

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROBIOLOGIA**

Higor Modesto Garlet Voss

**MORFOFISIOLOGIA E EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *Cyperus difformis* L.
(Cyperaceae)**

Santa Maria, RS, Brasil

2018

Higor Modesto Garlet Voss

**MORFOFISIOLOGIA E EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *Cyperus difformis* L.
(Cyperaceae)**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agrobiologia**.

Orientador: Prof. Dr. Galileo Adeli Buriol

Santa Maria, RS, Brasil
2018

Voss, Higor Modesto Garlet
Morfofisiologia e exigências térmicas de *Cyperus
difformis* L. (Cyperaceae) / Higor Modesto Garlet Voss.-
2018.
62 p.; 30 cm

Orientador: Galileo Adeli Buriol
Coorientadores: Sylvio Henrique Bidel Dornelles,
Evandro Zanini Righi
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Agrobiologia, RS, 2018

1. Planta daninha 2. Fisiologia 3. Morfologia 4.
Bioclimatologia 5. Estresse hídrico I. Buriol, Galileo
Adeli II. Dornelles, Sylvio Henrique Bidel III. Righi,
Evandro Zanini IV. Título.

© 2018

Todos os direitos autorais reservados a Higor Modesto Garlet Voss. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Rua Barão do Rio Branco, n. 1092, Bairro Limeira, Pinhal Grande, RS. CEP: 98150-000

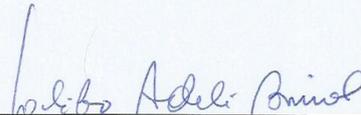
Fonte: (0xx)55 3278-1006; E-mail: higorgarlet@hotmail.com

Higor Modesto Garlet Voss

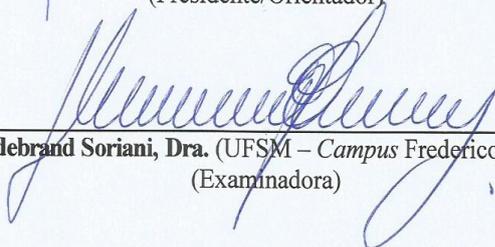
**MORFOFISIOLOGIA E EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *Cyperus difformis* L.
(Cyperaceae)**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agrobiologia.**

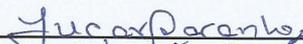
Aprovado em 01 de março de 2018:



Galileo Adeli Buriol, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Hilda Hildebrand Soriani, Dra. (UFSM – Campus Frederico Westphalen)
(Examinadora)



Juçara Terezinha Paranhos, Dra. (UFSM)
(Examinadora)

Santa Maria, RS, Brasil
2018

DEDICATÓRIA

Dedico à comunidade técnica e científica da área agronômica, bem como aos agricultores que com trabalho árduo, produzem o alimento que está presente a cada dia em nossa mesa e que este trabalho sirva de informação para o progresso da agricultura brasileira.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus, pela vida e oportunidade de dar o melhor de mim a cada novo dia.

O trabalho aqui descrito só pôde ser concluído pelo esforço conjunto de uma série de grandes pessoas. Aqui deixo os meus sinceros agradecimentos para todos que contribuíram e me apoiaram para a conclusão do mesmo. Em especial, agradeço:

Aos mestres que me proporcionaram chegar até aqui.

À Universidade Federal de Santa Maria pela possibilidade da execução deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior com a concessão da Bolsa de Mestrado, recurso essencial para condução e incentivo à pesquisa acadêmica.

Ao meu orientador, professor Dr. Galileo Adeli Buriol, pela amizade que levarei pela vida toda, pela confiança em mim depositada e a oportunidade que me foi dada.

Ao meu co-orientador, grande amigo e professor desde a graduação em Agronomia, Dr. Sylvio Henrique Bidel Dornelles pelo apoio, confiança, dedicação, orientação, por conselhos sempre de forma positiva, incentivadora e pela amizade, além da admiração profissional e pessoal que o tenho.

Ao professor e amigo Dr. Evandro Zanini Righi (*In memoriam*), pelo seu apoio, orientações de âmbito pessoais e profissionais, grande incentivador, o qual vou sempre admirar e levar comigo o seu legado de superação e exemplo de caráter.

Ao professor, colega de trabalho e amigo Dr. Danie Martini Sanchotene, pelo seu apoio, orientações pessoais e profissionais sempre que necessário, pela incalculável experiência transmitida no dia-a-dia, profissional que irei sempre admirar pela dedicação e competência.

Aos membros do grupo interdisciplinar de pesquisa em herbologia (GIPHe), os quais sem eles não seria possível a realização desse trabalho, em especial aos Engenheiros Agrônomos Nilton Teixeira Pedrollo, Andrei Göergen, Jaíne Rubert, José Phillipin, Juliana Soares, Maicon Pivetta, Mariane Peripolli e Otávio Escobar, os quais não mediram esforços para a realização desse trabalho. Também em especial, ao membro do grupo, colega de mestrado e grande amigo, Leandro Lima Spatt, por toda sua ajuda, amizade e conselhos pessoais e profissionais.

À toda minha família, em especial a minha mãe, Élide, pelo incondicional apoio, amor e porto seguro, sendo minha base inicial para o desenvolvimento pessoal, pela confiança depositada, pelo afeto recebido e por toda forma de ajuda.

À minha 2ª família, pessoas incríveis que formam a Biomonte Pesquisa e Desenvolvimento, a qual tenho o prazer do convívio e o aprendizado com profissionais de altíssimo gabarito que, juntamente comigo, buscam a realização de seus sonhos.

Aos pesquisadores da empresa Ihara, Fernando L. Perini e Maria Angelita Teixeira, os quais não mediram esforços para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos bons amigos, que me apoiaram com conselhos, sempre que necessário.

Meu Muito Obrigado!

O único lugar onde sucesso vem antes de trabalho é no dicionário.
(Albert Einstein)

RESUMO

MORFOFISIOLOGIA E EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *Cyperus difformis* L. (Cyperaceae)

AUTOR: Higor Modesto Garlet Voss
ORIENTADOR: Dr. Galileo Adeli Buriol

A espécie *Cyperus difformis* (L.) (tiririquinha) possui destaque no Sul do Brasil como planta infestante em áreas alagadas, principalmente no cultivo de arroz irrigado sob sistema pré-germinado. Entretanto, nos últimos anos, vem sendo relatada a potencialidade da espécie em desenvolver-se em áreas com menores níveis de água no solo, típicas do cultivo de arroz irrigado sob sistema convencional. Em ambos ecossistemas, pouco se conhece sobre sua biologia e fenologia, o que provoca, muitas vezes, interpretações equivocadas pela comunidade técnica, quanto à sua caracterização e manejo. O objetivo do trabalho foi caracterizar a morfologia e os parâmetros fisiológicos, bem como as exigências térmicas de *Cyperus difformis* sob diferentes condições de água no solo. Para isso, foram executados dois experimentos em casa de vegetação no ano de 2016/2017. O primeiro experimento foi realizado em quatro épocas experimentais, espaçadas em média de 23 dias, onde as plantas da espécie foram submetidas à cinco condições de água no solo: lâmina d'água, 100% e 50% da capacidade de retenção de água (CRA) do solo desde a semeadura, lâmina d'água e 50% da CRA do solo introduzida aos 21 dias após a emergência, sendo nesse caracterizada a temperatura-base, soma térmica em graus-dia (°C) e a duração do ciclo nos três subperíodos determinados: semeadura-emergência; emergência-emissão do pendão floral e emissão do pendão floral-maturação fisiológica. No segundo experimento, a espécie foi submetida aos mesmos regimes hídricos citados no experimento 1. Foram avaliados aos 30, 38 e 52 dias após a emergência, parâmetros fotossintéticos: taxa fotossintética (A), condutância estomática (Gs), concentração CO₂ intercelular (Ci), transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA) e a relação de assimilação CO₂ pela rubisco (A/Ci), bem como os principais parâmetros morfológicos determinantes ao final do ciclo. Observou-se que quando submetida a restrição hídrica de 50% da CRA do solo desde o início, *C. difformis* não é capaz de emergir. Quando a restrição hídrica de 50% da CRA é introduzida aos 21 DAE, a espécie atrasa o ciclo biológico em 12 dias, apresenta resultados morfológicos inferiores às demais condições hídricas, além de demonstrar uma taxa fotossintética inferior. Com presença de lâmina de água, a espécie foi superior nos parâmetros fisiológicos e morfológicos, resultando em maior acúmulo de soma térmica, resultando no menor ciclo biológico. Em condição de solo saturado (100% da CRA do solo), a espécie demonstrou resultados intermediários entre as condições com a presença de lâmina de água e restrição hídrica, caracterizando-se como uma potencial espécie infestante.

Palavras-chave: Planta daninha. Adaptação. Ambientes drenados. Manejo de controle.

ABSTRACT

MORPHOPHYSIOLOGY AND THERMAL REQUIREMENTS OF *Cyperus difformis* L. (CYPERACEAE)

AUTHOR: Higor Modesto Garlet Voss

ADVISOR: Dr. Galileo Adeli Buriol

The species *Cyperus difformis* (L.) (tiririquinha) is prominent in the South of Brazil as weed in flooded areas, especially in irrigated paddy rice cultivation under a pre-germinated system. However, in recent years, it has been reported the potential of the species to develop in areas with lower levels of water in the soil, typical of irrigated rice cultivation under a conventional system. In both ecosystems, little is known about its biology and phenology, which often leads to misinterpretations by the technical community as to its characterization and management. The objective of this work was to characterize the morphology and physiological parameters as well as the thermal requirements of *Cyperus difformis* under different soil water regimes. For that, two experiments were carried out under greenhouse conditions in the year 2016/2017. The first experiment spaced in a mean of 23 days, consisted in the submission of specimens of the species to five soil water conditions: water depth (5 cm), 100% and 50% of the water retention capacity (WRC) of the soil from the sowing, water depth and 50% of soil WRC started at 21 days after emergence. Being characterized the base temperature, thermal sum in degree days (°C) and the duration of the life cycle in the three subperiods determined: sowing-emergence; emergence-issue of floral garlan dand issuing of physiological floral-maturing tassel. The second experiment was carried out in four experimental periods, Were evaluated at 30, 38 and 52 days after emergence (DAE) photosynthetic parameters: photosynthetic rate (A), stomatal conductance (Gs), intercellular CO₂ concentration (Ci), transpiration (E), water use efficiency and the rubisco assimilation CO₂ ratio (A / Ci), as well as determining morphological parameters at the end of the life cycle. Where the plants of the species were submitted to the same water regimes mentioned in experiment 1. It's concluded that when subjected to water restriction of 50% of the soil WRC from the beginning, *C. difformis* is not able to germinate and emerge. When the water restriction started at 21 DAE, the species delays the biological cycle in 12 days, presents morphological results lower than the other water conditions, also presents a lower photosynthetic rate. With presence of water blade, the species was superior in physiological and morphological parameters, resulting in greater accumulation if thermal sum, resulting in the smallest biological cycle. In a saturated soil condition (100% of soil WRC), the species showed intermediate results between the conditions with the presence of water depth and water restriction, characterizing itself as favorable to the development of the weed species.

Keywords: Weeds. Adaptation. Drained environments. Control management.

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice A - Temperatura média acumulada a cada 3 horas, referente ao subperíodo semeadura— emergência da espécie *Cyperus difformis* L. quando submetida as condições hídricas do solo de lâmina d'água desde a semeadura e 100% da CRA, em função das épocas experimentais.....59
- Apêndice B - Temperatura média acumulada do subperíodo emergência-emissão do pendão floral da espécie *Cyperus difformis* L. quando submetida as condições hídricas do solo de lâmina d'água desde a semeadura, lâmina d'água introduzida aos 21 DAE, 100% da CRA, 50% da CRA introduzida aos 21 DAE, em função das épocas experimentais.....60
- Apêndice C - Temperatura média acumulada do subperíodo emissão do pendão floral – maturação fisiológica da espécie *Cyperus difformis* L. quando submetida as condições hídricas do solo de lâmina d'água desde a semeadura, lâmina d'água introduzida aos 21 DAE, 100% da CRA, 50% da CRA introduzida aos 21 DAE, em função das épocas experimentais.....61
- Apêndice D - Representação do desenvolvimento da espécie *Cyperus difformis* submetida à diferentes condições de água no solo ao final do ciclo.....62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE <i>Cyperus difformis</i> L.	16
2.2 PLASTICIDADE E ACLIMATAÇÃO DE PLANTAS QUANDO SUBMETIDAS A ESTRESSES HÍDRICOS	18
2.3 EXIGÊNCIAS BIOCLIMÁTICAS DE ESPÉCIES VEGETAIS	20
3 OBJETIVO GERAL	22
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4 CAPÍTULO I. EXIGÊNCIAS TÉRMICAS PARA A ESPÉCIE <i>Cyperus difformis</i> L.	23
4.1 RESUMO	23
4.2 INTRODUÇÃO	23
4.3 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.5 CONCLUSÕES	34
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
5 CAPÍTULO II. INTERFERÊNCIA DE DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO NA MORFOFISIOLOGIA DE <i>Cyperus difformis</i> L.	37
5.1 RESUMO	37
5.2 INTRODUÇÃO	37
5.3 MATERIAL E MÉTODOS	38
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.5 CONCLUSÕES	50
5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
6 CONSIDERAÇÕES GERAIS	53
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
APÊNDICES	59

1 INTRODUÇÃO GERAL

Cyperus difformis L., popularmente conhecida como tiririquinha, pertence à família *Cyperaceae*, a qual é composta por mais de 5000 espécies difundidas pelo mundo, em função da plasticidade fenotípica frente às variações ambientais. Cerca de 220 espécies da família são consideradas infestantes em áreas cultivadas (KISSMANN, 2007), onde, cerca de 40% são do gênero *Cyperus*, responsáveis por reduzir pela metade o rendimento das culturas quando em competição direta (OERKE et al., 1994), como por exemplo na cultura do arroz.

A cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) apesar de não ser considerada uma *commoditie* agrícola, apresenta fundamental importância econômica e social, constituindo a base alimentar para mais de três bilhões de pessoas no mundo. Embora países do continente asiático sejam os maiores produtores de arroz, o Brasil destaca-se como o oitavo produtor mundial e maior produtor da América do Sul (FAO, 2016). A região Sul do Brasil é responsável por mais de 90% do total do cereal produzido no país (SOSBAI, 2016).

O arroz é o segundo cereal mais utilizado na dieta humana, principalmente em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento. Perdas decorrentes devido a fatores bióticos no rendimento da cultura, podem impactar significativamente a disponibilidade deste alimento. Plantas daninhas competem diretamente com a cultura do arroz por luz, água e nutrientes, podendo reduzir em até 100% a produtividade da cultura (KISSMANN, 2007).

No sistema de cultivo do arroz pré-germinado, onde a presença da lâmina de água tem por objetivo auxiliar no manejo de plantas daninhas de difícil controle, a espécie *C. difformis* desenvolve-se plenamente, devido possuir um hábito aquático, ela consegue emergir e se desenvolver mesmo sob uma lâmina de água (SANDERS, 1994). Dessa forma, a espécie exerce uma competição direta com a cultura do arroz por luz, nutrientes e principalmente espaço.

Cyperus difformis apresenta uma rota fotossintética C_3 (TAKEDA et al., 1985) e sob alto volume de água disponível, completa seu ciclo biológico rapidamente, produzindo uma significativa quantidade de biomassa (HOLM et al., 1991). Além da elevada invasividade da espécie, ela apresenta resistência à herbicidas, principalmente aos que possuem o mecanismo de ação de inibição da enzima Acetolactato Sintase (ALS) (HEAP, 2017), existindo pelo menos dois casos no Brasil (GALON et al., 2008; AGOSTINETTO et al., 2011).

Embora *C. difformis* seja uma espécie preferencialmente aquática, há relatos do seu desenvolvimento em locais mais secos, necessitando estudos acerca da caracterização da adaptação da espécie aos novos ambientes. Há uma preocupação pelo setor produtivo e

principalmente pela pesquisa sobre o conhecimento e caracterização da plasticidade de plantas daninhas a outros ambientes, distintos do original, principalmente com relação à diferentes teores de água no solo (CARLOTO, 2016; MACEDO, 2015; SCHERER, 2017).

O sistema de cultivo convencional do arroz irrigado é predominante no Sul do país, e ocupa uma área equivalente à 90% do total cultivado (SOSBAI, 2016). Dentro desse sistema, existem distintas condições de umidade no solo, ocorrendo pelo menos três: a taipa, onde a quantidade de água no solo se encontra próximo a 100% da capacidade de retenção de água no solo; o leiveiro, onde encontra-se uma lâmina de água superior à 10 cm de altura e o quadro, onde encontra-se uma lâmina de água de aproximadamente 5 cm. Ademais, em algumas situações como manejo da área através de drenagens antecedente a semeadura, ou até mesmo períodos com carência da irrigação, podem caracterizar ambientes mais secos, com níveis de água inferiores à 50% da capacidade de retenção de água pelo solo. Sendo essa heterogeneidade no sistema, um dos fatores preponderantes para a realização desse estudo.

Espécies vegetais respondem à diversidades bióticas através de modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e fenológicas de modo a aclimatizar-se e perpetuar novas gerações (GONÇALVES et al., 2012; ISMAIL et al., 2012). A capacidade de adaptação de uma espécie (plasticidade) é ponto chave na maximização de recursos essenciais para a sobrevivência das plantas em distintas condições (DIAS-FILHO; CARVALHO, 2000).

O estudo e a compreensão da morfologia, fisiologia e fenologia é realizado principalmente para espécies vegetais com interesse econômico, sendo necessário também, serem realizados para espécies que apresentam potencial interferência sobre as culturas. Principalmente aquelas que podem adaptar-se a outros ambientes e tornarem-se infestantes e nocivas em novos sistemas de cultivos.

