. & Vierssen, W.V. 1997. Photosynthetic temperature responses of fresh - and brackish-water macrophytes: a review. **Aquatic Botany** **58**: 135-150.
- Santos, A.M. 2004. Produtividade Primária de Macrófitas Aquáticas. **LIMNOtemas**.
- Short, F.T. & Neckles, H.A. 1999. The effects of global climate change on seagrasses. **Aquatic Botany** **63**: 169-196.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1995. **Biometry**: the principles and practice of statistics in biological research. W. H. Freeman, New York.
- Thomaz, S.M. & Bini, L.M. 1998. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios. **Acta Limnologica Brasiliensis** **10**: 103-116.
- Thomaz, S.M. & Bini, L.M. 1999. Expansão das macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatório: um estudo na represa Itaipu. In: **Ecologia de Reservatórios**: estrutura, função e aspectos sociais. Henry, R. Botucatu: FUNDIBIO-FAPESP.
- Thomaz, S.M. & Bini, L.M. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidas no Brasil. 2003. In: **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. S.M. Thomaz, & L.M. Bini (eds.). Nupélia - Maringá (SC). Eduem, Maringá.
- Tundisi, J.G. & Tundisi, T.M. 2008. **Limnologia**. São Paulo. Oficina de textos.
- Uehlinger, U.; König, C. & Reichert, P. 2000. Variability of photosynthesis-irradiance curves and ecosystem respiration in a small river. **Freshwater Biology** **44**: 493-507.
- Vale, M.M.; Alvez, M.A.S. & Lorin M.L. 2009. Mudanças climáticas: desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade brasileira. **Oecologia Brasiliensis** **13**(3): 518-535.
- Vieira Jr.J. & Necchi, O.Jr. 2003. Photosynthetic characteristics of charophytes from tropical lotic ecosystems. **Phycological Research** **51**: 51-60.
- Vieira Jr.J. & Necchi, O.Jr. 2006. Photosynthetic characteristics of a tropical population of *Nitella cernua* (Characeae, Chlorophyta). **Brazilian Journal of Plant Physiology** **18**(3): 379-388.
- Vieira, S. 2006. **Análise de Variância (ANOVA)**. São Paulo: Atlas, 204p.
- Vollenweider, R.A. 1974. **A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments**. Blackweel Scientific Publications.
- Zar, J.H. 1999. **Biostatistical analysis**. Upper Saddle River, Prentice Hall.