

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE AMBIENTES AQUÁTICOS  
CONTINENTAIS

*Erythrina crista-galli* L. (Fabaceae - Faboideae): germinação de sementes,  
crescimento e morfoanatomia de plântulas submetidas ao alagamento

Thasiana de Lima Batista

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Biologia de Ambientes  
Aquáticos Continentais para obtenção do  
Título de Mestre em Biologia de Ambientes  
Aquáticos Continentais.

Rio Grande, Fevereiro de 2008.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE AMBIENTES AQUÁTICOS  
CONTINENTAIS

*Erythrina crista-galli* L. (Fabaceae- Faboideae): germinação de sementes,  
crescimento e morfoanatomia de plântulas submetidas ao alagamento

Thasiana de Lima Batista

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Biologia de Ambientes  
Aquáticos Continentais para obtenção do  
Título de Mestre em Biologia de Ambientes  
Aquáticos Continentais.

Rio Grande, Fevereiro de 2008.

## DEDICATÓRIA

A todos aqueles que acreditaram em mim e no meu trabalho.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Rio Grande pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À direção e coordenação da Escola Municipal França Pinto pelo apoio e autorização para que eu participasse do curso de Pós-Graduação.

Aos professores do curso de Pós-Graduação pela dedicação e ensinamentos transmitidos durante o curso.

Aos professores, Leila Macias e Danilo Giroldo, por terem aceitado compor a banca avaliadora e pelas possíveis sugestões ao manuscrito.

À amiga e orientadora Ioni Gonçalves Colares pela paciência, confiança e amizade durante o curso e execução do trabalho.

À funcionária do departamento de Botânica Elô pelo auxílio nas coletas e manutenção dos experimentos em laboratório.

Às amigas e estagiárias Loraine e Bianca pela amizade, carinho e auxílio nos experimentos.

À minha família pelo carinho, amor, incentivo e compreensão pelas minhas longas horas de ausência.

Ao meu namorado, amigo e grande incentivador Marcio pelo carinho, incentivo, apoio e pela imensa ajuda nas coletas e formatação do trabalho.

À querida amiga Lucélia pela amizade, apoio e auxílio na revisão do manuscrito.

À querida amiga e colega Rita pela amizade, apoio, incentivo e companheirismo.

E a todos os amigos que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vi
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
ARTIGO .....	7
RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	10
INTRODUÇÃO .....	11
MATERIAL E MÉTODOS .....	13
Germinação de sementes .....	13
Crescimento das plântulas .....	14
Avaliação de respostas morfoanatômicas .....	14
Análises estatísticas .....	15
RESULTADOS .....	15
DISCUSSÃO .....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22
TABELAS .....	27
FIGURAS .....	29
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	34
BIBLIOGRAFIA GERAL.....	36

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Geminação de sementes de *Erythrina crista-galli* em presença de luz e escuro total e em duas condições de solo (CC - capacidade de campo e AL - alagado). GT - percentagem total de germinação, TG - taxa de germinação, “Lag Time” - dia em que germina a primeira semente e  $T_{(50)}$  - dia em que atingiu 50% de germinação..... 27
- Tabela 2 Valores médios das medidas de crescimento de *Erythrina crista-galli* em duas condições de solo (CC - capacidade de campo e AL - alagado). CIC - comprimento inicial do caule (cm), CFC - comprimento final do caule (cm), DIC - diâmetro inicial do caule (cm), DFC - diâmetro final do caule (cm), NIE - número inicial de eófilos, NFE - número final de eófilos, NIM - número inicial de metáfilos e NFM - número final de metáfilos..... 28

## LISTA DE FIGURAS

	Introdução geral	
Figura 1	Área de preservação Ambiental da Lagoa Verde .....	1
Figura 2	Vista parcial do Arroio Bolaxa (A) e mata ciliar junto ao arroio (B).....	2
Figura 3	Erythrina crista-galli L. A) aspecto geral; B) inflorescência; C) fruto tipo vagem (imaturo); D) sementes.....	3
Figura 4	A) Epífitas sobre os ramos de E. crista-galli; B) orquídea Catleya sp. (em detalhe).....	4
Figura 5	A) Eqüinos e bovinos pastejando na mata ciliar do Arroio Bolaxa; B) entre os exemplares de E. crista-galli na mata ciliar.....	5
	Artigo	
Figura 1	Percentual de germinação de sementes de Erythrina crista-galli em presença de luz e escuro total e em duas condições de solo (CC - capacidade de campo e AL - alagado). ( ) CC/Luz; ( ) CC/Escurro; (→)AL/Luz e AL/Escurro ( ).....	6
Figura 2	Massa de matéria seca total de plântulas de Erythrina crista-galli crescendo por 15 dias em presença de luz e escuro total e em duas condições de solo (CC – capacidade de campo e AL - alagado). Letras iguais indicam grupos homogêneos (P>0,05).....	30
Figura 3	Massa da matéria seca de plântulas de Erythrina crista-galli crescendo por 120 dias em duas condições de solo (CC - capacidade de campo e AL - alagado). Raiz ( ) e parte aérea ( ). Letras iguais indicam grupos homogêneos (P>0,05).....	31

Figura 4 - 11	<p>Detalhe da raiz de plantas com 120 dias de idade crescendo em condições de CC (4) e AL (5). Plântula com 15 dias de idade (6). Detalhe dos nectários globosos (7). Detalhe das estruturas formadas a partir dos 30 dias de idade (8 e 9). Plantas do tratamento AL com 90 dias de idade (10). Raiz de planta do tratamento AL com 120 dias de idade (11). RL - raiz lateral; Nd - nódulo; Ra – raiz adventícia; Lh - lenticela hipertrofiada; Ef - eófilo; Mf - metáfilo; Nc – nectários; A - acúleo; Es –estípulas; Le – lenticela normal.....</p>	32
Figura 12-17	<p>Seções transversais de raízes com estrutura secundária de plantas com 120 dias crescendo em CC (12) e AL (13). Seção transversal da raiz adventícia de planta do tratamento AL (14). Detalhe do parênquima radial da raiz principal de planta do tratamento AL (15). Lenticelas caulinares de planta do tratamento CC (16) e de planta do tratamento AL (17). Pe – periderme; Pr – parênquima radial; Cv – câmbio vascular; Ep – epiderme; Co – córtex; ei – espaço intercelular; Em – endoderme; P – periciclo; Xp – xilema primário; Fp – floema primário; Le – lenticela normal; Lh – lenticela hipertrofiada; Seta larga - camadas de células frouxas.....</p>	33



## RESUMO

*Erythrina crista-galli* L. (corticeira-do-banhado) é uma espécie heliófita frequentemente encontrada em ambientes úmidos como banhados, beira de rios e lagos, sendo considerada pioneira nestas áreas. Embora freqüente nestes ambientes, são pouco conhecidos os graus de tolerância e a capacidade de adaptação da espécie às condições de alagamento. Este trabalho teve como objetivo estudar a influência da luz e do alagamento na germinação de sementes, bem como os efeitos do alagamento no crescimento e na morfoanatomia de plântulas de *E. crista-galli*. Para verificar tais efeitos na germinação das sementes, foram utilizados dois tratamentos: capacidade de campo (CC) e alagamento (AL), ambos em luz e escuro. No tratamento CC, 200 sementes foram acondicionadas em placas tipo Gerbox, com aproximadamente 70% de umidade. No tratamento AL, 200 sementes foram acondicionadas individualmente em copos plásticos preenchidos com água destilada. As sementes foram mantidas em casa de vegetação, à temperatura ambiente e fotoperíodo 12hL/12hE. O escuro total foi obtido com sacos de polietileno preto e acompanhamento realizado sob luz verde de segurança. Para a análise do crescimento e avaliação de respostas morfoanatômicas, as plântulas com 15 dias, provenientes do experimento de germinação foram transferidas para vasos contendo terra e mantidas em CC e AL por 120 dias. Número de folhas, comprimento e diâmetro da base do caule foram medidos, adicionalmente a massa de matéria seca foi quantificada em 30 plântulas com 15 e 120 dias. Respostas morfoanatômicas foram avaliadas visualmente e através de cortes transversais realizados na base do caule, na raiz principal e na base das raízes adventícias. Não foram observadas diferenças significativas na germinação das sementes na luz e no escuro. Maiores valores de taxa de germinação foram obtidos em AL, porém a porcentagem de germinação e a viabilidade das sementes foram baixas em todos os tratamentos. Maiores valores de crescimento foram observados no tratamento AL, bem como uma maior abundância de nódulos de bactérias nitrificadoras. As plantas em AL desenvolveram raízes adventícias na região submersa do caule, lenticelas hipertrofiadas na base do caule e na base das raízes adventícias. A capacidade das sementes para manter a viabilidade submersas, das plantas para crescer normalmente em solo alagado e o desenvolvimento de adaptações morfoanatômicas demonstraram que *E. crista-galli* é uma espécie para qual a saturação hídrica do solo não interfere negativamente em seu ciclo de vida, podendo assim ser recomendada para a recomposição da vegetação nativa e a recuperação de matas ciliares degradadas, junto a cursos d'água.

## ABSTRACT

*Erythrina crista-galli* L. (corticeira-do-banhado) is a heliophyte species frequently found in humid environments such as swamps, edge of rivers and lakes, being considered pioneer in these areas. Despite of the common occurrence in such habitats, there is little knowledge on the its tolerance level and adaptation capacity to the flooding conditions. This work aimed to study the influence of light and flooding on seeds germination, as well as the effects of the flooding on the growth and morphoanatomy of seedlings of the *E. crista-galli*. Two treatments were used to verify the seeds germination: field capacity (FC) and flooding (FL), both in the conditions of light and darkness. In the FC treatment, 200 seeds were kept in plates Gerbox-type, with approximately 70% of humidity. In the FL treatment, 200 seeds were kept individually in plastic glasses filled with distilled water. The seeds were maintained in greenhouse, at room temperature and photoperiod 12hL/12hE. Darkness was obtained with black polyethylene bags and monitored under green safety light. For growth analysis and evaluation of morphoanatomic responses, seedlings with 15 days, from the germination experiment were transferred for vases containing earth and maintained in FC and FL for 120 days. Number of leaves, length and diameter of the stem base were monitored, besides dry matter mass, were quantified in 30 seedlings with 15 and 120 days. Morphoanatomic responses were assessed visually and through transverse cuts accomplished in the base of the stem, in the main root and in the base of the adventitious roots. Significant differences were not observed in the seed germination both in the light and darkness. Higher values of germination rate were obtained in FL, however, the germination percentage and the viability of the seeds were low in all treatments. Higher growth values were observed in the FL treatment, as well as a larger abundance of nodules of nitrifying bacteria. The plants in FL developed adventitious roots in the area submerged of the stem, hypertrophic lenticels in the base of the stem and in the base of the adventitious roots. The seeds were able to maintain the viability submerged, grow in flooded soil as well as develop morphoanatomic adaptations our results demonstrated that soil hydric saturation had no effect on the *E. crista-galli* life cycle. It could be, thus, recommended for restoring native vegetation and to recover degraded riparian forests, near to water courses.

