



Universidade Federal do Rio Grande
Instituto de Ciências Biológicas
Pós-graduação em Biologia de
Ambientes Aquáticos Continentais



**Influência da temperatura e do hidropériodo
na germinação de sementes e crescimento
inicial de *Ludwigia multinervia* (Hook & Arn.)**

Ramamoorthy

Mikael Luiz Morales Pereira

Orientadora: Dr^a Ana Silvia Rolon

Rio Grande
2020



Universidade Federal do Rio Grande
Instituto de Ciências Biológicas
Pós-graduação em Biologia de Ambientes
Aquáticos Continentais



**Influência da temperatura e do hidroperíodo na germinação
de sementes e crescimento inicial de *Ludwigia multinervia*
(Hook & Arn.) Ramamoorthy**

Aluno: Mikael Luiz Morales Pereira

Orientadora: Dr^a Ana Silvia Rolon

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

Rio Grande
2020

Ficha Catalográfica

P436i Pereira, Mikael Luiz Morales.

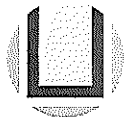
Influência da temperatura e do hidroperíodo na germinação de sementes e crescimento inicial de *Ludwigia multinervia* (Hook & Arn.) Ramamoorthy / Mikael Luiz Morales Pereira. – 2020.
52 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Rio Grande/RS, 2020
Orientadora: Dra. Ana Silvia Rolon.

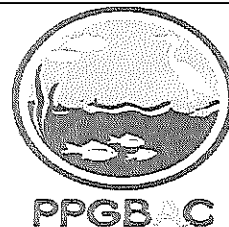
1. Plantas aquáticas 2. Alagamento 3. Fatores abióticos
4. Áreas úmidas 5. Revegetação I. Rolon, Ana Silvia II. Título.

CDU 581.526.3

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - ICB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE AMBIENTES
AQUÁTICOS CONTINENTAIS



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM BIOLOGIA DE AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS – Nº 002/2020

Às 13:30 hs (treze horas e trinta minutos) do dia 28 (vinte e oito) do mês de fevereiro de 2020 (dois mil e vinte) na Sala de Seminários do PPGBAC (Bloco 5 do ICB – Prédio da Ecologia, Botânica e Genética) do ICB-FURG reuniram-se docentes, discentes e comunidade em geral, para a Defesa Pública de Dissertação de Mestrado do acadêmico **Mikael Luiz Morales Pereira**. A dissertação intitulada “**Influência da temperatura e do hidroperíodo na germinação de sementes e crescimento inicial de *Ludwigia multinervia* (Hook & Arn.) Ramamoorthy**” foi avaliada pela Banca Examinadora composta pela Prof^ª. Dra. Ana Silvia Rolon (Orientadora e Presidente da Banca); Prof^ª Dra. Sônia Marisa Hefler (FURG) e Prof^ª Dra. Tamara Pastori (UFRGS). Após a defesa e arguição pública, a Banca Examinadora reuniu-se, para deliberação final, e considerou o acadêmico aprovado. Desta forma, o acadêmico concluiu mais uma das etapas necessárias para a obtenção do grau de **MESTRE EM BIOLOGIA DE AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS**. Nada mais havendo a tratar, às 16 h30 (Dezesseis e trinta) foi lavrada a presente ata, que lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora, pelo Acadêmico e pela Coordenadora do Curso.

Ana Silvia Rolon

Prof^ª. Dra. Ana Silvia Rolon

Sônia Marisa Hefler

Prof^ª Dra. Sônia Marisa Hefler

Tamara Pastori

Prof^ª Dra. Tamara Pastori

Mikael Luiz Morales Pereira

Mikael Luiz Morales Pereira

Fabiana Schneck

Prof^ª. Dra Fabiana Schneck

Coordenadora do Curso

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha noiva Bárbara, a pessoa mais especial da minha vida, que entrou nela para me fazer feliz, uma grande companheira que escuta, acolhe, protege e ama. Que sempre esteve ao meu lado, me acompanhando e me fortalecendo para terminar mais essa conquista. Se hoje cheguei ao final desta etapa foi graças a ti! Te amo muito!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, à Universidade Federal do Rio Grande – FURG por toda estrutura disponibilizada para o desenvolvimento desse trabalho, principalmente em épocas em que as universidades estão sofrendo cortes de verbas.

À toda minha família pelo apoio, paciência e principalmente a aqueles que acompanharam o tempo de ausência, por força de inúmeras disciplinas, trabalhos, dias em laboratório, especialmente em feriados ao longo destes anos.

À minha noiva Bárbara, que muito me incentivou a continuar essa batalha, ajudou e acompanhou inúmeros experimentos (bem mais que o tcc), em qualquer dia, não importava se fosse feriado, finais de semana, férias. Sempre estive ao meu lado em qualquer momento e me ajudou de todas as maneiras que estavam em seu alcance.

À professora Dr^a Ana Silvia Rolon, por ter aceitado em me orientar, e pela atenção, paciência, compreensão, dedicação e ensinamentos durante todo meu percurso. Sou eternamente grato por todo teu apoio em realizar esse trabalho.

Ao meu avô, que desde quando eu era pequeno, sempre estive me apoiando e incentivando meus estudos, mas que infelizmente no final do ano passado partiu sem ver o término dessa etapa, mas que sempre torceu incondicionalmente pelo meu sucesso profissional.

RESUMO

As áreas úmidas estão cada vez mais sendo degradadas ou perdidas, entretanto as macrófitas aquáticas tem a capacidade de regenerar e recuperar esses ambientes, a partir de banco de sementes, ou artificialmente pela introdução de algumas espécies no ambiente. Porém diversos fatores podem afetar o desenvolvimento e estabelecimento das espécies nessas áreas úmidas, dentre eles a temperatura e o hidroperíodo. Assim, a presente trabalho tem como objetivo analisar a influência de diferentes temperaturas e hidroperíodos na germinação, crescimento e teores de clorofila e carotenoides de plântulas de *Ludwigia multinervia*. Para isso, foi realizada a coleta e triagem das sementes, e posteriormente foram submetidas a diferentes experimentos, com diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias), considerando temperaturas de 13°C e 24°C. Ambos os experimentos foram realizados em uma BOD, com 12h claro e 12h escuro, e feita a contagem de germinação de 2 em 2 dias, durante 21 dias. Os resultados mostraram que a germinação no experimento com a temperatura de 13°C, foi menor em relação ao experimento da temperatura de 24°C. A velocidade de germinação no experimento com a temperatura de 24°C foi maior no hidroperíodo de 14 dias quando comparado ao hidroperíodo de 7 dias, ou seja, demorou mais a germinar no hidroperíodo de 14 dias. Já no experimento com a temperatura de 13°C a velocidade de germinação foi menor no hidroperíodo de 21 dias, quando comparado ao hidroperíodo de 0 dias. O crescimento não ocorreu no experimento com a temperatura de 13°C. Também, foi visto que no hidroperíodo de 21 dias, o conteúdo de clorofila a e carotenoides foi menor quando comparado ao hidroperíodo de 7 dias. Conclui-se que a temperatura de 24°C é excelente para a germinação, e que a espécie é capaz de suportar grande variação hidrológica nas condições avaliadas no presente estudo.

Palavras-chave: Plantas aquáticas, alagamento, fatores abióticos, áreas úmidas, revegetação

ABSTRACT

Wetlands are increasingly being degraded or lost, however aquatic macrophytes can regenerate and recover these environments, from the seed bank, or artificially by introducing some species into the environment. However, several factors can affect the development and establishment of species in these humid areas, including temperature and hydroperiod. Thus, the present work aims to analyze the influence of different temperatures and hydroperiods on germination, growth and chlorophyll and carotenoid contents of *Ludwigia multinervia*. For that, the seeds were collected and sorted, and later they were submitted to different experiments, with different hydroperiods (0, 7, 14 and 21 days), considering temperatures of 13°C and 24°C. Both experiments were carried out in a BOD, with 12h light and 12h dark, and the germination count was done every 2 days, for 21 days. The results showed that the germination in the experiment with the temperature of 13°C, was lower in relation to the experiment of the temperature of 24°C. The germination speed in the experiment with the temperature of 24°C was higher in the hydroperiod of 14 days when compared to the hydroperiod of 7 days, that is, it took longer to germinate in the hydroperiod of 14 days. In the experiment with a temperature of 13°C, the germination speed was lower in the hydroperiod of 21 days, when compared to the hydroperiod of 0 days. The growth did not occur in the experiment with a temperature of 13°C. Also, it was seen that in the hydroperiod of 21 days, the content of chlorophyll a and carotenoids was lower when compared to the hydroperiod of 7 days. It is concluded that the temperature of 24°C is excellent for germination, and that the species is capable of withstanding great hydrological variation in the conditions evaluated in the present study.

Keywords: Aquatic plants, flooding, abiotic factors, wetlands, revegetation

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação apresenta em sua estrutura, introdução geral, objetivo geral e específicos, referências bibliográficas, capítulo 1 e considerações finais e perspectivas, bem como as normas para publicação na revista *Aquatic Botany*. É apresentado na introdução geral informações e aspectos relevantes para essa dissertação sobre áreas úmidas, macrófitas aquáticas e germinação de sementes. A introdução geral, referências bibliográficas e considerações finais e perspectivas seguem as normas da ABNT. O capítulo 1, refere-se a um artigo a ser submetido para a revista *Aquatic Botany*, o qual trata da influência da temperatura e hidroperíodo na germinação de sementes de *Ludwigia multinervia* e quais as condições (temperatura e hidroperíodo) mais favoráveis para essa espécie se desenvolver no ambiente para possível recuperação de áreas úmidas degradadas. Esse artigo segue as normas de formatação segundo essa revista, exceto o idioma e as figuras estão inseridos no texto para facilitar a leitura.

SUMÁRIO

Introdução geral.....	8
Áreas úmidas	8
Macrófitas aquáticas.....	10
Germinação de sementes	14
Objetivo geral.....	17
Objetivos específicos.....	17
Referências Bibliográficas	17
Capítulo 1	23
Resumo.....	24
Introdução.....	25
Metodologia	28
<i>Coleta e triagem das sementes</i>	28
<i>Crescimento inicial de plântulas</i>	30
<i>Extração e quantificação de clorofila e carotenoides</i>	31
<i>Análises estatísticas</i>	31
Resultados	32
Discussão.....	36
Referências Bibliográficas	43
Considerações finais e perspectivas	48
Anexos.....	Erro! Indicador não definido.
Anexo 1 – Normas para a publicação da Revista Aquatic Botany	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE FIGURAS

Introdução geral	10
Figura 1 Exemplar da espécie <i>Ludwigia multinervia</i> (Hook. & Arn.).....	15
Figura 2 Exemplar com ramificações da espécie <i>Ludwigia multinervia</i> (Hook. & Arn.) Ramamoorthy.....	15
Figura 3 Círculos vermelhos mostram arbustos folhosos e ramificados da espécie <i>Ludwigia multinervia</i> (Hook. & Arn.) Ramamoorthy em valas na beira da estrada.....	16
Capítulo 1	24
Figura 1 Exemplo da coloração e aspecto físico dos frutos selecionados de <i>L. multinervia</i>	31
Figura 2 Interação entre a temperatura de 24°C, temperatura de 13°C e diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias), a partir da porcentagem de germinação (%).....	35
Figura 3 Velocidade de germinação (Dias) de <i>L. multinervia</i> . A = Velocidade de germinação do experimento realizado com a temperatura de 24°C em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). B = Velocidade de germinação do experimento realizado com a temperatura de 13°C em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). C = Comparação da velocidade de germinação das duas temperaturas utilizadas, independentemente do hidroperíodo.....	36
Figura 4 Índice de velocidade de germinação de <i>L. multinervia</i> . A = Índice de velocidade de germinação do experimento realizado com a temperatura de 24°C em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). B = Índice de velocidade de germinação do experimento realizado com a temperatura de 13°C em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). C = Comparação do índice de velocidade de germinação das duas temperaturas utilizadas, independentemente do hidroperíodo	37
Figura 5 Crescimento inicial de plântulas de <i>L. multinervia</i> . A = Crescimento inicial do hipocótilo (cm) em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). B = Crescimento inicial da radícula (cm) em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). C = Crescimento inicial total (cm) em diferentes hidroperíodos.....	38
Figura 6 Conteúdo de clorofila e carotenoides de plântulas de <i>L. multinervia</i> . A = Conteúdo de clorofila a (mg g ⁻¹ MF ⁻¹) em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). B = Conteúdo de clorofila b (mg g ⁻¹ MF ⁻¹) em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). C = Conteúdo de clorofila total (mg g ⁻¹ MF ⁻¹) em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). D = Conteúdo de carotenoides (mg g ⁻¹ MF ⁻¹) em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias).....	39

1. Introdução geral

1.1 Áreas úmidas

As áreas úmidas são ecossistemas permanentemente ou periodicamente inundados por água rasas salobras, doces, salgadas, ou solos encharcados, podendo ser naturais ou artificiais (JUNK *et al.*, 2014). A grande variedade de áreas úmidas ocupa cerca de 20% do território brasileiro (JUNK *et al.*, 2011). Essas áreas são essenciais para a conservação da biodiversidade, pois apresentam um grande estabelecimento da fauna e flora, além de ter alta produtividade, podendo fornecer grande quantidade de armazenagem de carbono orgânico e de água (GETZNER, 2002; JUNK *et al.*, 2014; JUNK e PIEDADE, 2015).

Em grande parte do território brasileiro a distribuição da precipitação é fortemente sazonal, ou seja, anualmente uma época chuvosa se alterna com uma época seca (JUNK e PIEDADE, 2015). Consequentemente, as áreas úmidas brasileiras apresentam peculiaridades hidrológicas, possuindo oscilações do nível da água, desde épocas de cheia e seca pronunciadas, até mesmo variações mais irregulares e de menor magnitude, porém de igual importância para a dinâmica desses ecossistemas. Dessa forma, as comunidades de plantas e animais em sua maioria são adaptadas à dinâmica hídrica dessas áreas úmidas. Esse fenômeno de flutuações hidrológicas e a alternância das fases aquática e terrestre, contribui para que esse ecossistema tenha uma alta biodiversidade de organismos (GOPAL e JUNK, 2000; MALTCHIK *et al.*, 2007).