Portanto, as hipóteses do estudo são: (a) a espécie *Cyperus difformis* possui características adaptativas à condições com menores teores de água no solo; (b) diferentes condições hídricas do solo apresenta resposta diferencial quanto à morfologia, fisiologia e fenologia das plantas de *C. difformis*; (c) a espécie submetida a regimes deficitários de água reduz o crescimento e desenvolvimento.

Considerando-se o acima exposto e a importância de *Cyperus difformis* no sistema de cultivo de arroz irrigado, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta morfofisiológica da espécie, quando submetida à diferentes condições hídricas do solo, bem como as suas exigências térmicas nessas condições.

A presente dissertação está composta pelas seguintes partes: introdução geral, objetivos, revisão da literatura, capítulos I e II, descritos em forma de dois artigos científicos e, considerações finais.

O capítulo I refere-se à interferência das condições hídricas sob as exigências térmicas para a espécie *C. difformis*. O capítulo II aborda sob a interferência na morfofisiologia de *Cyperus difformis* quando submetida à diferentes condições hídricas do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE *Cyperus difformis* L.

Cyperus difformis é uma herbácea, da família Cyperaceae, autógama de ciclo anual, metabolismo fotossintético tipo C₃, cosmopolita e pouco exigente quanto ao tipo de solo (KISSMANN, 2007). Destaca-se por ser altamente competitiva com a cultura do arroz irrigado, pois é adaptada à ambientes alagadiços, suportando até pequenas lâminas de água (SANDERS, 1994), sendo amplamente disseminada em regiões arrozeiras do mundo todo. No Brasil, é relatada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, onde provavelmente sua introdução tenha ocorrido por meio da contaminação junto a sementes de arroz. Sua disseminação ocorre de maneira muito rápida e além de apresentar uma alta competitividade com a cultura do arroz irrigado, a espécie ainda pode ser hospedeira para insetos, fungos e vírus prejudiciais aos cultivos agrícolas (ABUD, 1986; HOLM et al., 1977; KISSMANN, 2007).

A origem do nome “*difformis*” vem do adjetivo latino que significa diforme, irregular. Quanto às características morfológicas, essa espécie apresenta morfologia ereta e rosetada. Dependendo do índice luminoso onde se as plantas da espécie se encontram, pode alcançar até um metro de altura, elas não apresentam rizomas ou tubérculos. Uma planta possui a capacidade de produzir mais de 50 mil sementes. A espécie apresenta um ciclo evolutivo curto, onde é muito dependente das condições ambientais e talvez do biótipo. Em estudo realizado na Nigéria, a espécie completou o ciclo em 30 dias. As plantas possuem caules trígonos lisos de coloração verde-clara, com uma tonalidade purpúrea na porção basal, sustentados por raízes branquecidas ou avermelhadas quando novas (KISSMANN, 2007).

As folhas na espécie *C. difformis* são escassas, liguladas, desenvolvem-se inicialmente na parte inferior do caule, onde formam as bainhas de coloração amarelo-palha ou acastanhada. As demais folhas apresentam bainhas tubulares fechadas, sendo que o comprimento das folhas é geralmente menor que o do caule. Ainda, a espécie apresenta folhas involucrais, sendo de 3 a 4 folhas, onde uma é menor (3-5cm) e as demais, mais longas, sendo lisas ou pouco ásperas, glabras e de cor verde (KISSMANN, 2007).

A inflorescência de *C. difformis* é uma antela simples, com até 10 raios de comprimentos irregulares, de 0-5 cm. Na ponta de cada raio as espiguetas são dispostas num glomérulo globoso com 8-15 mm de diâmetro. Nesses aglomerados, ocorrem grupos de espiguetas na ponta de eixos filiformes muito curtos. Em cada aglomerado globoso podem ocorrer até 40 espiguetas, facilmente perceptíveis pelo colorido variegado, verde-claro e castanho durante o desenvolvimento, passando ao castanho-escuro na maturação. As espiguetas possuem um formato linear ou oblongo-linear, de ápice obtuso, com 2,5-8,0 mm de comprimento por cerca de 1 mm de largura. Cada espiguetas apresenta de 10-30 flores, com 1 ou 2 estames e com estigma trífido. Gluma côncava, de ápice obtuso, com pouco menos de 1 mm de comprimento. As glumas se dispõem em duas séries opostas, ao longo do eixo da espiguetas. Os frutos são do tipo núcula, elíptica ou ligeiramente ovolada, de seção trígona desuniforme, com 0,6 mm de comprimento, apresenta uma coloração amarelo-clara até tons de castanho brilhante (KISSMANN, 2007).

C. difformis (inglês: Smallflower Umbrella Sedge) é considerada uma planta daninha em mais de 50 países e interfere prejudicialmente em pelo menos cinco culturas, principalmente a cultura do arroz irrigado.

Em 2018, existem biótipos com resistência a dois mecanismos de ação (inibidores da enzima ALS e inibidor do FSII), dentre estes, no Brasil são registrados casos para mecanismos inibidores da enzima ALS (HEAP, 2017). No Sul do Brasil, fora as áreas de cultivos, *C. difformis* é observada próxima às beiras de rios, regadoras de áreas agrícolas inundadas e banhados (HOLM et al., 1979).

Além disso, vários estudos comprovam o efeito alelopático ocasionado por espécies do gênero *Cyperus* em cultivos agrícolas, sendo as espécies *C. rotundus*, *C. iria* e *C. esculentus*, as mais relevantes no cenário agrícola (CHOPRA et al., 2017; KHALIQ et al., 2013; JAVAID et al., 2007; REINHARDT; BEZUIDENHOUT, 2008). Dependendo do nível de infestação de espécies do gênero *Cyperus* em lavoura de arroz, alguns detalhes podem ser observados. Normalmente em condições de elevada população destas plantas, nota-se que outras espécies são suprimidas, tanto as demais plantas daninhas como a própria cultura do arroz irrigado.

Apesar de ser uma invasora típica de ambientes alagadiços, como na cultura do arroz irrigado sob o sistema de cultivo pré-germinado, onde encontram-se altos níveis de água no solo até pequenas lâminas de água, esta espécie vem sendo observada em

ambientes com menores teores de umidade do solo, como é o caso do sistema de cultivo convencional. Com um alto potencial daninho sobre a cultura do arroz, espécies do gênero *Cyperus*, como *C. difformis* podem reduzir em até 50% a produtividade da cultura (OERKE et al., 1994). Sua presença no arroz irrigado se deve às ações antrópicas, as quais criaram fatores de oportunidade para sua introdução, como distúrbios físicos e biológicos e, eliminação de outras espécies, principalmente gramíneas, favorecendo a ocupação e predominância por *Cyperus difformis*.

2.2 PLASTICIDADE E ACLIMATAÇÃO DE PLANTAS QUANDO SUBMETIDAS A ESTRESSES HÍDRICOS

O estresse ocasionado pelo excesso ou déficit hídrico nas plantas é uma resposta que envolve a espécie em estudo, mecanismos adaptativos e também é dependente do estágio de desenvolvimento do vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2016). Dessa forma, o primeiro passo para se entender os diferentes ecossistemas, como os de áreas alagadas ou sujeitas ao alagamento temporário, remete ao fato de que a difusão de gases como oxigênio (O₂) é 10000 vezes mais lenta dentro do meio líquido, do que na atmosfera (PEÑA-FRONTERRAS et al., 2009). Essas trocas gasosas são tão reduzidas que geram baixas taxas de concentração de oxigênio no solo, assim caracterizando o grau de hipoxia (BLOKHINA et al., 2003; JACKSON; COLMER, 2005).

As espécies podem responder de maneira diferenciada às condições de estresse por excesso hídrico, em que algumas aumentam a sua eficiência metabólica e outras diminuem (JACKSON; COLMER, 2005). Essa informação permite distinguir o nível de tolerância da espécie diante da condição distinta (BATISTA et al., 2008). Assim como verificado em estudos realizados por Rodiaty et al. (2005), na caracterização da adaptação de duas espécies do gênero *Cyperus* à novos ambientes na Indonésia.

As plantas que são tolerantes ou mediamente tolerantes a altas concentrações de água no solo desenvolvem alternativas para o acesso do oxigênio, como no caso do arroz (*Oryza sativa*) e capim arroz (*Echinochloa* spp.), que são as espécies consideradas mais adaptadas ao excesso hídrico imposto pelo sistema arroz irrigado (FUKAO; BAILEY-SERRES, 2004). Para tal, ocorre a formação de estruturas longitudinais preenchidas com gases, em que o oxigênio é difundido, pelos aerênquimas (raízes, caule e folhas) (SHIONO et al., 2008). Em outras espécies pode ocorrer a formação de raízes

diageotrópicas, raízes adventícias, e ainda rachaduras corticais ou peridérmicas em caules resultantes de hipertrofia (BATISTA et al., 2008; DAVANSO et al., 2002).

Já na germinação e desenvolvimento sob água, adaptações como a alongação do coleótilo, entrenós e raízes no mesocótilo, também são alternativas eficazes para o oxigênio ser capturado e difundido, em que estão envolvidos os genes SNORKEL 1 e SNORKEL 2, assim permitindo a atividade metabólica da planta e cumprimento de sua função (HATTORI et al., 2009; SHIONO et al., 2008).

Em contraponto, algumas espécies têm desenvolvido mecanismos para enfrentar a baixa quantidade de água no solo, evitando-a ou tolerando-a (LAMBERS et al., 1998), através de modificações na morfologia externa, na histologia, na citologia e na fisiologia da planta (DICKISON, 2000). A deficiência no suprimento hídrico pode conduzir ao fechamento estomático e ao movimento de folhas, mecanismos estes que evitam perda de água (OSMOND et al., 1987). Sob estresse hídrico as plantas também podem alterar a espessura da cutícula foliar, a área foliar e características anatômicas (LAMBERS et al., 1998), assim como os parâmetros fisiológicos (CALBO; MORAES, 2000).

A baixa quantidade de água no solo pode influenciar a expansão celular, a regulação estomática, a fotossíntese, a respiração, a translocação de substâncias e a síntese da parede celular, levando à redução da taxa de crescimento e a mudanças no padrão de translocação de matéria seca (LAWLOR; CORNIC, 2002). Para espécies herbáceas cultivadas com finalidades econômicas, numerosos estudos documentam que, sob estresse hídrico, há um maior investimento no desenvolvimento das raízes, resultando em aumento de comprimento de matéria seca da raiz (PREMACHANDRA et al., 1992), redução de matéria seca total (parte aérea + raiz), diminuição da expansão foliar e, em alguns casos, a diminuição da produção de folhas (STEINBERG et al., 1990).

A deficiência de água ocorrida em plantas durante a diferenciação celular das folhas determina uma redução irreversível da área e do espessamento foliar e aumento da densidade estomática (ZAGDANSKA; KOSDOJ, 1994). Sob deficiência hídrica, pode ocorrer acúmulo de prolina no vacúolo celular (BOHNERT et al., 1995; PANDEY; AGARWALL, 1998), o que aumenta a capacidade das células de extrair água do solo (BOYER, 1996). O acúmulo de prolina nas plantas, sob estresse hídrico ou salino, pode ter função na regulação osmótica (XU et al., 2002), proteção da integridade celular (SHEVYAKOVA, 1984; STEWART; LEE, 1974) ou, ainda, participar na constituição

de um estoque de N e C que poderia ser utilizado depois do período de estresse (TAYLOR, 1996).

As respostas ao estresse por deficiência hídrica, independe do estágio da planta, são evidenciadas principalmente pela redução do acúmulo de biomassa de raiz, caule e hastes, formação de raízes adventícias, aerênquimas e pneumatóforos, redução na expansão foliar, indução de abscisão foliar e senescência (COLMER; PEDERSEN, 2008).

Com tudo isso, algumas espécies ganham destaque, por possuírem a capacidade de adaptação tanto à ambientes com excesso hídrico como ambientes com déficit hídrico, como *Cyperus kyllingia*, que possui uma grande plasticidade ao ecossistema condicionante, demonstrando assim uma alta capacidade invasiva sobre cultivos (RODIYATI et al., 2005).

2.3 EXIGÊNCIAS BIOCLIMÁTICAS DE ESPÉCIES VEGETAIS

O desenvolvimento das plantas é influenciado por diferentes fatores meteorológicos, como variações sazonais do fotoperíodo, intensidade luminosa, qualidade da luz, temperatura, precipitação e umidade relativa do ar.

Estudos relacionados as interações clima-planta foram iniciados por Reaumur em 1735, nos quais a duração do período de desenvolvimento da planta foi relacionada a um somatório de temperatura constante. Após, outros cientistas o sucederam, desenvolvendo-se o sistema de unidades térmicas ou graus-dia. Fancelli e Dourado-Neto (1997) relatam que o método mais satisfatório para determinar as etapas de desenvolvimento da cultura leva em consideração as exigências calóricas ou térmicas, designadas como unidades calóricas, unidades térmicas de desenvolvimento ou graus-dia. Também, Sentelhas et al. (1994) discutem que existem vários métodos na literatura que correlacionam o grau de desenvolvimento de uma espécie com a temperatura do ar, sendo o mais empregado o das unidades térmicas ou graus-dia.

O conceito de graus-dia pressupõe a existência de uma temperatura-base abaixo da qual a planta não se desenvolve, e se o fizer, será a taxas muito reduzidas (BRUNINI, 1980). Cada grau de temperatura acima dessa temperatura, conhecida como temperatura-base, corresponde a um grau-dia. Cada espécie vegetal ou cultivar possui uma temperatura-base característica, que pode variar em função do estágio fenológico da

planta, sendo comum, no entanto, a adoção de um valor médio único para todo o ciclo da espécie, por ser mais fácil sua aplicação (CAMARGO, 1984; PEREIRA et al., 2002).

O conceito de graus-dia baseia-se na premissa de que uma planta necessita determinada quantidade de energia para que complete seu ciclo, desde que não seja afetado pelo fotoperíodo ou estresse hídrico (MASSIGNAN, 1987). Ainda explicita que a teoria dos graus-dia pressupõe:

- a) existência de relação linear entre o desenvolvimento relativo e a temperatura;
- b) temperaturas diurnas e noturnas afetam igualmente o crescimento e desenvolvimento (BRUNINI, 1980; CAMARGO, 1984).

O conhecimento das exigências climáticas, desde a emergência ao ponto de maturidade fisiológica, é fundamental para a previsão da duração do ciclo de uma espécie em função do ambiente. Essas informações, associadas ao conhecimento da fenologia da espécie, podem ser utilizadas no planejamento para a definição da época de semeadura; da utilização de insumos e da época de colheita (GADIOLI et al., 2000).

Mesmo considerando as restrições do método, diferentes autores no Brasil, determinaram as exigências térmicas (GD) e a temperatura-base (T_b) para diversas espécies cultivadas com finalidade econômica, porém não havendo na mesma magnitude a determinação das exigências térmicas para espécies potencialmente prejudiciais às culturas. A determinação das exigências térmicas para espécies que são consideradas infestantes em cultivos são escassas, sendo as informações acerca das necessidades destas, desde a emergência, desenvolvimento e produção de sementes, de grande importância para o planejamento das medidas de controle mais eficazes.

3 OBJETIVO GERAL

Determinar os parâmetros morfológicos, fisiológicos e exigências térmicas da espécie *Cyperus difformis* L. quando submetida à diferentes condições hídricas do solo.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar as exigências térmicas (temperatura-base, soma térmica e duração do ciclo) dos principais subperíodos da espécie *Cyperus difformis* L. quando submetida à diferentes condições hídricas do solo.
2. Caracterizar a interferência de diferentes condições hídricas do solo na morfologia e nas respostas fisiológicas da espécie *Cyperus difformis* L.

4 CAPÍTULO I. EXIGÊNCIAS TÉRMICAS PARA A ESPÉCIE *Cyperus difformis* L.

4.1 RESUMO

Cyperus difformis L. é uma ciperácea, anual, de ocorrência natural em ambientes alagadiços no Sul do Brasil, considerada planta daninha no cultivo do arroz irrigado. Estudos sobre seu desenvolvimento são escassos, especialmente quanto ao seu ciclo e exigências térmicas. Desta forma, o objetivo, neste trabalho, foi determinar temperatura-base, a soma térmica e a duração dos diferentes subperíodos do ciclo biológico da espécie. O experimento foi realizado no *Campus* da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM (latitude: 29°42’S; longitude: 53°43’W; altitude: 102 m), Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul (RS), em quatro épocas de semeadura (25/10/16, 14/11/16, 10/12/16 e 05/01/17). Em delineamento inteiramente casualizado e esquema fatorial envolvendo cinco condições hídricas do solo (lâmina d’água e 50% da capacidade de retenção de água pelo solo (CRA) desde a semeadura, lâmina d’água e 50% CRA introduzida aos 21 dias após a emergência e 100% da CRA durante todo o ciclo, com seis repetições cada. Cada unidade experimental foi constituída por uma planta cultivada em vaso com capacidade de 11L preenchido com solo. O ciclo das plantas foi subdividido nos subperíodos semeadura-emergência, emergência-emissão do pendão floral e emissão do pendão floral-maturação fisiológica, sendo estimadas as exigências térmicas para a espécie. As condições hídricas do solo condicionam a temperatura-base, a soma de graus-dia e a duração do ciclo da espécie. A temperatura base varia para cada tratamento, a soma de graus-dia diminui com o déficit hídrico e as plantas sob alagamento aceleram o ciclo biológico.

Palavras chave: Fenologia. Ciclo biológico. Adaptação. Condições hídricas.

4.2 INTRODUÇÃO

A espécie *Cyperus difformis* L. é considerada uma planta invasora nas lavouras de arroz no Sul do Brasil, principalmente no sistema de cultivo de pré-germinado. Este sistema é preferencialmente utilizado para controlar de forma física, espécies com alto nível de resistência que se estabelecem durante o ciclo da cultura, principalmente no início da mesma.