## INTRODUÇÃO GERAL

A região sul do Estado do Rio Grande do Sul, por sua formação durante o período quaternário através de sucessivas transgressões e regressões marinhas, é uma planície costeira extremamente rica em sistemas hídricos, com restingas, arroios, lagoas interiores e banhados (Vieira & Rangel 1988). Estes ambientes possuem características peculiares que favorecem uma alta diversidade florística e faunística. Tais razões levaram a criação, no município de Rio Grande/RS, da Área de Proteção Ambiental da Lagoa Verde (APA), segundo a Lei Municipal 6.084 de 22 de abril de 2005. Esta área compreende uma extensão de aproximadamente 510,00 ha e abrange o sistema formado pela Lagoa Verde, Arroio Bolaxa, Arroio Senandes e o canal meandrante, que liga a Lagoa Verde com o Saco da Mangueira (Fig. 1).

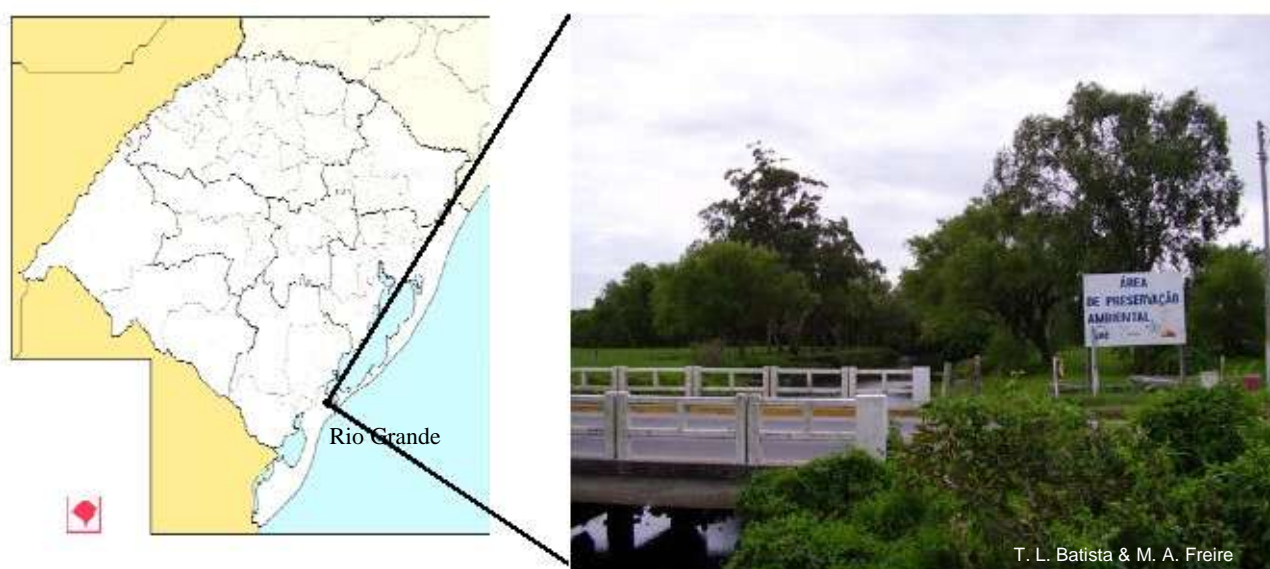


Figura 1 – Área de preservação Ambiental da Lagoa Verde

A área que constitui a APA da Lagoa Verde é considerada uma das últimas áreas preservadas dentro da zona urbana do município de Rio Grande, possuindo grande importância ambiental e paisagística (Prellvitz & Albertoni 2004). Porém, ela vêm sofrendo com a ação antrópica que causam impactos, como: poluição das águas do Arroio Bolaxa, devido a entradas de dejetos das atividades agropastoris; destino inadequado de resíduos sólidos; construções irregulares e degradação da mata ciliar nativa. Este último impacto, talvez seja um dos mais preocupantes, uma vez que a vegetação ciliar exerce um amplo espectro de benefícios ao ecossistema, exercendo

função protetora sobre os recursos naturais bióticos e/ou abióticos (Durigan & Silveira 1999).

As matas ciliares auxiliam na melhoria da qualidade da água e propiciam um ambiente adequado para a fauna e melhoria da qualidade de vida do homem (Ferreira et al. 2004). Também servem como corredores ecológicos para muitas espécies florestais criando condições favoráveis para a sobrevivência e manutenção do fluxo gênico entre populações de espécies animais que habitam as faixas ciliares ou mesmo fragmentos florestais maiores que podem ser por elas conectados (Harper et al. 1992; Rodrigues & Leitão Filho 2001). A degradação das matas ciliares contribui para o assoreamento, aumento da turbidez da água, o desequilíbrio do regime das cheias, além do comprometimento da fauna silvestre (Oliveira et al. 1994). Estes fatos justificam a importância de se manter e/ou recuperar a cobertura vegetal junto ao Arroio Bolaxa, o qual se estende longitudinalmente na direção NE-SW e possui em seus aproximadamente 4 km de extensão uma mata ciliar praticamente contínua as suas margens (Fig. 2). Diversas espécies características das matas ciliares da região sul ocorrem junto ao Arroio Bolaxa. Entre elas, merecem destaque as espécies *Salix humboldtiana* Willd., *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., *Ficus organensis* (Miq.) Miq., *Allophylus edulis* (A. St.-Hil.) Radlk. e *Erythrina crista-galli* L. Apesar de sua diversidade e importância, poucos estudos têm sido desenvolvidos sobre a vegetação ciliar do arroio, especialmente para a espécie *Erythrina crista-galli*, uma das mais características deste ambiente.



Figura 2 – Vista parcial do Arroio Bolaxa (A) e mata ciliar junto ao arroio (B).



*E. crista-galli* é uma árvore caducifolia, pequena, de até 15m de altura com fuste curto de até 80cm de diâmetro e ramos retorcidos aculeados. Folhas compostas penadas tri-folioladas, aculeadas, com folíolos ovais a elíptico-lanceolados de até 11cm de comprimento. Inflorescências em cachos terminais, com flores carnosas, hermafroditas, róseo-avermelhadas que podem ser observadas entre setembro e dezembro (Galetto et al. 2000; Backes & Irgang 2002) e têm como polinizadores mais efetivos as abelhas e os beija-flores (Galetto et al. 2000). Apresenta frutos do tipo legume subcilíndrico ou submoniliformes (Barroso et al. 1999), castanho-escuro, de até 20cm de comprimento, observados de janeiro a fevereiro (Backes & Irgang 2002) e sementes de 1-6, reniformes de coloração marrom (Cordazzo & Seeliger 1995; Lahitte & Hurrell 1999) (Fig. 3).



Figura 3 - *Erythrina crista-galli* L. A) aspecto geral; B) inflorescência; C) fruto tipo vagem (imaturado); D) sementes.

Espécie heliófita bastante característica de ambientes úmidos como banhados, beira de rios e lagos, é considerada pioneira nestas áreas (Backes & Irgang 2002). Cresce em solos inundáveis, poucos drenados no Brasil austral, Paraguai, Uruguai e Argentina, sendo considerada árvore nacional destes dois últimos países (Cordazzo & Seeliger 1995; Lahitte & Hurrell 1999; Backes & Irgang 2002). Sua madeira leve e macia é usada na construção de balsas, bóias, gamelas, tamancos, salto de sapatos e para carvão. Com suas flores é feito um corante utilizado para tingir telas e lãs. Na medicina popular as flores e folhas possuem diversos usos medicinais e as sementes contêm os alcalóides hipaforina, erisopina, eritralina e eritracina (Lahitte & Hurrell 1999). No ambiente natural, *E. crista-galli* destaca-se como substrato para numerosas epífitas (Longhi 1995), como Orchidaceae, principalmente as do gênero *Catleya* spp. e Bromeliaceae. (Cordazzo & Seeliger 1995; Lahitte & Hurrell 1999; Backes & Irgang 2002) (Fig. 4).



Figura 4 – A) Epífitas sobre os ramos de *E. crista-galli*; B) Orchidaceae *Catleya* sp. (em detalhe)

O interesse por seu cultivo baseia-se no potencial ornamental da espécie que é usada em jardins de países tropicais e temperados, bem como na possível utilização para recuperação de ecossistemas de solos alagadiços, inclusive sob geadas severas (Carpanezzi et al. 2001), uma vez que é encontrada normalmente em meio aos campos hidro-higrófilos (Leite e Klein 1990) quase sempre formados por gleissolos de baixa permeabilidade (Curcio et al. 2007). No entanto, o estabelecimento da espécie parece



não ser um processo simples. Sua propagação por sementes é prejudicada, pois a espécie apresenta baixíssima fecundidade após a polinização natural, com grandes taxas de aborto das flores, das quais apenas 6% desenvolvem frutos e estes quando desenvolvidos sofrem ainda intensa predação por insetos (Galleto et al. 2000). Além, disso o estabelecimento das plântulas de *E. crista-galli* no ambiente natural sofre também o efeito da predação, podendo ser prejudicado pela ação do pisoteio e o pastejo de animais sobre as plântulas, conforme observado na mata ciliar junto ao Arroio Bolaxa (observação pessoal), onde foi verificada a danificação das plântulas pela ação de bovinos e eqüinos que pastejam e/ou deslocam-se dentro da mata ciliar (Fig. 5).

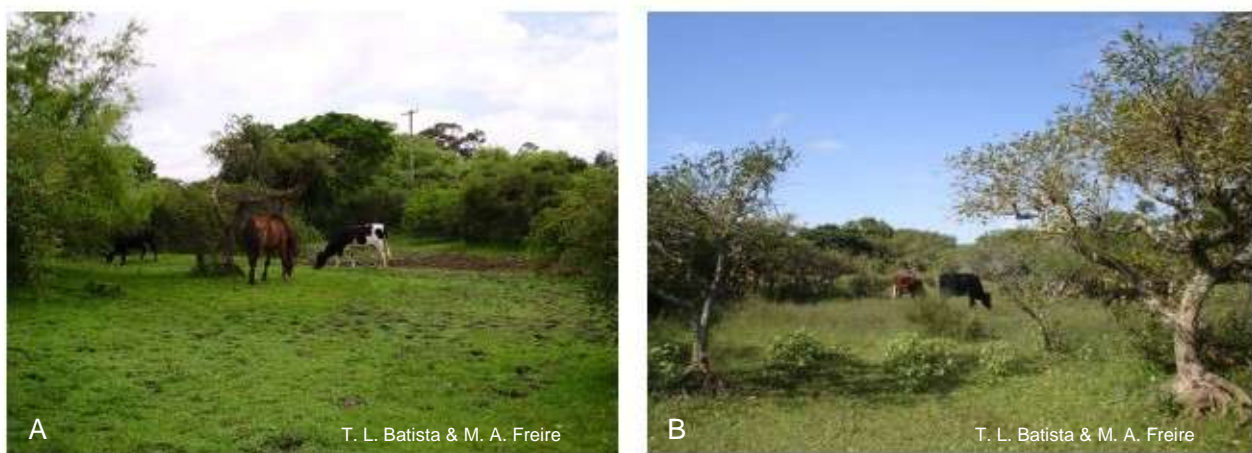


Figura 5 – A) Eqüinos e bovinos pastejando na mata ciliar do Arroio Bolaxa; B) entre os exemplares de *E. crista-galli* na mata ciliar.