Por mais que se saiba da importância biológica e ecológica que esses ecossistemas fornecem, eles vêm sofrendo grandes impactos. As mudanças climáticas globais e a elevada mudança nas formas de uso da terra nessas áreas, como drenagem para a agricultura e pecuária, poluição por esgotos e resíduos domésticos, industriais e de mineração, construção de hidrelétricas, exploração indevida dos recursos naturais, desmatamento da vegetação natural e assoreamento dos cursos da água contribuem para a degradação e perdas desses habitats, o que pode levar a redução da diversidade e mudança na composição de espécies presentes nessa região (JUNK *et al.*, 2014; PINGALI, 1995).

Considerando que grandes extensões de áreas úmidas foram perdidas e degradadas, propor ações de restauração e recuperação dessas áreas úmidas e entender os processos e mecanismos envolvidos na recolonização desses ecossistemas fazem-se necessários. A recuperação e/ou restauração dessas áreas, pode acontecer de forma natural ou por meio de técnicas que acelerem ou iniciem o processo de recuperação, tais técnicas fazem-se necessárias quando tais áreas se encontram sob pressão de grandes impactos antrópicos.

A regeneração natural depende de mecanismos que potencializem e viabilizem o ingresso e o estabelecimento de novas espécies e indivíduos, como o regime hidrológico e o banco de sementes, ao qual fazem parte do potencial de regeneração nos instantes iniciais de sucessão ecológica (AVILA *et al.*, 2013; BARBOSA *et al.*, 2012). O reestabelecimento de comunidades vegetais para a regeneração natural pode ser realizado a partir da chuva de sementes e do banco de sementes presentes no sedimento do ambiente (GRILLAS *et al.*, 1993; BAKKER *et al.*, 2013; KAPLAN *et al.*, 2014; THOMAZ *et al.*, 2015).

A chuva de sementes é a entrada de sementes de forma natural no ambiente durante um período, influenciando fortemente na dinâmica e composição das comunidades (SOUZA *et al.*, 2014). Já o banco de sementes é definido como o estoque de sementes que estão presentes em um solo, devido ao processo de dispersão, realizado tanto por fatores abióticos, como a água e o vento, quanto por fatores bióticos, feito por animais, (CAMPOS *et al.*, 2009; BARBOSA *et al.*, 2012). Esse banco atua como preditor inicial da vegetação após distúrbios naturais, antrópicos, ou condições hidrológicas específicas, justamente por ser o formador do banco de plântulas nas fases iniciais da sucessão ecológica, contendo dessa forma, espécies vegetais pioneiras (BAKKER *et al.*, 2013; KAPLAN *et al.*, 2014; THOMAZ *et al.*, 2015).

Assim, é proposta a regeneração natural dos ecossistemas. Porém se no banco de sementes não tiver a(s) espécie(s) desejada(s) para a restauração, pode-se introduzir artificialmente sementes destas espécies, a fim de realizar a restauração com êxito (NISHIHIRO *et al.*, 2006). Portanto, se devem realizar estudos sobre a germinação, crescimento e desenvolvimento de uma determinada espécie, para fins de recuperação da vegetação de áreas degradadas. Como relatado por Nishihiro *et al.* (2006), estudos experimentais e em campo sobre germinação e crescimento, podem ajudar a projetar condições apropriadas para revegetação.

Além disso, existem outras técnicas de manejos visando à recuperação de áreas úmidas, no qual envolvem a remoção de sedimentos para restaurar a hidrologia natural dos sistemas, eliminar pesticidas persistentes, remover plantas exóticas e invasoras do banco de sementes, remover alguma vegetação existente que impede o banco de sementes contribuir para o crescimento da vegetação (LAGRANGE, 2010; KIEHL e WAGNER, 2006; CONSTANCE *et al.*, 2007; KIEHL *et al.*, 2006). Após ocorrer a restauração da hidrologia e geomorfologia dessas áreas, elas podem se recuperar através da dispersão natural e recrutamento do novo banco de sementes (GALATOWITSCH e VAN DER VALK, 1996). Assim, através das novas condições, se define a composição das plantas aquáticas nesse ambiente, uma vez que a

estrutura das comunidades aquáticas é determinada principalmente pelo regime hidrológico do ambiente (MALTCHIK *et al.*, 2007).

Porém, alguns desses processos de recuperação de áreas úmidas, podem demorar a se desenvolverem, tanto de forma natural, quanto artificial. Dessa forma, é relevante conhecer os fatores limitantes para o estabelecimento das sementes das espécies de plantas aquáticas e averiguar o potencial de espécies de plantas aquáticas que são tolerantes a fatores ambientais oscilantes, como regime hidrológicos e temperaturas, para possível recuperação natural e imediata dessas áreas úmidas perdidas ou degradadas. Uma vez que essas áreas úmidas podem exibir hidroperíodos altamente variáveis, podendo afetar a temperatura e condições de luz durante diferentes fases de alagamento (FERNÁNDEZ-ZAMUDIO *et al.*, 2017).

A sazonalidade do hidroperíodo e temperatura variam de acordo com as regiões. No Sul do Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul, no inverno, a temperatura é baixa, em média é 13°C, e o hidroperíodo é maior quando comparado a outras estações devido ao aumento de chuvas e diminuição da evapotranspiração, porém no verão, as temperaturas mais altas, em média de 24°C, resultam em períodos de seca em algumas áreas úmidas ocorrem longos períodos de secas (EMBRAPA, 2019). Porém essas variações sazonais estão sendo potencializadas por mudanças climáticas e antrópicas, ocasionando variações que as espécies podem não estarem adaptadas. Desse modo, questiona-se como diferentes plantas aquáticas reagem a determinadas condições de variações de hidroperíodo e temperatura.

1.2 Macrófitas aquáticas

A primeira definição do termo macrófitas aquáticas foi feita por Weaner e Clements (1938), no qual definiram macrófitas aquáticas como um conjunto de espécies herbáceas que se desenvolvem em solos saturados de água. Irgang e Gastal (1996) definiram esse grupo como vegetais visíveis a olho nu, cujas partes fotossintetizantes estão parcial ou totalmente submersas ou flutuantes em água salobra ou doce. Esses organismos estão presentes em todos os ecossistemas aquáticos, variando somente a sua composição de acordo com as características desse ambiente (IRGANG e GASTAL, 1996).

As macrófitas aquáticas são os principais integrantes de áreas úmidas, sendo essenciais na dinâmica desses ecossistemas, pois constituem a principal comunidade produtora da biomassa, podendo interferir de diferentes maneiras em seu funcionamento (ESTEVES, 2011; ROLON *et al.*, 2011). Servem como fonte de alimento e abrigo para diversos organismos aquáticos, assim, tendo papel fundamental na heterogeneidade desses ecossistemas, podendo influenciar na abundância e riqueza de outros organismos como zooplâncton, invertebrados,

peixes e aves aquáticas (CRONK e FENNESSY, 2001; ROLON *et al.*, 2011). Além das macrófitas aquáticas atuarem como produtores primários, esses organismos participam da ciclagem e estocagem de nutrientes, controle da poluição e da eutrofização artificial em áreas úmidas (ESTEVES, 2011; HARI *et al.*, 2006; SCHNEIDER *et al.*, 2012).

O grau de tolerância das espécies a eventos de variação hidrológica determina a estrutura das comunidades de macrófitas aquáticas (MALTCHIK *et al.*, 2007). Assim, o tempo de inundação é um importante agente de estabilidade biológica em áreas úmidas, uma vez que, as inundações podem comprometer a penetração da luz e a capacidade das plantas alcançarem a superfície (CASANOVA e BROCK, 2000; MALTCHIK *et al.*, 2007). Dessa forma, quando ocorrem mudanças nas variações sazonais de fatores ambientais das áreas úmidas, devido a intensas chuvas, temperaturas altas ou baixas, as assembleias de macrófitas aquáticas também são afetadas, influenciando diretamente nas respostas populacionais, devido a mudanças causadas no padrão sazonal de níveis de água, hidroperíodos e de temperaturas (JUNK e PIEDADE, 1993; CAMARGO e ESTEVES, 1996; FINLAYSON, 2005).

As macrófitas aquáticas dependendo dos autores, podem ser classificadas de acordo com seu grupo ecológico podendo ser divididas em: 1) macrófitas aquáticas submersas enraizadas, no qual são enraizadas no sedimento e crescem totalmente submersas a água; 2) submersas livres, onde permanecem flutuando na água, não estando enraizadas; 3) enraizadas com folhas flutuantes, plantas enraizadas no sedimento e folhas flutuando na coluna da água; 4) flutuantes livres, que permanecem flutuando com as raízes abaixo do nível da superfície da água; 5) emersas, enraizadas no sedimento e com folhas fora da água; flutuantes, são as que flutuam na coluna da água; 6) anfíbias, no qual são encontradas na interface entre o ambiente aquático e terrestre; e 7) epífitas, espécies que se estabelecem e se desenvolvem sobre indivíduos de espécies flutuantes (ESTEVES, 2011; PEDRALLI, 1990).

Dentre as espécies de macrófitas aquáticas, está a espécie *Ludwigia multinervia* (Hook. & Arn.) Ramamoorthy (figura 1). No Brasil, espécies de *Ludwigia* são usadas como ornamentais em lagos ou tanques, enquanto algumas podem ser pioneiras em ambientes aquáticos, além de possuírem propriedades medicinais, e serem agentes importantes no processo de polinização nos ecossistemas, podendo intervir no processo de colonização de uma área por outras espécies (BUSCHINI *et al.*, 2009; CHAI *et al.*, 2015; DALMAZZO e VOSSLER, 2015; KISSMANN e GROTH, 2000; MABOU *et al.*, 2016).

Os frutos e sementes das espécies de *Ludwigia* possuem grande flutuação em áreas alagadas, e assim podem ser facilmente dispersos, e conseqüentemente conseguem colonizar uma ampla área a partir da planta mãe (RUAUX *et al.*, 2009). A espécie *L. multinervia* da

família Onagraceae, no Brasil, é encontrada apenas nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (PESAMOSCA e BOLDRINI, 2015; FLORA DO BRASIL, 2020). Essa espécie é característica por formar grandes arbustos muito ramificados e folhosos em valas na beira da estrada (figura 2; 3), sendo considerada uma macrófita aquática anfíbia (ESTEVES, 2011).

No sul do Brasil, essa espécie é frequente e abundante em áreas inundadas, sendo assim, de relevância ecológica nesses ecossistemas (FLORA DO BRASIL, 2020). Tal espécie coloniza ambientes perturbados hidrológicamente, sendo considerada uma espécie tolerante e oportunista. Dessa forma, é uma espécie interessante de ser estudada para avaliar seu potencial como colonizadora e facilitadora de regeneração de áreas úmidas.



Figura 1: Exemplar da espécie *Ludwigia multinervia* (Hook. & Arn.) Ramamoorthy. Fonte: Produzido pelo pesquisador (2019).



Figura 2: Exemplar com ramificações da espécie *Ludwigia multinervia* (Hook. & Arn.) Ramamoorthy. Fonte: Produzido pelo pesquisador (2019).



Figura 3: Círculos vermelhos mostram arbustos folhosos e ramificados da espécie *Ludwigia multinervia* (Hook. & Arn.) Ramamoorthy em valas na beira da estrada. Fonte: Produzido pelo pesquisador (2019).

1.3 Germinação de sementes

A germinação de sementes é a etapa mais importante no desenvolvimento de uma planta e para o seu estabelecimento no ambiente (PENFIELD, 2017). Porém, essa etapa, depende da combinação de características tanto das sementes quanto de fatores ambientais (BEWLEY *et al.*, 2012). A água, temperatura, luz e oxigênio são os principais fatores ambientais que regulam o processo inicial de germinação (BASKIN e BASKIN, 2014).

A temperatura apresenta papel essencial na germinação, pois exerce influência na atividade de absorção de água, regulando processos bioquímicos e fisiológicos, como a permeabilidade da membrana, que melhora a atividade enzimática e aumenta o metabolismo respiratório, portanto, aumentando a porcentagem de germinação (BEWLEY *et al.*, 2012; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). A água também apresenta papel essencial no processo de germinação. Durante esse processo, a absorção de água facilita a ruptura do tegumento, a difusão gasosa e a emergência da radícula, além de proporcionar a ativação de sistemas enzimáticos e difusão de hormônios, desenvolvendo-se assim a digestão, a translocação e a assimilação de reservas, resultando no crescimento do embrião (MARCOS-FILHO, 1986).

Como apresentado anteriormente, o oxigênio também é um processo que regula a germinação, e esse fator pode ser influenciado pelo alagamento. As inundações periódicas causam alterações entre condições aeróbicas, hipóxicas ou anóxicas, assim as plantas que toleram alagamentos, possuem adaptações morfoanatômicas e fisiológicas para suportar essas condições impostas pelas inundações (KOZLOWSKI, 1997; DAT *et al.*, 2004). Uma dessas adaptações é a redução na fotossíntese, devido ao fechamento estomático (PIEDEDE *et al.*, 2000; MAURENZA *et al.*, 2012) e até mesmo redução nas taxas de respiração e seu metabolismo (PIEDEDE *et al.*, 2000; ARMBRUSTER *et al.*, 2004).

Na germinação, as sementes podem ser submetidas a períodos muito variáveis de inundação, assim, sementes germinadas em períodos longos de inundações, podem ter reservas energéticas insuficientes para sustentar o metabolismo básico até a inundação retroceder, o que pode ameaçar a viabilidade dessas sementes (BASKIN e BASKIN, 2014; MELO *et al.*, 2015), e seu crescimento radicular. A tolerância a essas condições varia de acordo com o tempo de exposição ao alagamento e nível da coluna da água (FERREIRA *et al.*, 2006). Entretanto, mesmo as espécies adaptadas a esses ambientes inundáveis podem ter redução na sua taxa de crescimento, devido a períodos anormalmente secos ou com inundações de longo período, fugindo do padrão sazonal que essas espécies estão adaptadas (PEZESHKI, 2001; PAROLIN *et al.*, 2010).

Estudos já analisaram o efeito do alagamento em algumas espécies. Como visto por Sánchez-García *et al.* (2017), que ao analisar a germinação em condições úmidas e saturadas de sete espécies nativas de áreas úmidas do golfo do México, verificaram que cada espécie respondia de forma diferente, tendo espécies tolerantes e não tolerantes a inundação. Esse comportamento foi observado também por Melo *et al.* (2015), que ao analisar sob condições de saturação e insaturação, a germinação e o crescimento de plântulas, de oito espécies de árvores de florestas úmidas da Amazônia, verificaram que *Pseudobombax munguba* não é tolerante à inundação de longa duração, já *Eugenia inundata*, *Genipa americanae* *Simaba guianensis*, possuem uma alta capacidade de germinar e formar mudas na água, visto pela sua sobrevivência ao longo período de inundação, ou seja, cada espécie vai responder de maneira diferente a inundação.