A espécie *C. difformis* possui a capacidade de se desenvolver em ambientes alagados, mesmo apresentando um mecanismo fotossintético C₃, o qual não é o mais eficiente, encontra nesse ambiente as melhores condições para seu desenvolvimento, assim, sendo possível a espécie produzir grande quantidade energética e adiantar o seu ciclo (TAIZ et al., 2017), de tal forma que é possível essa espécie desenvolver mais de um ciclo em relação ao do arroz irrigado. Além disso, também por apresentar resistência à

41 herbicidas, principalmente ao grupo químico dos inibidores da enzima Acetolactato Sintase
42 (ALS) (OSUNA et al., 2002), muito utilizado na cultura do arroz no Sul do Brasil.

43 Apesar de existirem vários trabalhos acerca da resistência da espécie *C. difformis* à
44 herbicidas (AGOSTINETTO et al., 2011; GALON et al., 2008; OSUNA et al., 2002),
45 pouca informação se possui sobre sua biologia e fenologia. Isto ocorre para a maioria das
46 invasoras das culturas, mesmo para as que promovem perdas significativas em cultivos
47 agrícolas no Brasil. Entretanto, é importante salientar o trabalho realizado recentemente
48 por Carloto (2016) sobre a fisiologia e fenologia de duas espécies do gênero *Eragrostis*,
49 também considerada uma invasora na cultura do arroz na região. Isto mostra a preocupação
50 da área da pesquisa em relação aos prejuízos que estas novas invasoras estão causando aos
51 orizicultores. O conhecimento da fenologia e das exigências bioclimáticas dessas espécies
52 é importante pois possibilita prever as datas prováveis da ocorrência das diferentes fases
53 do ciclo vegetativo e reprodutivo, possibilitando ao orizicultor realizar o manejo mais
54 adequado dos tratos culturais na lavoura.

55 Os fatores meteorológicos são um dos principais condicionantes da fenologia das
56 plantas e, dentre estes, a temperatura do solo e do ar. Para completar cada subperíodo
57 fisiológico do ciclo de vida, as plantas requerem o acúmulo de certa quantidade de calor,
58 expressa comumente pela soma de graus-dia, que representa a soma térmica acima da
59 temperatura base mínima para o desenvolvimento. O conceito de graus-dia assume que
60 existe a temperatura-base, abaixo da qual o crescimento e o desenvolvimento da planta são
61 interrompidos ou extremamente reduzidos (BRUNINI et al., 1976; BURIOL et al., 1978).

62 No caso da espécie *C. difformis*, não se tem conhecimento de estudos sobre suas
63 fenofases e exigências térmicas. Assim, o objetivo, neste trabalho, foi determinar as
64 exigências térmicas dos diferentes subperíodos do ciclo das plantas da espécie *C. difformis*.

65

66 **4.3 MATERIAL E MÉTODOS**

67

68 Foram realizados quatro experimentos em épocas distintas, com intervalos de
69 semeadura entre as épocas de aproximadamente 23 dias. As semeaduras foram realizadas
70 nos dias 25/10/2016, 14/11/2016, 10/12/2016 e 05/01/2017, respectivamente, em horário
71 pré-determinado de 15 h. Os experimentos foram conduzidos no interior de estufa plástica,
72 com dimensões de 6 m x 20 m e 5 m de pé direito, localizada no Departamento de Biologia
73 do *Campus* da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM (latitude: 29°42'52,3"S;
74 longitude: 53°43'8,01"W; altitude: 102 m), Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul.

75 Para a realização dos experimentos, foram coletados acessos de *Cyperus difformis*
76 em área de cultivo consolidado de arroz irrigado, no município de Meleiro/SC (latitude:
77 28°53'1,966" S; longitude: 49°33'8,376" W; e altitude: 12 m). Após a maturação fisiológica
78 coletou-se em torno de 10 g de sementes de uma única planta das dez de cada área amostral,
79 escolhida através de sorteio, para a execução do experimento. O delineamento
80 experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com arranjo fatorial: cinco condições
81 hídricas do solo, com seis repetições. As condições hídricas testadas foram: 100% da
82 capacidade de retenção de água do solo (CRA), lâmina d'água desde a semente (5 cm),
83 50% da CRA desde a semente, lâmina d'água introduzida aos 21 dias após a emergência
84 (DAE) e 50% da CRA introduzida aos 21 DAE, sendo que as duas últimas condições, até
85 o momento da introdução dos tratamentos permaneceram sobre a condição hídrica de 100%
86 da CRA. A introdução dos tratamentos hídricos de lâmina d'água e 50% CRA após os 21
87 DAE foram realizados nos dias 24/11/2016, 08/12/2016, 08/01/2017 e 04/02/2017,
88 respectivamente.

89 Foram realizadas observações fenológicas diárias ao longo de todo o ciclo da planta
90 caracterizando os subperíodos semente-emergência (SEM-EME), emergência-emissão
91 do pendão floral (EME-EMI) e emissão do pendão floral-maturação fisiológica (EMI-
92 MAT). O início e fim destes subperíodos foram definidos, respectivamente, da semente
93 à finalização na emergência das 15 primeiras plântulas (50% do total) das seis repetições,
94 da emergência das plântulas à visualização da emissão do pendão floral (>2 cm) e da
95 visualização da emissão do pendão floral (>2 cm) até a maturação fisiológica das plantas
96 (sementes apresentando cor castanho).

97 As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos flexíveis
98 (Nutriplant) de 11 litros de volume, preenchidos com 12 kg de solo classificado como
99 Argilossolo vermelho arênico distrófico, horizonte A (STRECK et al., 2008), o que
100 permitiu um sobressalente de 5 cm para os tratamentos que receberam a lâmina d'água. O
101 solo foi peneirado e corrigido de acordo com a análise química, seguindo as indicações
102 para cultura do arroz irrigado (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO.
103 COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2016). Os resultados da análise
104 química e física do solo foram: pH em água (1:1) = 4,25; matéria orgânica = 2,3%; P = 3,3
105 mg dm⁻³; K = 0,119 cmol_c dm⁻³; Ca = 0,3 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,1 cmol_c dm⁻³; H + Al = 7,3
106 cmol_c dm⁻³; CTC efetiva = 2,7 cmol_c dm⁻³; Saturação Bases = 7%; total areia = 41,228 kg
107 kg⁻¹; silte = 41,972 kg kg⁻¹; argila: 16,8 kg kg⁻¹.

108 A determinação da capacidade de retenção de água (CRA) do solo peneirado foi
109 realizada através do método de pesagens, em que foi feita a secagem do solo em estufa 70
110 °C, sendo realizadas pesagens em balança de precisão de 0,01 g a cada hora até massa
111 constante. Após a secagem foram colocados 3 kg de solo seco em um vaso de massa
112 conhecida, contendo orifícios na base, o qual foi encharcado até a saturação e
113 posteriormente submetido ao escoamento até massa constante. Considerando que a massa
114 específica da água seja 1000 kg m^{-3} ou 1 kg L^{-1} , determinou-se 100% da capacidade de
115 retenção de água do solo, através da diferença de peso do vaso com solo seco com o vaso
116 em que deixou-se drenar a água.

117 Para a obtenção das umidades dos tratamentos (50% e 100% da CRA) foram
118 utilizadas as seguintes fórmulas:

119

$$120 \text{ PV100\%} = (\text{PVCRA} - \text{PVseco}) \cdot 1 + \text{PVseco},$$

$$121 \text{ PV50\%} = (\text{PVCRA} - \text{PVseco}) \cdot 0,5 + \text{PVseco},$$

122

123 em que: PVn\% é a massa do vaso para cada tratamento; PVCRA é a massa do vaso na
124 capacidade de retenção de água do solo; PVseco é a massa do vaso preenchido com o solo
125 seco. Foi utilizado uma tela plástica de malha 0,2 mm para cobrir os orifícios no fundo do
126 vaso para evitar possível perda do solo peneirado e saco plástico revestindo o interior dos
127 vasos que receberam a lâmina d'água.

128 As diferentes irrigações foram realizadas diariamente. Para manutenção, pesou-se
129 cada vaso, utilizando uma balança eletrônica marca ACS System com precisão de 5 g,
130 sendo adicionada água até atingir a massa total pré-determinada (vaso + solo seco + volume
131 de água para atingir 100% e 50% da CRA).

132 As temperaturas do solo foram obtidas por meio de um sensor tipo T instalado a 0,5
133 cm de profundidade e registradas através do equipamento Data Logger Fourtec DaqPRO™
134 5300, sendo realizadas coletas automáticas a cada 5 minutos, nas cinco condições hídricas
135 do solo por meio de cinco canais de leitura. As temperaturas do solo foram utilizadas para
136 a determinação das exigências térmicas do subperíodo correspondente a semeadura-
137 emergência das plântulas. Para a determinação das exigências térmicas dos subperíodos
138 emergência-emissão do pendão floral-maturação fisiológica foram utilizados dados
139 coletados da temperatura do ar, registrados pelo equipamento Data Logger Akron KR420,
140 devidamente calibrado, com uma frequência de registro de 10 minutos, o equipamento foi
141 posicionado em um abrigo meteorológico a uma altura de 1,5 m do solo.

142 O cálculo da temperatura-base para os subperíodos inicial, vegetativo e reprodutivo
143 foi realizado utilizando-se o método da menor variabilidade (ARNOLD, 1959; BRUNINI
144 et al., 1976).

145 No método da menor variabilidade, foram escolhidas a priori, os valores de
146 temperaturas a serem utilizadas no cálculo das somas térmicas e, a seguir, determinado o
147 desvio-padrão (Sdd), em graus-dia. A temperatura-base do subperíodo foi considerada
148 aquela de menor valor de desvio-padrão (Sd), em dias.

149 O menor desvio-padrão (Sd), foi calculado utilizando-se a equação:

150

$$151 \quad Sd = \frac{Sdd}{(Xt - Tb)}$$

152

153 sendo, Xt a temperatura média para a série de experimentos realizados e Tb, temperaturas-
154 base testadas, que foram: de 1 em 1 grau Celsius, de 0 à 30 °C.

155 Após a maturação fisiológica das plantas, foram realizadas as avaliações de matéria
156 seca total, sendo coletada a porção radicular e aérea da planta e secas em estufa a 70 °C até
157 atingirem massa constante. Para os resultados de matéria seca total, foram testados quanto
158 à normalidade de sua distribuição através do teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das
159 variâncias através do teste de Bartlett, com auxílio do programa Action (ESTATCAMP,
160 2011). Posteriormente, procedeu-se à análise de variância (ANOVA) e o teste de Scott-
161 Knott para agrupamento das médias, em 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$), utilizando-
162 se o programa estatístico Sisvar® 5.3 (FERREIRA, 2011).

163

164 **4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

165

166 No tratamento com 50% da capacidade de retenção de água (CRA) do solo desde a
167 semeadura as sementes não emergiram, constatando-se que a espécie *Cyperus difformis*,
168 quando em condições de déficit hídrico desde a semeadura, não é capaz de emergir.
169 Evidencia-se, assim, que a espécie não apresenta adaptabilidade para emergir em ambientes
170 mais secos, podendo ser essa informação, pertinente aos orizicultores, visto que através de
171 manejos físicos como drenagens das áreas na entressafra e na pré-semeadura, reduziria
172 significativamente a infestação da planta invasora e assim também a competição inicial
173 com o arroz irrigado em sua fase inicial de desenvolvimento.

174 Ocorreram diferenças nas exigências térmicas das plantas entre os diferentes
175 subperíodos e para o mesmo subperíodo, quando submetidas a distintas condições hídricas
176 do solo. Isto foi observado tanto para os valores da temperatura-base de crescimento
177 (Figura 1) e da soma de graus-dias (Tabela 1), como na duração dos subperíodos (Figura
178 2).

179 A temperatura-base de crescimento no subperíodo semeadura-emergência (SEM-
180 EME), Figura 1, foi igual à 7 °C e 15 °C e a duração média, Figura 2, de 4,8 e 6,2 dias,
181 respectivamente, para as plântulas das semeaduras no tratamento em solo com 100% da
182 capacidade de retenção de água no solo (CRA) e com 5,0 cm de lâmina d'água desde a
183 semeadura. As temperaturas médias nos subperíodos foram de 22,2; 22,6; 25,7; 25,8 °C,
184 média igual a 24,1 °C e de 22,9; 24,9; 26,8; 27,3 °C, média igual a 25,4 °C. As somas
185 térmicas em graus-dia de 39,3; 48,3; 59,1 e 48,9 °C, média igual a 48,9°C e de 106,7; 93,8;
186 112,1 e 113,1 °C, média igual a 106,4 °C, respectivamente, para o solo com 100% da CRA
187 e com 5 cm de lâmina d'água desde a semeadura.

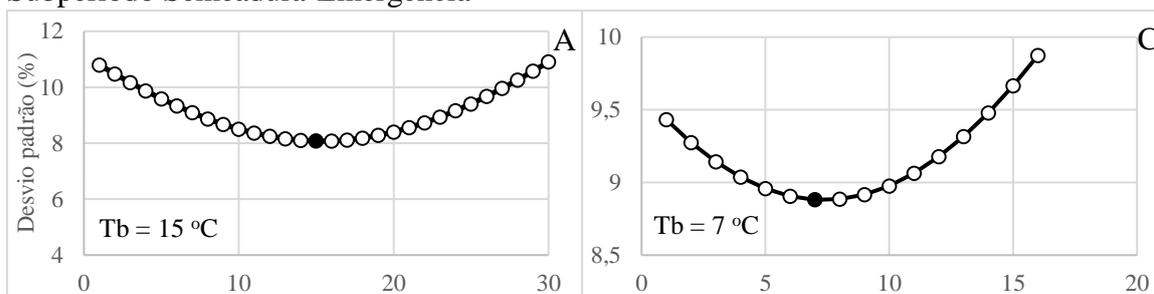
188 A diferença na temperatura-base entre os tratamentos para o subperíodo SEM-EME
189 foi de 8,0 °C, considerada, no caso, muito levada, o que, possivelmente corroborou para a
190 diferença na velocidade de emergência, nos tratamentos com 5,0 cm de lâmina d'água
191 desde a semeadura e 100% da CRA, sendo a emergência da espécie infestante mais rápida
192 em relação à do arroz irrigado. A diferença encontrada entre os tratamentos de lâmina de
193 água desde a semeadura e 100% da CRA na emergência das plântulas, pode estar atrelado
194 a um conjunto de fatores, como o hábito aquático da espécie, onde o efeito da pressão
195 hidráulica ocasionada pela lâmina d'água sobre a semente, aumenta a sua absorção de água
196 pelos poros (LIU et al., 2005) e o tamponamento do meio pela água, aumentam
197 significativamente a velocidade de germinação de *C. difformis* (DERAKHSHAN;
198 GHEREKHLOO, 2013).

199 Nos subperíodos emergência - emissão do pendão floral (EME-EMI) e emissão do
200 pendão floral - maturação fisiológica (EMI-MAT), as diferenças nos valores da
201 temperatura-base de crescimento entre as condições hídricas também foram elevadas
202 (Figura 1) na condição de déficit hídrico (50% da CRA), as plantas durante o subperíodo
203 EME-EMI demonstraram uma temperatura-base 10 °C acima das demais condições
204 hídricas, sendo a temperatura média registrada das distintas épocas nessa condição de
205 apenas 3,0 °C acima da temperatura-base, resultando apenas ao equivalente à 32% da média
206 das demais somas térmicas, sob condições sem quaisquer restrições hídricas para o
207 desenvolvimento (Tabela 1).

208 Figura 1- Temperatura-base de crescimento calculada pelo método do menor desvio
 209 padrão em dias para os subperíodos semeadura-emergência, emergência-
 210 emissão do pendão floral e emissão do pendão floral-maturação fisiológica
 211 da espécie *Cyperus difformis*, conduzida em condições hídricas de lâmina
 212 d'água no solo de 5,0 cm desde a semeadura (A), lâmina d'água de 5,0 cm
 213 aplicada aos 21 dias após a emergência (B), 100% da capacidade de retenção
 214 de água no solo (CRA) (C) e 50% da capacidade de retenção de água no solo
 215 (CRA) (D), respectivamente. Santa Maria/RS, 2018.