Espécies arbóreas, de matas ciliares como *Erythrina crista-galli* sujeitas a períodos de saturação hídrica do solo podem apresentar adaptações morfológicas, anatômicas ou metabólicas, de forma a minimizar os efeitos da falta de oxigênio (Marques & Joly 2000). Segundo HooK (1984), as respostas ao alagamento mais comumente observadas em plantas vasculares correspondem às adaptações que favorecem tolerar ou evitar a anoxia. Existem espécies que quando submetidas ao alagamento, podem produzir modificações morfoanatômicas funcionais, as quais permitiriam a difusão do oxigênio da parte aérea para as raízes, garantindo a oxigenação da rizosfera e mantendo a respiração aeróbica (Medri et al. 1998). Assim a absorção dos minerais pelas raízes pode ser incrementada e os compostos tóxicos (Fe e Mn, entre outros) formados pelos solos reduzidos são oxidados para que se tornem menos nocivos (Barddal 2006). As modificações morfoanatômicas que favorecem o aumento da absorção de oxigênio pelos tecidos aéreos e seu eficiente transporte

incluem: formação de raízes adventícias, desenvolvimento de intumescência da casca e lenticelas hipertrofiadas nas regiões mais velhas do sistema radicular, desenvolvimento de tecidos aerenquimatosos (Kozlowski 1997; Larcher 2000; Ferreira et al. 2001; Medri et al. 1998) e formação de um sistema de raízes laterais, posicionadas próximo à superfície do substrato (Larcher 2000). Porém, algumas plantas podem também desenvolver adaptações metabólicas, como desvio da rota metabólica aeróbica para rotas alternativas e diminuição da atividade da álcool desidrogenase (ADH). Em espécies sensíveis ao alagamento a atividade da ADH é fortemente aumentada, acarretando acúmulo de etanol tóxico e injúria celular (Larcher 2000). Pode ainda haver a interação entre adaptações morfológicas, anatômicas e fisiológicas (Kozlowski 1997).

Embora seja evidente a capacidade da espécie *E. crista-galli* de crescer em ambientes úmidos ou alagados, suas adaptações morfoanatômicas, requisitos para a germinação das sementes, crescimento das plântulas e capacidade de adaptação às condições de alagamento são critérios importantes para a compreensão do desenvolvimento da espécie nestes ambientes. Considerando que o estudo das características adaptativas da espécie ao alagamento pode gerar subsídios para a implantação de um plano de manejo, visando à proteção e recuperação das matas ciliares da APA da Lagoa Verde, o presente estudo, apresentado em forma de um artigo, foi realizado a fim de se atingir os seguintes objetivos: 1) Estudar a influência da luz e do alagamento na germinação das sementes da espécie *E. crista-galli*; 2) Verificar os efeitos do alagamento no crescimento e morfoanatomia da espécie.



ARTIGO

*Erythrina crista-galli* L. (Fabaceae-Faboideae): germinação de sementes,  
crescimento e morfoanatomia de plântulas submetidas ao alagamento

Thasiana de Lima Batista<sup>1</sup> & Ioni Gonçalves Colares<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> PPG em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Av. Itália, km 8, Campus Carreiros, 96201-900, Rio Grande, RS, Brasil (thasianalb@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Departamento de Ciências Morfo-Biológicas, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Av. Itália, km 8, Campus Carreiros - 96201-900 – Rio Grande, RS

<sup>3</sup> Autor para correspondência: [dmbioni@furg.br](mailto:dmbioni@furg.br)

## Resumo

(*Erythrina crista-galli* L. (Fabaceae-Faboideae): germinação de sementes, crescimento e morfoanatomia de plântulas submetidas ao alagamento). Este trabalho teve como objetivo estudar a influência da luz e do alagamento na germinação de sementes, bem como os efeitos do alagamento no crescimento e na morfoanatomia de plântulas de *E. crista-galli*. Para verificar a germinação das sementes foram utilizados dois tratamentos: capacidade de campo (CC) e alagamento (AL), ambos nas condições de luz e escuro total. Para a análise do crescimento e de respostas morfoanatômicas, as plântulas com 15 dias, provenientes do experimento de germinação, foram transferidas para vasos contendo terra e mantidas em CC e AL por 120 dias. Não foram observadas diferenças significativas na germinação das sementes na luz e no escuro. Maiores valores de taxa de germinação e crescimento foram obtidos em AL, porém a porcentagem de germinação e a viabilidade das sementes foram baixas em todos os tratamentos. As plantas em AL desenvolveram raízes adventícias na região submersa do caule, lenticelas hipertrofiadas na base do caule e na base das raízes adventícias. Os resultados demonstram que *E. crista-galli* é uma espécie para qual a saturação hídrica do solo não interfere negativamente em seu ciclo de vida, sendo indicada para a recuperação de matas ciliares degradadas.

Palavras-chave: *Erythrina crista-galli*, germinação, morfoanatomia, alagamento, matas ciliares.

## Abstract

(*Erythrina crista-galli* L (Fabaceae-Faboideae): germination of seeds, growth and morphoanatomy of seedling submitted to flooding). This work aimed to study the influence of light and flooding on the seed germination, as well as the flooding effects on the growth and on the morphoanatomy of seedlings of the *E. crista-galli*. Two treatments were used in order to verify the germination of the seeds: field capacity (FC) and flooding (FL), both in the conditions of light and darkness. For the analysis of growth and morphoanatomic responses, the seedlings of 15 days, originally from the experiment of germination were transferred for vases with earth and kept in FC and FL for 120 days. There weren't meaningful differences in the germination of the seeds either in light or dark. Higher values of germination rate and growth were obtained in FL, although the percentage of germination and the viability of the seeds were low in all the treatments. The plants in AL developed adventitious roots in the submerged region of the stem, hypertrophic lenticels in the base of the stem and in the base of the adventitious roots. The results show that *E. crista-galli* is an species where the hydric saturation of the ground does not interfere negatively in its life cycle, so that it could be indicated for restoring the degraded riparian forests degraded.

Key words: *Erythrina crista-galli*, germination, morphoanatomy, flooding, riparian forests.

*Erythrina crista-galli* L. (Fabaceae-Faboideae): germinação de sementes, crescimento e morfoanatomia de plântulas submetidas ao alagamento

## Introdução

O conhecimento da biologia das sementes é fundamental para o entendimento do estabelecimento de plântulas, sucessão, regeneração natural e reabilitação de áreas degradadas (Labouriau 1983; Gomes & Fernandes 2002). A germinação das sementes é um processo complexo que envolve diversas fases que podem ser afetadas por fatores como temperatura, luz, composição dos gases na atmosfera (Mayer & Poljakoff-Mayber 1989; Popinigis 1985) e umidade do solo (Baskin & Baskin 1988). Um dos fatores mais importantes para a germinação é a presença ou não de luz, sendo que as espécies apresentam requerimentos diferenciados de acordo com o seu desenvolvimento durante a maturação das sementes (Salisbury & Ross, 1992). Muitas espécies cultivadas são indiferentes à luz para germinar, entretanto, o estímulo luminoso é variável em sementes de espécies selvagens (Mayer & Poljakoff-Mayber 1989), que podem ou não germinar em presença da luz (Toole 1973; Hutchinson 1975).

O grau de umidade do solo também é um fator importante para a germinação das sementes, por desencadear uma série de processos químicos, físicos e biológicos, que por sua vez irão influenciar na qualidade do solo como meio para o desenvolvimento das plantas (Ponnamperuma 1984). A ativação dos processos fisiológicos necessários para a germinação requer suprimento adequado de oxigênio. Um solo em condições de alagamento pode restringir a disponibilidade de oxigênio para o embrião, impedindo a germinação ou impondo dormência nas sementes de muitas espécies (Kozlowski 1997).

O alagamento além de influenciar a germinação de sementes, pode interferir também no desenvolvimento das plântulas (Ferreira et al. 2005), devido o acúmulo de CO<sub>2</sub> no solo, aumento da solubilidade das substâncias minerais, redução do Fe e Mn, decomposição anaeróbica da matéria orgânica e a formação de compostos tóxicos. Outros efeitos adversos, causados pelo alagamento, são a inibição do crescimento das plantas pela supressão da formação e expansão de folhas e entrenós, senescência prematura e abscisão foliar, e indução da morte das plantas (Kozlowski 1997). Bem

como, a decomposição de porções da raiz original, após ser submetida à anoxia ou mesmo hipoxia (Kozlowski 1984).

Sendo assim a redução na disponibilidade de oxigênio no solo constitui a maior limitação para o crescimento de plantas sob inundação (Povh 2005). No entanto, determinadas espécies, quando submetidas ao alagamento, podem produzir modificações morfoanatômicas, que permitem a difusão do oxigênio da parte aérea para as raízes, mantendo a respiração aeróbica (Kolb et al. 1998; Medri 1998).

Segundo Crawford (1978) a adaptação das plantas a ambientes inundados deve-se a alterações de rotas metabólicas e Joly (1994) sugere que pode haver uma combinação de modificações morfoanatômicas e metabólicas. Entre as adaptações morfoanatômicas freqüentemente desenvolvidas em condições de alagamento, lenticelas hipertróficas, ocorrência de raízes adventícias e formação de tecido aerenquimatoso nas raízes foram observadas em *Sebastiania commersoniana* (Bail.) L. B. & Downs por Kolb et al. (1998), em *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl., *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. e *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. por Rogge et al. (1998).

A saturação hídrica do solo e a conseqüente diminuição na quantidade de oxigênio disponível para o sistema radicular selecionaram, ao longo do processo evolutivo, plantas capazes de sobreviverem à inundação sazonal ou permanente (Marques & Joly 2000). Entre as plantas típicas de ambientes inundáveis, destaca-se *Erythrina crista-galli* L. (corticeira-do-banhado), espécie arbórea bastante característica de ambientes úmidos como banhados, beira de rios e lagos, sendo considerada pioneira nestas áreas (Backes & Irgang 2002). Cresce em solos inundáveis, pouco drenados no Brasil austral, Paraguai, Uruguai e Argentina (Cordazzo & Seeliger 1995; Lahitte & Hurrell 1999; Carpanezi et al. 2001). Espécie de flores hermafroditas, com baixa fecundidade e grandes taxas de aborto das flores, das quais menos de 6% desenvolvem frutos (Galletto et al. 2000). Seus frutos são do tipo legume (Barroso et al. 1999), castanho-escuro, de até 20cm de comprimento (Backes & Irgang 2002) e as sementes reniformes de coloração marrom (Cordazzo & Seeliger 1995), de tamanho médio e tornam-se inviáveis após 180 dias de colheita (Longhil 1995). As sementes e os frutos são fortemente atacados por insetos, sobretudo besouros urulionídeos (Carpanezi et al. 2001).

Embora seja uma espécie muito freqüente em ambientes úmidos ou alagados, são pouco conhecidos os graus de tolerância e a capacidade de adaptação dessa espécie às condições de alagamento. O estudo das características adaptativas ao

alagamento é de grande importância, pois pode fornecer informações sobre espécies que poderão ser utilizadas na recomposição florestal de áreas ciliares degradadas. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo estudar a influência da luz e do alagamento na germinação de sementes, bem como os efeitos do alagamento no crescimento e na morfoanatomia de plântulas de *E. crista-galli*.

## Material e métodos

As sementes de *E. crista-galli* utilizadas foram obtidas a partir da coleta de frutos maduros em diferentes matrizes da mata ciliar que acompanha a margem direita do Arroio Bolaxa (32°09'619"S e 52°11'288"W) parte integrante da Área de Proteção Ambiental da Lagoa Verde, em direção ao balneário Cassino, no município de Rio Grande, RS, no período de janeiro a março de 2007.

Os frutos foram levados ao laboratório e as sementes retiradas manualmente. Sendo a seguir acondicionadas em sacos de papel e mantidas em temperatura ambiente até a realização dos experimentos em laboratório. Todas as sementes utilizadas nos experimentos foram previamente esterilizadas em solução comercial de hipoclorito de sódio a 1%.