Para obter um melhor resultado de germinação em menor período, existem temperaturas ótimas para germinação, onde se tem uma faixa de temperatura mais adequada para cada espécie. Sendo que temperaturas muito altas ou baixas podem afetar negativamente o processo de germinação, ocasionando a morte do embrião (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012; GEHLING *et al.*, 2017). Como observado por Wagner e Oplinger (2017), onde sementes de *Juncus balticus*, *J. ensifolius* e *J. tenuis*, apresentaram germinação baixa em temperaturas muito altas, de 32 a 38°C, e, em temperaturas de 15 a 27°C, germinação alta, conforme relatado pelo autor. Gehling *et al.* (2017) também observaram temperaturas ótimas em seus experimentos, onde foi encontrada a temperatura ótima de 18 a 26°C, para a germinação de tomateiro. Porém, foi visto que em temperaturas baixas (18 e 20°C), o vigor das sementes de tomateiro é afetado.

Entretanto, condições estressantes causadas por hidroperíodos, temperaturas altas ou baixas diferentes da variação sazonal, podem limitar não só a germinação de sementes, mas também o desenvolvimento, crescimento e estabelecimento das plântulas (ZEHRA e KHAN 2007). Como visto por Ferreira *et al.* 2006, que ao analisarem a submersão das sementes na inundação e avaliarem a germinação e a produção de plântulas de uma espécie tolerante a inundação (*Himatanthus sucuuba*), verificaram que a germinação não foi afetada significativamente pela submersão da semente a inundação, entretanto, somente 84% das sementes germinadas formaram plântulas. Melo *et al.* 2015, também mostram resultados semelhantes, que ao analisar a germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas em reposta a submersão na água de oito espécies de florestas úmidas da Amazônia, verificaram que a espécie *Crataeva tapia* não apresentou sua germinação afetada pela submersão na água, ao contrário das espécies *Simaba guianensis* e *Pseudobombax munguba* que apresentaram

diminuição na germinação, entretanto a submersão na água reduziu a formação de plântulas dessas três espécies.

Para junto, existe um fator importante para avaliar a qualidade das plântulas oriundas da germinação de sementes, bem como o potencial de desenvolvimento no campo e ocupação de áreas degradadas. Esse fator é a análise da clorofila que indica à eficiência fotossintética, sendo está ligada ao crescimento e desenvolvimento das plantas e consequentemente a adaptabilidade das mesmas a diversos ambientes (BARRETO *et al.*, 2018).

A utilização de sementes para restauração de áreas úmidas é pouco comum (KAREN e KEVIN, 2008; MAUCHAMP e MÉSLEARD, 2001), pois existem diversos fatores que podem afetar a germinação e, consequentemente, determinar o estágio de dormência das espécies (BASKIN e BASKIN, 2014). A comunidade vegetal aquática é dependente da germinação de sementes para se restaurar, principalmente quando a recuperação por meio de propágulos vegetativos é limitada, porém os bancos de sementes utilizados para a restauração, muitas vezes não resistem a períodos muito longos de seca e a altas temperaturas (GRILLAS *et al.*, 1993; FERNÁNDEZ-ZAMUDIO *et al.*, 2017). A seca nessas áreas úmidas pode ser um fator para a maioria das sementes saírem do seu estágio de dormência, para que posteriormente, na fase alagada, aconteça a germinação (BONIS *et al.*, 1995; BASKIN e BASKIN, 2014; CARTA, 2016).

As variações sazonais que ocorrem em áreas úmidas, tais como oscilações de temperatura e hidroperíodo, podem alterar a resposta de dormência e germinação de sementes e estabelecimento de plântulas de macrófitas aquáticas. Assim, estudos sobre a germinação de sementes e desenvolvimento inicial são importantes para o entendimento do estabelecimento das plântulas, sucessão, regeneração natural e reabilitação de áreas degradadas (LABOURIAU 1983; GOMES e FERNANDES 2002). Além de ser um passo para entender melhor a composição e a estrutura de uma determinada comunidade (BASKIN e BASKIN 2014), podendo ainda fornecer informações sobre a qualidade fisiológica da semente.

Apesar de sua grande importância ecológica e social, as áreas úmidas vêm sofrendo influência tanto de impactos antrópicos diretos (e.g. drenagem, contaminação, fragmentação), quanto indiretos (e.g. mudanças climáticas). Assim, entender como a germinação e estabelecimento inicial de macrófita aquática ocorrem em condições de variação de temperatura e hidroperíodo pode auxiliar a compreender como esse ecossistema reage a tais condições e subsidiar a recuperação de áreas úmidas degradadas.

2. Objetivo geral

Analisar a influência da temperatura e do hidroperíodo na germinação, crescimento inicial e os teores de clorofila e carotenoides de plântulas de *Ludwigia multinervia*.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar a influência da temperatura de 24°C e 13°C e de diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias) na porcentagem de germinação, velocidade de germinação e índice de velocidade de germinação de *L. multinervia*.

- Avaliar a influência da temperatura de 24°C e 13°C e de diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias) no crescimento da parte aérea, raiz e inicial total de plântulas de *L. multinervia*.

- Avaliar a influência da temperatura de 24°C e 13°C e de diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias) nos teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides de plântulas de *L. multinervia*.

3. Referências Bibliográficas

ARMBRUSTER, N.; MULLER, E.; PAROLIN, P. Contrasting responses of two Amazonian floodplain trees to hydrological changes. **Ecotropica** 10, 73–84. 2004.

AVILA, A. L.; ARAUJO, M. M.; GASPARIN, E.; LONGHI, S. J. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil. **Cerne**, v. 19, n. 4, p. 621–628. 2013.

BAKKER, E. S.; SAMEEL, J. M.; GULATI, R. D.; LIU, Z.; VAN DONK, E. Restoring macrophyte diversity in shallow temperate lakes: biotic versus abiotic constraints. **Hydrobiologia**. 710, 23-37. 2013.

BARBOSA, J. M.; *et al.* Ecologia da Dispersão de Sementes em Florestas Tropicais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2a ed. Viçosa, MG: Editora UFV. p. 85–106. 2012.

BARRETO, B. B.; HEFLER, S. M.; MARTINAZZO, E. G.; COLARES, I. G. **GERMINATION AND INITIAL GROWTH OF SESBANIA PUNICEA (Cav.)Benth.: INFLUENCE OF SALINITY, FLOODING AND LIGHT**. Revista Árvore. 2018.

BASKIN, C.C.; BASKIN, J. M. **Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination, second ed.** Elsevier/Academic Press, San Diego, CA, USA. 2014.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K.; HILHORST, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. Springer Science & Business Media. 2012.

BONIS, A.; LEPART, J.; GRILLAS, P. Seed bank dynamics and coexistence of annual macrophytes in a temporary and variable habitat. **Oikos** 74:81–92. 1995.

- BUSCHINI, M. L. T.; RIGON, J.; CORDEIRO, J. Plants used by *Megachile (Moureapis)* sp. (Hymenoptera: Megachilidae) in the provisioning of their nests. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 1, p. 1187-1194. 2009.
- CAMARGO, A. F. M.; ESTEVES, F. A. Influence of water level variation on biomass and chemical composition of the aquatic macrophyte *Eichhornia azurea* (Kunth) in an oxbow lake of the Rio Mogi-Guaçu (São Paulo, Brazil). **Archiv für Hydrobiologie**, 135(3): 423-432. 1996.
- CAMPOS, E. P.; *et al.* Chuva de sementes em Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 2, p. 451–458. 2009.
- CARTA, A. Seed regeneration in Mediterranean temporary ponds: germination ecophysiology and vegetation processes. **Hydrobiologia** 782:23–35. 2016.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: Funep. 590p. 2012.
- CASANOVA, M. T; BROCK, M. A. How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities? **Plant Ecology**. 147 (2): 237-250. 2000.
- CHAI, T. T.; OOH, K. F.; QUAH, Y.; WONG, F. C. Edible freshwater macrophytes: a source of anticancer and antioxidative natural products—a minireview. **Phytochemistry Reviews**, v. 14, n. 3, p. 443-457. 2015.
- CONSTANCE, H. E.; FRASER, L. H.; KERSHNER, M. W.; SZALAY, F. A. Plant community establishment in a restored wetland: effects of soil removal. **Appl. Veg. Sci.** 10, 383–390. 2007.
- CRONK, J. K.; FENNESSY, M. S. Wetland plants: biology and ecology. Boca Raton, **Lewis Publisher**, 482 p. 2001.
- DAT, J. F.; FOLZER, N. C. H.; BOURGEADE, P.; BADOT, P. M. Sensing and signalling during plant flooding. **Plant Physiology and Biochemistry**, 42: 273–282. 2004.
- DALMAZZO, M.; VOSSLER, F. G. Assessment of the pollen diet in a wood-dwelling Augochlorine bee (Halictidae) using different approaches. **Apidologie**, v. 46, n. 4, p. 478-488. 2015.
- EMBRAPA. 2019. Disponível em: <http://agromet.cpact.embrapa.br/>
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência, Rio de Janeiro. 2011.
- FERNÁNDEZ-ZAMUDIO, R.; GARCÍA-MURILLO, P.; DÍAZ-PANIAGUA. Effect of pond filling season on aquatic plants. **Journal of Plant Ecology** VOLUME 11, NUMBER 3, PAGES 502–510. 2017.

- FERREIRA, C. S.; PIEDADE, M. T. F.; BONATES, M. T. F. Germinação de sementes e sobrevivência de plântulas de *Himatanthus sukuuba* (Spruce) Wood. em resposta ao alagamento, nas várzeas da Amazônia Central. **Acta amazônica**. VOL. 36(4): 413 – 418. 2006.
- FINLAYSON, C.M. Plant ecology of Australia's tropical floodplain wetlands: a review. **Ann. Bot.** 96: 541-555. 2005.
- FLORA DO BRASIL 2020 em construção. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 18 Jun. 2018.
- GALATOWITSCH, S. M.; VAN DER VALK, A. G. The vegetation of restored and natural prairie wetlands. **Ecol. Appl.** 6, 102–112. 1996.
- GEHLING, V. M.; *et al.*. Physiological performance of seed and seedling of tomato under different temperatures. **Sci. Agrar.** Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 1, jan./mar., p. 32-38. 2017.
- GETZNER, M. Investigating Public Decisions about Protecting Wetlands. **Journal of Environmental Management** 64(3):237–46. 2002.
- GOMES, V. E.; FERNANDES, S. G. W. Germinação de aquênios de *Baccharis dracunculifolia* D. C. (Asteraceae). **Acta Botânica Brasilica**, 16: 421-427. 2002.
- GOPAL, B.; JUNK, W. J. Biodiversity in wetlands: an introduction. In: Gopal, B.; Junk, W. J.; Davies, J. A. (eds) **Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation**. Backhuys, Leiden, pp 1–10. 2000.
- GRILLAS, P.; *et al.*. Submerged macrophyte seed bank in a Mediterranean temporary marsh: abundance and relationship with established vegetation. **Ecologic** 94:1–6. 1993.
- HARI, R.; LIVINGSTONE, D.; SIBER, R.; BURKHARDT-HOLM, P.; GUTTINGER, H. Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in alpine rivers and streams. **Glob Chang Biol** 12(1):10–26.2006.
- IRGANG, B. E.; GASTAL, C. V. S. **Plantas aquáticas da planície costeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1996. 290p. il. (edição dos autores).
- JUNK, W. J.; *et al.*. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.** 24: 5–22. 2014.
- JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Avanços e Conquistas Recentes. **Boletim ABLimno**, 41(2), 20-24. 2015.
- JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. Biomass and primary–production of herbaceous plant communities in the Amazon floodplain. **Hydrobiologia**, 263: 155- 162. 1993.

- JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; SCHONGART, J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J. M.; WITTMANN, F. A classification of major naturally occurring Amazonian lowland wetlands. **Wetlands**. 31: 623–640. 2011.
- KAPLAN, Z.; SUMBEROVÁ, K.; FORMANOVÁ, I. DUCHACEK, M. Re-establishment of an extinct population of the endangered aquatic plant *Potamogeton coloratus*. **Aquatic Bot.** 119, 91-99. 2014.
- KAREN, K.; KEVIN, R. Reed clonal characteristics and response to disturbance in a semi-arid river. **Aquatic Botany**. 88, 47–56. 2008.
- KIEHL, K.; THORMANN, A.; PFADENHAUER, J. Evaluation of initial restoration measures during restoration of calcareous grasslands on former arable fields. **Restor. Ecol.** 14, 148–156. 2006.
- KIEHL, K.; WAGNER, C. Effect of hay transfer on long term establishment of vegetation and grasshoppers on former arable fields. **Restor. Ecol.** 14, 157–166. 2006.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed, São Paulo: BASF, 726p. 2000.
- KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, n. 1, p. 1-29. 1997.
- LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Washington. 1983.
- LAGRANGE, T. G. Wetland Program Plan for Nebraska. **Nebraska Game and Parks Commission**, Lincoln, NE, 65 pp. 2010.
- MABOU, F. D.; TAMOKOU, J. D.; NGNOKAM, D.; VOUTQUENNE-NAZABADIOKO, L.; KUIATE, J. R.; BAG, P. K. Complex secondary metabolites from *Ludwigia leptocarpa* with potent antibacterial and antioxidant activities. **Drug Discoveries & Therapeutics**, v. 10, n. 3, p. 141-149. 2016.
- MALTCHIK, L.; ROLON, A. S.; SCHOTT, P. Effects of hydrological variation on the aquatic plant community in a floodplain palustrine wetland of southern Brazil. **Limnology**, v. 8, n. 1, p. 23–28, 2007.
- MARCOS-FILHO, J. Germinação de sementes. In: **Semana de atualização em produção de sementes**, 1, Piracicaba. Trabalhos apresentados. Campinas: Fundação Cargill. p. 11-39. 1986.
- MAUCHAMP, A., MÉSLEARD, F. Salt tolerance in *Phragmites australis* populations from coastal Mediterranean marshes. **Aquatic Botany**. 70, 39–52. 2001.
- MAURENZA, D.; MARENCO, R. A.; PAROLIN, P.; PIEDADE, M. T. F. Physiological responses to flooding and light in two tree species native to the Amazonian floodplains. **Aquatic Botany**. 96 (2012) 7–13. 2012.