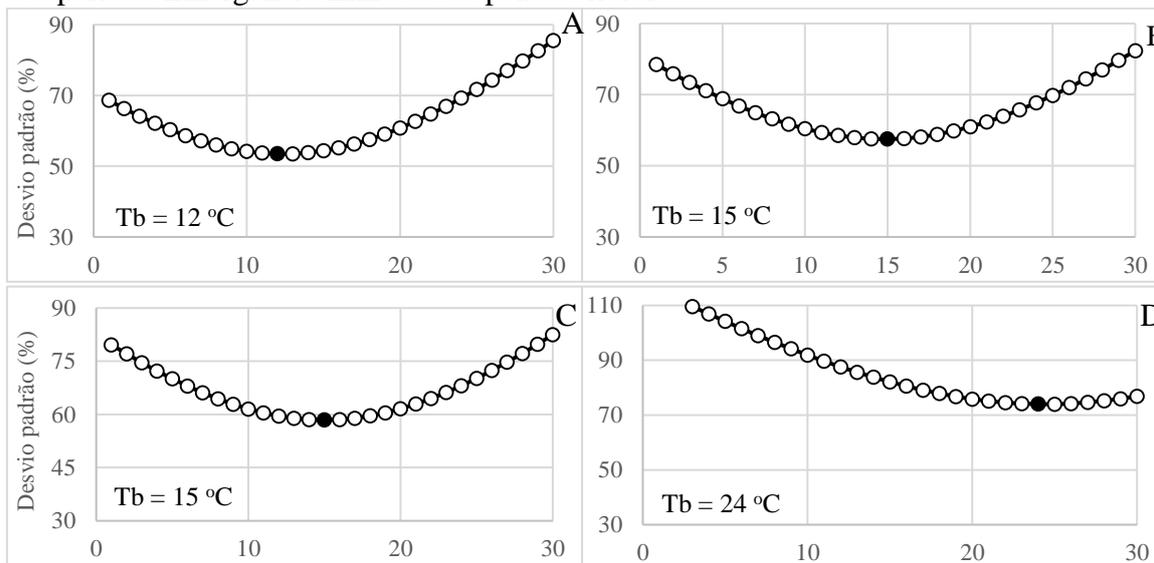
216

217 Subperíodo Semeadura-Emergência



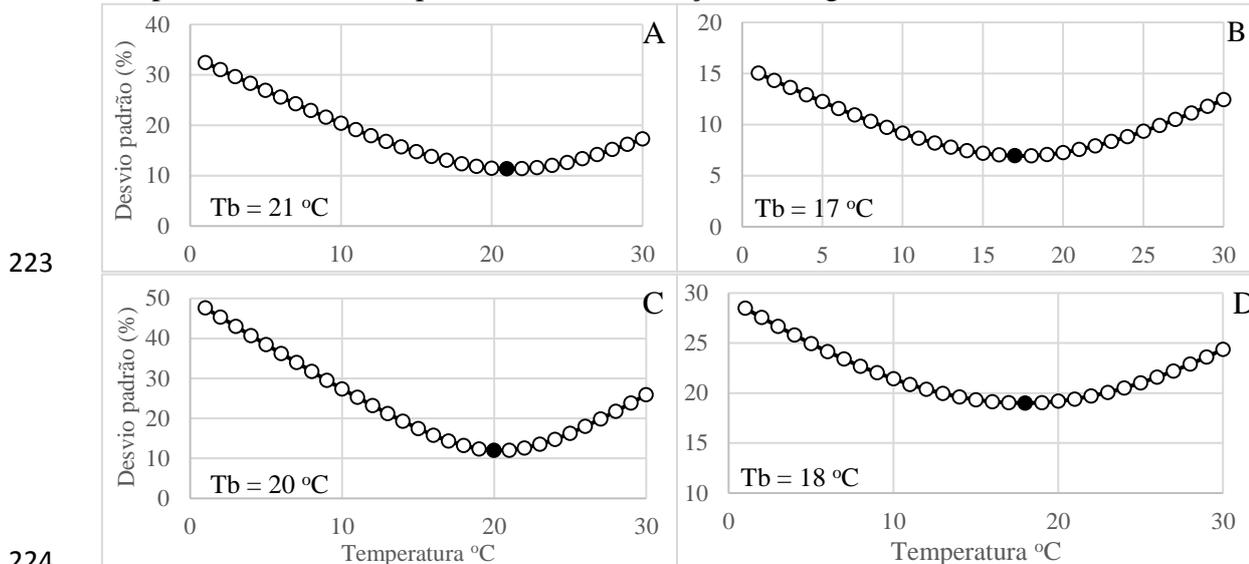
218

219 Subperíodo Emergência-Emissão do pendão floral



221

222 Subperíodo Emissão do pendão floral-Maturação fisiológica



224

225

226 Pontos em negrito determinam a temperatura-base para as condições hídricas em estudo de acordo com os menores
 227 índices de desvio-padrão encontrado pelo método da menor variabilidade.

228

229

230 No subperíodo EMI-MAT, a temperatura-base das plantas submetidas à restrição
 231 hídrica de 50% da CRA, foi reduzida em 6 °C (Figura 1) em comparação ao subperíodo
 232 EME-EMI, aumentando em 20% o acúmulo da soma térmica deste subperíodo, como forma
 233 de mitigar a produção energética para completar o ciclo biológico e produzir sementes.
 234 Resultados opostos foram verificados principalmente para as condições de lâmina de 5 cm
 235 desde o início e 100% CRA, quando no subperíodo final, aumentaram a temperatura-base
 236 em 9 °C e 5 °C (Figura 1), respectivamente, em relação ao subperíodo anterior, resultando
 237 em menores acúmulos de soma térmica.

238

239 Na Tabela 1, estão representados os resultados da soma térmica ou soma de graus-
 240 dias, dos subperíodos: SEM-EME; EME-EMI; EMI-MAT da espécie *Cyperus difformis*
 241 submetidos a diferentes condições hídricas do solo. Observa-se que o condicionamento
 242 hídrico do solo interferiu na soma de graus-dia (°C), onde, de acordo com as médias gerais
 243 dos tratamentos em estudo, ocorreu um decréscimo da soma térmica em função da
 244 diminuição do conteúdo de d'água no solo. Por exemplo, a média final da soma total de graus-
 245 dia no tratamento de 50% CRA foi 40% menor do que nas condições com alto teor de água
 246 no solo. Esse resultado é consequência dos valores elevados da temperatura-base na
 247 condição de 50% CRA do solo introduzida aos 21 DAE. Isto explica a diferença
 248 estatisticamente significativa dos resultados encontrados de matéria seca total expostos na
 Tabela 1.

248

249 Tabela 1- Médias da massa seca total de plantas de *Cyperus difformis*, sob diferentes
 250 condições hídricas do solo. Santa Maria/RS, 2018.
 251

Médias de massa seca de planta inteira (g)			
Condição hídrica			
Lâmina d'água desde a semeadura	Lâmina d'água introduzida aos 21DAE	100% da CRA	50% da CRA
112,6 a	90,0 a	58,9 b	23,3 c

252
 253
 254
 255

Médias não seguidas pela mesma letra na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo.

256 Nos resultados da Tabela 2, é possível, ainda, verificar que o maior acúmulo de
 257 energia térmica pelas plantas, nas distintas condições hídricas do solo, ocorreu na III época
 258 experimental, em detrimento do período (15/12/16 à 15/02/17) apresentarem elevadas
 259 médias diárias de temperatura. No subperíodo da emergência à emissão do pendão floral,
 260 nas quatro condições hídricas do solo e nas quatro épocas de semeaduras, houve um maior
 261 acúmulo da soma térmica registrada, coincidindo com o período vegetativo das
 262 plantas, quando ocorre a necessidade da maior produção de reservas, período em que é
 263 altamente sensível à temperatura, devido ao início da diferenciação dos primórdios florais,
 264 assim como ocorre com o arroz (STRECK et al., 2007).

265

266 Tabela 2- Soma de graus-dia (°C) dos subperíodos: semeadura – emergência;
 267 emergência – emissão do pendão floral; emissão do pendão floral –
 268 maturação fisiológica da espécie *Cyperus difformis* L. submetidas a
 269 diferentes condições hídricas do solo: lâmina d'água de 5,0 cm desde a
 270 semeadura = lâmina I; lâmina d'água aplicada aos 21 dias após a emergência
 271 = lâmina II; 100% da capacidade de retenção de água (CRA) no solo = 100%
 272 CRA e 50% da capacidade de retenção de água (CRA) no solo = 50% CRA
 273 I. Santa Maria/RS, 2018.
 274

Condição hídrica	Época experimental				Média da soma de graus-dia (°C)
	I	II	III	IV	
	Subperíodo Semeadura – Emergência				
	Soma de graus-dia (°C)				
Lâmina I	39,3	48,3	59,1	48,9	48,9
100% CRA	106,7	93,8	112,1	113,1	106,4
	Subperíodo Emergência - Emissão do pendão floral				
Lâmina I	610,4	547,6	656,2	664,1	596,8
100% CRA	579,4	591,0	611,5	547,2	582,3
Lâmina II	467,6	577,7	597,8	536,4	544,9
50% CRA I	152,8	144,8	229,1	189,4	179,1
	Subperíodo Emissão do pendão floral – Maturação fisiológica				
Lâmina I	165,5	180,3	152,6	166,2	166,1
100% CRA	164,5	181,1	190,2	167,6	175,8

Lâmina II	238,2	227,3	238,9	225,9	232,6
50% CRA I	230,3	239,4	227,0	195,7	223,1

275

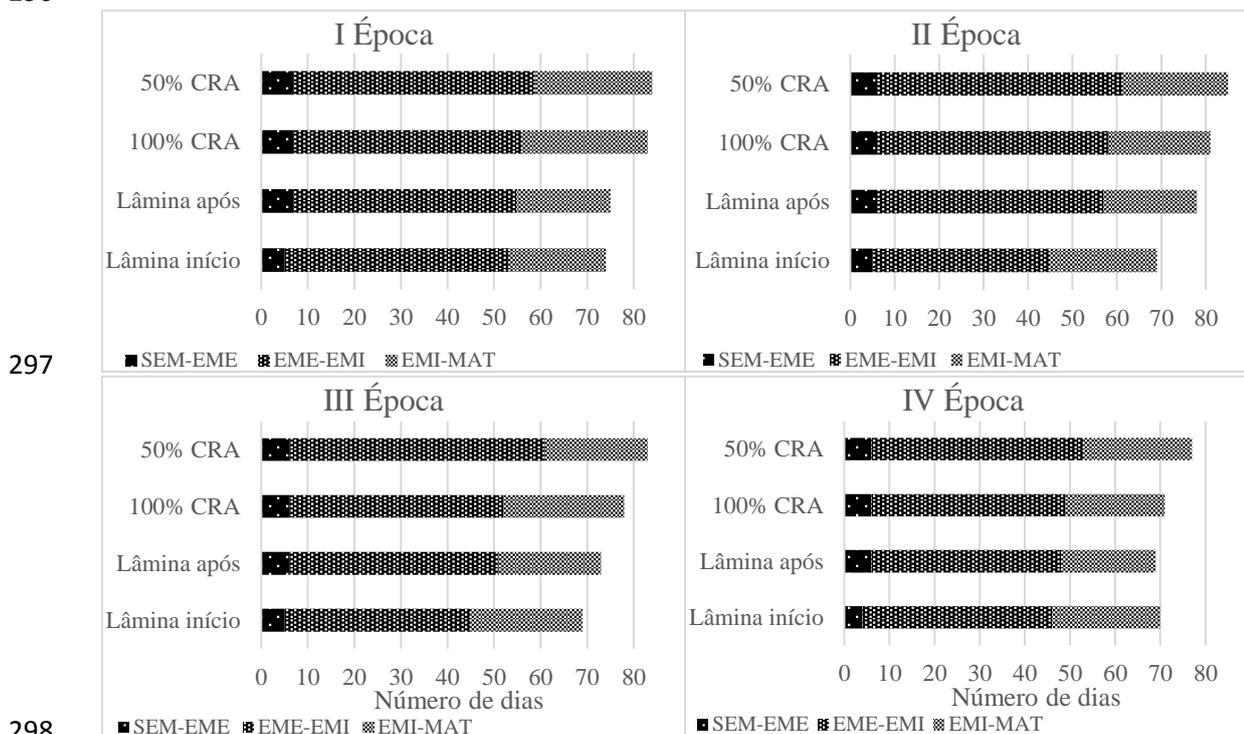
276 Épocas experimentais: I = 25/10/16; II = 14/11/16; III = 10/12/16 e IV = 05/01/16.

277

278 Na Figura 2, estão representadas a duração dos subperíodos das plantas da espécie
 279 *C. difformis* submetidas às distintas condições hídricas do solo, nas quatro épocas
 280 experimentais. Observa-se que o subperíodo mais longo das plantas foi da emergência –
 281 emissão do pendão floral, havendo a maior distinção entre as condições hídricas de lâmina
 282 de 5 cm d'água desde a semente e 50% da CRA, sendo que sob déficit hídrico, as plantas
 283 prolongaram em 12 dias seu subperíodo. Induz-se que isto, seja principalmente em função
 284 de que plantas com rota fotossintética C₃, como no caso da espécie *C. difformis*, sob baixos
 285 teores de água no solo, acionam mecanismos de defesa como o fechamento estomático,
 286 reduzindo consideravelmente a condutância estomática e por consequência, a realização da
 287 fotossíntese (TAIZ et al., 2017).

288

289 Figura 2- Duração, em dias, dos subperíodos fenológicos sementeira – emergência,
 290 emergência – emissão do pendão floral, emissão do pendão floral –
 291 maturação fisiológica das plantas da espécie *Cyperus difformis* submetidas
 292 a diferentes condições hídricas do solo: lâmina d'água no solo de 5,0 cm
 293 desde a sementeira, lâmina d'água de 5,0 cm aplicada aos 21 dias após a
 294 emergência, 100% da capacidade de retenção de água no solo (CRA) e 50%
 295 da capacidade de retenção de água no solo (CRA). Santa Maria/RS, 2018.
 296



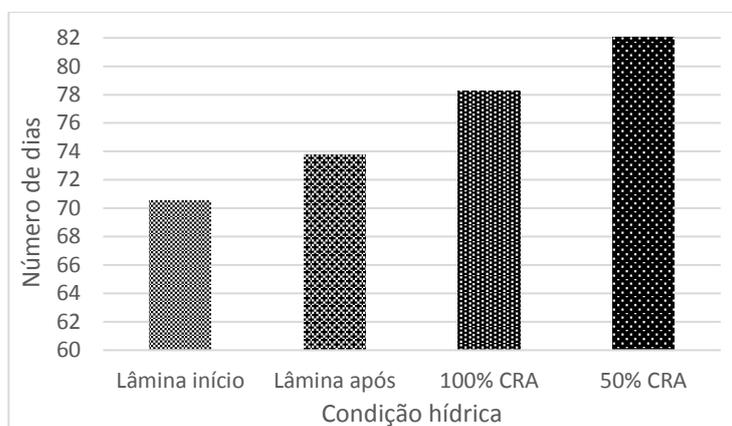
300 SEM-EME= sementeira – emergência; EME-EMI = emergência – emissão do pendão floral; EMI-MAT =
 301 Emissão do pendão floral – Maturação fisiológica. Épocas experimentais: I época = 25/10/16; II época =
 302 14/11/16; III época = 10/12/16 e IV época = 05/01/17.

303

304 De acordo com os valores representados na Figura 3, a duração total do ciclo
 305 biológico da espécie *C. difformis* L. sofreu interferência em função das condições hídricas
 306 do solo: com a presença de uma lâmina de 5 cm de água desde a sementeira (ambiente
 307 natural da espécie), o ciclo das plantas se completou em 70,5 dias, prolongando-se à medida
 308 que se protelava o fornecimento da água, durando 73,7, 78,2 e 82,2 dias nas condições
 309 hídricas de lâmina introduzida aos 21 DAE, 100% CRA e 50% CRA introduzida aso 21
 310 DAE, respectivamente.

311

312 Figura 3- Duração, em dias, do ciclo biológico das plantas da espécie *Cyperus*
 313 *difformis* L. submetidas a diferentes condições hídricas do solo: lâmina
 314 d'água no solo de 5,0 cm, desde a semeadura, lâmina d'água de 5,0 cm
 315 introduzida aos 21 dias após a emergência 100% da capacidade de retenção
 316 de água (CRA) no solo e 50% da capacidade de retenção de água (CRA) no
 317 solo introduzida aos 21 DAE. Santa Maria/RS, 2018.
 318



319
 320

321 Pelos resultados obtidos no presente estudo, principalmente aqueles obtidos para a
 322 temperatura-base de crescimento e a velocidade de emergência das sementes sob lâmina
 323 d'água, sugere-se que mais estudos sobre o tema sejam realizados. No primeiro caso
 324 encontram-se subsídios de que fatores como fertilidade do solo, densidade de plantas, tipos
 325 de solo, temperatura do solo e deficiência e excesso de água no solo podem alterar as
 326 exigências térmicas como temperatura-base e soma de graus-dia (PASCALE; DAMARIO,
 327 2002; MOTA, 1975). Entretanto, são informações gerais, sem exemplos específicos de
 328 espécies e condições experimentais. No caso presente, a magnitude das diferenças nos
 329 valores de temperatura-base e soma de graus-dia para os distintos tratamentos demonstram
 330 ser importante avançar no estudo do tema.

331

332 4.5 CONCLUSÕES

333

334 - Condições de alagamento são mais favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das
 335 plantas de *Cyperus difformis* L., acelerando o ciclo biológico e a intensidade da taxa de
 336 crescimento.

337

338 - Diferentes condições hídricas do solo condicionam as exigências térmicas dos
 339 subperíodos semeadura-emergência, emergência-emissão do pendão floral e emissão do
 pendão floral-maturação fisiológica das plantas de *Cyperus difformis*, a temperatura-base

340 varia para cada tratamento e a soma de graus-dia diminui com o déficit hídrico em função
341 da elevada temperatura-base e assim menores taxas de acúmulo de soma-térmica.

342

343 **4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

344

345 AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T.; VARGAS, L.; NOLDIN, J. A. Resistência de
346 *Cyperus difformis* L. ao herbicida pyrazosulfuron-ethyl e alternativas de controle. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 839-848, 2011.

347

348 ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear
349 heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**,
350 Alexandria, v.74, p.430-445, 1959.

351

352 BRUNINI, O.; et al. Temperatura-base para alface cultivar "White Boston", em um sistema
353 de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v.35, n.19, p. 213-219, 1976.

354

355 BURIOL, G. A.; MANARA, N. T. F. ; MANARA, W. . Temperatura base dos subperíodos
356 emergência-floração e floração maturação de quatro linhagens de lentilha (*Lens culinaris*
357 Medic). **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Universidade Federal de Santa Maria
358 (Cessou em 1990. Cont. ISSN 0103-8478 Ciência Rural (Impresso)), SANTA MARIA, v.
359 8, n.2, p. 175-184, 1978.

360

361 CARLOTO, B. W. Caracterização e comportamento fenotípico de acessos de *Eragrostis*
362 Wolf. (Poaceae) ocorrentes em solos cultivados com arroz irrigado. **Dissertação de**
363 **Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia (UFMS)**.
364 Santa Maria. 2016.

365

366 DERAKHSHAN, A.; GHEREKHLOO, J. Factors affecting *Cyperus difformis* seed
367 germination and seedling emergence. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 823-832, 2013.

368

369 ESTATCAMP. **Software Action**. Estatcamp - Consultoria em estatística e qualidade, São
370 Carlos, SP, 2011. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br> Acesso em: 27 jun.
371 2016.

372

373 FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e**
374 **Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

375

376 GALON, L.; PANOZZO, L.E.; NOLDIN, J.A.; CONCENÇO, G.; TAROUÇO, C.P.;
377 FERREIRA, E.A.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A. Resistência de
378 *Cyperus difformis* a herbicidas inibidores da ALS em lavoura de arroz irrigado em Santa
379 Catarina. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 419-427, 2008.