**Germinação das sementes** - Para verificar a germinação e o fotoblastismo das sementes de *E. crista-galli* foram utilizados dois tratamentos: em capacidade de campo (CC) e alagamento (AL), ambos nas condições de luz e escuro total. Na capacidade de campo, 200 sementes foram acondicionadas em oito placas tipo Gerbox, com 25 sementes cada, contendo papel Germitest em aproximadamente 70% de umidade. Para simular as condições de alagamento 200 sementes foram acondicionadas individualmente em copos plásticos preenchidos com 80mL de água destilada e distribuídos em oito bandejas plásticas.

As sementes foram mantidas em casa de vegetação, à temperatura ambiente e fotoperíodo de 12hL/12hE. O fotoperíodo foi mantido usando lâmpadas fluorescentes brancas frias como fonte de luz, com irradiância de 60  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . A condição de escuro total foi obtida com o envolvimento das placas e bandejas em sacos de polietileno preto, sendo o acompanhamento do experimento feito em câmara escura, com luz verde de segurança (Labouriau 1983). A semente foi considerada germinada quando observada emissão da radícula (Ungar 1967). O experimento foi conduzido por 120 dias e a germinação avaliada a cada dois dias. Ao final do experimento as sementes

não germinadas foram testadas quanto à viabilidade usando o teste com solução de 0,1% de 2,3,5 triphenil tetrazolium chloride (TTC), num período de 4 horas a 30°C em condições de escuro (Popinigs 1985).

Crescimento das plântulas - Plântulas provenientes do experimento de germinação, com 15 dias de idade foram transferidas para vasos plásticos transparentes, contendo terra coletada nas margens do Arroio Bolaxa, previamente seca em estufa a 70°C. Nas plântulas provenientes do tratamento CC, o substrato foi mantido com aproximadamente 70% de umidade e em AL o alagamento foi obtido mantendo-se 3cm de água acima do substrato em cada vaso. Diariamente foram feitas irrigações com água coletada no Arroio Bolaxa, previamente filtrada. Semanalmente foi realizada a adição de solução nutritiva de Hoagland (Hoagland & Arnon 1938) e quinzenalmente foi realizada renovação da água dos vasos, para diminuir o efeito do acúmulo de toxinas (Marques & Joly 2000). As plantas foram mantidas em casa de vegetação sob luz e temperatura ambiente por 120 dias.

Para análise de crescimento foram considerados os seguintes parâmetros: número de folhas, comprimento do caule e diâmetro da base do caule em 30 plântulas, de cada tratamento, com 15 dias de idade e ao final do experimento (120 dias). Nesta análise também foi incluída a determinação da massa de matéria seca das plântulas. Cinco plântulas de cada tratamento foram selecionadas no momento da transferência para os vasos (15 dias) e determinada massa de matéria seca total. Ao final do experimento (120 dias), outras cinco plantas foram selecionadas para determinação de massa de matéria seca (raiz e parte aérea). A massa de matéria seca foi obtida após secagem do material em estufa a 70°C por 72 horas.

Avaliação de respostas morfoanatômicas – Durante o período de execução do experimento (120 dias) foi realizada semanalmente avaliação visual das plantas, a fim de se observar o surgimento de alterações morfológicas nas mesmas. Adicionalmente, ao final dos 120 dias, dez plantas de ambos os tratamentos foram selecionadas aleatoriamente para observações anatômicas. Tais observações foram realizadas na base do caule e na raiz principal das plantas do tratamento CC e na base do caule, na raiz principal e nas raízes adventícias do tratamento AL.

Cortes transversais foram realizados, a mão livre com auxílio de lâmina de barbear, na base do caule na região acima dos cotilédones, na raiz principal a 2 cm da região do colo e na base das raízes adventícias. Os cortes foram corados com



astrablau e safranina, confeccionando-se lâminas semipermanentes em gelatina glicerinada (Beçak e Paulete 1976). As fotomicrografias foram feitas em fotomicroscópio Olympus CX 41, utilizando-se câmara digital Sony Cybershot DSC-H5.

Análises Estatísticas – Para verificação da normalidade dos dados foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov e Lilliefors, utilizando-se o programa BIOSTAT 3.0 (Ayres et al. 2003), sendo os valores de percentagem de germinação transformados em  $\arcsin \sqrt{\%}$  e os valores de crescimento e biomassa transformados em raiz quadrada de X para sua normalização. Os resultados de germinação são apresentados em percentagem total de germinação (GT) e taxa de germinação (TG). As taxas de germinação (TG) foram calculadas segundo a equação de Mugnisjam & Nakamura (1986) apud Cordazzo & Davy (1997):  $TG = \{(100/\sum Ni)\} \cdot (\sum Ni/Ti)$ . Onde, Ti é o dia após iniciar a germinação e Ni, o número de sementes germinadas no dia Ti. Adicionalmente foram calculados “Lag Time” (tempo inicial para a germinação da primeira semente) e  $T_{50}$  (tempo para ocorrer 50% da germinação). Para análise dos dados de germinação foi utilizada análise de variância (ANOVA) e para os dados de crescimento foi utilizada ANOVA de duas vias, ambas foram aplicadas para a verificação das diferenças entre as médias nos tratamentos e quando F foi significativo a DMS 5% (Tukey) foi determinada (Zar 1984), utilizando-se o programa ESTAT (UNESP – FCAV – Campus de Jaboticabal) versão 2.0 for Windows. Os valores apresentados nas tabelas e gráficos não são transformados.

## Resultados

Germinação – As sementes de *Erythrina crista-galli* germinaram tanto na presença quanto na ausência de luz, sendo que os valores de percentagem de germinação (GT) entre os tratamentos não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) (Fig. 1). Maiores valores de taxa de germinação (TG) foram obtidos nos tratamentos alagados (Tab. 1), enquanto o menor Lag Time foi observado no tratamento alagado/luz. Somente no tratamento capacidade de campo/escuro foi observada 50% de germinação ( $T_{50}$ ) das sementes. A viabilidade das sementes da espécie também foi baixa (valores inferiores a 50%), conforme verificado no teste de Tetrazólio (Tab. 1).

Crescimento das plântulas - *E. crista-galli* apresentou crescimento em ambos os tratamentos: capacidade de campo (CC) e alagado (AL), embora os valores de

comprimento e diâmetro do caule tenham diferido significativamente ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. Maiores valores de comprimento e diâmetro do caule foram observados no tratamento AL, nas plantas com 120 dias de idade (Tab. 2). As plântulas com 15 dias de idade do tratamento CC apresentaram menor número de eófilos (folhas primárias unifolioladas) e metáfilos (folhas trifolioladas) em comparação com as plântulas do tratamento AL. Porém, ao final dos 120 dias foi verificada a presença de eófilos somente no tratamento AL, embora o número de metáfilos não tenha diferido significativamente ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos CC e AL (Tab. 2). Nas plantas do tratamento AL foi observada a presença de raízes adventícias no caule e lenticelas hipertrofiadas na base do caule e na base das raízes adventícias. Essas plantas desenvolveram um grande número de raízes laterais novas, bem como apresentaram deterioração do ápice da raiz principal. Nas plântulas com 15 dias de idade, crescendo em condições de luz e escuro total, não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os valores de massa de matéria seca total em ambos os tratamentos CC e AL. (Fig. 2). Ao final dos 120 dias, a massa de matéria seca da parte aérea e da raiz das plantas submetidas ao tratamento AL foi significativamente ( $p > 0,05$ ) maior do que nas plantas do tratamento CC (Fig.3). Foram verificados nas raízes de ambos os tratamentos a presença de nódulos de bactérias nitrificadoras, sendo observada visualmente uma maior abundância destes nódulos nas plantas do tratamento AL (Fig. 4 e 5).

Respostas morfoanatômicas – As plântulas de *E. crista-galli* apresentaram inicialmente desenvolvimento similar em ambos os tratamentos CC e AL: aos 15 dias de idade, pode-se descrever a plântula, cujo sistema radicular é axial, com raízes secundárias e terciárias. Presença de um a três eófilos unifoliolados, de limbo cordiforme, distinguindo-se o pulvínulo e um par de pequenos nectários globosos na base foliolar. A folha é peciolada com um par de estípulas foliáceas senescentes na base. Nesta fase foi verificada a formação do primeiro metáfilo trifoliolado que também apresentou nectários globosos e estípulas foliáceas caducas. Ambos, eófilos e metáfilos, apresentaram filotaxia alterna (Fig. 6). Aos 30 dias já pode ser observado o surgimento de pequenos acúleos no caule, pecíolos dos eófilos e metáfilos e na região abaxial do limbo foliar além da presença de pequenas lenticelas arredondadas, de coloração amarelo-pálea, distribuídas ao longo do caule (Fig. 7 e 8). A partir dos 60 dias, nas plantas do tratamento AL, observou-se o início do desenvolvimento de raízes adventícias na base do caule e aos 90 dias observou-se o surgimento de lenticelas

hipertrofiadas, de coloração esbranquiçada na base do caule e na base das raízes adventícias (Fig. 9). Ao final dos 120 dias nas plantas do tratamento AL foi verificada a presença de inúmeras raízes adventícias em toda a região submersa do caule e abundantes lenticelas hipertrofiadas nesta região do caule e na base das raízes adventícias (Fig. 10).

Não foram observadas diferenças anatômicas na raiz principal das plantas de ambos os tratamentos ao final de 120 dias (Fig.11 e 12). A raiz principal apresentava crescimento secundário típico de dicotiledôneas, onde se verificou a presença de periderme e a formação de câmbio vascular, o qual originou xilema secundário internamente e floema secundário externamente. A presença de um grande número de grânulos de amido na raiz principal também foi verificada nas plantas de ambos os tratamentos.

As raízes adventícias observadas nas plantas do tratamento AL apresentavam crescimento primário, em que foi verificada a presença de epiderme uniestratificada, córtex com várias camadas de células, espaços intercelulares maiores e mais numerosos quando comparados aos do parênquima radial da raiz principal, endoderme e cilindro vascular circundado por periciclo, no qual ocorrem 4 ou 5 pólos de xilema primário intercalados com grupos de floema primário (Fig. 13).

As lenticelas hipertrofiadas presentes nas plantas submetidas ao alagamento apresentaram diferenças estruturais quando comparadas com as lenticelas das plantas do tratamento CC, apresentando células maiores e mais numerosas dispostas num arranjo desorganizado (Fig.14 e 15).

## Discussão

A luz é um dos requisitos importantes para a germinação de muitas espécies, outras germinam igualmente bem na luz e escuro e poucas são as espécies na qual a germinação é inibida pela luz (Toole 1973). A regulação da germinação pela luz está relacionada a molécula do fitocromo (Silveira et al. 2004), cuja mudança na forma é influenciada pela relação vermelho/vermelho-distante da luz transmitida através das folhas (Fenner 1985). Segundo Mayer & Poljakoff-Mayber (1989) em algumas espécies o efeito da luz sobre a germinação das sementes pode ser influenciado pelo fotoperíodo a qual a planta-mãe estava exposta e a luz filtrada pelo fruto na planta-mãe pode afetar a subsequente germinação das sementes. Em geral, espécies com sementes grandes, com amplas reservas para sustentar prolongados períodos de

crescimento no escuro, não necessitam de luz para a germinação (Taiz & Zeiger 2004). A similaridade dos valores de percentagem de germinação, tanto em condições de luz como em escuro total, observados neste estudo indicam que as sementes de *Erythrina crista-galli* ao serem dispersas provavelmente já estão com o fitocromo ativado podendo ser consideradas fotoblásticas neutras. Associado a isto, os baixos valores de Lag Time observados em todos os tratamentos demonstram a pronta germinação das suas sementes.