- MELO, R. B.; FRANCO, A. C.; SILVA, C. O.; PIEDADE, M. T. F.; FERREIRA, C. S. Seed germination and seedling development in response to submergence in tree species of the Central Amazonian floodplains. **AoB PLANTS**. 7: plv041. 2015.
- NISHIHIRO, J.; NISHIHIRO, M. A.; WASHITANI, I. Restoration of wetland vegetation using soil seed banks: lessons from a project in Lake Kasumigaura, Japan. **Landscape Ecol Eng** pag. 171–176. 2006.
- PAROLIN, P.; LUCAS, C.; PIEDADE, M. T. F.; WITTMANN, F. Drought responses of flood-tolerant trees in Amazonian floodplains. **Annals of Botany** 105: 129–139. 2010.
- PEDRALLI, G. 1990. Macrófitos aquáticos: técnicas e métodos de estudos. **Estudos de Biologia** 26: 5-24.
- PENFIELD, S. **Seed dormancy and germination**. Current Biology. 27:853-909. 2017.
- PESAMOSCA, S. C.; BOLDRINI, I. I. **O gênero *Ludwigia* L. (Onagraceae) no Rio Grande do Sul, Brasil**. Teses e Dissertações defendidas na UFRGS. Repositório digital da UFRGS. 2015.
- PEZESHKI, S. R. Wetland plant responses to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany** 46(3): 299–312. 2001.
- PIEADADE, M.T.F.; JUNK, W.J.; PAROLIN, P. The flood pulse and photosynthetic response of trees in a white-water floodplain (Várzea) of the Central Amazon, Brazil. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** 27, 1734–1739. 2000.
- PINGALI, P. L. 1995. Impact of pesticides on farmer health and rice environment. **Natural Resource Management and Policy**. International Rice Research Institute. 676p.
- ROLON, A. S.; ROCHA, O., MALTCHIK, L. Diversidade de Macrófitas Aquáticas Do Parque Nacional Da Lagoa Do Peixe. **Neotropical Biology and Conservation** 6(1):5–12. 2011.
- RUAUX, B.; GREULICH, S.; HAURY, J.; BERTON, J. P. Sexual reproduction of two alien invasive *Ludwigia* (Onagraceae) on the middle Loire River, France. **Aquatic Botany**, v. 90, n. 1, p. 143-148. 2009.
- SÁNCHEZ-GARCÍA, E. A.; RODRÍGUEZ-MEDINA, K.; CASASOLA-MORENO, P. Effects of Soil Saturation and Salinity on Seed Germination in Seven Freshwater Marsh Species from the Tropical Coast of the Gulf of Mexico. **Aquatic Botany**. 2017.
- SCHNEIDER, S.C.; LAWNICZAK, A.E.; PICÍNSKA, F. J.; SZOSZKIEWICZ, K. Do macrophytes, diatoms and non-diatom benthic algae give redundant information? Results from a case study in Poland. **Limnologia**. Volume 42, Issue 3. Pages 204-211. 2012.
- SOUZA, J. T, FERRAZ, E. M. N., ALBUQUERQUE, U. P. ARAÚJO, E. L. Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate. **Plant Biology**, v. 16, p. 748-756. 2014.

- THOMAZ, S. M.; MORMUL, R. P.; MICHELAN, T. S. Propagule pressure, invasibility of freshwater ecosystems by macrophytes and their ecological impacts: a review of tropical freshwater ecosystems. **Hydrobiologia**. 746, 39-59. 2015.
- WAGNER, E. J.; OPLINGER, R. W. Effect of overwinter hydration, seed storage time, temperature, and photoperiod on germination of some Carex, Juncus, and Alopecurus species. **Aquatic Botany**. 137, 39–49. 2017.
- WEANER, J.E.; CLEMENTS, F.E. **Plant Ecology**. New York: McGraw Hill, 1938.
- ZEHRA, A. E.; KHAN M. A. Comparative effect of NaCl and sea salt on germination of halophytic grass Phragmites karka at different temperature regimes. **Pak. J. Bot.**, 39: 1681-1694. 2007.

CAPÍTULO 1

Influência da temperatura e hidroperíodo na germinação de sementes, crescimento inicial e teores de clorofila e carotenoides de plântulas de *Ludwigia multinervia* (Hook. & Arn.) Ramamoorthy

Manuscrito a ser submetido para a revista Aquatic Botany

**Influência da temperatura e do hidroperíodo na germinação de sementes,
crescimento inicial e teores de clorofila e carotenoides de plântulas de *Ludwigia
multinervia* (Hook. & Arn.) Ramamoorthy**

Mikael Luiz Morales Pereira^{1*}; Ana Silvia Rolon²

¹ Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais. Av. Itália, Km, Campus Carreiros, 96201-900, Rio Grande, RS - Brasil.

² Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais. Av. Marechal Floriano Peixoto nº 2236, Centro, 96170-000, São Lourenço do Sul, RS – Brasil.

*Autor para correspondência: mikaaelluiz@gmail.com

Resumo: As áreas úmidas estão cada vez mais sendo degradadas ou perdidas, entretanto as macrófitas aquáticas podem ter a capacidade de regenerar e recuperar esses ambientes. Porém, o desenvolvimento e estabelecimento dessas espécies podem ser afetados pela temperatura e hidroperíodo. Com isso, o objetivo desse estudo foi analisar a influência de diferentes temperaturas e hidroperíodos na germinação, crescimento e teores de clorofila e carotenoides de plântulas de *Ludwigia multinervia*. Para isso, foi realizada a coleta e triagem das sementes, e posteriormente submetidas a diferentes experimentos, com diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias), considerando temperaturas de 13°C e 24°C. Ambos os experimentos foram realizados em uma BOD, com 12h claro e 12h escuro, e feita a contagem de germinação de 2 em 2 dias, durante 21 dias. Os resultados mostraram que a germinação no experimento com a temperatura de 13°C, foi menor em relação ao experimento da temperatura de 24°C. O crescimento não ocorreu no experimento com a temperatura de 13°C. A germinação do experimento com a temperatura de 24°C, o hidroperíodo de 21 dias apresentou maior germinação e maior vigor da semente. Conclui-se nesse estudo que a temperatura de 24°C é excelente para a germinação.

Palavras-chave: Plantas aquáticas, alagamento, fatores abióticos, áreas úmidas, revegetação

1. Introdução

As áreas úmidas são ecossistemas permanentemente ou periodicamente inundados por água rasas salobras, doces, salgadas, ou solos encharcados, podendo ser naturais ou artificiais (Junk *et al.*, 2014). Essas áreas são essenciais para a conservação da biodiversidade, pois permitem o estabelecimento de fauna e flora diversa, além de ter alta produtividade, apresentando diversos serviços ecossistêmicos, como regulação de microclimas, e armazenagem e purificação de água (Junk e Piedade, 2015; Schriver, 2015).

Entretanto, a elevada transformação nas formas de uso da terra nessas áreas, como drenagem pela agricultura e pecuária, poluição por esgotos e resíduos domésticos, industriais e de mineração, construção de hidrelétricas, exploração indevida dos recursos naturais, e mudanças do clima global, contribuem para a degradação e perdas desses habitats, o que podem levar a redução da diversidade e mudança na composição de espécies presentes nessa região (Junk *et al.*, 2014). Além disso, as áreas úmidas brasileiras sofrem grandes peculiaridades hidrológicas, devido à grande parte do seu território apresentar distribuição da precipitação fortemente sazonal, ou seja, anualmente uma época chuvosa se alterna com uma época seca (Junk e Piedade, 2015).

A regeneração natural desses ecossistemas depende de mecanismos que potencializem e viabilizem o ingresso e o estabelecimento de novas espécies e indivíduos (Avila *et al.*, 2013). Essa regeneração pode ser realizada naturalmente a partir de chuva de sementes, onde acontece a entrada de sementes no ambiente pela ação do vento, água ou animais durante um período, influenciando fortemente na dinâmica e composição das comunidades (Souza *et al.*, 2014). Ou pelo banco de sementes, que está presente no sedimento do ambiente, oriundo da chuva de sementes, pode conter sementes de espécies vegetais pioneiras, as quais são responsáveis pela recuperação dessas áreas após eventos de perturbações (Bakker *et al.*, 2013; Kaplan *et al.*, 2014; Thomaz *et al.*, 2015).

A regeneração natural dos ecossistemas é viabilizada a partir das sementes e das espécies que constituem o banco de sementes. Porém, se o banco de sementes não tiver a(s) espécie(s) desejada(s) para a restauração, pode-se introduzir artificialmente essa(s) espécie(s), a fim de realizar a restauração com êxito (Nishihiro *et al.*, 2006). Assim, estudos experimentais e em campo sobre germinação e crescimento,

1 podem ajudar a projetar condições apropriadas para recuperação de áreas degradadas
2 (Nishihiro *et al.*, 2006).

3 Porém, a germinação e o crescimento podem ser influenciados por diversos
4 fatores, dentre eles estão a temperatura e o regime hidrológico. Temperatura muito
5 altas e/ou baixas, podem afetar o processo de germinação, podendo ocasionar a
6 morte do embrião (Carvalho e Nakagawa, 2012; Gehling *et al.*, 2017). Assim, para
7 obter um melhor resultado de germinação em menor período, existem temperaturas
8 ótimas para germinação, onde cada espécie possui uma faixa de temperatura mais
9 adequada para sua germinação e crescimento, como visto em diversos trabalhos
10 (Bornette e Puijalon, 2011; Gehling *et al.*, 2017; Meng *et al.*, 2016; Oliveira e Gualtieri,
11 2016; Wagner e Oplinger, 2017).

12 Já o regime hídrico com muita variação, pode ameaçar tanto a viabilidade das
13 sementes quanto seu crescimento. Mesmo espécies que estão adaptadas a
14 ambientes aquáticos, quando ocorrem inundações com hidroperíodos muito
15 variáveis, as sementes germinadas em hidroperíodos longos, podem ter reservas
16 energéticas insuficientes para sustentar o metabolismo básico até a inundação
17 retroceder, o que pode ameaçar a germinação e seu crescimento (Baskin e Baskin,
18 2014; Melo *et al.*, 2015; Parolin *et al.*, 2010; Ogorek *et al.*, 2019). Dessa forma,
19 sementes de diversas espécies de plantas aquáticas de áreas úmidas, precisam de
20 um período não inundado para que ocorra a germinação e estabelecimento de
21 plântulas (Ogorek *et al.*, 2019). Além disso, devido a variação no hidroperíodo, a
22 temperatura e condições de luz durante as diferentes fases de alagamento podem
23 ser alteradas. Isso afeta diretamente os estágios iniciais de desenvolvimento das
24 espécies, como a germinação e o crescimento inicial, o que consequentemente
25 influencia respostas populacionais dos organismos presentes nesses ecossistemas
26 (Fernández-Zamudio *et al.*, 2017).

27 As macrófitas aquáticas são integrantes importantes em áreas úmidas, sendo
28 essenciais na dinâmica das áreas úmidas, pois constituem a principal comunidade
29 produtora da biomassa em muitos desses ecossistemas, podendo interferir de diferentes
30 maneiras em seu funcionamento (Rolon *et al.*, 2011). Servem como fonte de alimento e
31 abrigo para diversos organismos aquáticos, assim, tendo papel fundamental na
32 heterogeneidade, podendo influenciar na abundância e riqueza de outros organismos
33 como zooplâncton, invertebrados, peixes e aves aquáticas (Rolon *et al.*, 2011). Além
34 das macrófitas aquáticas atuarem como produtores primários, elas participam da

1 ciclagem e estocagem de nutrientes, controle da poluição e da eutrofização artificial em
2 áreas úmidas (Schneider *et al.*, 2012).

3 Dentre as espécies de macrófitas aquáticas, tem-se a espécie *Ludwigia*
4 *multinervia* (Hook. & Arn.) Ramamoorthy, da família Onagraceae. que no Brasil, é
5 encontrada apenas na porção mais sul, que é composta pelos estados de Santa
6 Catarina e Rio Grande do Sul (Pesamosca e Boldrini, 2015; Flora do Brasil, 2020). As
7 espécies de *Ludwigia* são usadas como ornamentais em lagos ou tanques, enquanto
8 algumas podem ser pioneiras em ambientes aquáticos, além de possuírem
9 propriedades medicinais, e serem agentes importantes no processo de polinização
10 nos ecossistemas, podendo intervir no processo de colonização de uma área por
11 outras espécies (Buschini *et al.*, 2009; Chai *et al.*, 2015; Dalmazzo e Vossler, 2015;
12 Mabou *et al.*, 2016). Os frutos e sementes das espécies de *Ludwigia* possuem grande
13 flutuações em áreas alagadas, e assim podem ser facilmente dispersos, e
14 consequentemente conseguem colonizar uma ampla área a partir da planta mãe
15 (Ruaux *et al.*, 2009). A espécie *L. multinervia* da família Onagraceae, no Brasil, é
16 encontrada apenas nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Pesamosca
17 e Boldrini, 2015; Flora do Brasil, 2020). Essa espécie é característica por formar
18 grandes arbustos muito ramificados e folhosos em valas na beira da estrada, sendo
19 considerada uma macrófita aquática anfíbia (Esteves, 2011).

20 No sul do Brasil, essa espécie é frequente e abundante em áreas inundadas,
21 sendo assim, de relevância ecológica nesses ecossistemas (Flora do Brasil, 2020).
22 Tal espécie coloniza ambientes perturbados hidrológicamente, sendo considerada
23 uma espécie tolerante e oportunista. Dessa forma, é uma espécie interessante de ser
24 estudada para avaliar seu potencial como colonizadora e facilitadora de regeneração
25 de áreas úmidas.

26 Considerando que elevadas extensões de áreas úmidas foram perdidas e
27 degradadas, propor ações de restauração e recuperação dessas áreas e entender
28 os processos e mecanismos envolvidos na recolonização desses ecossistemas
29 fazem-se necessários. Assim, é de suma importância, entender como a germinação
30 e estabelecimento inicial de macrófitas aquáticas ocorrem em condições de variação
31 de temperatura e hidroperíodo, que são fatores determinantes para o seu
32 desenvolvimento nesse ecossistema. Assim pode-se auxiliar a compreender como
33 esse ecossistema reage a tais condições, e a desenvolver estratégias de
34 conservação para áreas úmidas degradadas.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi analisar a influência de diferentes temperaturas e hidroperíodos na germinação, crescimento inicial e teores de clorofila e carotenoides em plântulas de *L. multinervia*. Para tal, verificou-se a influência de duas temperaturas: temperatura de 24°C; temperatura de 13°C e diferentes hidroperíodos, sendo eles: 0; 7; 14; 21 dias de inundação. Partindo do pressuposto de que a temperatura, assim como os hidroperíodos, afetariam a germinação, ou seja, sua porcentagem de germinação, velocidade de germinação e índice de velocidade de germinação; seu crescimento da parte aérea, raiz e inicial total; além de seus teores de clorofila a, b, total e carotenoides dessa espécie, e que tais respostas aos hidroperíodos seriam diferentes entre as temperaturas testadas.