380

381 GBUR, E. E.; THOMAS, G. L.; MILLER, F. R. Use of segmented regression in
382 determination of the base-temperature in heat accumulation models. **Agronomy Journal**,
383 Madison, v.71, p.949-953, 1979.

384

385 LIU, G.; ZHOU, J.; LI, W.; CHENG, Y. The seed bank in a subtropical freshwater marsh:
386 implications for wetland restoration. **Aquatic Botany**, n.81. p.1–11. 2005.

387

388

- 389 MOTA, F. S. da. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Livraria Nobel S. A., 1975, 375p.
390
- 391 OSUNA M. D.; VIDOTTO F.; FISCHER, A. J.; BAYER, D. E.; PRADO, R. D.;
392 FERRERO, A. .Cross-resistance to bispyribac-sodium and bensulfuron-methyl in
393 *Echinochloa phyllopogon* and *Cyperus difformis*. **Pesticide Biochemistry & Physiology**,
394 v. 73, n. 1, p. 9-17, 2002.
395
- 396 PACALE, A. J.; DAMARIO, E. A. **Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología**.
397 Buenos Aires: Editorial Facultad Agronomía/Universidad de Buenos Aures, p.550. 2004.
398
- 399 SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E
400 FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio**
401 **Grande do Sul e de Santa Catarina**. RS/SC, Santa Catarina, 376 p., 2016.
402
- 403 STRECK, N.A.; MICHELON, S.; BOSCO, L.C., LAGO, I.; WALTER, L.C.; ROSA, H.T.;
404 PAULA, G.M. de. Soma térmica de algumas subperíodos do ciclo de desenvolvimento da
405 escala de Counce para cultivares Sul-Brasileiras de arroz irrigado. **Bragantia**, v.66, p.357-
406 364, 2007.
- 407 STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.;
408 SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto
409 Alegre: EMATER/RS, ed. 2, 222p., 2008.
410
- 411 TAIZ, L, et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

5 CAPÍTULO II. INTERFERÊNCIA DE DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO NA MORFOFISIOLOGIA DE *Cyperus difformis* L.

5.1 RESUMO

Espécies vegetais quando submetidas à estresses abióticos promovem modificações morfológicas e fisiológicas como mecanismo de sobrevivência. O objetivo deste trabalho foi determinar a interferência promovida por diferentes condições hídricas do solo na morfologia e fisiologia de *Cyperus difformis* L. O experimento foi conduzido em Santa Maria (RS), com a realização da semeadura em 25/10/2016, em delineamento inteiramente casualizado e esquema bifatorial envolvendo quatro condições hídricas do solo, sendo lâmina d'água, 100% da capacidade de retenção de água pelo solo (CRA) desde a semeadura, lâmina d'água e 50% CRA introduzida aos 21 dias após a emergência (DAE), com seis repetições cada. A introdução das condições hídricas aos 21 DAE foi realizada no dia 24/11/2016. Foram determinados parâmetros morfológicos ao final do ciclo e parâmetros fotossintéticos (taxa fotossintética (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO₂ intercelular (Ci), transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA) e a relação de assimilação pela rubisco (A/Ci)) em três momentos do ciclo das plantas, aos 30, 38 e 52 DAE. A espécie quando submetida a condições com lâmina d'água, demonstrou resultados morfológicos e fisiológicos superiores as demais condições hídricas. Quando submetida à uma restrição de 50% da CRA introduzida aos 21 DAE, a espécie reduz significativamente os parâmetros fotossintéticos e aumenta o ciclo biológico como tentativa produção de sementes, mesmo que com uma produção de sementes inferior as demais, mas com capacidade de competir com cultivos. Em 100% da CRA, a espécie demonstra significativa capacidade de se desenvolver e produzir um elevado número de sementes.

Palavras chave: Fotossíntese. Adaptação. Invasividade. Estresse hídrico.

5.2 INTRODUÇÃO

Cyperus difformis L. é uma monocotiledônea anual, pertencente à família Cyperaceae, conhecida popularmente como Tiririquinha. É considerada uma planta daninha em áreas de cultivo de arroz irrigado, por apresentar um hábito de desenvolvimento aquático (SANDERS, 1994). Desta forma, é preferencialmente encontrada no sistema de semeadura pré-germinado (HOLM et al., 1991).

Ainda, a espécie *C. difformis* apresenta uma alta capacidade invasiva, pois possui uma rota fotossintética C₃ (TAKEDA et al., 1985) e um ciclo biológico rápido (de aproximadamente 60 dias) (HOLM et al., 1991), sendo capaz de completar vários ciclos biológicos comparado a um ciclo do arroz, além de produzir uma biomassa considerável e um grande número de sementes (mais de 50 mil sementes por planta) (KISSMANN, 2007).

42 A aclimatização de espécies vegetais à novos ambientes, só é possível pela ocorrência
43 modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e fenológicas, como forma de
44 sobrevivência que a mesma consiga perpetuar novas gerações (GONÇALVES et al., 2012;
45 ISMAIL et al., 2012).

46 Estudos sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas são comumente realizados
47 para o conhecimento da biologia das espécies cultivadas, e tão pouco acerca de espécies
48 que podem apresentar capacidade daninha (VARGAS et al., 2005). Além disso, a
49 substituição do sistema de cultivo pré-germinado pelo sistema de semeadura no seco, como
50 estratégia da redução da infestação de plantas daninhas (SOSBAI, 2016), pode promover
51 modificações no ambiente e desencadear um processo adaptativo pelas espécies infestantes
52 (TAIZ et al., 2017).

53 Neste contexto, o conhecimento das características biológicas de espécies com
54 potencial invasivo, também é importante para a definição de sua capacidade competitiva,
55 podendo com isso, auxiliar nos métodos de manejo adotados (VARGAS et al., 2005). O
56 estudo sobre a interferência de plantas daninhas, geralmente, considera características
57 morfológicas das espécies (FLECK et al., 2008). No entanto, estes resultados acrescidos
58 da caracterização fisiológica, poderão proporcionar maior entendimento e elucidação dos
59 fenômenos ocorridos (CONCENÇO et al., 2007).

60 Desta forma o objetivo neste trabalho, foi determinar se *Cyperus difformis* consegue
61 sobreviver em solo drenado e completar o ciclo com a produção de sementes. Portanto, de
62 maneira mais específica, objetivou-se determinar parâmetros relacionados às trocas
63 gasosas e a influência morfológica, da espécie, quando submetidas a diferentes condições
64 hídricas do solo.

65

66 **5.3 MATERIAL E MÉTODOS**

67

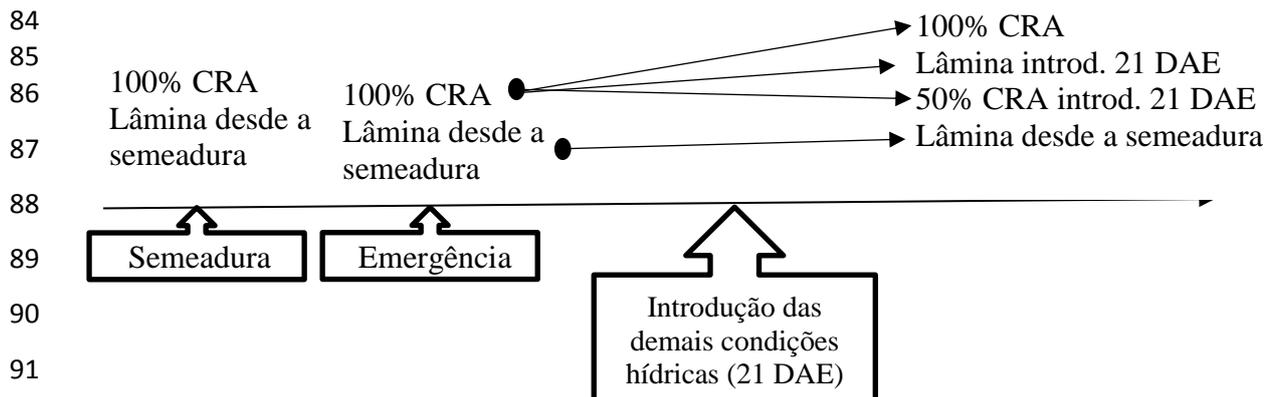
68 O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com 6 m x 20 m e 5 m de pé
69 direito, no município de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, durante o período de
70 novembro de 2016 a janeiro de 2017.

71 O acesso de *Cyperus difformis* foi coletado por meio dos frutos ocorrentes em área
72 de cultivo consolidado de arroz irrigado, no município de Meleiro no estado de Santa
73 Catarina (28°53'1,966" S; 49°33'8,376" O; e altitude de 12 m). O delineamento
74 experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com seis repetições, onde utilizou-se
75 um arranjo bifatorial: quatro condições hídricas do solo e três épocas de avaliação do

76 desempenho fotossintético da espécie. As condições hídricas testadas foram: 100% da
 77 capacidade de retenção de água do solo (CRA) desde a sementeira, lâmina d'água desde a
 78 sementeira (5 cm), lâmina d'água introduzida e 50% da CRA introduzida aos 21 DAE,
 79 sendo que duas últimas condições, até o momento da imposição dos tratamentos
 80 permaneceram sob a condição hídrica de 100% da CRA, conforme ilustrado na Figura 1.

81

82 Figura 1. Ilustração esquemática das condições hídricas testadas na espécie *Cyperus*
 83 *difformis* L.. Santa Maria/RS, 2018.



93 As avaliações tiveram início após a imposição dos respectivos tratamentos (21 DAE),
 94 sendo a primeira avaliação realizada aos 30 DAE (7 dias após a introdução dos
 95 tratamentos), 38 DAE (15 dias após a introdução dos tratamentos) e 52 DAE (29 dias após
 96 a introdução dos tratamentos), onde na condição de lâmina d'água desde a sementeira e
 97 lâmina introduzida aos 21 DAE as plantas se encontravam em pleno florescimento (100%
 98 das inflorescências com anteras visíveis), na da condição de 100% da CRA as plantas se
 99 encontravam no início do florescimento (10% das inflorescências com anteras visíveis) e
 100 na condição de 50% da CRA introduzida aos 21 DAE, as plantas se encontravam com
 101 botões florais visíveis.

102 A coleta do acesso foi realizada com base em informações prévias sobre a ocorrência
 103 da espécie na área. Para amostragem nas áreas foram definidos 10 pontos de coletas, dentro
 104 de um raio de 25 hectares, georreferenciados com GPS Etrex Garmin. Após as coletas, as
 105 plantas foram acondicionadas em bandejas plásticas e levadas ao laboratório para
 106 reprodução de sementes. Após a maturação fisiológica coletou-se em torno de 10 g de
 107 sementes de uma única planta das dez de cada área amostral, escolhida através de sorteio,
 108 para a execução do experimento em casa de vegetação.

109 As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos flexíveis
 110 (Nutriplant) de 11 litros de volume, preenchidos com 12 kg de solo classificado como

111 Argilossolo vermelho arênico distrófico, horizonte A (STRECK et al., 2008), o que
 112 permitiu um sobressalente de 5 cm para os tratamentos que receberam a lâmina d'água. O
 113 solo foi peneirado e corrigido de acordo com a análise química, seguindo as indicações
 114 para cultura do arroz irrigado (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO.
 115 COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2016, 2016). Os resultados da
 116 análise química e física do solo foram: pH em água (1:1) = 4,25; matéria orgânica = 2,3%;
 117 P = 3,3 mg dm⁻³; K = 0,119 cmol_c dm⁻³; Ca = 0,3 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,1 cmol_c dm⁻³; H + Al
 118 = 7,3 cmol_c dm⁻³; CTC efetiva = 2,7 cmol_c dm⁻³; Saturação Bases = 7%; total areia = 41,228
 119 kg kg⁻¹; silte = 41,972 kg kg⁻¹; argila: 16,8 kg kg⁻¹.

120 No dia 25 de outubro de 2016 foram semeadas 30 sementes de *C. difformis* em cada
 121 unidade experimental. A emergência das plântulas sob a condição hídrica de lâmina d'água
 122 ocorreu dia 01 de dezembro de 2016 e na condição de 100% da CRA ocorreu um dia depois,
 123 três dias após a emergência, foi realizado um raleio para permanecer apenas uma planta
 124 por vaso.

125 O fator condição hídrica (exceto na condição de lâmina d'água início) foi imposto no
 126 dia 24 de novembro de 2016, quando as plantas de *C. difformis* L. atingiram o estágio de 5
 127 a 7 folhas, aos 21 dias após a emergência total, com a intenção de simular o momento em
 128 que ocorre a entrada d'água na lavoura de arroz irrigado. A determinação da CRA do solo
 129 peneirado foi realizada através do método de pesagens, em que foi feita a secagem do solo
 130 em estufa a 70 °C, sendo realizadas pesagens em balança de precisão de 0,01 g a cada hora
 131 até massa constante. Após a secagem foram colocados 3 kg de solo seco em um vaso de
 132 massa conhecida, contendo orifícios na base, o qual foi encharcado até a saturação e
 133 posteriormente submetido ao escoamento até massa constante. Considerando que a massa
 134 específica da água seja 1000 kg m⁻³ ou 1 kg L⁻¹, determinou-se 100% da capacidade de
 135 retenção de água do solo, através da diferença de peso do vaso com solo seco com o vaso
 136 em que deixou-se drenar a água.

137 Para a obtenção das umidades dos tratamentos (50% e 100% da CRA) foram
 138 utilizadas fórmulas para determinação:

139

$$140 \text{ PV100\%} = (\text{PVCRA} - \text{PVseco}).1 + \text{PVseco}$$

$$141 \text{ PV50\%} = (\text{PVCRA} - \text{PVseco}).0,5 + \text{PVseco}$$

142

143 Em que: PVn% é a massa do vaso para cada tratamento; PVCRA é a massa do vaso
 144 na capacidade de retenção de água do solo; PVseco é a massa do vaso preenchido com o

145 solo seco. Foi utilizado uma tela plástica de malha 0,2 mm para cobrir os orifícios no fundo
146 do vaso para evitar o possível escapamento do solo peneirado e saco plástico revestindo o
147 interior dos vasos que receberam a lâmina d'água.

148 As diferentes irrigações foram realizadas diariamente. Para manutenção, pesou-se
149 cada vaso, utilizando uma balança eletrônica marca ACS System com precisão de 5 g,
150 sendo adicionado água até atingir a massa total pré-determinada (vaso + solo seco + volume
151 de água para atingir 100% e 50% da CRA).

152 No dia 01 de dezembro de 2016 (30 DAE) foi realizada a primeira avaliação
153 fisiológica, no terço médio da folha mais jovem com mais de 5 cm de comprimento de cada
154 planta (em função da folha mais jovem estar fotossintética ativa, sendo considerada fonte),
155 no dia 09 de dezembro de 2016 (38 DAE) foi realizada a segunda avaliação fisiológica
156 atendendo os mesmos preceitos da primeira avaliação e no dia 23 de dezembro de 2016 (52
157 DAE ou pleno florescimento (100% das inflorescências abertas)) foi realizada a terceira
158 avaliação, seguindo os parâmetros utilizados nas avaliações anteriores. As avaliações
159 fisiológicas foram realizadas com a auxílio do medidor portátil Infra Red Gas Analyzer
160 (IRGA) (modelo LI-6400 XT, marca LI-COR), utilizando uma radiação fotossintética de
161 $1000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e concentração de CO_2 de $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ (concentração pré-
162 determinada em função da altitude). Nessa ocasião, foram determinadas: a taxa
163 fotossintética ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); condutância estomática de vapores de água ($G_s - \text{mol}$
164 $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); concentração interna de CO_2 ($C_i - \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$); taxa transpiratória ($E -$
165 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); a eficiência do uso da água ($\text{EUA} - \text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$), obtida pela
166 relação entre quantidade de CO_2 fixado pela fotossíntese e quantidade de água transpirada
167 e; a eficiência da carboxilação da enzima rubisco (A/C_i), obtida pela relação entre
168 quantidade de CO_2 fixado na fotossíntese e a concentração interna de CO_2 . As três
169 avaliações ocorreram no período das 8 às 10 horas da manhã, em dias ensolarados, em
170 função da maior atividade fotossintética diária, após a exposição aos primeiros raios
171 solares. Após a maturação fisiológica das plantas foram realizadas as avaliações de
172 contagem do número final de perfilhos por planta e massa seca da parte aérea e raízes,
173 sendo a planta separada nas duas porções a partir do colo. Após separadas, estas foram
174 acondicionadas, identificadas e submetidas a secagem em estufa a 70°C até atingirem massa
175 constante. Foram realizadas também, avaliações do número de sementes, a partir da
176 pesagem do total de sementes por inflorescência em função do peso médio de 100
177 sementes, realizadas em seis repetições por condição hídrica, sendo os resultados
178 extrapolados por planta, através do número médio de inflorescências por planta.

179 A análise de variância para os dados foi realizada conforme o modelo matemático do
180 delineamento inteiramente casualizado com arranjo bifatorial. Os erros experimentais
181 foram testados quanto à normalidade de sua distribuição através do teste de Shapiro-Wilk
182 e a homogeneidade das variâncias através do teste de Bartlett, com auxílio do programa
183 Action (ESTATCAMP, 2011). Posteriormente, procedeu-se à análise de variância
184 (ANOVA) e o teste de Scott-Knott para agrupamento das médias, em 5% de probabilidade
185 de erro ($p < 0,05$), utilizando-se o programa estatístico Sisvar® 5.3 (FERREIRA, 2011).

186

187 **5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

188

189 Os erros experimentais das variáveis avaliadas atenderam ao pressuposto da
190 distribuição normal e a homogeneidade de variâncias, onde a partir da análise da variância
191 pelo teste F ($p < 0,05$) verificou-se uma interação significativa entre as condições hídricas
192 do solo e as épocas de avaliação realizadas sobre as variáveis fotossintéticas analisadas.