O alagamento é outro fator importante tanto na germinação de sementes, como no estabelecimento de plântulas em áreas inundadas, sendo a anoxia o maior problema gerado pela saturação hídrica do solo. As raízes em geral obtêm oxigênio suficiente para a respiração aeróbica diretamente do espaço gasoso no solo. Os espaços preenchidos de gás, em um solo bem-drenado, permitem prontamente a difusão de O<sub>2</sub> gasoso para profundidades de vários metros. Em solos inundados, a água preenche os espaços do solo e bloqueia a difusão do O<sub>2</sub> na fase gasosa (Taiz & Zeiger 2004).

O número de espécies que consegue germinar emitindo a radícula ou calículo sob anoxia é muito limitado (Crawford 1992). Dentre elas a espécie *Chorisia speciosa* (A. St.-Hil) possui sementes que emitem radícula sob ausência total de oxigênio. Neste caso, a anoxia é condicionada pela presença de mucilagem nas sementes (Crawford 1992). Já para a espécie *Inga sessilis* (Vell.) Mart., conforme observado por Okamoto & Joly (2000) a anoxia é letal para as sementes. Em *E. crista-galli* o alagamento parece não ser um fator limitante para a germinação das sementes, uma vez que, as respostas de percentagem de germinação nos diferentes tratamentos (CC e AL) não diferiram significativamente. Por outro lado, a tolerância da espécie à hipoxia torna-se ainda mais evidente com a capacidade das plântulas crescerem normalmente quando submetidas a esta situação, o que pode ser confirmado pelos maiores valores de comprimento, diâmetro do caule e massa de matéria seca observados no tratamento AL ao final dos 120 dias.

Segundo Barddal (2006) uma provável adaptação da espécie *E. crista-galli* já inicia pela morfologia de sua plântula, fânero-hipógeo-armazenadora, destoante das espécies arbóreas pioneiras, que têm uma semente fânero-epígeo-foliácea, pronta para fotossintetizar o mais rápido possível. Sendo assim, ao ser dispersa em seu ambiente natural, encontra-se sob luz difusa e muitas vezes em ambiente alagado. É preciso, então, que as reservas armazenadas em suas sementes garantam um crescimento que lhes permita superar os primeiros centímetros de escuridão e alagamento.

Isto

também foi observado neste estudo, uma vez que a ausência de luz durante o período inicial de 15 dias, após a germinação das sementes aparentemente não interferiu no crescimento das plântulas. O maior valor de crescimento do caule observado no tratamento AL sugere uma resposta ao alagamento, uma vez que este pode estimular a planta a uma maior alongação do caule a fim de manter as folhas acima da lâmina de água. Apesar do número de metáfilos não ter diferido significativamente entre os tratamentos, apenas as plantas do tratamento AL mantiveram seus eófilos ao final dos 120 dias, o que também contribuiu para o maior valor de massa de matéria seca aérea obtida neste tratamento.

Outro aspecto importante para a sobrevivência de uma espécie em ambiente sujeito a inundações refere-se às adaptações morfoanatômicas da planta à baixa disponibilidade de oxigênio no substrato (Marques & Joly 2000). Segundo Kozlowski (1997) o aumento da captação de O<sub>2</sub> através de tecidos aéreos e seu eficiente transporte em plantas é favorecido pela produção de lenticelas hipertrofiadas, aerênquima e raízes adventícias. As plantas de *E. crista-galli* utilizadas neste estudo, quando submetidas à inundações desenvolveram raízes adventícias no caule e lenticelas hipertrofiadas na base do caule e na base das raízes adventícias. Estas estruturas podem ser de extrema importância para a sobrevivência da espécie a longos períodos de inundações. A ocorrência de lenticelas hipertróficas tem sido relatada para várias espécies arbóreas sujeitas ao alagamento (Pimenta et al. 1996; Kolb et al. 1998; Medri et al. 1998), sendo sugerido que tais estruturas facilitam a difusão do oxigênio para as raízes (Pimenta et al. 1996; Medri et al. 1998; Bianchini et al. 2000), favorecem a oxigenação da rizosfera (Bianchini et al. 2000, Larcher 2000) e auxiliam na liberação de compostos potencialmente tóxicos associados à anaerobiose, como etanol, acetaldeído e etileno (Crawford 1989; Kozlowski 1997).

O etileno é produzido continuamente na planta, mas durante o alagamento ele pode ser acumulado em grande quantidade, em razão do seu baixo coeficiente de difusão na água, provocando senescência e abscisão precoce das folhas (Voesenek et al. 1993). Porém, alguns autores sugerem que a ação do etileno seja o principal processo responsável pelas modificações morfoanatômicas observadas nas raízes e caules de plantas sob alagamento (Pimenta et al. 1996; Medri et al. 1998). Segundo Taiz & Zeiger (2004), o etileno é responsável pelo alongamento do caule em resposta a submersão e pela formação de raízes adventícias, o que pode ser corroborado pelos maiores valores de comprimento do caule e a presença de raízes adventícias observados nas plantas do tratamento AL. As raízes adventícias aumentam a

capacidade de absorção de nutrientes, além de favorecer a oxigenação da rizosfera (Kozlowski 1997), uma vez que, como observado no estudo anatômico, apresentam espaços intercelulares maiores e em maior número, quando comparados aos do parênquima radial da raiz principal facilitando assim a difusão do oxigênio da parte aérea para a raiz. A formação de aerênquima em plantas submetidas à inundação também é creditada à elevação dos níveis de etileno nestas plantas (Medri et al. 1998). Em plantas de *E. crista-galli*, durante o período de estudo não foi observado na raiz principal a formação de aerênquima típico de espécies que vivem em ambientes contínua ou periodicamente alagados, o qual também não foi observado em plantas de *Chorisia speciosa* submetidas ao alagamento (Povh et al. 2005). Porém, provavelmente, o não desenvolvimento de aerênquima típico possa ser decorrente do pouco tempo de exposição ao alagamento, uma vez que nas raízes adventícias observou-se um maior espaçamento intercelular, podendo mais tarde resultar num tecido aerenquimatoso característico.

Outra estratégia positiva à sobrevivência em condições temporárias desfavoráveis, segundo Crawford (1989) é a capacidade das plantas em armazenar carboidratos, uma vez que o metabolismo anaeróbico tem alta demanda pelos mesmos. Kolb et al. (1998) em seus estudos, verificaram que as plantas-controle de *Sebastiania commersoniana* apresentaram aumento de amido nas células parenquimáticas corticais de caules e raízes, quando comparadas com as plantas alagadas. Neste estudo as plantas de *E. crista-galli* de ambos os tratamentos CC e AL apresentaram abundante reserva amilífera nas células parenquimáticas da raiz principal. No entanto, como não foi realizada a quantificação de carboidratos presentes na raiz principal, não é possível assim confirmar a condição de metabolismo anaeróbico. Por outro lado, a associação simbiótica com bactérias nitrificadoras, intensificada sob condições de alagamento, parece ser mais uma adaptação da espécie as condições desfavoráveis impostas pela saturação hídrica do solo, pois, segundo alguns autores (Kozlowski 1997; Souza & Sodek 2002) a falta de oxigênio ocasionado pelo alagamento causa desnitrificação do substrato.

A presença de lenticelas hipertrofiadas, de raízes adventícias no caule, a formação de um grande número de raízes laterais e a maior abundância de nódulos de bactérias observados nas plantas submetidas ao alagamento contribuíram para os maiores valores de massa de matéria seca observados neste tratamento. A formação do maior número de raízes laterais possivelmente ocorreu em resposta à instabilidade do sedimento e/ou em resposta a danificação e conseqüentemente redução da raiz

principal. A danificação de raízes está frequentemente relacionada com o aumento da atividade fúngica nos solos inundados, bem como à maior susceptibilidade das raízes aos microorganismos hospedeiros (Kozłowski 1997).

Apesar de todas as adaptações que *E. crista-galli* possui para seu desenvolvimento e estabelecimento em ambientes periodicamente inundados, a manutenção da espécie através da produção e germinação de sementes encontra algumas dificuldades, uma vez que apenas 6% das flores desenvolvem sementes; a autogamia prejudica toda a produção de sementes e há ainda o forte ataque de besouros urulionídeos nos frutos e sementes (Galleto et al. 2000). Além disso, conforme verificado neste estudo a germinação e a viabilidade das sementes são baixas, o que pode ser corroborado pelo baixo valor de germinação de sementes de *Erythrina* sp. observado por Vieira & Scariot (2006) em seus estudos. Porém, a capacidade das sementes manterem a viabilidade submersas e das plantas crescerem normalmente em solo alagado mostram que *E. crista-galli* é uma espécie para qual a saturação hídrica do solo não interfere de forma negativa em seu ciclo de vida. Estas características associadas às adaptações morfoanatômicas desenvolvidas pela espécie, justificam sua ampla distribuição em áreas sujeitas a inundações e sua classificação como espécie pioneira nestas áreas. Sendo assim os resultados encontrados neste estudo demonstram que *E. crista-galli* possui um conjunto de características peculiares que favorecem a recomendação da espécie para a recomposição da vegetação nativa e a recuperação de matas ciliares degradadas, junto a cursos d'água.

## Referências bibliográficas

- Ayres, M; Ayres Jr, M.; Ayres, D. L. & Santos, A. dos. 2003. Biostat 3.0: Aplicações estatísticas nas áreas biológicas e médicas. Sociedade Civil mamirauá. CNPq. 290p.
- Backes, P. & Irgang, B. 2002. Árvores do Sul – Guia de identificação & Interesse Ecológico. Clube da árvore – Instituto Souza Cruz. 326 p.
- Barddal, M. L. 2006. A influência da saturação hídrica na distribuição de oito espécies arbóreas da floresta ombrófila mista aluvial do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil. Tese de doutorado do Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Paraná.
- Barroso, G. M.; Morim, M. P.; Peixoto, A. L. & Ichaso, C. L. F. 1999. Frutos e Sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Ed. UFV. Viçosa. 443p.
- Baskin, C. C. & Baskin, J. M. 1988. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperature region. *American Journal of Botany* 75 (2): 286-305.
- Beçak, W. & Paulete, J. 1976. Técnicas de citologia e histologia. Livros técnicos e Científicos Ed. S. A., Rio de Janeiro. 230p.
- Bianchini, E.; Medri, M. E.; Pimenta, J. A.; Giloni, P. C.; Kolb, R. M. & Correa, G. T. 2000. Anatomical alterations in plants of *Chorisia speciosa* A. St. – Hill submitted to flooding. *Interciencia* 25 (9): 436-441.
- Crawford, R. M. M. 1978. Metabolic adptation to anoxia. Pp. 119-136. In: Hook, D. D. & Crawford, R. M. M. (eds.). *Plant life in anaerobic environments*. Ann Arbor: Ann Arbor Science Publishers.
- Crawford, R. M. M. 1989. *Studies in plant survival. Ecological case histories of plant adaptation to adversity*. Blackwell scientific Publications. 296 p.