2. Metodologia

2.1 Coleta e triagem das sementes

As sementes de *L. multinervia* foram coletadas em áreas úmidas localizadas no Campus Carreiros da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e proximidades. Essas sementes foram coletadas a partir de frutos padronizados de acordo com sua coloração e estado físico, foram selecionados aqueles que apresentaram coloração marrom e nenhum aspecto de predação, conforme figura 1.



Figura 1: Exemplo da coloração e aspecto físico dos frutos selecionados de *L. multinervia*. Fonte: Produzido pelo pesquisador (2019).

Além das sementes, foram coletados fragmentos das plantas para a confirmação da identificação taxonômica da espécie. Os frutos, para extração das sementes, foram coletados diretamente das plantas em dois períodos, início da primavera

(outubro de 2018) e final do verão (março de 2019), períodos esses de maior frutificação da espécie. Dessa forma, os experimentos descritos a seguir, foram realizados duas vezes logo após as coletas, outubro e março respectivamente. Todos os experimentos foram realizados no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Antes de iniciar os experimentos foi realizada a identificação dos exemplares coletados para confirmar a espécie, utilizando a chave de identificação proposta por Pesamosca e Boldrini, 2015. Após foi realizada a extração e triagem das sementes, com a desinfestação das sementes em água destilada, seguido de solução de hipoclorito de sódio a 1%, durante 30 segundos, e lavadas novamente em água destilada.

Posteriormente, foi verificado o estado fisiológico das sementes pela avaliação da germinação, onde foi feito um teste rápido de germinação. Esse teste foi realizado em caixas tipo gerbox com duas folhas de papéis mata borrão úmidos com 2,5x o peso do papel (Brasil, 2009), contendo 100 sementes cada gerbox, totalizando 4 repetições, em uma temperatura de 24°C e fotoperíodo de 12h claro, 12h escuro. Após percorrido 7 dias, foi feita a contagem da germinação e calculado a porcentagem de germinação dessas sementes. Esse procedimento foi realizado para o experimento de outubro e março, tendo respectivamente as porcentagens de germinação de 92% e 90%.

2.2 Ensaios de germinação de sementes

O teste de germinação foi conduzido em delineamento experimental considerando dois níveis de temperaturas: temperatura de 24 °C, temperatura média de 13 °C (Embrapa, 2018). Em cada temperatura foram testados quatro níveis de hidroperíodos: controle (0 dias de inundação/sem inundação) - com 15 ml de água destilada, quantidade de água necessária para umedecer o papel; e três níveis de alagamento (150 ml de água destilada), com diferentes tipos de hidroperíodos (7, 14 e 21 dias), totalizando quatro níveis de tratamento de hidroperíodo 0, 7, 14 e 21 dias. Para minimizar os efeitos da evaporação, de 2 em 2 dias foi realizado a substituição da água referente aos tratamentos alagados e no tratamento controle foi trocado o substrato e reumidecido para garantir a quantidade adequada de água destilada. Para os tratamentos alagados esse procedimento foi realizado com o auxílio de Becker, funil e papel filtro quantitativo de faixa preta, filtrando a água, e

posteriormente manuseando cuidadosamente as sementes para que não ocorresse nenhum dano, e logo após as sementes foram colocadas ao alagamento novamente. Já para o tratamento controle foi realizada a substituição do papel mata borrão, e posteriormente foram umedecidos.

As sementes foram semeadas em caixas de tipo gerbox com duas folhas de papel mata-borrão, contendo a quantidade de água destilada descrita acima. Cada nível de tratamento hidroperíodo (4 tratamentos) tiveram 8 repetições (oito no mês de outubro e oito no mês de março). Cada repetição continha 100, totalizando 800 sementes em cada combinação entre os tratamentos temperatura e hidroperíodo em cada um dos experimentos realizados em duplicata (outubro e março), totalizando 12800 sementes avaliadas (100 sementes x 8 repetições x 4 hidroperíodos x 2 temperaturas x 2 coletas). Após a semeadura, as caixas de tipo gerbox foram levadas para câmara germinadora (BOD) tendo a temperatura controlada de acordo com seu tratamento e fotoperíodo de 12h claro e 12h escuro (Brasil, 2009). O experimento durou 21 dias, e a semente germinada foi considerada quando obteve 2 mm de protrusão radicular (Brasil, 2009), medida com o auxílio de régua milimétrica.

A contagem de germinação foi realizada de 2 em 2 dias. A partir dos resultados, foram calculados: a porcentagem de germinação (PG); a velocidade de germinação (VG) de acordo com Popinigis (1985); e o índice de velocidade de germinação (IVG) segundo Maguire (1962).

Ao final do teste de germinação, foi realizado um teste a nível de estresse, onde as sementes não germinadas nos tratamentos com hidroperíodos 7, 14 e 21 dias, expostas a temperatura de 13°C, foram colocadas na mesma situação do tratamento controle, para verificar se a não germinação delas é devido ao hidroperíodo. Após esse procedimento, as sementes ainda não germinadas a temperatura de 13°C, foram expostas a temperatura de 24°C, a fim de verificar se a não germinação delas é devido a temperatura.

2.3 Crescimento inicial de plântulas

As medidas de crescimento foram avaliadas utilizando quatro subamostras de 10 plântulas de *L. multinervia* de cada repetição, ao final de cada teste de germinação. O comprimento da parte aérea foi obtido pela medida da distância entre a inserção da porção basal da raiz ao ápice do hipocótilo (descartando os cotilédones), o comprimento da raiz, foi mensurado pela medida da distância entre a

1 parte apical e basal da raiz principal. O crescimento inicial total foi obtido pela soma
2 do comprimento da parte aérea e raiz. Os resultados foram expressos em mm
3 plântula⁻¹.

4 2.4 Extração e quantificação de clorofila e carotenoides

5 A montagem dos experimentos para a extração e quantificação de clorofila,
6 foram realizadas junto ao teste de germinação, onde foram feitos os mesmos
7 procedimentos do teste de germinação descritos acima, utilizando os mesmos
8 tratamentos, e troca de água, porém não foram realizadas a contagem da semente
9 germinada. Para cada tratamento foram realizadas três repetições.

10 A extração foi realizada utilizando a metodologia descrita por Arnon (1949),
11 modificada. Utilizando aproximadamente 0,05g da parte aérea das plântulas (toda
12 porção verde da plântula), fazendo maceração do material vegetal em cadinhos de
13 porcelana com 10ml de acetona 80% sob luz verde. Posteriormente, foi realizada a
14 quantificação por meio de espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 646, 663
15 e 470nm, obtendo valores para a quantificação de clorofila *a*, *b*, total e carotenoides
16 (Arnon, 1949). O conteúdo de clorofila foi expresso em mg g⁻¹ MF⁻¹.

17 2.5 Análises estatísticas

18 Os dados dos dois experimentos (outubro e março) foram agrupados, visto
19 que análises preliminares mostraram que o padrão dos resultados foram os mesmos
20 para ambos experimentos. Para avaliar a normalidade do conjunto de dados foi
21 realizado o Teste de Shapiro-Wilk com os resíduos das análises paramétricas. Após
22 as análises preliminares, constatou-se que apenas a PG respeitava a premissa de
23 normalidade, ou seja, apresentava distribuição normal, sendo assim foi conduzida
24 uma ANOVA fatorial entre os tratamentos para essa variável (R, 2019). As demais
25 variáveis (VG, IVG, crescimento inicial total, conteúdo de clorofila *a*, *b*, total e
26 carotenoides) foram analisadas por meio do teste não paramétrico Kruskal-wallis (R,
27 2019).

28 Posteriormente, a fim de verificar quais fatores analisados diferem entre si,
29 quando necessário foi realizado o teste de comparação múltipla de Nemenyi. Devido
30 a limitação do teste em avaliar os tratamentos de forma conjunta, as análises do
31 hidroperíodo no experimento com a temperatura de 24°C foram realizadas
32 separadamente das de temperatura de 13°C. Posteriormente foram comparados os
33 dados de temperatura de 24°C e 13°C, independentemente dos hidroperíodos.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no ambiente R, e para a realização do teste de comparação múltipla de Nemenyi foi instalado o pacote PMCMR (R, 2019).

3. Resultados

A porcentagem de germinação (PG) de *L. multinervia* em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias) e nas diferentes temperaturas (24°C e 13°C), e a interação entre os fatores hidroperíodo e temperatura estão apresentadas na figura 1. Verificou-se uma interação entre os fatores hidroperíodo e temperatura, ($R^2_{adj} = 0,677$; $DF = 3,120$; $F = 8,74$, $p < 0,001$). Dessa forma, esses fatores influenciaram de forma diferenciada na porcentagem de germinação dessa espécie (figura 1). Entretanto, na temperatura de 24°C, a PG foi maior no hidroperíodo de 21 dias, quando comparada a PG de 7 e 14 dias (figura 1). Já na temperatura de 13°C, a PG não apresentou diferença significativa entre os hidroperíodos, e obteve valores menores de PG, quando comparada a temperatura de 24°C (figura 1).

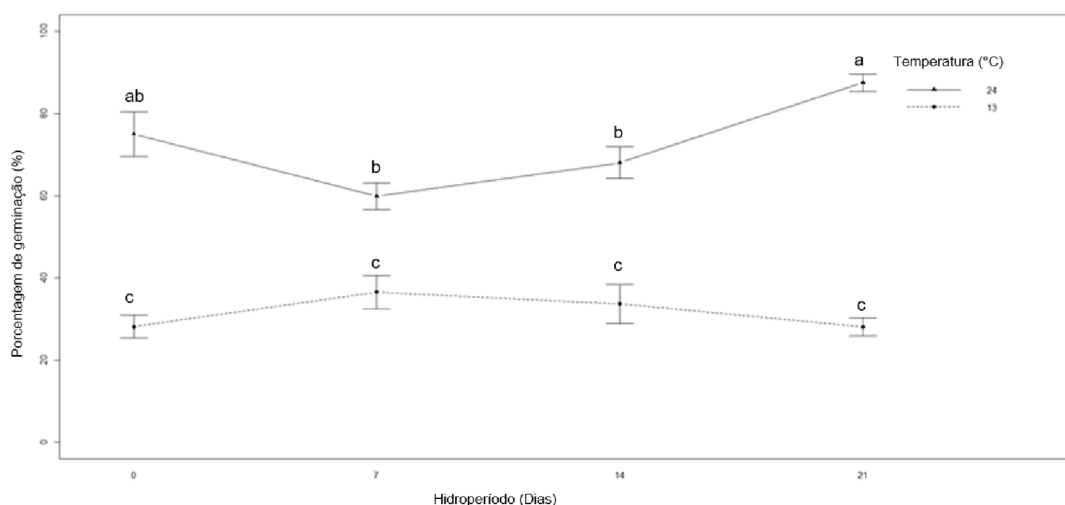


Figura 2: Interação entre a temperatura de 24°C, temperatura de 13°C e diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias), a partir da porcentagem de germinação (%). Médias seguidas de letras iguais = não há diferença significativa entre elas, médias seguidas de letras diferentes = há diferença significativa entre elas.

A velocidade de germinação (VG) de *L. multinervia* foi afetada diferentemente de acordo com os hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias) e temperatura (24°C e 13°C), conforme consta na figura 2. Na temperatura de 24°C o hidroperíodo alterou a VG das sementes ($df = 3$; Chi-squared = 8,0935; $p = 0,044$; figura 2A). Nota-se que no hidroperíodo de 14 dias, a VG foi maior quando comparado ao hidroperíodo de 7 dias ($p = 0,046$; figura 2A).

A VG no experimento com temperatura de 13°C se diferenciou entre os hidroperíodos ($df = 3$; Chi-squared = 8,5551; $p = 0,036$; figura 2B). A VG tendeu a

diminuir conforme o aumento do hidroperíodo, constatando menor VG no tratamento de hidroperíodo de 21 dias, quando comparado ao tratamento controle ($p = 0,04$; figura 2B). Quando comparada a VG das duas temperaturas, independentemente do hidroperíodo, a VG da temperatura de 13°C apresentou VG maior que a temperatura de 24°C ($df = 1$; Chi-squared = 95.166; $p < 0,001$; figura 2C). Na temperatura de 24°C a VG foi inferior a 10 dias em todos os hidroperíodos, enquanto na outra temperatura testada a VG foi superior a 10 em todos os hidroperíodos.

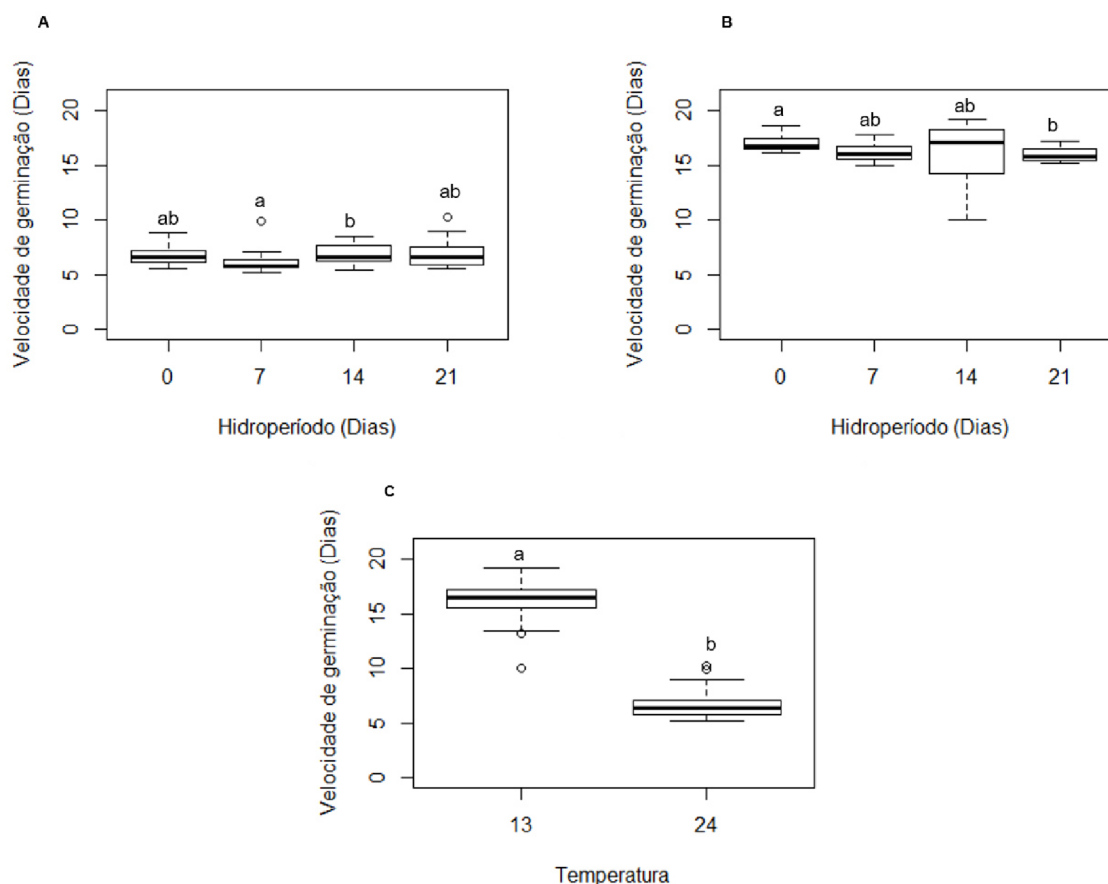


Figura 3: Velocidade de germinação (Dias) de *L. multinervia*. A = Velocidade de germinação do experimento realizado com a temperatura de 24°C em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). B = Velocidade de germinação do experimento realizado com a temperatura de 13°C em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). C = Comparação da velocidade de germinação das duas temperaturas utilizadas, independentemente do hidroperíodo. Médias seguidas de letras iguais = não há diferença significativa entre elas, médias seguidas de letras diferentes = há diferença significativa entre elas.