193 O gênero *Cyperus* demonstra uma alta diversidade adaptativa a distintos ambientes,
194 existindo espécies preferencialmente aquáticas e outras mais adaptadas a ambientes bem
195 drenados. A partir do estudo realizado e de acordo com as tabelas apresentadas, foi possível
196 verificar que a espécie *C. difformis*, quando em ambientes mais úmidos demonstra um
197 desenvolvimento superior, visto que, constatou-se através das variáveis taxa fotossintética
198 (A), condutância estomática de vapores de água (Gs); concentração interna de CO₂ (Ci);
199 taxa transpiratória (E) e a eficiência da carboxilação da enzima rubisco (A/Ci), uma
200 resposta fotossintética superior nas condições hídricas com maior teor de água no solo
201 (presença de lâmina e solo encharcado), resultando em maiores índices de produção de
202 massa seca (aérea e de raiz), ciclo biológico mais acelerado e uma maior produção de
203 sementes, quando comparado à condição de restrição hídrica (50% da CRA).

204 A condição de lâmina d'água desde a semeadura proporcionou taxas fotossintéticas
205 inferiores ($22,7 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) em relação as condições de lâmina introduzida aos 21
206 DAE ($27,1 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e 100% da CRA ($30,5 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Porém, o
207 acúmulo de massa seca de parte aérea e de raiz da espécie quando inundada desde a
208 semeadura, foi superior às demais situações de água do solo. Esse fato é justificado pela
209 alta disponibilidade de água desde a emergência das plantas, o qual proporcionou uma
210 maior resposta fotossintética e consequentemente maior produção e acúmulo de
211 fotoassimilados, sendo que aos 30 DAE, esta condição hídrica demonstrava uma
212 superioridade de 5% e 20% em relação aos tratamentos de lâmina de água introduzida aos

213 21 DAE e 100% da CRA, respectivamente, no parâmetro taxa de assimilação fotossintética
214 (Tabela 1).

215 Quando submetida a uma condição com restrições hídricas (50% da CRA introduzida
216 aos 21 DAE), a espécie apresenta um potencial de crescimento inferior ao obtido nas
217 demais condições hídricas, porque seu desempenho fotossintético é inferior, o que reflete
218 numa menor conversão de energia, acúmulo de massa seca e produção de sementes. À
219 medida em que o solo seca, torna-se mais difícil das plantas absorverem água, porque
220 aumenta a força de retenção e assim diminui a disponibilidade de água no solo
221 (BERGAMASCHI, 1992). Porém, verifica-se um aumento gradual da produção
222 fotossintética da espécie (Tabela 1) e da taxa de condutância estomática (Tabela 2), quando
223 condicionada a uma restrição hídrica, como observado para 50% da CRA introduzida aos
224 21 DAE, avaliado aos 38 e 52 DAE. Nessa condição, observa-se um aumento nas variáveis
225 fotossintéticas avaliadas, possivelmente, como estratégia de maximizar a conversão
226 energética da fotossíntese, de tal forma que a planta possua energia suficiente para finalizar
227 o seu ciclo biológico e perpetuar a espécie a partir da produção mínima de sementes
228 (McCREE; FERNÁNDEZ, 1989).

229 Observou-se aos 30 DAE (Tabela 1), que a espécie após ser submetida a uma lâmina
230 d'água aos 21 dias após a emergência, aumentou significativamente sua taxa de assimilação
231 fotossintética, elevando sua resposta fotossintética próximo à obtida com as plantas
232 submetidas a lâmina d'água desde a semeadura. Comparativamente, é possível observar
233 uma redução de 40% na taxa de assimilação fotossintética imediatamente após submetidas
234 as plantas à restrição hídrica de 50% da CRA aos 30 DAE, em função da redução da
235 condutância estomática (fechamento estomático) (Tabela 2) (SHULZE; HALL, 1982). Aos
236 52 DAE, essa diferença em relação à 100% da CRA não é mais evidenciada, o que
237 demonstra que as plantas de *C. difformis* tendem a aclimatizarem-se ao estresse hídrico
238 como estratégia de sobrevivência.

239 Aos 38 DAE, houve uma diferença significativa quanto à taxa de assimilação
240 fotossintética entre as diferentes condições hídricas do solo. Observa-se na condição de
241 100% da CRA, uma maior taxa de assimilação fotossintética ($34,6 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$),
242 verificando-se um incremento em relação às demais condições hídricas na mesma
243 avaliação e em comparação ao resultado obtido na avaliação anterior. Esse resultado pode
244 estar atrelado à necessidade de uma maior conversão energética afim das plantas
245 estressadas pela restrição hídrica para ainda desenvolverem o aparato reprodutivo e assim
246 conseguir produzir sementes (McCREE; FERNÁNDEZ, 1989).

247 Ainda aos 38 DAE, é possível verificar um incremento na taxa líquida de assimilação
 248 fotossintética, no tratamento com 50% da CRA, resultado estatisticamente semelhante às
 249 condições hídricas com lâmina d'água desde a semeadura. Conforme discutido
 250 anteriormente, as plantas sob restrição hídrica sofrem um estresse inicial, sofrendo uma
 251 redução nos parâmetros fotossintéticos na condição hídrica de 50% da CRA introduzida
 252 aos 21 DAE aos 30 DAE, onde se estabilizam aos 38 DAE e demonstrando uma
 253 semelhança estatística à condição de 100% da CRA aos 52 DAE. Assim, na Tabela 7 é
 254 possível observar que as plantas na condição hídrica de 50% da CRA introduzida aos 21
 255 DAE são afetadas em sua morfologia, demonstrando uma menor massa seca da parte aérea
 256 e de raiz, número de perfilhos, altura de plantas, com efeito sobre o prolongamento do ciclo
 257 biológico e na menor produção de sementes, não sendo suficiente o “Start” fisiológico
 258 evidenciado a partir dos 38 DAE para as plantas submetidas a essa condição de produzir a
 259 quantidade de energia equivalente nas condições com maiores quantidades de água no solo.

260 No subperíodo reprodutivo (52 DAE), a espécie apresentou um comportamento
 261 fotossintético distinto do subperíodo vegetativo inicial (30 DAE) em relação as diferentes
 262 condições hídricas avaliadas. No florescimento, sob condições de lâmina d'água desde a
 263 semeadura ou introduzida aos 21 DAE, verificou-se uma redução significativa na taxa de
 264 assimilação, comparada à 100% e a de 50% da CRA, onde as plantas nas condições de
 265 lâmina d'água produziram e acumularam maiores taxas energéticas durante o subperíodo
 266 vegetativo (30 e 38 DAE), diferentemente dos regimes de 100% e a de 50% da CRA, que
 267 durante a fase reprodutiva ainda não desprendiam da quantidade necessária para completar
 268 o ciclo biológico, o qual caracterizou-se ser mais prolongado em condições de hipoxia do
 269 solo.

270

271 Tabela 1 – Médias da taxa de assimilação fotossintética ($A - \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de
 272 *Cyperus difformis* L. (Tiririquinha) sob diferentes condições hídricas do
 273 solo, avaliadas em três épocas de desenvolvimento da espécie. Santa
 274 Maria/RS, 2018.

275

Época de avaliação	Condição hídrica do solo									
	Lâmina semeadura		Lâmina introduzida		100% CRA		50% CRA introduzida		Média	
30 DAE	28,7	A a	27,6	A a	22,9	B b	16,8	B c	24,0 B	
38 DAE	25,9	A b	26,8	A b	34,6	A a	29,5	A b	26,8 A	
52 DAE	13,3	B c	27,0	A b	34,1	A a	32,9	A a	29,2 A	
Média	22,7	c	27,1	b	30,5	a	26,4	b		
	CV (%)					12,8				

Teste de $F_{\text{condição hídrica (A)}}$	10,7*
Teste de $F_{\text{época (C)}}$	9,4*
Teste F da interação A x C	17,9*

276
277
278
279

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. * significância em 1 %.

280 Os resultados verificados aos 52 DAE (Tabela 1), demonstram um decréscimo na
281 taxa de assimilação fotossintética na condição hídrica de lâmina desde a semeadura, em
282 relação aos períodos avaliados anteriormente e as demais condições testadas. Essa resposta
283 pode ser decorrente do ciclo de vida da espécie quando submetida à condição de lâmina
284 desde a semeadura (condição ótima de desenvolvimento da espécie em sistema de cultivo
285 pré-germinado) ser o mais rápido (Tabela 7) (PONS, 1979; VAILLANT, 1967), comparado
286 as demais condições de água do solo, principalmente a condições com menores níveis de
287 água no solo (50% da CRA introduzida aos 21 DAE) (SANDERS, 1994).

288 Verificou-se uma diferença significativa nos resultados das condições hídricas
289 estudadas da condutância estomática: ela é proporcionalmente reduzida à medida que se
290 restringe a disponibilidade de água no solo, principalmente durante o subperíodo
291 vegetativo, onde, havendo a disponibilidade de água (Lâmina d'água e 100% CRA), a
292 planta tende a manter os estômatos abertos por um período mais longo, aumentando a
293 transpiração e a taxa fotossintética (TAIZ et al., 2017).

294

295 Tabela 2 – Médias da Condutância estomática (G_s - mol H_2O $m^{-2} s^{-1}$) de *Cyperus*
296 *difformis* L. (Tiririquinha) sob diferentes condições hídricas do solo,
297 avaliadas em três épocas de desenvolvimento da espécie. Santa Maria/RS,
298 2018.

299

Época de avaliação	Condição hídrica do solo										Média
	Lâmina semeadura		Lâmina introduzida		100% CRA		50% CRA introduzida				
30 DAE	1,1	A a	1,3	A a	0,5	C b	0,4	B b			0,8 B
38 DAE	0,1	A b	1,1	A b	1,5	A a	0,7	A c			1,1 A
52 DAE	0,3	B c	0,8	B b	1,1	B a	0,9	A b			0,8 B
Média	0,8	b	1,1	a	1,1	a	0,7	b			
CV (%)					23,7						
Teste de $F_{\text{condição hídrica (A)}}$					9,8*						
Teste de $F_{\text{época (C)}}$					7,8*						
Teste F da interação A x C					12,9*						

300
301
302
303

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. * significância em 1 %.

304 A introdução da lâmina d'água aos 21 DAE, promoveu um aumento significativo
 305 da condutância estomática quando comparado com o solo a 100% da CRA, confirmando
 306 que a espécie responde mais nesses parâmetros em ambientes alagadiços, por ser mais
 307 adaptada a esses do que à solos secos (LUBIGAN et al., 1985; McINTYRE; BARRETT,
 308 1985).

309 Em situações de estresse hídrico, plantas com mecanismo fotossintético C₃ tem
 310 como primeiro reflexo de defesa o fechamento estomático, reduzindo a condutância em
 311 pelo menos 0,15 mol de H₂O m⁻²s⁻¹ (PEREIRA et al., 2015). Nessas condições, a resposta
 312 da menor taxa fotossintética é devido à restrição estomática com a desidratação das células
 313 guarda ou ao sinal hormonal à falta d'água (ARCOVERDE et al., 2011; DIAS-FILHO;
 314 CARVALHO, 2000). Por consequência dessa queda no fluxo estomático ocorre
 315 interferência negativa no acúmulo de biomassa, através da menor relação de carboxilação
 316 pela rubisco (A/Ci) (SCALON et al., 2015).

317 As condições distintas de água no solo avaliadas, mostraram diferenças
 318 significativas nas concentrações de CO₂ intercelular, sendo que sob lâmina d'água
 319 introduzida aos 21 DAE, resultou em níveis de concentração de CO₂ intercelular
 320 significativamente superiores às demais condições (Tabela 3). Quando imposta restrição
 321 hídrica de 50% da CRA, verifica-se uma redução da concentração de CO₂ intercelular em
 322 virtude do fechamento estomático (Tabela 2) que culmina na redução da taxa de
 323 assimilação fotossintética (Tabela 1). Esses eventos fisiológicos também foram observados
 324 e citados por Shimazaki et al. (2007) para semelhantes condições hídricas analisadas, para
 325 outras espécies vegetais aquáticas.

326

327 Tabela 3 – Médias da concentração de CO₂ intercelular (Ci - μmol CO₂ mol⁻¹) de
 328 *Cyperus difformis* L. (Tiririquinha) sob diferentes condições hídricas do
 329 solo, avaliadas em três épocas de desenvolvimento da espécie. Santa
 330 Maria/RS, 2018.

331

Época de avaliação	Condição hídrica do solo								Média
	Lâmina semeadura		Lâmina introduzida		100% CRA		50% CRA introduzida		
30 DAE	327,7	A a	342,6	A a	306,0	B b	316,1	A b	323,1 A
38 DAE	328,8	A a	334,0	A a	331,6	A a	308,7	A b	325,8 A
52 DAE	304,4	B a	312,0	B a	313,8	B a	303,6	A a	308,4 B
Média	320,3	b	329,5	a	317,1	b	309,5	b	
CV (%)					3,5				
Teste de F _{condição hídrica (A)}					6,7*				
Teste de F _{época (C)}					11,3*				

Teste F da interação A x C

3,3**

332
333
334
335
336

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. ** e * significância em 1 e 5% respectivamente.

337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348

Pelos resultados da Tabela 4, verifica-se que nas condições hídricas de 100% da CRA e lâmina d'água introduzida aos 21 DAE, os resultados médios gerais foram significativamente superior em relação à lâmina d'água desde a semeadura e 50% da CRA introduzida aos 21 DAE, para a taxa de transpiração. Visto que, a espécie *C. difformis* apresenta um mecanismo fotossintético C₃ (TAKEDA et al., 1985), onde, sua transpiração tende a ser reduzida proporcionalmente à medida que a disponibilidade de água é reduzida (TAIZ et al., 2017), além de que, quando expostas à uma restrição hídrica as plantas prolongaram seu ciclo biológico. Em condição de estresse por restrição hídrica, as plantas fecham os estômatos, mas apesar do estresse provocado pela menor disponibilidade de água mantêm a eficiência do uso da água, o que está demonstrado nos resultados obtidos na tabela 5.

349
350
351
352

Tabela 4 – Médias da taxa de transpiração (E - mmol H₂O m⁻² s⁻¹) de *Cyperus difformis* L. (Tiririquinha) sob diferentes condições hídricas do solo, avaliadas em três épocas de desenvolvimento da espécie. Santa Maria/RS, 2018.

Época de avaliação	Condição hídrica do solo									
	Lâmina início		Lâmina após		100% CRA		50% CRA após		Média	
30 DAE	13,6	A a	13,6	A a	9,1	B b	8,0	B b	11,1	A
38 DAE	9,5	B b	10,8	A b	15,1	A a	12,1	A b	11,9	A
52 DAE	6,2	C b	12,4	A a	14,4	A a	12,4	A a	11,3	A
Média	9,8	b	12,3	a	12,8	a	10,8	b		
CV (%)					15,9					
Teste de F _{condição hídrica (A)}					7,0*					
Teste de F _{época (C)}					0,7 ^{ns}					
Teste F da interação A x C					12,8*					

353
354
355
356
357

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. ** e * significância em 1 e 5% respectivamente. ^{ns} não significativo.

358
359
360
361

Não foram verificadas diferenças significativas sobre a eficiência do uso da água (EUA) em função da submissão da espécie aos condicionamentos hídricos do solo testados, conforme exposto na Tabela 5. Visto que a eficiência do uso da água é o quociente da taxa de assimilação de fotossíntese (Tabela 1) e transpiração (Tabela 5), identifica-se uma

362 redução proporcional dos resultados de assimilação fotossintética à medida que a
363 transpiração é reduzida.

364

365 Tabela 5 – Médias da eficiência do uso da água (EUA - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) de
366 *Cyperus difformis* L. (Tiririquinha) sob diferentes condições hídricas do
367 solo, avaliadas em três épocas de desenvolvimento da espécie. Santa
368 Maria/RS, 2018.

369

Época de avaliação	Condição hídrica do solo										Média			
	Lâmina semeadura			Lâmina introduzida			100% CRA		50% CRA introduzida					
30 DAE	2,2	B	a	2,0	A	a	2,6	A	a	2,1	A	a	2,2	A
38 DAE	2,7	A	a	2,5	A	a	2,3	A	a	2,4	A	a	2,5	A
52 DAE	2,1	B	a	2,2	A	a	2,4	A	a	2,7	A	a	2,4	A
Média	2,4	a		2,2	a		2,4	a		2,4	a			
CV (%)							13,3							
Teste de $F_{\text{condição hídrica (A)}}$							0,9 ^{ns}							
Teste de $F_{\text{época (C)}}$							2,7 ^{ns}							
Teste F da interação A x C							2,4 ^{ns}							

370

371 Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-
372 Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. ^{ns} não significativo.

373

374 Na condição hídrica de 50% da CRA do solo introduzida aos 21 DAE, nas médias
375 gerais, a condutância estomática foi reduzida, conseqüentemente levando à uma menor
376 concentração interna de CO_2 (C_i) e menor taxa de transpiração, porém, não implicou em
377 uma melhor eficiência do uso da água (EUA). Verificando-se que a relação da carboxilação
378 pela rubisco (A/C_i) foi superior em relação às condições com maiores teores de água no
379 solo, o que permite concluir que a espécie compensou esse déficit através do aumento da
380 fixação de carbono atmosférico (Tabela 6).

381

382 Tabela 6 – Médias da eficiência instantânea de carboxilação (pela rubisco) (A/C_i -
383 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$) de *Cyperus difformis* L. (Tiririquinha) sob diferentes
384 condições hídricas do solo, avaliadas em três épocas de desenvolvimento
385 da espécie. Santa Maria/RS, 2018.

386

Época de avaliação	Condição hídrica do solo										Média			
	Lâmina semeadura			Lâmina introduzida			100% CRA		50% CRA introduzida					
30 DAE	0,1	A	a	0,1	A	a	0,1	B	a	0,05	B	b	0,07	B
38 DAE	0,1	A	b	0,1	A	b	0,1	A	a	0,1	A	a	0,09	A
52 DAE	0,05	B	c	0,1	A	b	0,1	A	a	0,1	A	a	0,09	A

Média	0,07 c	0,08 b	0,09 a	0,09 a
CV (%)	13,8			
Teste de F _{condição hídrica (A)}	11,4*			
Teste de F _{época (C)}	10,4*			
Teste F da interação A x C	14,1*			

387

388

389

390

391

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. ** e * significância em 1 e 5% respectivamente.