- Crawford, R. M. M. 1992. Oxygen availability as an ecological limit to plant distribution. *Advances in Ecological Research* 23: 93-185.
- Carpanezi, A. A.; Tavares, F. R. & Souza, V. A. 2001. Estaquia de corticeira-do-banhado (*Erythrina crista-galli* L.). Colombo, PR: EMBRAPA. Comunicado técnico 64: 1-6.
- Cordazzo, C. V. & Seeliger, U. 1995. Guia ilustrado da vegetação costeira no extremo Sul do Brasil. Ed. FURG. Rio Grande. 275p.
- Cordazzo, C. V. & Davy, A. J. 1997. Effects of temperature and light on seed germination in the dune-building grass *Panicum racemosum* Spreng. *Atlântica* 19: 87-97.
- Fenner, M. 1985. *Seed Ecology*. Chapman and Hall, London. 151p.
- Ferreira, C.; Piedade, M. T. F.; Parolin, P. & Barbosa, K. M. 2005. Tolerância de *Himatanthus sucuba* Wood. (Apocynaceae) ao alagamento na Amazônia central. *Acta Botanica Brasilica* 19 (3): 425-429.
- Galetto, L.; Bernardello, G.; Isele, I. C.; Vesprini, J.; Speroni, G. & Berduc, A. 2000. Reproductive biology of *Erythrina crista-galli* (Fabaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 87 (2): 127-145.
- Gomes, V. & Fernandes, G. W. 2002. Germinação de aquênios de *Baccharis dracunculifolia* D. C. (Asteraceae). *Acta Botanica Brasilica* 16 (4): 421-427.
- Hoagland, D. R. & Arnon, D. I. 1938. The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experimental Station. Circ. 347: 1-39.
- Hutchison, G. E. 1975. *A treatise on Limnology*. Vol.III. Limnological Botany. John Willey & Sons. 176p.

- Joly, C. A. 1994. Flooding tolerance: a reinterpretation of Crawford's metabolic theory. Proceeding of the Royal Society Edinburgh Vol. 102b: 343-354.
- Labouriau, L. G. 1983. A germinação das Sementes. Série de Biologia. Monografia nº24. Departamento de Assuntos Científicos da OEA, Washington D.C. 174p.
- Lahitte, H. B. & Hurrell, J. A. (eds.) 1999. Biota Rioplatense. IV. Árboles Urbanos. Ed. L.O.L.A. Buenos Aires. 320p.
- Larcher, W. 2000. Ecofisiologia vegetal. Rima. São Carlos, São Paulo. 531p.
- Longhi, R. A. 1995. Livro das Árvores: árvores e arvoretas do Sul. Ed. L & PM. Porto Alegre. 176p.
- Kolb, R.M.; Medri, M.E.; Bianchini, E.; Pimenta, J.A.; Giloni, P.C.; Correa, G.T. 1998. Anatomia ecológica de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae) submetida ao alagamento. Revista Brasileira Botânica 21 (3): 305-312.
- Kozlowski, T.T. 1984. Responses of wood plants to flooding. p.129-163. In: Kozlowski, T.T. Flooding and plant growth. Academic Press, Inc. London
- Kozlowski, T. T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. Tree Physiology Monograph n.1. Heron publishing. Victoria, Canada.
- Marques, M. C. M. & Joly, C. A. 2000. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. Em floresta higrófila do sudeste do Brasil. Revista Brasileira Botânica 23 (1):107-112.
- Mayer, A. M. & Poljakoff-Mayber, A. 1989. The germination of seeds. (4th ed.). Pergamon Press. 270p.

- Medri, M. E.; Bianchini, E.; Pimenta, J. A.; Delgado, M. F. & Correa, G. T. 1998. Aspectos morfo-anatômicos de *Peltophorum dubium* (Spr.) Taub. Submetida ao alagamento e a aplicação de etrel. *Revista Brasileira Botânica* 21 (3): 261-267.
- Okamoto, J. M. & Joly, C. A. 2000. Ecophysiology and respiratory of *Inga sessilis* (Vell.) Mart. (Mimosaceae) seeds subjected to hypoxia and anoxia. *Revista Brasileira Botânica* 23 (1): 51-57.
- Pimenta, J. A.; Medri, M. E.; Bianchini, E.; Muller, C.; Okamoto, J. M.; Francisconi, L. M. S. & Correa, G. T. 1996. Aspectos da morfoanatomia e fisiologia de *Jacaranda puberula* Cham. (Bignoniaceae) em condições de hipoxia. *Revista Brasileira Botânica* 19:215-220.
- Ponnamperuma, F. N. 1984. Effects of flooding on soils. Pp. 09-45. In: Kozlowski, T. T. (ed.). *Flooding and plant growth*. Academic Press, London.
- Popinigs, F. 1985. *Fisiologia da semente*. 2ª ed. AGIPLAN, Brasília, DF, Brasil.
- Povh, J. A.; Filho, C. J. R.; Mourão, K. S. M. & Pinto, D. D. 2005. Respostas morfológicas e anatômicas de plantas jovens de *Chorisia speciosa* A. St. - Hill (Bombacaceae) sob condições de alagamento. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 27(3): 195-202.
- Rogge, G. D.; Pimenta, J. A.; Bianchini, E.; Medri, M. E.; Colli, S. & Alves, L. M. T. 1998. Metabolismo respiratório de raízes de espécies arbóreas tropicais submetidas à inundação. *Revista Brasileira Botânica* 21 (2): 153-158.
- Salisbury, F. B. & Ross, C. W. 1992. *Plant Physiology*. (4th ed.). Wadsworth Publishing Company, Belmont, California. 682p.
- Silveira, F. A. O.; Negreiros, D. & Fernandes, W. 2004. Influência da luz e temperatura na germinação de sementes de *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hill.) D.C. (Melastomataceae). *Acta Botanica Brasilica* 18 (4):847-851.

Souza, C.A.F. & Sodek, L. 2002. The metabolic response of plants to oxygen deficiency. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 14 (2): p.83-94.

Taiz, L. & Zeiger, E. 2004. *Fisiologia Vegetal*. 3ª ed. Artmed. Porto Alegre. 719p.

Toole, V. K. 1973. Effects of light, temperature and their interactions on the germination of seeds. *Seed Science & Technology* 1: 339-396.

Ungar, I. A. 1967. Influence of salinity and temperature on seed germination. *The Ohio Journal of Science* 7(2): 120-123.

Vieira, D. L. M. & Scariot, A. 2006. Effects of logging, liana tangles and pasture on seeds fate of dry forest tree species in Central Brazil. *Forest ecological and Managment* 230:197-205.

Voesenek, L. A.; Banga, M.; Thier, R. H.; Mudde, C. M.; Harren, F. J. M.; Barense, G. W. M. B. & Bloom, C. W. P. M. 1993. Submergence induced ethylene synthesis, entrapment and growth in two plant species with contrasting flooding resistances. *Plant physiology* 103: 783-791.

Zar, J.H. (1984) *Biostatistical Analysis*. 2ª ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.,. 718p.

Tabela 1 - Germinação de sementes de *Erythrina crista-galli* em presença de luz e escuro total e em duas condições de solo (CC - capacidade de campo e AL - alagado). GT - percentagem total de germinação, TG - taxa de germinação, "Lag Time" - dia em que germina a primeira semente e T<sub>(50)</sub> - dia em que atingiu 50% de germinação.

Tratamentos	GT (%)	TG	"Lag Time"	T <sub>(50)</sub>	Viabilidade
CC/Luz	42 a	6,85	4	-	42%
CC/Escuro	56 a	9,96	3	51	48%
AL/Luz	46 a	10,56	2	-	32%
AL/Escuro	46 a	11,04	3	-	43%

Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 2 – Valores médios das medidas de crescimento de *Erythrina crista-galli* em duas condições de solo (CC - capacidade de campo e AL - alagado). CIC - comprimento inicial do caule (cm), CFC - comprimento final do caule (cm), DIC - diâmetro inicial do caule (cm), DFC - diâmetro final do caule (cm), NIE - número inicial de eófilos, NFE - número final de eófilos, NIM - número inicial de metáfilos e NFM - número final de metáfilos.

Medidas de crescimento	Tratamentos	
	CC	AL
CIC	9,38 ± 6,78a	15,17± 4,71b
CFC	16,08 ± 5,30a	26,00 ± 6,70b
DIC	0,30 ± 0,04a	0,31 ± 0,04a
DFC	0,45 ± 0,11a	0,55 ± 0,15b
NIE	1,00±0,95a	2,03±1,00b
NFE	-	1,00±1,17b
NIM	0,17±0,38a	0,40±0,50b
NFM	5,57 ± 2,37a	5,80 ± 2,09a

Médias seguidas de mesma letra, em cada linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

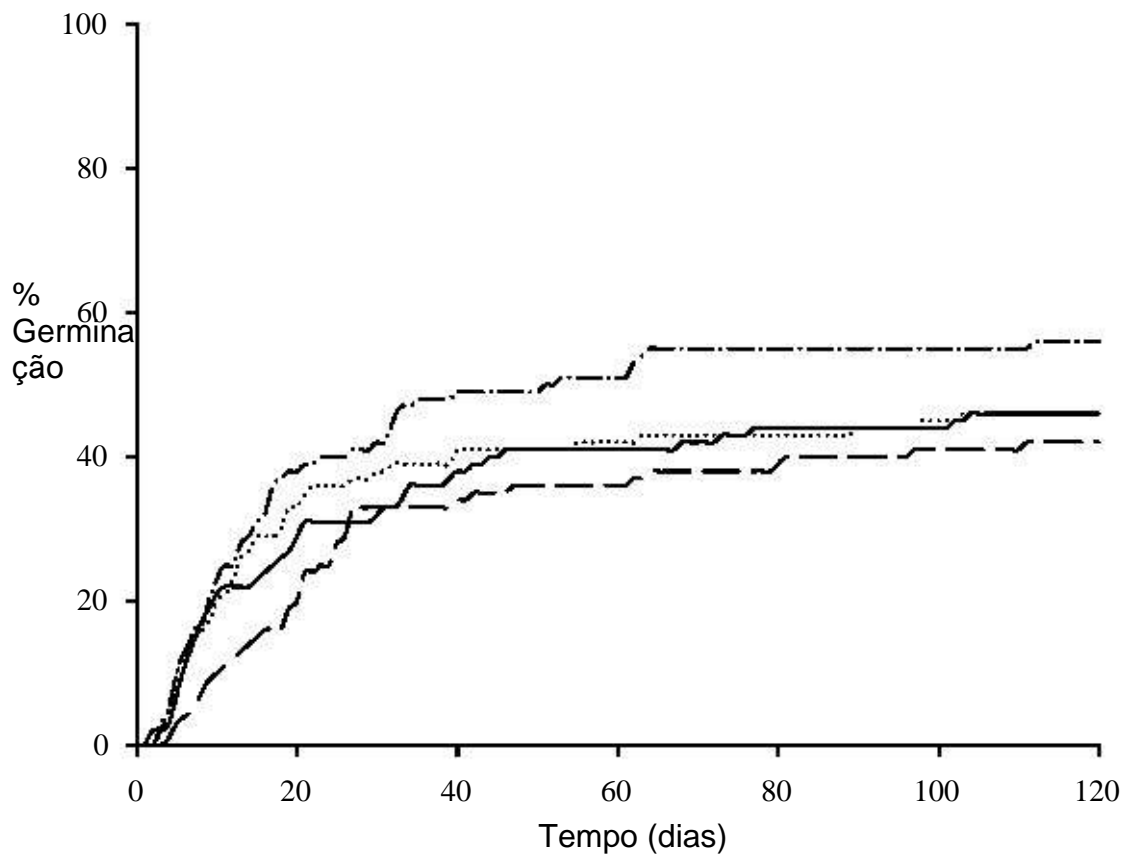


Figura 1 - Percentual de germinação de sementes de Erythrina crista-galli em presença de luz e escuro total e em duas condições de solo (CC - capacidade de campo e AL - alagado). ( ) CC/Luz; ( ) CC/Escurto; ( ) AL/Luz e ( ) AL/Escurto