Os valores de IVG do experimento a 24°C mostraram diferença significativa quando comparados ($df = 3$; Chi-squared = 10.728; $p = 0,013$; figura 3A). O IVG nos hidroperíodos 7 e 14 dias foram inferiores ao de 21 dias ($p = 0,013$ e $p = 0,05$ respectivamente). Os valores do IVG do experimento da temperatura de 13°C , não variaram entre os hidroperíodos, consequentemente não diferiram entre si ($df = 3$; Chi-squared = 3,5294; $p = 0,317$; figura 3B). Quando comparadas o IVG das duas

temperaturas independentemente do hidroperíodo, o IVG da temperatura de 24°C foi maior que o da temperatura de 13°C, apresentando maior vigor das sementes (df = 1; Chi-squared = 95,258; p< 0,001; figura 3C). Na temperatura de 24°C o IVG superior a 5 em todos os hidroperíodos, enquanto na temperatura de 13°C o IVG foi inferior a 5 em todos os hidroperíodos.

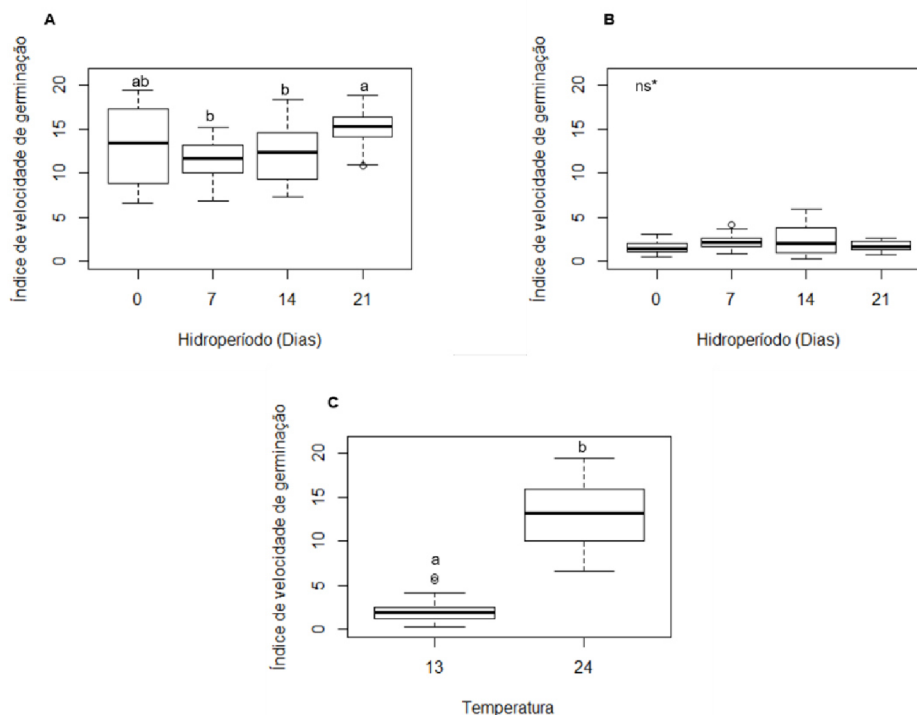


Figura 4: Índice de velocidade de germinação de *L. multinervia*. A = Índice de velocidade de germinação do experimento realizado com a temperatura de 24°C em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). B = Índice de velocidade de germinação do experimento realizado com a temperatura de 13°C em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). C = Comparação do índice de velocidade de germinação das duas temperaturas utilizadas, independentemente do hidroperíodo. Médias seguidas de letras iguais = não há diferença significativa entre elas, médias seguidas de letras diferentes = há diferença significativa entre elas.

As sementes que foram expostas a temperatura de 13°C e seus hidroperíodos 7, 14 e 21 dias, e não germinaram, foram colocadas na mesma condição do tratamento com hidroperíodo de 0 dias (controle). Como as sementes continuaram a não germinar, após esse procedimento, as sementes, ainda não germinadas a temperatura de 13°C, foram expostas a temperatura de 24°C, a fim de verificar se a não germinação delas é devido a temperatura. Foi quando, as sementes germinaram quando expostas a uma temperatura mais alta.

Os resultados do crescimento da parte aérea, raiz e crescimento inicial total, não foram possíveis de serem analisados no experimento da temperatura de 13°C. Embora as sementes tenham germinado, as plântulas não cresceram o suficiente para a mensuração das análises de crescimento ao final do experimento.

Na temperatura de 24°C, os valores de crescimento da parte aérea, da raiz e do crescimento total, quando comparados não apresentaram diferença significativa entre os hidroperíodos (df = 3; Chi-squared = 0,9807; p= 0,805; df = 3; Chi-squared = 4,3307; p= 0,228; df = 3; Chi-squared = 4,167; p= 0,244 respectivamente; figura 4).

Verificou-se apenas uma tendência ao aumento da raiz e consequentemente do crescimento inicial total no tratamento de hidroperíodo de 14 dias (figura 4B, 4C). Entretanto, no hidroperíodo de 21 dias observa-se uma tendência a diminuição da raiz e consequentemente do crescimento inicial total (figura 4B, 4C).

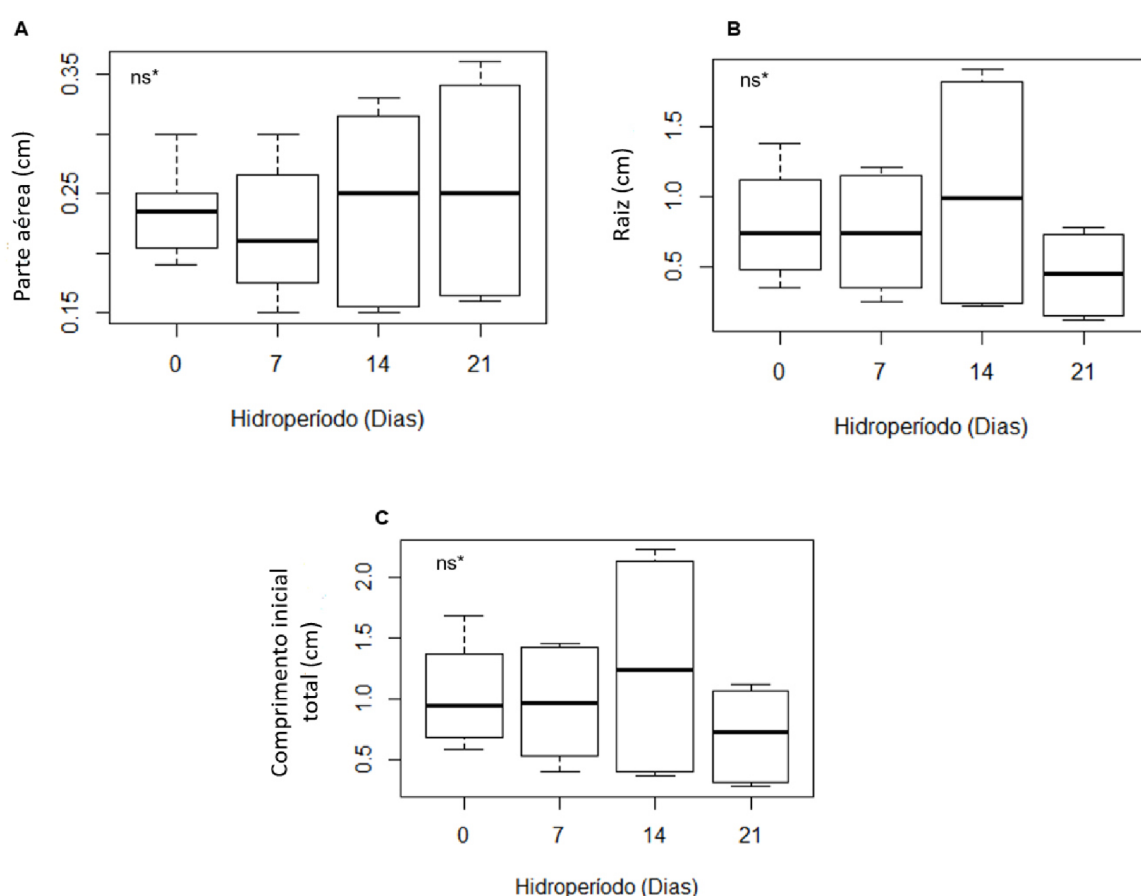


Figura 5: Crescimento inicial de plântulas de *L. multinervia*. A = Crescimento inicial da parte aérea (cm) em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). B = Crescimento inicial da raiz (cm) em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). C = Crescimento inicial total (cm) em diferentes hidroperíodos. ns* = médias quando comparadas não apresentaram diferença significativa.

Assim, como o crescimento, a análise do conteúdo de clorofila e carotenoides também só foi possível verificar no experimento da temperatura de 24°C, devido ao crescimento das plântulas nessa temperatura. As médias quando comparadas do conteúdo de clorofila a, apresentaram diferença significativa entre os hidroperíodos (df =

3; Chi-squared = 9,704; $p = 0,0213$), ocorrendo aumento desse conteúdo no hidroperíodo 7 dias quando comparado ao de 21 dias ($p = 0,01$; figura 5A).

O conteúdo de clorofila b, também apresentou diferença significativa entre os hidroperíodos ($df = 3$; Chi-squared = 18,75; $p < 0,001$), apresentando valor de clorofila b menor no hidroperíodo de 21 dias quando comparados com os de 0 e 7 dias ($p < 0,001$; $p = 0,013$ respectivamente), ocorrendo uma tendência a diminuição do conteúdo conforme o aumento do hidroperíodo (figura 5B). Esse padrão, também foi observado no conteúdo de clorofila total ($df = 3$; Chi-squared = 15,28; $p < 0,001$; figura 5C) sendo que os valores nos hidroperíodos de 0 e 7 dias foram superiores ao de 21 dias ($p = 0,010$; $p = 0,002$ respectivamente). Os valores de carotenoides variaram de acordo com os hidroperíodos ($df = 3$; Chi-squared = 13,45; $p < 0,001$), sendo que no hidroperíodo de 7 dias os valores foram superiores ao de 21 dias ($p = 0,002$; figura 5D).

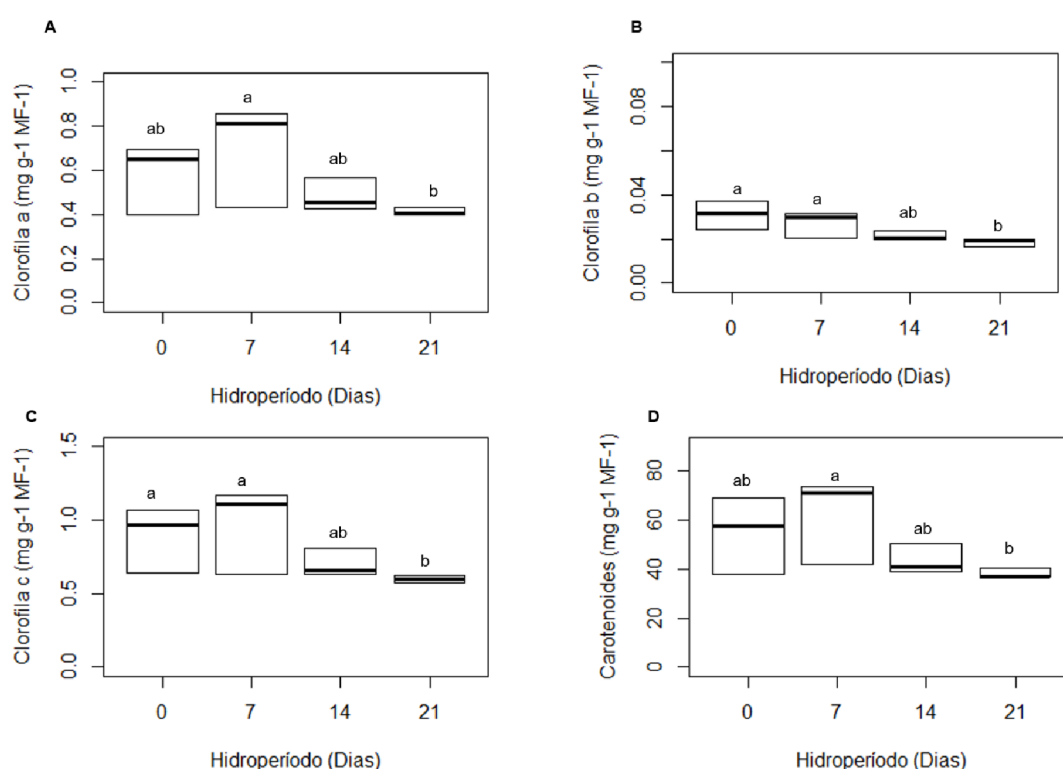


Figura 6: Conteúdo de clorofila e carotenoides de plântulas de *L. multinervia*. A = Conteúdo de clorofila a ($\text{mg g}^{-1} \text{MF}^{-1}$) em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). B = Conteúdo de clorofila b ($\text{mg g}^{-1} \text{MF}^{-1}$) em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). C = Conteúdo de clorofila total ($\text{mg g}^{-1} \text{MF}^{-1}$) em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). D = Conteúdo de carotenoides ($\text{mg g}^{-1} \text{MF}^{-1}$) em diferentes hidroperíodos (0, 7, 14 e 21 dias). Médias seguidas de letras iguais = não há diferença significativa entre elas, médias seguidas de letras diferentes = há diferença significativa entre elas.