392

393

394

395

396

Na Tabela 7, estão dispostos os resultados das variáveis morfológicas avaliadas, onde a matéria seca de parte de raiz é reduzida à medida que se restringe a quantidade de água no solo para as plantas, interferindo diretamente sobre o acúmulo de matéria seca da parte aérea (LUDLOW; MUCHOW, 1990).

397

398

399

400

Tabela 7 – Médias das avaliações morfológicas e da duração do ciclo biológico de *Cyperus difformis* L. (Tiririquinha) sob diferentes condições hídricas do solo, avaliada ao final do ciclo da espécie. Santa Maria/RS, 2018.

Variável morfológica	Condição hídrica do solo							
	Lâmina semeadura		Lâmina introduzida		100% CRA		50% CRA introduzida	
MS parte aérea	55,1	a	46,4	a	40,5	a	11,6	b
MS parte radicular	36,0	a	18,4	b	22,8	b	4,2	c
Nº final de perfilhos	61,0	a	51,2	a	55,0	a	18,2	b
Altura final de plantas	52,3	a	58,3	a	54,3	a	39,8	b
Massa de 100 sementes	0,006		0,007		0,007		0,004	
Nº sementes/inflorescência	12.310	a	8.472	b	8.366	b	8.147	b
Nº inflorescência/planta	54	a	45	a	42	a	9	b
Nº de sementes/planta	664.740	a	381.278	b	351.360	b	73.327	c
Duração do ciclo biológico	72 dias		73 dias		81 dias		84 dias	

401

402

403

404

405

406

MS = matéria seca. Médias não seguidas pela mesma letra, minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em 5% de probabilidade. CRA: capacidade de retenção de água do solo. CV = MS Parte aérea: 13,78%; MS Parte radicular: 32,69%; Nº final de perfilhos: 23,11%; Altura final de plantas: 12,46%; Nº sementes/inflorescência: 28,76%; Nº inflorescência/planta: 33,48%; Nº de sementes/planta: 48,55%.

407 5.5 CONCLUSÕES

408

409 - As plantas de *Cyperus difformis* L. sob condições com alto teor de água no solo,
410 apresentaram as maiores taxas fotossintéticas, conseqüentemente resultando em maiores
411 parâmetros morfológicos.

412 - À medida em que se restringe a quantidade de água no solo, ocorre uma imediata resposta
413 das plantas, com redução na taxa fotossintética, gradualmente a espécie acelera seu
414 metabolismo, mesmo sob déficits hídricos de forma a conseguir desenvolver estruturas
415 reprodutivas, responsáveis pela produção de sementes, assegurando a perpetuação da
416 espécie.

417

418 5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

419

420 ARCOVERDE, G. B.; RODRIGUES, B. M.; POMPELLI, M. F.; SANTOS, M. G. Water
421 relations and some aspects of leaf metabolism of *Jatropha curcas* young plants under two
422 water deficit levels and recovery. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 23,
423 p. 123–130, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202011000200004>

424

425 BERGAMASCHI H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In:
426 BERGAMASCHI, H. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS,
427 Ed. Universidade, p.25-32. 1992.

428

429 CONCENÇO, G. et al. Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em
430 condição de competição. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.449-455, 2007.

431

432 DIAS-FILHO, M. B.; CARVALHO, C. J. R. Physiological and morphological responses
433 of *Brachiaria* spp. to flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10,
434 p. 1959-1966, 2000.

435

436 ESTATCAMP. **Software Action**. Estatcamp - Consultoria em estatística e qualidade, São
437 Carlos, SP, 2014. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br> Acesso em: 27 jun.
438 2016.

439

440 FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e**
441 **Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

442

443 FLECK, N.G. et al. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de
444 arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.101-111, 2008.

445

446 GONÇALVES, J. F. C.; MELO, E. G. F.; SILVA, C. E. M.; FERREIRA, M. J.; JUSTINO,
447 G. C. Estratégias no uso da energia luminosa por plantas jovens de *Genipa spruceana*
448 Steyererm submetidas ao alagamento. **Acta Botânica Brasilica**, v. 26, n. 2, 2012.

449

450 HEAP, I. **The International Survey of Herbicide Resistant**
451 **weeds**. Online. Internet. Saturday, January 28, 2017.

- 452
453 HOLM L. G.; PLUCKNETT D. L.; PANCHO J. V.; HERBERGER J. P. The World's
454 Worst Weeds: Distribution and Biology. **The University Press of Hawaii**. p.609, 1991.
455
- 456 ISMAIL, A. M.; JOHNSON, D. E.; ELLA, E. S.; VERGARA, G. V.; BALTAZAR, A. M.
457 Adaptation to flooding during emergence and seedling growth in rice and weeds, and
458 implications for crop establishment. **AoB PLANTS: PART OF A SPECIAL ISSUE**
459 ENTITLED 'FLOODING STRESS', 2012 doi:10.1093/aobpla/pls019
460
- 461 KISSMANN, K. G.; **Plantas infestantes e nocivas**. TOMO I. 3 ed. São Paulo: Basf
462 Brasileira S. A., 2007. 1 CD-ROM.
463
- 464 LUBIGAN, R. T.; MERCADO, B. L.; MOODY, K. Effect of soil moisture and burial on
465 germination of *C. difformis* seeds. **International Rice Research Newsletter**. n.10, 19-
466 20p., 1985.
- 467 McCREE, K. J.; FERNÁNDEZ, C. J. Simulation model for studying physiological water
468 stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v.29, p.353-360, 1989.
469
- 470 McINTYRE, S.; BARRETT, S. C. H. A comparison of the weed communities of rice in
471 Australia and California. **Proceedings of the Ecological Society of Australia**. n.14, p.237-
472 250. 1985.
473
- 474 OERKE E. C, DEHNE, H. W.; SCHOENBECK, F.; WEBER, A. **Crop Production and**
475 **Crop Protection: Estimated Losses in Major Food and Cash Crops**. 1^a ed. Burlington:
476 Elsevier Science, p.794, 1994.
477
- 478 PEREIRA, M.R.R.; SOUZA, G.S.F.; SILVA, J.I.C.; MACEDO, A.C.; MARTINS, D.
479 Influence of soil water potential in the action of herbicides on goosegrass (*Eleusine indica*
480 (L.) Gaertn). **Bioscience Journal**, v. 31, n. 1, p. 107-117, 2015.
481
- 482 PONS, T. L. Growth rates and the competitiveness to rice of some annual weed species. *In*
483 **'Proceedings of the 7th Asian Pacific Weed Science Conference'**. Supplementary
484 Volume. pp. 66-70.1979.
485
- 486 SANDERS, B. A. The life cycle and ecology of *Cyperus difformis* (rice weed) in temperate
487 Australia: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. n.34, p.1031-8.
488 1994.
489
- 490 SCALON, S.P.Q.; KODAMA, F.M.; DRESCH, D.M.; MUSSURY, R.M.; PEREIRA, Z.V.
491 Gas exchange and photosynthetic activity in *Hancornia Speciosa* Gomes seedlings under
492 water deficit conditions and during rehydration. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 4, p. 1124-
493 1132, 2015.
494
- 495 SHIMAZAKI, K. I. et al. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant**
496 **Biology**, Gainesville, v. 58, n. 1, p. 219-247, 2007.
497
- 498 SCHULZE, E. D.; HALL, A. E. Stomatal responses, water loss and CO₂ assimilation rates
499 of plants in contrasting environments. *In* Physiological plant ecology II. Water relations

- 500 and carbon assimilation. **Encyclopedia of plant physiology**. Vol. 12B. Eds O. L. Lange,
501 P. S. Nobel, C. B. Osmond and H. Ziegler. Springer-Verlag, Berlin. Pp. 181-230. 1982.
- 502
- 503 SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E
504 FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio**
505 **Grande do Sul e de Santa Catarina**. RS/SC, Santa Catarina, 376 p., 2016.
- 506
- 507 SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI) – XXXI Reunião
508 Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (Bento Gonçalves - RS). **Arroz Irrigado:**
509 **recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas, RS: SOSBAI, 2016.
510 200 p.
- 511
- 512 STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.;
513 SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto
514 Alegre: EMATER/RS, ed. 2, 222p., 2008.
- 515
- 516 TAIZ, L, et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- 517
- 518 TAKEDA, T.; UENO, O.; SAMEJIMA, M.; OHTANI, T. An investigation for the
519 occurrence of C4 photosynthesis in the Cyperaceae from Australia. **Botany Magazine of**
520 **Tokyo**. n.98, 393-411p. 1985.
- 521
- 522 VAILLANT, A. Chemical control of annual weeds in rice. **World Crops**. n.19. p.38-44.
523 1967.
- 524
- 525 VARGAS, L. et al. Alteração das características biológicas dos biótipos de azevém (*Lolium*
526 *multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.23,
527 n.1, p.153-160, 2005.

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Em referência ao capítulo I, é possível explicar que a espécie *Cyperus difformis* L. tem suas exigências térmicas modificadas em função da diferença nas condições hídricas do solo, sob a temperatura-base, soma térmica e duração do ciclo. Verificando-se um comportamento da espécie para cada subperíodo morfológico avaliado, sendo que a temperatura-base é ajustada de acordo com quantidade de água disponibilizada para o seu desenvolvimento. Além de que, a espécie não possui a capacidade de germinar e emergir em condição de restrição hídrica (50% da CRA do solo) desde a semeadura, utilizando-se dessa informação como estratégia de manejo sobre a espécie. A medida que se restringe a quantidade de água no solo às plantas (50% da CRA introduzida aos 21 DAE), o ciclo biológico tende a se prolongar. Inversamente proporcional é o comportamento em condições de 100% da CRA e na presença da lâmina d'água (desde a semeadura ou introduzida aos 21 DAE), pois, a espécie acumula maior quantidade de energia calorimétrica, conseqüentemente, acumulando maiores quantidades de soma térmica.

Considerando o exposto, foi possível averiguar no capítulo II que na espécie *Cyperus difformis* L. após a introdução da restrição hídrica (50% da CRA aos 21 DAE) desencadeou uma redução nos parâmetros fisiológicos, culminando na redução das variáveis morfológicas, a planta prolonga seu ciclo biológico como forma de assegurar a perpetuação da espécie. Sob condições excelentes para o desenvolvimento da espécie (na presença de lâmina de água), os parâmetros fotossintéticos foram superiores aos demais, resultando nos maiores valores das variáveis morfológicas analisadas, como massa seca de parte aérea e raiz, e a produção do maior número de sementes. A condição de 100% da CRA do solo, destacou-se devido os resultados morfofisiológicos serem intermediários as condições hídricas de 50% da CRA introduzida aos 21 DAE e a presença de lâmina de água, caracterizando o potencial desenvolvimento de forma prejudicial da espécie daninha frente a cultura do arroz, em ambientes com menor nível de água no solo.

A substituição do manejo pré-germinado pelo sistema de semeadura no seco, a qual pode ser evidenciada em situações de cultivos de arroz, como estratégia de controle das plantas daninhas, pode resolver momentaneamente a infestação de *C. difformis*, como evidenciado nesse estudo, onde a condição de 50% da CRA introduzida aos 21 DAE, demonstrou parâmetros morfológicos inferiores, porém, ainda obtendo uma produção de sementes significativa agronomicamente (>70.000 sementes por planta), ainda, podendo ser verificado a infestação da espécie daninha, em menores fluxos nas próximas gerações.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUD, J. K. Effects of herbicides on control of red rice (*Oryza sativa* L.), (*Echinochloa crus-galli* L.) Beauv. and (*Cyperus difformis* L.) in irrigated rice. **Lavoura Arrozeira**, 39(363):8-10. 1986.
- AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T.; VARGAS, L.; NOLDIN, J. A. Resistência de *Cyperus difformis* L. ao herbicida pyrazosulfuron-ethyl e alternativas de controle. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 839-848, 2011.
- BATISTA, C. U. N.; MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; MEDRI, C.; PIMENTA, J. A. Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. **Acta Botânica Brasilica**, v. 22, p. 91-98, 2008.
- BLOKHINA, O.; VIROLAINEN, E.; FAGERSTEDT, K.V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals of Botany**, v. 91, p. 79-194, 2003.
- BOHNERT, H. J.; NELSON, D. E.; JENSEN, R. G. Adaptations to environmental stresses. **The Plant Cell**, n.7: p.1099-1111. 1995.
- BOYER, J. S. Advances in drought tolerance in plants. **Adv. Agron.**, n.56: p.187-217. 1996.
- BRUNINI, O.; LISBÃO, R.S.; BERNARDI, J.B.; FORNASIER, J.B.; PEDRO JÚNIOR, M.J. Temperatura-base para alface cultivar 'White Boston' em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, n.35, v.19, p.213-219, 1976.
- CALBO, M. E. R. & MORAES, J. A. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açai). **Revta brasil. Bot.**, 23: 225-230. 2000.
- CAMARGO, M. B. P. Exigências bioclimáticas e estimativa da produtividade para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo. 1984. Dissertação (de Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, **Piracicaba**. 1984.
- CARLOTO, B. W. Caracterização e comportamento fenotípico de acessos de *Eragrostis wolf.* (poaceae) ocorrentes em solos cultivados com arroz irrigado. **Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia (UFMS)**. Santa Maria. 2016.
- CHOPRA, N.; TEWARI, G.; TEWARI, L.M.; UPRETI, B.; PANDEY, N. Allelopathic effect of *Echinochloa colona* and *Cyperus iria* L. weed extracts on the seed germination and seedling growth of rice and soyabean. **Advances in Agriculture**. V. 2017, p. 5, 2017.
- DAVANSO, V.M.; SOUZA, L.A.; MEDRI, M.E.; PIMENTA, J.A.; BIANCHINI, E. Photosynthesis, growth and development of *Tabebuia avellanadae* Lor. Ex Griseb. (Bignoniaceae) in flooded soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.45, p.375-384, 2002.

DIAS-FILHO, M. B.; CARVALHO, C. J. R. Physiological and morphological responses of *Brachiaria* spp. to flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1959-1966, 2000.

DICKISON, W.C. Integrative Plant Anatomy. USA, **Academic Press**. P.533. 2000.

FANCELLI, A. L. & DOURADO-NETO, D. Feijão: Ecofisiologia e fenologia. In: Antonio Luiz Fancelli; Durval Dourado Neto (Org.). **Tecnologia da Produção do Feijão Irrigado**, 1ed. Piracicaba, SP, v.1, p.100-120, 1997.

FAO. Food and Agriculture Organization. **FAO Rice Market Monitor: FAO, 2016**. www.fao.org/economic/est/publications/rice-publications/rice-market-monitor-rmm/en/ Acesso em 17/02/2017.

FUKAO, T.; BAILEY-SERRES. Plant responses to hypoxia – is survival a balancing act? **TRENDS in Plant Science**, v. 9, n. 9, p. 449-456, 2004.

GADIOLI, J.L.; DOURADO-NETO, D.; GARCIA, A.G.; BASANTA, M.V. Temperatura do ar, rendimento de grão de milho e caracterização fenológica associada à soma térmica, **Scientia Agrícola**, v.57, n.3, p.377-383, 2000.

GALON, L.; PANOZZO, L.E.; NOLDIN, J.A.; CONCENÇO, G.; TAROUÇO, C.P.; FERREIRA, E.A.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A. Resistência de *Cyperus difformis* a herbicidas inibidores da ALS em lavoura de arroz irrigado em Santa Catarina. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 419-427, 2008.

GONÇALVES, J. F. C.; MELO, E. G. F.; SILVA, C. E. M.; FERREIRA, M. J.; JUSTINO, G. C. Estratégias no uso da energia luminosa por plantas jovens de *Genipa spruceana* Steyererm submetidas ao alagamento. **Acta Botânica Brasilica**, v. 26, n. 2, 2012.

HATTORI, Y.; NAGAI, K.; FURUKAWA, S.; SONG, X.J.; KAWANO, R.; SAKAKIBARA, H.; WU, J.; MATSUMOTO, T.; YOSHIMURA, A.; KITANO, H.; MATSUOKA, M.; MORI, H.; ASHIKARI, M. The ethylene response factors SNORKEL1 and SNORKEL2 allow rice to adapt to deep water. **Nature**, v. 460, p. 1026–1031, 2009.

HEAP, I. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. Online. Internet. Saturday, January 28, 2017.

HOLM, L. G. et al. **The world's worst weeds: distribution and biology**. Honolulu: University Press Hawaii, p.609. 1977.

HOLM, L. G.; PANCHO, J. V.; HERBERGER, J. P.; PLUCKNETT, D. L. A geographical atlas of world weeds. New York, USA: **John Wiley and Sons**, p.391, 1979.

HOLM L. G.; PLUCKNETT D. L.; PANCHO J. V.; HERBERGER J. P. **The World's Worst Weeds: Distribution and Biology**. The University Press of Hawaii. p.609. 1991.

JACKSON, M. B.; COLMER, T. D. Response and Adaptation by Plants to Flooding Stress. **Annals of Botany**, v. 96, p. 501-505, 2005.

JAVAID, A.; BAJWA, R.; RABBANI, N.; ANJUM, T. Comparative tolerance of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) allelopathy. **Allelopathy Journal**, v.20, n.1, p.157-166, 2007.

ISMAIL, A. M.; JOHNSON, D. E.; ELLA, E. S.; VERGARA, G. V.; BALTAZAR, A. M. Adaptation to flooding during emergence and seedling growth in rice and weeds, and implications for crop establishment. **AoB PLANTS: PART OF A SPECIAL ISSUE ENTITLED 'FLOODING STRESS'**, 2012 doi:10.1093/aobpla/pls019

KHALIQ, A.; MATLOOB, A.; KHAN, M.B.; TANVEER, A. Differential Supression of Rice Weeds by Allelopathic Plants Aqueous Extracts. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p.21-28, 2013.