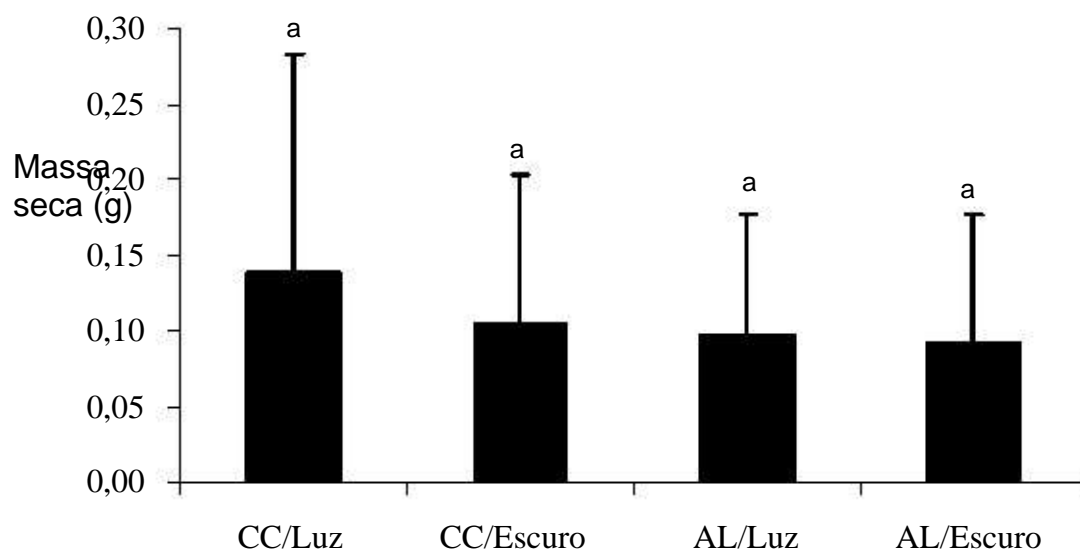


Figura 2 – Média  $\pm$  desvio padrão da massa de matéria seca total de plântulas de *Erythrina crista-galli* crescendo por 15 dias em presença de luz e escuro total e em duas condições de solo (CC – capacidade de campo e AL - alagado). Letras iguais indicam grupos homogêneos ( $P > 0,05$ ).



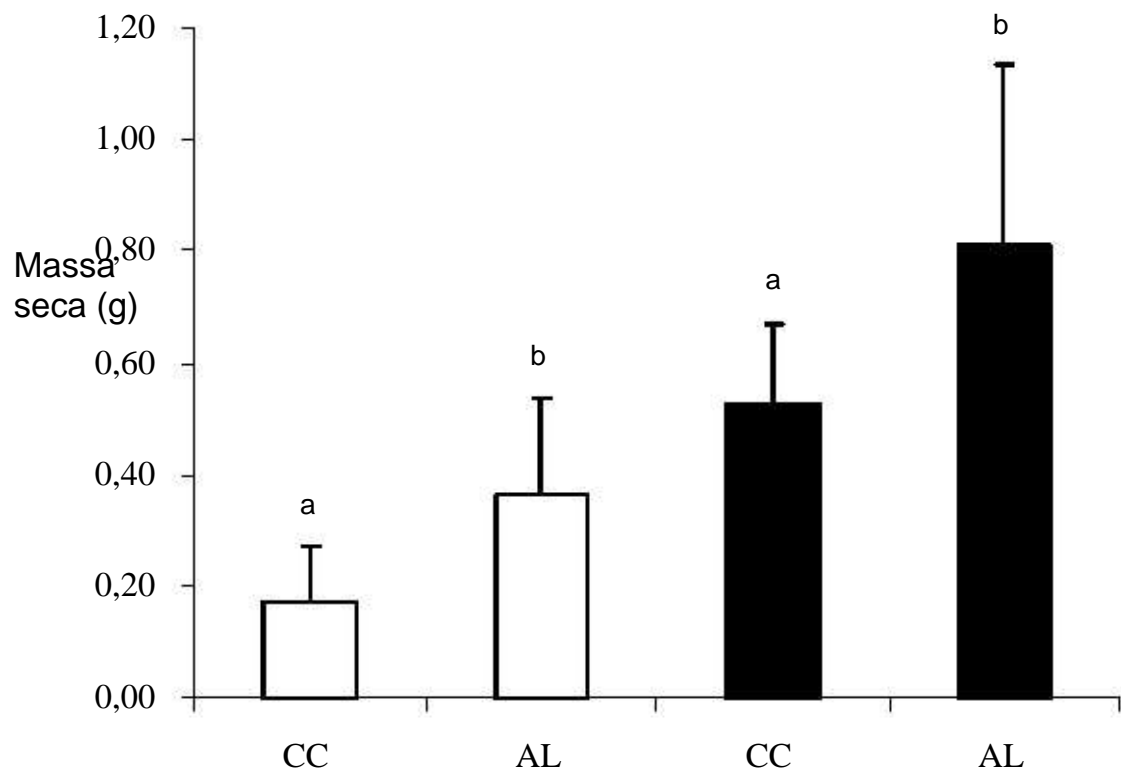


Figura 3 – Média  $\pm$  desvio padrão da massa de matéria seca de plântulas de *Erythrina crista-galli* crescendo por 120 dias em duas condições de solo (CC - capacidade de campo e AL - alagado). Raiz (□) e parte aérea (■). Letras iguais indicam grupos homogêneos ( $P > 0,05$ ).

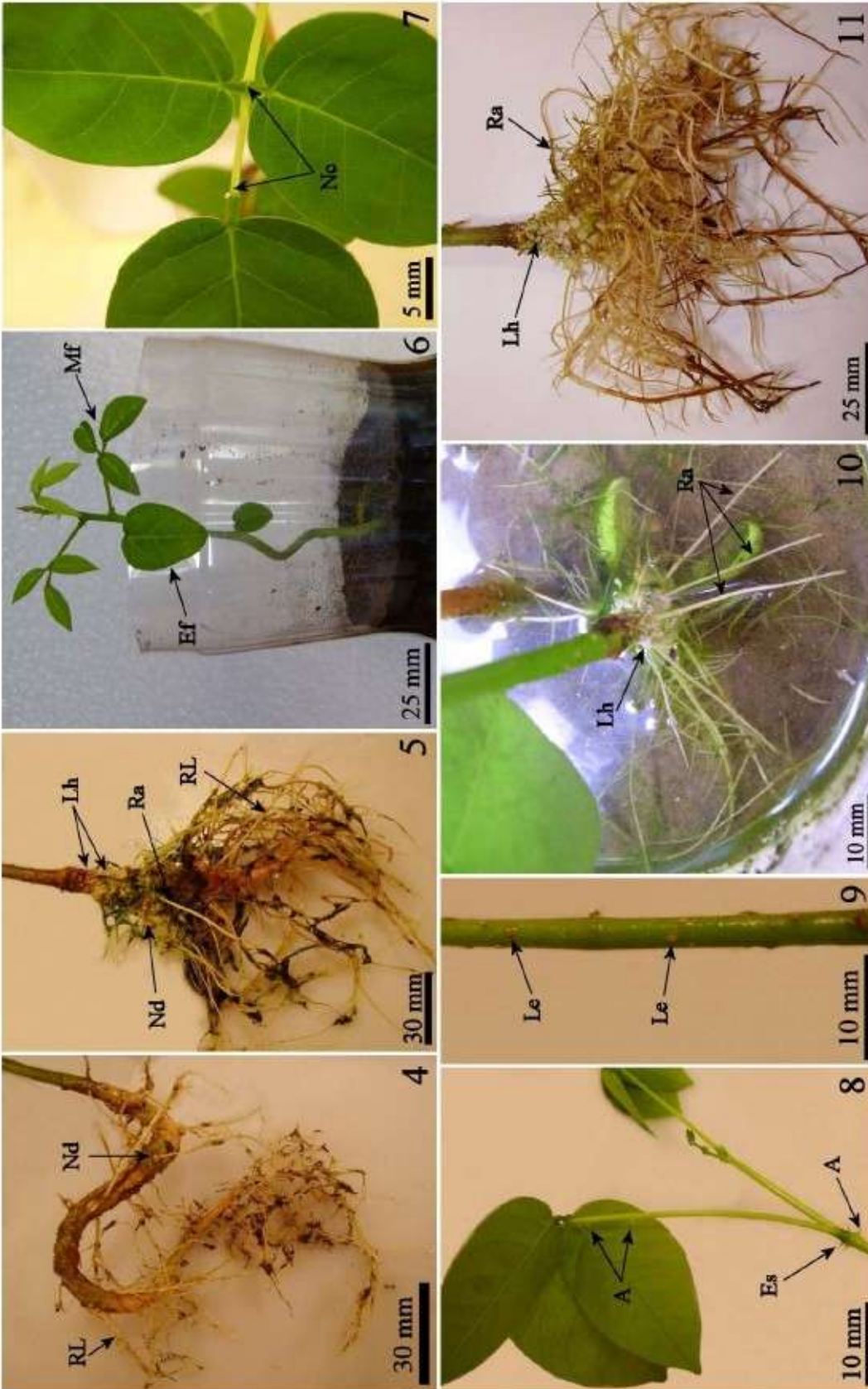
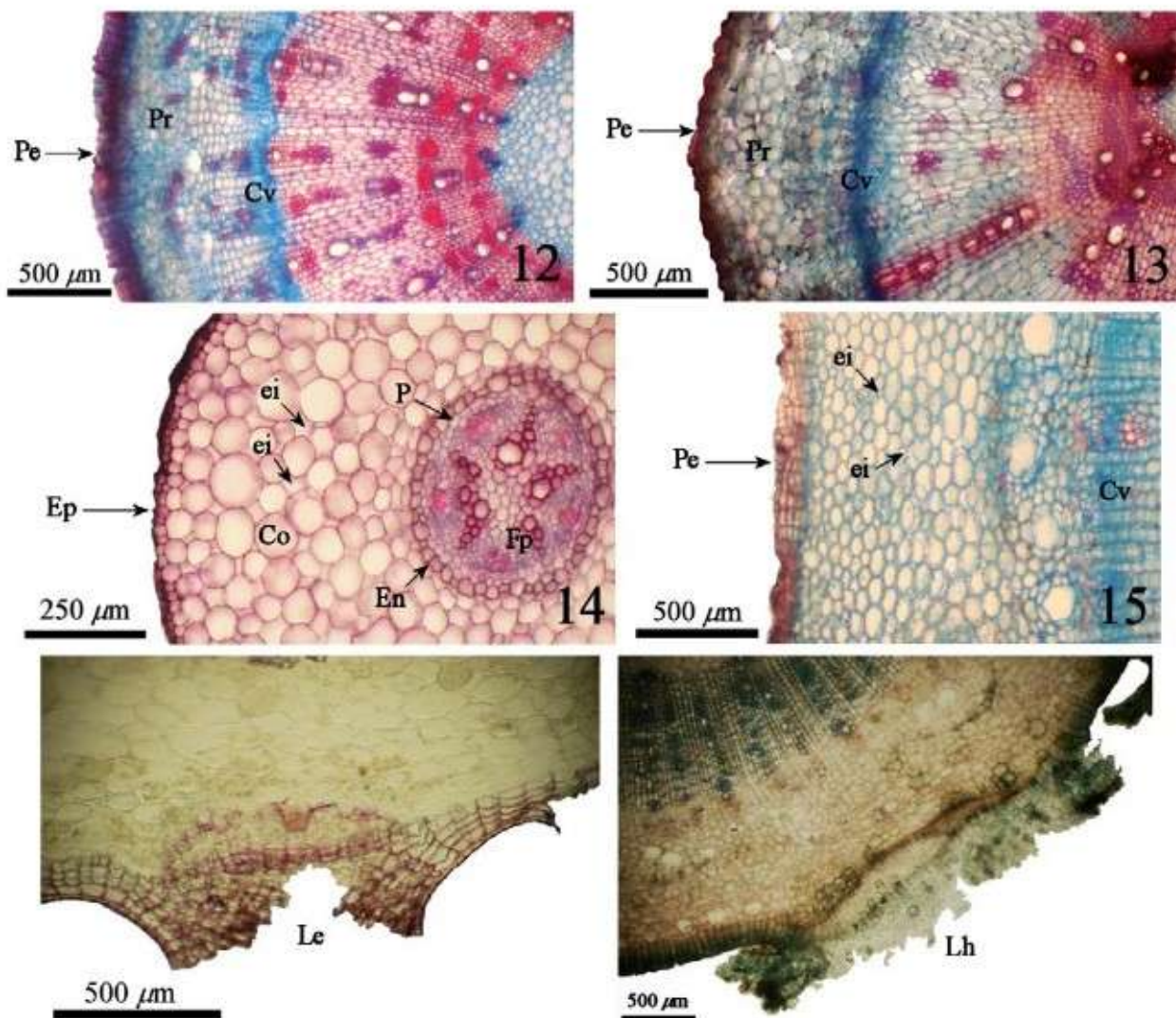