4. Discussão

No presente estudo verificamos, que a temperatura é um fator mais a determinar a germinação do que os hidroperíodos das sementes de *L. multinervia*,

considerando os atributos porcentagem de germinação (PG), velocidade de germinação (VG) e índice de velocidade de germinação (IVG). De acordo com a literatura, a temperatura pode afetar a permeabilidade da membrana, agindo sobre a velocidade de absorção da água e causando danos ao sistema de membranas, como também em reações enzimáticas e bioquímicas, reduzindo a taxa metabólica, causar inativação de enzimas e acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs), determinando o processo de germinação da semente (Carvalho e Nakagawa, 2012; Flores *et al.*, 2014; Maraghni *et al.*, 2010; Marcos-Filho, 2005; Santos *et al.*, 2015). Portanto, a germinação ocorrerá dentro de certos limites de temperatura (Bewley *et al.*, 2012).

O fato de a PG ser menor, VG maior e IVG menor, na temperatura de 13°C quando comparada com a temperatura de 24°C, pode ter ocorrido pela atuação direto da temperatura em alguns desses fatores, tanto na permeabilidade da membrana quanto nas atividades enzimáticas e bioquímicas. Também observamos nos resultados que ao final do teste de germinação, foi realizado o teste a nível de estresse. E constatamos que as sementes estavam em estágio de dormência devido a temperatura de 13°C, e conseqüentemente quando foram expostas a temperatura de 24°C, saíram do estágio de dormência, por possuir condições favoráveis para sua germinação. Dessa forma, a condição proposta pela temperatura de 13°C, fez com que as sementes entrem em estágio de dormência, que acontece quando as condições ambientais estão desfavoráveis para a germinação para algumas espécies, por outro lado, sob condições favoráveis essas sementes germinariam mais (Bewley *et al.*, 2012).

A porcentagem de germinação (PG) foi maior no experimento realizado com a temperatura de 24°C, quando comparado com o experimento realizado com a temperatura de 13°C. Além disso, notou-se a interação entre os fatores temperatura e hidroperíodo, demonstrando que esses fatores influenciaram de forma diferenciada na PG, ou seja, conforme a temperatura utilizada havia uma reposta germinativa diferente de acordo com os hidroperíodos testados.

A partir dos nossos resultados, constatamos que as sementes expostas à temperatura de 24°C apresentaram maior vigor, ou seja, maior qualidade para germinar quando comparada com a temperatura de 13°C, relatado pelo baixo IVG nessa temperatura. Além disso, as sementes expostas a temperatura de 13°C levaram mais de 10 dias para germinar, demorando mais que as sementes que

1 foram expostas a temperatura de 24°C, no qual demoraram menos de 10 dias para
2 germinar.

3 Assim, é visto que a temperatura de 24°C, apresenta melhor germinação e
4 melhor vigor da semente, independentemente do hidroperíodo, quando comparada a
5 temperatura de 13°C. Vinculado a isto, alguns autores relatam que temperaturas
6 entre 20 e 35 °C são favoráveis a germinação de sementes para grande parte de
7 espécies, pois são menos prejudiciais à germinação e ao vigor da semente (Lima *et*
8 *al.*, 2019; Santos *et al.*, 2019). Santos *et al.* (2019), também observa que
9 temperaturas muito baixas ou muito altas, 10 e 45 °C respectivamente, como testado
10 por eles, afetam a germinação de sementes para a espécie *Pterogy nenitens*. Lima
11 *et al.* (2019), ao analisar sementes de *Caesalpinia ferrea* sobre a influência da
12 temperatura, notou que a espécie apresenta maior PG e melhor IVG em
13 temperaturas alternadas de 20-30°C, já em nosso estudo foi possível ter melhor
14 poder germinativo e vigor das sementes na temperatura de 24°C, que fica entre
15 essas temperaturas testadas por esses autores.

16 Outro fator que é limitante para que ocorra o processo de germinação, é o
17 hidroperíodo, esse fator junto com a temperatura ocorre em conjunto naturalmente
18 no ambiente. A germinação de *L. multinervia*, foi afetada de forma secundária pelo
19 hidroperíodo, quando comparada a temperatura que afetou de forma primária a
20 germinação dessa espécie. Esse fato pode ser explicado pela espécie ser uma
21 macrófita aquática, a qual pode tolerar a inundações periódicas, devido a diversas
22 adaptações morfoanatômicas e fisiológicas que possuem para viver a condições
23 aeróbicas, hipóxicas e até mesmo anóxicas, como citadas anteriormente ao longo
24 deste artigo (Dat *et al.*, 2004). Entretanto, mesmo para plantas aquáticas, a
25 tolerância a tais condições, varia de espécie para espécie, idade da planta e
26 principalmente de acordo com o hidroperíodo (Lytle e Poff, 2004). Bornette e
27 Puijalon (2011), relatam que o hidroperíodo é um dos principais fatores limitantes
28 para colonização e estabelecimento das macrófitas aquáticas no ambiente.

29 No hidroperíodo de 21 dias ou 0 dias em uma temperatura de 24°C, a
30 germinação da espécie estudada é favorecida, e em hidroperíodos de 7 e 14 dias a
31 germinação é menos favorecida. Também na temperatura de 24°C as sementes
32 demoraram mais a germinar no hidroperíodo de 14 dias. E na temperatura de 13°C a
33 germinação demorou menos para acontecer no hidroperíodo de 21 dias. O que
34 pode significar que a espécie em condições de hidroperíodos curtos está se

1 adaptando a esse ambiente alagado e conseqüentemente conforme a inundação
2 continua a espécie consegue manter a germinação das suas sementes, e se manter
3 no ambiente. Essa adaptação pode ser devido a espécie estudada ser uma
4 macrófita aquática, e possui adaptações para seu desenvolvimento nesse ambiente
5 aquático, com isso, consegue se adaptar a esse ambiente, como relatado
6 anteriormente. Além da espécie ser característica por suportar ambientes bastante
7 perturbados hidrológicamente. Porém a temperatura mostra ser um fator mais
8 limitante que o hidroperíodo para essa espécie, diminuindo sua germinação na
9 temperatura de 13°C, como visto nos resultados da PG, onde a PG foi menor no
10 experimento com essa temperatura quando comparada com a temperatura de 24°C.

11 Entretanto, no experimento com a temperatura de 13°C, no hidroperíodo de
12 21 dias mesmo ocorrendo a germinação mais rápido que o tratamento com
13 hidroperíodo de 0 dias, as sementes dessa temperatura obtiveram PG menor que no
14 experimento com a temperatura de 24°C. Assim, isso pode ter acontecido, devido as
15 sementes não apresentarem reservas energéticas suficientes para sustentar seu
16 metabolismo até atingir condições ótimas para a sua germinação, ou seja, até a
17 inundação retroceder (Baskin e Baskin, 2014; Melo *et al.*, 2015), juntamente com o
18 potencial efeito da temperatura de 13°C sobre essa espécie.

19 O IVG mostrou maior vigor da semente no hidroperíodo de 21 dias do que os
20 hidroperíodos 7 e 14 dias para a temperatura de 24°C, corroborando com os dados
21 discutidos na PG, que apresentou valores maiores no hidroperíodo de 21 dias. Já na
22 temperatura de 13°C se manteve constante em todos hidroperíodos. Além disso a
23 germinação foi mantida no tratamento controle (0 dias de alagamento), constatando
24 que mesmo a espécie ser adaptada a condições propostas pelo alagamento, ela
25 pode germinar em condições saturadas, confirmando a caracterização da espécie
26 ser considerada uma macrófita aquática anfíbia, que ocorre na interface de
27 ambientes aquáticos e terrestres (Esteves, 2011).

28 A variação para suportar a condições de alagamento, varia de espécie para
29 espécie. Como visto por, Sánchez García *et al.* (2017), que ao analisar a
30 germinação em condições saturadas, as sementes são completamente embebidas
31 na água, e úmidas, onde é adicionado água somente para manter o ambiente úmido,
32 de sete espécies nativas de áreas úmidas do golfo do México, verificou que cada
33 espécie respondia de forma diferente, tendo espécies tolerantes e não tolerantes a
34 inundação. Em especial as espécies *Ludwigia octovalvis*, *Pontederia sagittata* e

1 *Typha domingensis* não apresentaram variação na germinação entre solo saturado
2 (alagado) e úmido, já a espécie *Cyperus digitatus*, apresentou a germinação menor
3 em solo saturado do que úmido. Como visto em nosso estudo, onde a espécie *L.*
4 *multinervia* no experimento com a temperatura de 24°C, teve sua germinação em
5 todos tratamentos hidroperíodos, sendo ele saturado ou úmido, e que no
6 hidroperíodo de 21 dias foi maior que os hidroperíodos de 7 e 14 dias.

7 Esse comportamento de variação de resposta ao alagamento de acordo com
8 a espécie, também foi observado por Melo *et al.* (2015), que ao analisar sob
9 condições de saturação e insaturação, a germinação e o crescimento de plântulas,
10 de oito espécies de árvores de florestas úmidas da Amazônia, verificaram que
11 *Pseudobombax mungubano* é tolerante à inundação de longa duração, já *Eugenia*
12 *inundata*, *Genip aamericana* e *Simaba guianensis*, possuem uma alta capacidade de
13 germinar e formar plântulas na água, visto pela sua sobrevivência ao longo período
14 de inundação, ou seja, cada espécie vai responder de maneira diferente a
15 inundação.

16 As variações estacionais de temperatura e de hidroperíodo além de afetar a
17 germinação de sementes também determinam o crescimento inicial de plântulas.
18 Como relatado por Maraghni *et al.* (2010), alterações climáticas podem ter
19 consequências para todas as fases de desenvolvimento das plantas, desde a
20 germinação, crescimento e até o estabelecimento das plantas.

21 O crescimento aconteceu apenas no experimento realizado com a
22 temperatura de 24°C. Assim, para a espécie germinar a partir do banco de semente
23 presente no ambiente, deve se a ter ao fato de que na temperatura de 13°C, as
24 sementes da espécie podem germinar, porém não conseguem se desenvolver e
25 crescer, constatado nesse estudo, por não apresentar crescimento inicial nessa
26 temperatura, podendo ocasionar ao não estabelecimento da plântula no ambiente.
27 Conforme constatado na literatura, fatores abióticos do ambiente, como a
28 temperatura e hidroperíodos, podem afetar o crescimento de macrófitas e
29 consequentemente determinar seu estabelecimento no ambiente (Bornette e
30 Puijalon, 2011).

31 Nos resultados do crescimento se verificou uma tendência de redução do
32 crescimento da radícula e total para o hidroperíodo de 21 dias e aumento no de 14
33 dias. Em condições naturais no ambiente, uma redução do crescimento em
34 hidroperíodos mais longos, pode ser devido ao fato que o hidroperíodo, pode

1 comprometer a penetração da luz e a capacidade das plantas alcançarem a
2 superfície (Maltchik *et al.*, 2007). Entretanto no nosso estudo não é possível afirmar
3 isso, pois ele foi realizado apenas no laboratório.

4 O conteúdo de clorofila a, foi menor no hidroperíodo de 21 dias, quando
5 comparado ao hidroperíodo de 7 dias. O conteúdo de clorofila b, e total foram
6 menores no hidroperíodo de 21 dias, quando comparado aos hidroperíodos de 0 e 7
7 dias. Já os carotenoides foram menores no hidroperíodo de 21 dias quando
8 comparado ao de 7 dias. Dessa forma, observa-se que no hidroperíodo não muito
9 extenso a espécie, por ser uma espécie aquática, sobreviveu as condições
10 propostas pelo alagamento, e após ser retirada dessas condições de alagamento e
11 chegar até o final do experimento, o seu conteúdo de clorofila e carotenoide foi
12 potencializado. Entretanto quando a espécie foi submetida a condições constantes
13 de alagamento (hidroperíodo de 21 dias), a espécie teve seus conteúdos de clorofila
14 e carotenoides diminuídos. Além disso, segundo a literatura, nas condições de
15 hidroperíodo de 21 dias, as plântulas podem ter realizado mais fechamento
16 estomático, uma das adaptações das plantas aquáticas, consequentemente
17 realizaram redução na fotossíntese, como constatado redução nos teores de clorofila
18 (Maurenza *et al.*, 2012; Ramos *et al.*, 2011). Já no hidroperíodo de 7 e 14 dias,
19 onde as sementes ficaram expostas a um hidroperíodo curto quando comparado ao
20 hidroperíodo de 21 dias, obtiveram pigmentos fotossintéticos maiores, devido a ter
21 realizado mais abertura estomática e fotossíntese (Maurenza *et al.*, 2012; Ramos *et*
22 *al.*, 2011).

23 Além disso, temperaturas elevadas como o caso da temperatura de 24°C e
24 hidroperíodos muito extensos, podem ter ocasionado excesso de radiação, levando
25 a danos nos tecidos fotossintéticos, em especial na parte responsável pela etapa
26 fotoquímica da fotossíntese (Allen *et al.*, 1996). Consequentemente a essa redução
27 dos teores de clorofila devido ao hidroperíodo extenso e a temperatura, levou a
28 inibição do crescimento como apresentado anteriormente.

29 Em condições naturais nas áreas úmidas subtropicais, a temperatura de 24°C
30 e hidroperíodos curtos 0 a 7 dias, simulariam condições da estação de verão,
31 enquanto a temperatura de 13°C e hidroperíodos mais longos como 14 e 21 dias,
32 simulariam condições da estação de inverno. Entretanto, a partir do nosso estudo,
33 foi possível constatar que condições de temperatura de 24°C e hidroperíodos 0 e 7
34 dias, apresentaria potencial germinativo mais baixo, que no hidroperíodo de 21 dias.

1 Porém, sua germinação irá demorar menos tempo para acontecer no hidroperíodo
2 de 14 dias, e seu melhor vigor da semente é apresentado no hidroperíodo de 21
3 dias. Já seus conteúdos de clorofila e carotenoides foram baixos nas condições de
4 hidroperíodo de 21 dias.