KISSMANN, K. G.; **Plantas infestantes e nocivas**. TOMO I. 3 ed. São Paulo: Basf Brasileira S. A., 2007. 1 CD-ROM.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F. S.; PONS, T. L. **Plant Physiological Ecology**. New York, Springer-Verlag. p.540. 1998.

LAWLOR, D. H.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant Cell and Environment**. Oxford, v.25, n. 2, p. 275-294. 2002.

MACEDO, L. C. P. Alterações morfológicas em plantas do gênero *Urochloa* sp. Beauv. Submetidas a três condições de umidade do solo. **Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia (UFMS)**. Santa Maria. 2015.

MASSIGNAM, A.M. Determinação de temperaturas-base, graus-dia e influência de variáveis bioclimáticas de fases fenológicas de cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Dissertação (de Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo**. 1987.

OERKE E. C, DEHNE, H. W.; SCHOENBECK, F.; WEBER, A. **Crop Production and Crop Protection: Estimated Losses in Major Food and Cash Crops**. 1ª ed. Burlington: Elsevier Science, 794p. 1994.

OSMOND, C. B.; AUSTIN, M. P.; BERRY, J. A.; BILLINGS, W. D.; BOYER, J. S.; DACEY, J. W. H.; NOBEL, P. S.; SMITH, S. M.; WINNER W. E. Stress Physiology and the Distribution of Plants. **BioScience**, n.37: p.38-48. 1987.

PANDEY, R.; AGARWAL, R.M. Water stress-induced changes in proline contents and nitrate reductase activity in rice under light and dark conditions. **Physiol. Mol. Biol. Plants**, 4: 53- 57. 1998.

PEÑA-FRONTERRAS, J. T.; VILLALOBOS, M. C.; BALTAZAR, A. M.; MERCA, F. E.; ISMAIL, A. M.; JOHNSON, D. E. Adaptation to flooding in upland and lowland ecotypes of *Cyperus rotundus*, a troublesome sedge weed of rice: tuber morphology and carbohydrate metabolism. **Annals of Botany**, v. 103, p. 295-302, 2009.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia. Fundamentos e Aplicações Práticas**. Livraria e editora Agropecuária, Guaíba, p.478, 2002.

PREMACHANDRA, G. S.; SANEOKA, H.; FUGITA, K.; OGATA, S. Osmotic adjustment and stomatal response to water deficits in maize. **Journal of Experimental Botany**. Oxford, v. 43, n. 256, p. 1451-1456. 1992.

REINHARDT, C.F.; BEZUIDENHOUT, S.R. Growth stages of *Cyperus esculentus* influences its allelopathic effect on ectomycorrhizal and higher plant species. **Journal of Crop Production**, v.4, n.2, p. 323-333, 2008.

RODIYATI, A.; ARISOESILANINGSIH, E.; ISAGI, Y.; NAKAGOSHI, N. Responses of *Cyperus brevifolius* (Rottb.) Hassk. and *Cyperus kyllingia* Endl. to varying soil water availability. **Environmental and Experimental Botany**. n.53. p.259–269. 2005.

SANDERS, B. A. The life cycle and ecology of *Cyperus difformis* (rice weed) in temperate Australia: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. n.34, p.1031-8. 1994.

SENTELHAS, P.C.; NOGUEIRA, S.S.S.; PEDRO JUNIOR, M.J.; SANTOS, R.R. dos. Temperatura-base para cultivares de girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, p.43-49, 1994.

SCHERER, M. B. Morfologia, fisiologia e controle químico do capim pé-de-galinha sob diferentes regimes hídricos. **Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia (UFSM)**. Santa Maria. 2017.

SHEVYAKOVA, N. I. Metabolism and the physiological role of proline in plants under conditions of water and salt stress. **Soviet. Plant Physiology**, n.30: p.597-608. 1984.

SHIONO, K.; TAKAHASHI, H.; COLMER, T. D.; NAKAZONO, M. Role of ethylene in acclimations to promote oxygen transport in roots of plants in waterlogged soils. **Plant Science**, v. 175, p. 52-58, 2008.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI) – XXXI Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (Bento Gonçalves - RS). **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas, RS: SOSBAI, p.200, 2016.

STEINBERG, S. L.; MILLER, J. C.; MCFARLAND, M. J. Dry matter partitioning and vegetative growth of young peach trees under water stress. **Aust. J. Plant Physiol.**, n.17: p. 23-36. 1990.

STEWART, G. R.; LEE, J. A. The role of proline accumulation in halophytes. **Planta**, n.120: p. 279-289. 1974.

TAYLOR, C. B. Proline and water deficit: ups, downs, ins, and outs. **Plant Cell**, n.8: p.1221- 1224. 1996.

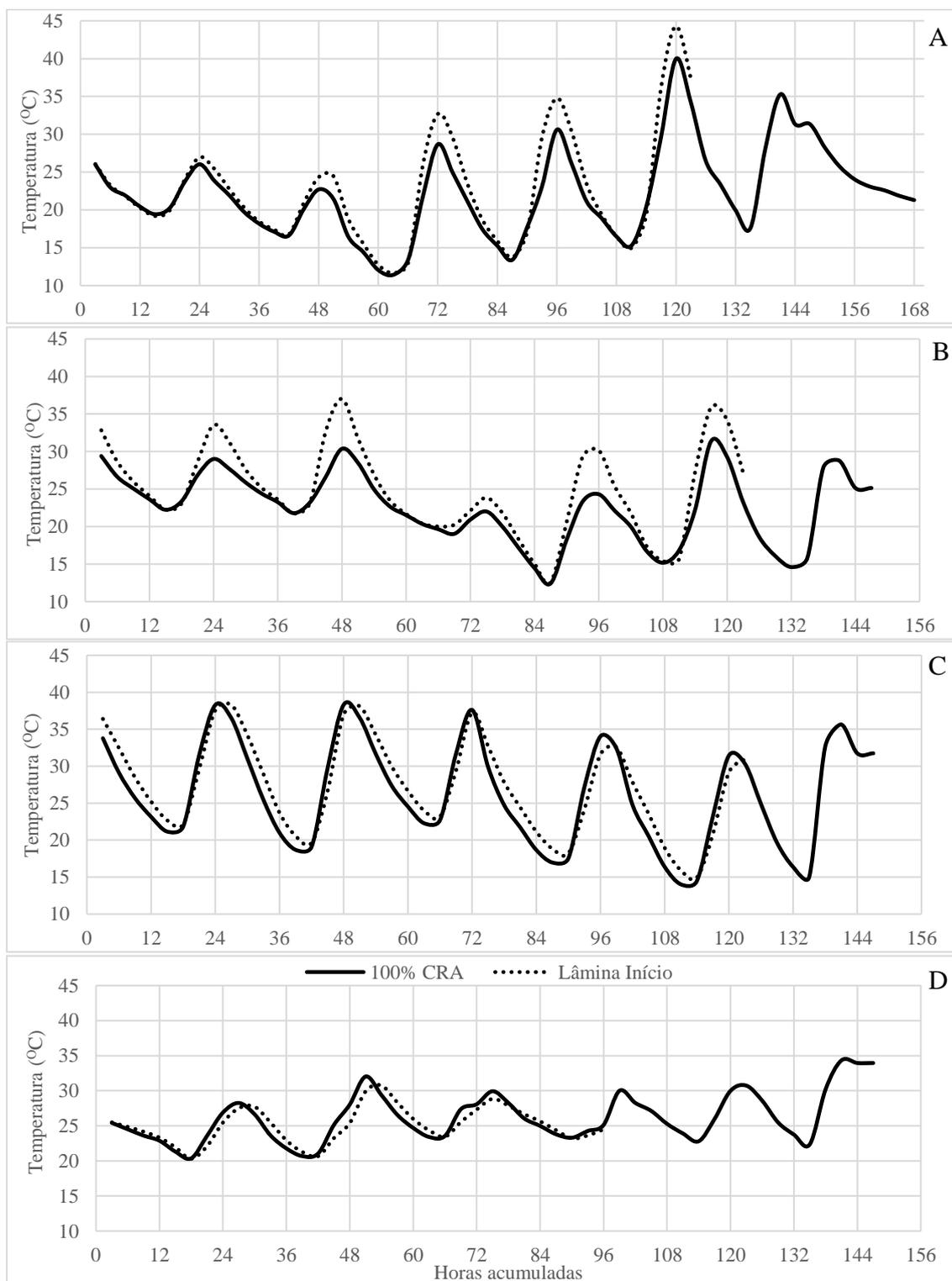
TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, ed. 5, 2013. 954 p.

TAKEDA, T.; UENO, O.; SAMEJIMA, M.; OHTANI, T. An investigation for the occurrence of C4 photosynthesis in the Cyperaceae from Australia. **Botany Magazine of Tokyo**. n.98, 393-411p. 1985.

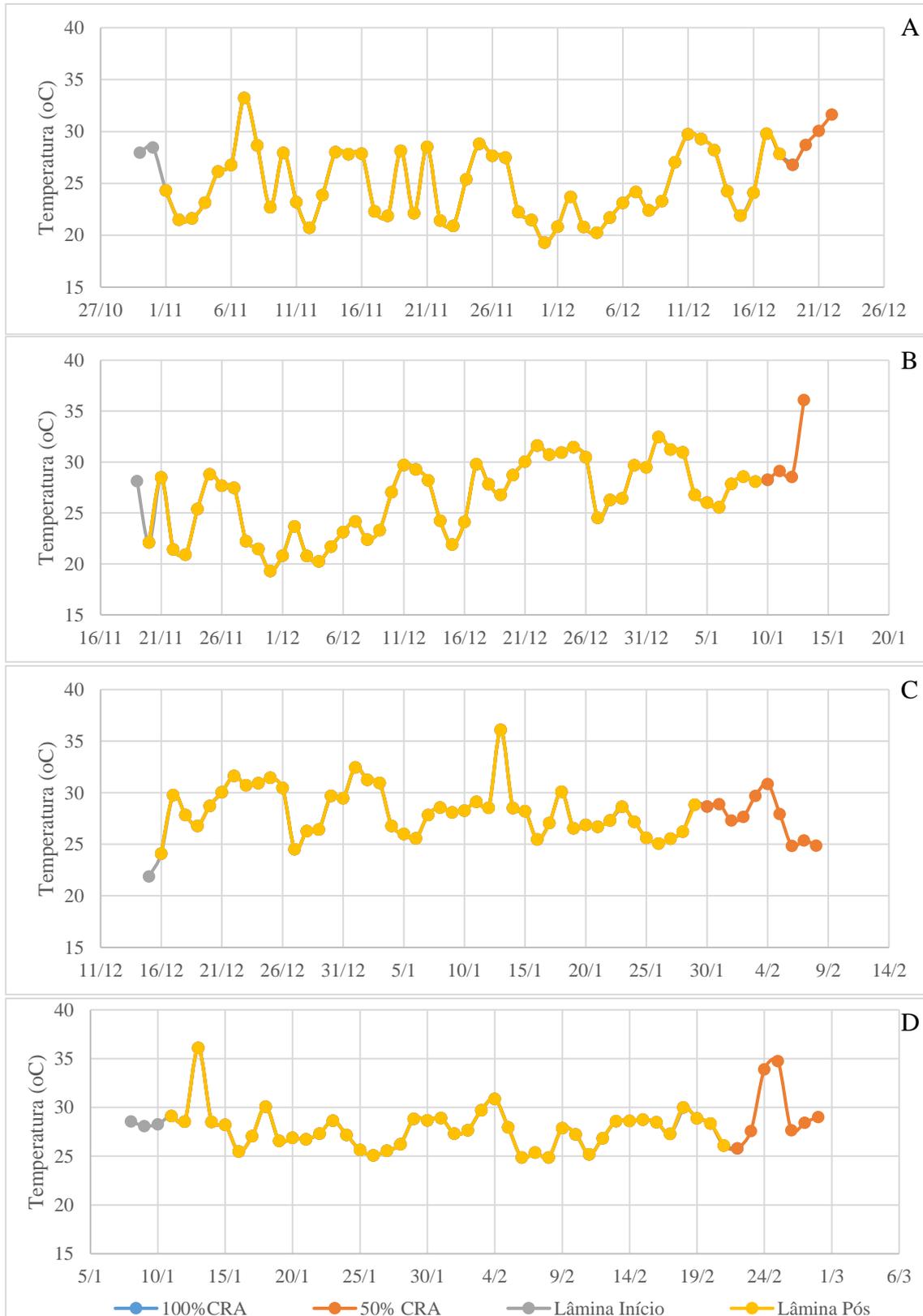
XU, S.; AN, L.; FENG, H.; WANG, X.; LI, X. The seasonal effects of water stress on *Ammopiptanthus mongolicus* in a desert environment. **J. Arid Environ.**, n.51: p.437-447. 2002

APÊNDICES

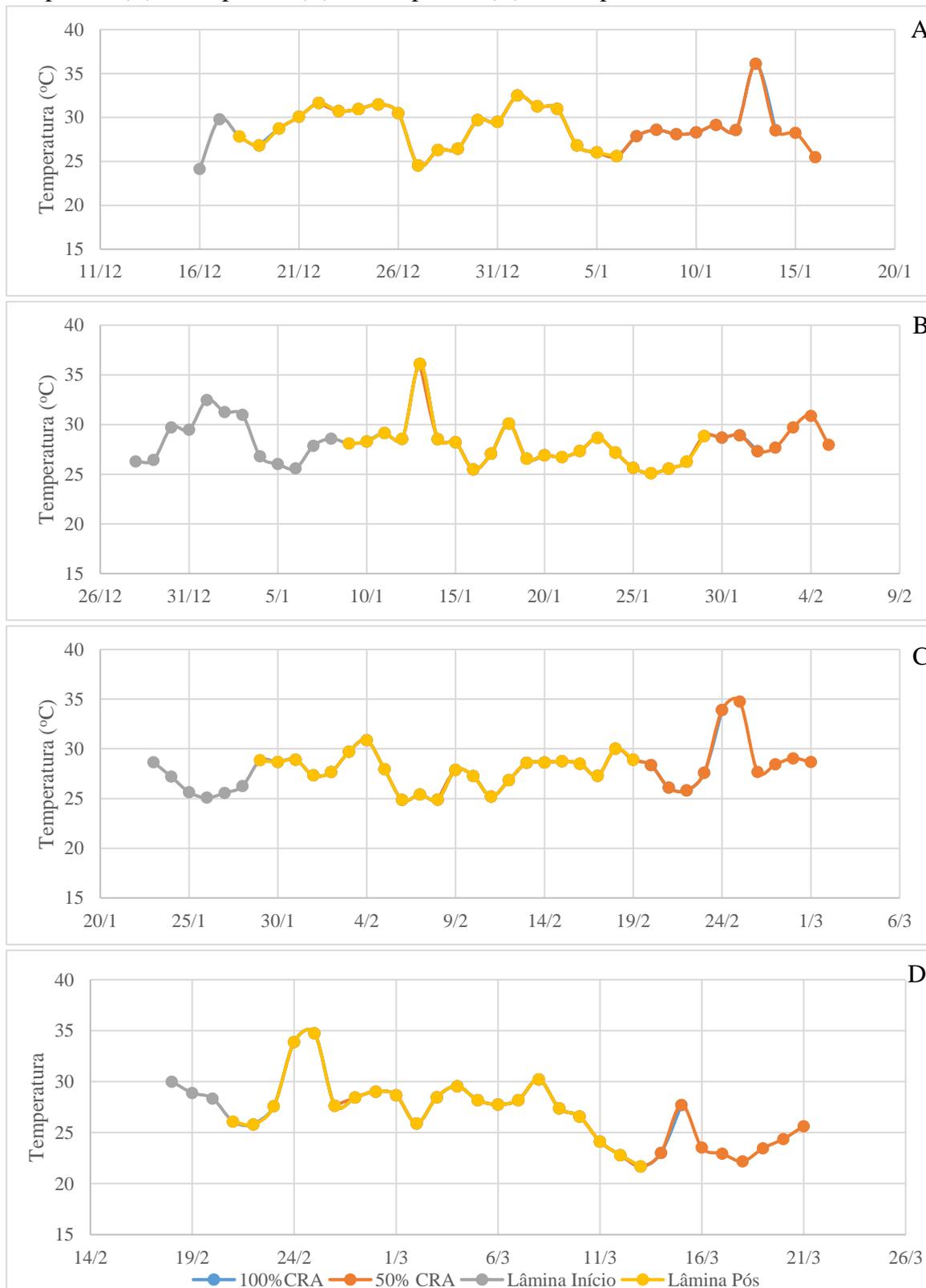
Apêndice A: Temperatura média do solo acumulada a cada 3 horas, referente ao subperíodo semeadura—emergência da espécie *Cyperus difformis* quando submetida as condições hídricas do solo de lâmina d'água desde a semeadura e 100% da CRA, em função das épocas experimentais: (A) I época (25/10/16); (B) II época (14/11/16); (C) III Época (10/12/16); (D) IV época (05/01/17). Santa Maria/RS, 2018.



Apêndice B: Temperatura média acumulada do ar, do subperíodo emergência-emissão do pendão floral da espécie *Cyperus difformis* quando submetida as condição hídricas do solo de lâmina d'água desde a sementeira, lâmina d'água introduzida aos 21 DAE, 100% da CRA, 50% da CRA introduzida aos 21 DAE em função das épocas experimentais: (A) I época; (B) II época; (C) III Época; (D) IV época. Santa Maria/RS, 2018.



Apêndice C: Temperatura média acumulada do subperíodo emissão do pendão floral – maturação fisiológica da espécie *Cyperus difformis* quando submetida as condições hídricas do solo de lâmina d'água desde a semeadura, lâmina d'água introduzida aos 21 DAE, 100% da CRA, 50% da CRA introduzida aos 21 DAE em função das épocas experimentais: (A) I época; (B) II época; (C) III Época; (D) IV época. Santa Maria/RS, 2018.



Apêndice D: Representação do desenvolvimento da espécie *Cyperus difformis* submetida à diferentes condições de água no solo ao final do ciclo. Santa Maria/RS, 2018.