Fig. 120 – 10 cordões de Detritada (e da raiz (6)). RL - pladial cordo lateral; Nd diastátulo; idagobas cre (7) de em Detritada - contida de Raiz de Estipita e Af (8) da Ef - a tratament o AL

eófilo; Mf - metáfilo; Nc - nectários; A - acúleo; Le - lenticela normal.



Figuras 12 – 17: Seções transversais de raízes com estrutura secundária de plantas com 120 dias crescendo em CC (11) e AL (12). Seção transversal da raiz adventícia de planta do tratamento AL (13). Detalhe do parênquima radial da raiz principal de planta do tratamento AL (14). Lenticelas caulinares de planta do tratamento CC (15) e de planta do tratamento AL (16). Pe – periderme; Pr – parênquima radial; Cv – câmbio vascular; Ep – epiderme; Co – córtex; ei – espaço intercelular; Em – endoderme; P – periciclo; Xp – xilema primário; Fp – floema primário; Le – lenticela normal; Lh – lenticela hipertrofiada; Seta larga - camadas de células frouxas.

## Considerações finais

Com os resultados obtidos neste estudo, podemos dizer que o ciclo de desenvolvimento de *Erythrina crista-galli* é um processo integrado, envolvendo desde a germinação das sementes, cuja viabilidade é baixa, até o desenvolvimento de estruturas específicas para a plântula se estabelecer no ambiente alagado.

A luz não se mostrou um fator limitante para a germinação das sementes de *Erythrina crista-galli*, pois estas germinam tanto na presença quanto na ausência de luz, podendo assim ser classificadas como fotoblásticas neutras.

O alagamento também não foi um fator limitante para a germinação das sementes de *E. crista-galli*, uma vez que os valores de percentagem de germinação não diferiram significativamente em ambos os tratamentos capacidade de campo e alagado.

A espécie *E. crista-galli* apresenta tolerância às condições de hipoxia impostas pelo alagamento, o que se torna evidente pela capacidade das plântulas crescerem normalmente quando submetidas a condições de alagamento.

Os maiores valores de crescimento das plantas verificados no tratamento alagado, sugerem também uma resposta ao alagamento, que pode estimular a planta a uma maior alongação do caule e ao desenvolvimento de diversas adaptações morfoanatômicas.

Raízes adventícias na parte submersa do caule, com espaços intercelulares maiores; lenticelas hipertrofiadas na base do caule e na base das raízes adventícias, com células maiores e mais numerosas e a formação de um grande número de raízes laterais são as principais adaptações morfoanatômicas observadas em *E. crista-galli*, que permitem o estabelecimento da espécie em ambientes alagados.

A capacidade das sementes de manter a viabilidade submersas, das plantas para crescer normalmente em solo alagado e o desenvolvimento de adaptações morfoanatômicas demonstram que *E. crista-galli* é uma espécie para qual a saturação

hídrica do solo não interfere negativamente em seu ciclo de vida e justifica sua classificação como espécie pioneira em ambientes inundáveis.

A sobrevivência de *E. crista-galli* em áreas sujeitas ao alagamento permite que a espécie seja recomendada para a recuperação de matas ciliares degradadas. Dessa maneira, para prever a ocupação e utilização dessa espécie nesse tipo de ambiente, é importante ainda a compreensão de alguns aspectos, citados aqui como sugestões para próximos estudos:

- Verificar o crescimento e análises morfoanatômicas das plantas de *E. crista-galli* submetidas ao alagamento por um período maior que 120 dias.
- Quantificar o número de frutos produzidos em relação ao percentual de sementes viáveis.
- Avaliar as taxas de dispersão de sementes, taxas de perdas e o percentual de predação das mesmas por insetos.
- Verificar a incorporação de novas plântulas na população (estudo em andamento).
- Acompanhar o estabelecimento e a sobrevivência de plântulas de *E. crista-galli* no ambiente (estudo em andamento).
- Avaliar a influência de fatores abióticos (nível de alagamento, temperatura e luz) sobre o estabelecimento da população (estudo em andamento).
- Avaliar os processos de perda da biomassa das plântulas e a importância da flutuação de fatores abióticos atuando sobre o balanço energético das mesmas.
- Verificar a interação de *E. crista-galli* com outras espécies e as estratégias utilizadas pela espécie para o seu estabelecimento em matas ciliares sujeitas a ação antrópica danosa (estudo em andamento).

## Bibliografia Geral

- Backes, P. & Irgang, B. 2002. Árvores do Sul – Guia de identificação & Interesse Ecológico. Clube da árvore – Instituto Souza Cruz. 326 p.
- Barddal, M. L. 2006. A influência da saturação hídrica na distribuição de oito espécies arbóreas da floresta ombrófila mista aluvial do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil. Tese de doutorado do Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Paraná.
- Barroso, G. M.; Morim, M. P.; Peixoto, A. L. & Ichaso, C. L. F. 1999. Frutos e Sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Ed. UFV. Viçosa. 443p.
- Carpanezzi, A. A.; Tavares, F. R. & Souza, V. A. 2001. Estaquia de corticeira-do-banhado (*Erythrina crista-galli* L.). Comunicado técnico 64. EMBRAPA. Colombo, PR.
- Cordazzo, C. V. & Seeliger, U. 1995. Guia ilustrado da vegetação costeira no extremo Sul do Brasil. Ed. FURG. Rio Grande. 275p.
- Curcio, G. R.; Souza, L. P. De; Bannet, A. & Barddal, M. L. 2007. Recomendação de espécies arbóreas nativas, por tipo de solo, para recuperação ambiental das margens da represa do Rio Iraí, Pinhais, PR. *Floresta* 37 (1):113 -122.
- Duringan, G. & Silveira, E. R. 1999. Recomposição de mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. *Scientia Florestalis* 56: 135-144.
- Ferreira, R.A.; Ribeiro, G.T.; Gomes, L.J.; Mann, R.S.; Rezende, A. M. da S.; Aragão, A.G.; Costa, C.C.; Santos, R.N.; Santos, T.I.S.; Carvalho, S.V. A; Rocha, I. P; Santana, G.C. 2004. Restauração de mata ciliar na região do Baixo São Francisco. II Seminário de Pesquisa – FAP-SE.
- Galetto, L.; Bernardello, G.; Isele, I. C.; Vesprini, J.; Speroni, G. & Berduc, A. 2000. Reproductive biology of *Erythrina crista-galli* (Fabaceae). *Annals Missouri Botanical Garden* 87 (2): 127-145.
- Harper, K. T.; Sanderson, S.C.; McArthur, E. D. 1992. Riparian ecology in tion National Park, Utah. USDA. Forest Service. INT general technical report, n. 298. p. 32-42.



- Hook, D. D. 1984. Adaptations to flooding with freshwater. Pp. 265-254. In: Kozlowski, T. T. (ed.). Flooding and plant growth. Orlando, Academic Presss.
- Joly, C. A. 1994. Flooding tolerance: a reinterpretation of Crawford's metabolica theory. Proceeding of the Royal Society Edinburgh Vol. 102b: 343-354.
- Lahitte, H. B. & Hurrell, J. A. (eds.) 1999. Biota Rioplatense. IV. Árboles Urbanos. Ed. L.O.L.A. Buenos Aires. 320p.
- Larcher, W. 2000. Ecofisiologia vegetal. Rima. São Carlos, São Paulo. 531p.
- Leite, P.F.; Klein, R.M. 1990. Vegetação. Pp. 113-187. In: IBGE. Geografia do Brasil - Região Sul. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências.
- Lobo, P. C. & Joly, C. A. 1995. Mecanismos de tolerância à inundação de plantas de *Talauma ovata* St. Hill (magnoliaceae), uma espécie típica de matas de brejo. Revista Brasileira Botânica 18: 177-183.
- Longhi, R. A. 1995. Livro das Árvores: árvores e arvoretas do Sul. Ed. L & PM. Porto Alegre. 176p.
- Kozlowski, T. T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. Tree Physiology Monograph n.1. Heron publishing. Victoria, Canada.
- Marques, M. C. M. & Joly, C. A. 2000. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. Em floresta higrófila do sudeste do Brasil. Revista Brasileira Botânica 23(1):107-112.
- Medri, M. E.; Bianchini, E.; Pimenta, J. A.; Delgado, M. F. & Correa, G. T. 1998. Aspectos morfo-anatômicos de *Peltophorum dubium* (Spr.) Taub. Submetida ao alagamento e a aplicação de etrel. Revista Brasileira Botânica 21 (3): 261-267.
- Oliveira Filho, A.T.; Almeida, R.J.; Mello, J. M. & Gavillanes, M. L. 1994. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego dos Vila Boas, reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). Revista Brasileira de Botânica 17 (1): 67-85.
- Prellvitz, L. J. & Albertoni, E. F. 2004. Caracterização temporal da comunidade de macroinvertebrados associada à *Salvinia* spp. (Salviniaceae) em um arroio da planície costeira de Rio Grande, RS. Acta Biologica Leopoldensia 26 (2): 213-223.

Rodrigues, R.R. & Leitão Filho, H. F. (eds.). 2001. Matas ciliares – conservação e recuperação. 2ª ed. Fapesp. São Paulo. 320p.

Vieira, E.F. & Rangel, S. R. S. 1988. Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Geografia Física, Vegetação e Dinâmica Sócio-Demográfica. Ed. Sagra. Porto Alegre.