5 Muito se sabe que as áreas úmidas estão gradativamente sendo degradadas,
6 perdidas ou fragmentadas, devido a serem afetadas diretamente por influências
7 antrópicas (e.g. drenagem, contaminação, fragmentação), ou indiretamente pelas
8 mudanças climáticas. Porém, é difícil propor estratégias de regeneração natural
9 desses ecossistemas, uma vez que, esse processo depende de diversos fatores,
10 entre eles, temperatura e hidroperíodo que foram discutidos ao longo desse artigo.

11 Assim, estudos como este sobre germinação e crescimento inicial, são
12 essenciais para o entendimento do funcionamento de plantas nos ecossistemas.
13 Através disso, é possível propor estratégias de recuperação da vegetação de áreas
14 úmidas, após eventos de perturbações ambientais.

15 No caso, foi possível notar que os fatores analisados, temperatura e
16 hidroperíodo podem controlar a resposta populacional de espécies de plantas
17 aquáticas, e que em especial a temperatura é um fator mais limitante que o
18 hidroperíodo, onde temperaturas muito baixas podem fazer com que a espécie *L.*
19 *multinervia*, entre em estágio de dormência e até mesmo fazer com que não ocorra o
20 seu crescimento inicial e conseqüentemente seu estabelecimento no ambiente. A
21 utilização da espécie em temperaturas de 24°C com hidroperíodos curtos possibilita
22 auxiliar na restauração dessas áreas, uma vez que essa espécie possui potencial
23 para germinar, crescer nessas condições, e é considerada uma planta tolerante e
24 oportunista em ambientes perturbados, o que facilitaria a permanência da espécie
25 em algumas condições ambientais oscilantes a proposta. Por fim, as hipóteses
26 iniciais propostas no início desse trabalho foram aceitas, uma vez que a germinação,
27 crescimento inicial, junto com os conteúdos de clorofila e carotenoides da espécie *L.*
28 *multinervia* foram afetadas tanto pela temperatura quanto pelos hidroperíodos,
29 sendo as respostas dos hidroperíodos foram diferentes conforme a temperatura
30 testada.

5. Referências Bibliográficas

- Allen, J. A., Pezensky, S. R., Chambers, J. L. 1996. Interaction of flooding and salinity stress on balcypress (*Taxodium disticum*). Tree Physiology, Victoria, v. 16, p. 307–313.
- Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiol. v.24, n.1, p.1-15.
- Avila, A. L., Araujo, M. M., Gasparin, E., Longhi, S. J. 2013. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil. Cerne, v. 19, n. 4, p. 621–628. <http://doi.org/10.1590/S0104-77602013000400012>
- Bakker, E. S., Sameel, J. M., Gulati, R. D., Liu, Z., Van Donk, E. 2013. Restoring macrophyte diversity in shallow temperate lakes: biotic versus abiotic constraints. Hydrobiologia. 710, 23-37. <http://doi.org/10.1007/S10750-012-1142-9>
- Baskin, C.C., Baskin, J. M. 2014. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination, second ed. Elsevier/Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, K. H. W. M., Nonogaki, H. 2012. Seeds: Physiology of development germination and dormancy. New York: Springer. 392p.
- Bornette, G., Puijalon, S. 2011. Response of aquatic plants to abiotic factors: A review. Aquat. Sci. v. 73, n. 1, p. 1–14. <https://doi.org/10.1007/s00027-010-0162-7>
- Brasil. 2009. Regras para Análise de Sementes. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Brasília.
- Buschini, M. L. T., Rigon, J., Cordeiro, J. 2009. Plants used by Megachile (*Moureapis*) sp. (Hymenoptera: Megachilidae) in the provisioning of their nests. Braz. J. Biol., v. 69, n. 1, p. 1187-1194. <http://doi.org/10.1590/S1519-69842009000500025>
- Carvalho, N. M., Nakagawa, J. 2012. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5.ed. Jaboticabal: Funep. 590p.
- Chai, T. T., Ooh, K. F., Quah, Y., Wong, F. C. 2015. Edible freshwater macrophytes: a source of anticancer and antioxidative natural products—a minireview. Phytochem. Rev. v. 14, n. 3, p. 443-457. <https://doi.org/10.1007/s11101-015-9399-z>

- Dalmazzo, M., Vossler, F. G. 2015. Assessment of the pollen diet in a wood dwelling Augochlorine bee (Halictidae) using different approaches. *Apidologie*, v. 46, n. 4, p. 478-488. <https://doi.org/10.1007/s13592-014-0337-7>
- Dat, J. F., Folzer, N. C. H., Bourgeade, P., Badot, P. M. 2004. Sensing and signalling during plant flooding. *Plant Physiol. Biochem.* 42: 273–282. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2004.02.003>
- Embrapa. 2018. Disponível em: <http://agromet.cpact.embrapa.br/>
- Esteves, F. A. 2011. Fundamentos de Limnologia. Interciência, Rio de Janeiro.
- Fernández-Zamudio, R., García-Murillo, P.; Díaz-Paniagua. 2017. Effect of the filling season on aquatic plants in Mediterranean temporary ponds. *Journal of Plant Ecol.* V.11, N. 3, 502–510. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtx026>
- Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 18 Jun. 2018.
- Flores, A. V., Borges, E. E. L., Guimarães, V. M., Gonçalves, J. F. C., Ataíde, C. M., Barros, D. P. 2014. Atividade enzimática durante a germinação de sementes de *Melanoxylon brauna* Schott sob diferentes temperaturas. *Cerne*, v.20, n.2, p.401-408. <http://doi.org/10.1590/01047760201420031399>
- Gehling, V. M.; *et al.* 2017. Physiological performance of seed and seedling of tomato under different temperatures. *Sci. Agrar.* v. 16, n. 1, jan./mar., p. 32-38.
- Junk, W. J., Piedade, M. T. F. 2015. Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Avanços e Conquistas Recentes. *Boletim ABLimno*, 41(2), 20-24.
- Junk, W. J.; *et al.* 2014. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 24: 5–22. <https://doi.org/10.1002/aqc.2386>
- Kaplan, Z., Sumberová, K., Formanová, I. Duchacek, M. 2014. Re-establishment of an extinct population of the endangered aquatic plant *Potamogeton coloratus*. *Aquatic Bot.* 119, 91-99. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2014.08.005>
- Lima, S. L. M., Alves, E. U., Araújo, L. R., Freire, E. S. 2019. Germinação e vigor de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul. var. *ferrea* submetidas a diferentes regimes de luz e temperaturas. *Ci. Fl.*, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1180-1186. <http://doi.org/10.5902/1980509812242>
- Lytle, D. A., Poff, N. L. 2004. Adaptation to natural flow regimes. *Trends in Ecology and evolution*, 16(2): 94-100. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2003.10.002>
- Mabou, F. D., Tamokou, J. D., Ngnokam, D., Voutquenne-Nazabadioko, L., Kuate, J. R., Bag, P. K. 2016. Complex secondary metabolites from *Ludwigia leptocarpa* with potent antibacterial and antioxidant activities. *Drug Discov. Ther.* v. 10, n. 3, p. 141-149. <https://doi.org/10.5582/ddt.2016.01040>

- 1
2 Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection evaluation for seedling
3 emergence and vigor. Crop Science. 2: 176-177.
4
- 5 Maltchik, L., Rolon, A. S., Schott, P. 2007. Effects of hydrological variation on the
6 aquatic plant community in a floodplain palustrine wetland of southern Brazil.
7 Limnology, v. 8, n. 1, p. 23–28. <https://doi.org/10.1007/s10201-006-0192-y>
8
- 9 Maraghni, M.; Gorai, M.; Neffati, M. 2010. Seed germination at different temperatures
10 and water stress levels, and seedling emergence from different depths of
11 *Ziziphus lotus*. S. Afr. J. Bot., v. 76, p.453–459.
12 <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2010.02.092>
13
- 14 Marcos Filho, J. 2005. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba:
15 Fealq, 495p.
16
- 17 Maurenza, D., Marengo, R. A., Parolin, P., Piedade, M. T. F. 2012. Physiological
18 responses to flooding and light in two tree species native to the Amazonian
19 floodplains. Aquatic Bot. 96, 7–13.
20 <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2011.09.003>
21
- 22 Melo, R. B., Franco, A. C., Silva, C. O., Piedade, M. T. F., Ferreira, C. S. 2015. Seed
23 germination and seedling development in response to submergence in tree
24 species of the Central Amazonian floodplains. AoB PLANTS. 7: plv041.
25 <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv041>
26
- 27 Meng, H.; *et al.*. 2016. Seed germination environments of *Typha latifolia* and
28 *Phragmites australis* in wetland restoration. Ecol. Eng. 96, 194–199.
29 <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.03.003>
30
- 31 Nishihiro, J., Nishihiro, M. A., Washitani, I. 2006. Restoration of wetland vegetation
32 using soil seed banks: lessons from a project in Lake Kasumigaura, Japan.
33 Landscape. Ecol. Eng. pag. 171–176. [https://doi.org/10.1007/s11355-006-](https://doi.org/10.1007/s11355-006-0005-9)
34 0005-9
35
- 36 Ogorek, L. P., Striker, G. G., Mollard, F. P. O. 2019. *Echinochloa crus-galli* seed
37 physiological dormancy and germination responses to hypoxic floodwaters.
38 Plant Biol. <https://doi.org/10.1111/plb.13029>
39
- 40 Oliveira, A. K. M., Gualtieri, S. C. J. 2016. Gas exchange in young plants of *Tabebuia*
41 *aurea* (*Bignoniaceae* Juss.) subjected to flooding stress. Rev. Árvore. 40(1):39-
42 49. <http://doi.org/10.1590/0100-67622016000100005>
43
- 44 Parolin, P., Lucas, C., Piedade, M. T. F., Wittmann, F. 2010. Drought responses of
45 flood-tolerant trees in Amazonian floodplains. Ann. Bot. 105: 129–139.
46 <https://doi.org/10.1093/aob/mcp258>
47
- 48 Pesamosca, S. C., Boldrini, I. I. 2015. O gênero *Ludwigia* L. (Onagraceae) no Rio
49 Grande do Sul, Brasil. Teses e Dissertações defendidas na UFRGS.
50 Repositório digital da UFRGS.

- Popinigis, F. 1985. Fisiologia da semente. Brasilia, DF (Brazil). 2. ed. 289 p.
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.
- Ramos, T. J. N., Souza, C. M. A., Carvalho, C. J. R., Vieira, I. M. S. 2011. Physiological and metabolic responses in grasses under flooding. Rev. Ci. Agra., v.54, n.1, p.78-84.
- Rolon, A. S., Rocha, O., Maltchik, L. 2011. Diversidade de Macrófitas Aquáticas Do Parque Nacional Da Lagoa Do Peixe. Neotrop. Biol. and Conserv. 6(1):5–12. <https://doi.org/10.4013/nbc.2011.61.02>
- Ruau, B., Greulich, S., Haury, J., Berton, J. P. 2009. Sexual reproduction of two alien invasive *Ludwigia* (Onagraceae) on the middle Loire River, France. Aquatic Bot. v. 90, n. 1, p. 143-148. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.08.003>
- Sánchez-García, E. A., Rodríguez-Medina, K., Casasola-Moreno, P. 2017. Effects of Soil Saturation and Salinity on Seed Germination in Seven Freshwater Marsh Species from the Tropical Coast of the Gulf of Mexico. Aquatic Bot. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2017.04.002>
- Santos, M. M., Doriguetto, I. R., Borges, E. E. L., Andrade, G. M. 2019. Germinação e alteração de reservas em sementes de amendoim-bravo (*Pterogynenitens*) sob estresse térmico. R. bras. Bioci., Porto Alegre, v. 17, n.1, p. 32-37, jan./jun.
- Schneider, S. C., Lawniczak, A. E., Picínska, F. J., Szoszkiewicz, K. 2012. Do macrophytes, diatoms and non-diatom benthic algae give redundant information? Results from a case study in Poland. Limnologia. V. 42, Issue 3. Pag. 204-211. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2011.12.001>
- Schriever, T. A. 2015. Food webs in relation to variation in the environment and species assemblage: a multivariate approach. PLoS One 10:1-17.
- Souza, J. T, Ferraz, E. M. N., Albuquerque, U. P. Araújo, E. L. 2014. Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate. Plant Biol., v. 16, p. 748-756. <https://doi.org/10.1111/plb.12120>
- Thomaz, S. M., Mormul, R. P., Michelin, T. S. 2015. Propagule pressure, invasibility of freshwater ecosystems by macrophytes and their ecological impacts: a review of tropical freshwater ecosystems. Hydrobiologia. 746, 39-59. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2044-9>
- Wagner, E. J., Oplinger, R. W. 2017. Effect of overwinter hydration, seed storage time, temperature, and photoperiod on germination of some *Carex*, *Juncus*, and

- 1 *Alopecurus* species. Aquatic Bot. 137, 39–49.
- 2 <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2016.11.006>

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

A partir desse trabalho, foi possível notar que os fatores analisados, a temperatura e hidroperíodo podem controlar a resposta populacional de espécies de plantas aquáticas, e que em especial a temperatura é um fator mais limitante que o hidroperíodo, onde temperaturas muito baixas podem fazer com que a espécie *L. multinervia*, entre em estágio de dormência. Além disso, pela espécie ser uma macrófita aquática anfíbia tanto condições sem alagamento (hidroperíodo 0 dias), quanto em condições de alagamento (hidroperíodos de 7, 14 e 21 dias) ela consegue germinar, porém por afetar os conteúdos de clorofila e carotenoides no hidroperíodo de 21 dias, o que poderia prejudicar seu desenvolvimento e estabelecimento no ambiente, assim como na temperatura de 13°C, onde não apresentou crescimento inicial.

Além disso, notou-se que a espécie é realmente características por suportar ambientes altamente variáveis em relação ao hidroperíodo, como estudado aqui, hidroperíodos de 0, 7, 14 e 21 dias, não causam tanta influência na germinação, crescimento e conteúdo de clorofila e carotenoides de plântulas como a temperatura. No ambiente natural, a espécie estudada pode ser encontrada em banco de sementes, e em condições favoráveis de temperatura e hidroperíodo, ela pode germinar, crescer e se estabelecer no ambiente. Como visto a partir desse trabalho, a temperatura ideal para a espécie se desenvolver e se estabelecer seria a de 24°C, podendo ocorrer variações no hidroperíodo conforme proposto pelo ambiente. Nessas condições apropriadas, a espécie poderia ter o potencial de regenerar o ambiente que foi proposto. Ainda, esse trabalho deixou perguntas de como a espécie poderia responder a tais condições propostas a longo prazo, ou seja, nos demais estágios de seu desenvolvimento.