

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

**ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS EM PLANTAS DO
GÊNERO *Urochloa* P. Beauv. SUBMETIDAS A TRÊS
CONDIÇÕES DE UMIDADE DO SOLO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Lucas Chagastelles Pinto de Macedo

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS EM PLANTAS DO
GÊNERO *Urochloa* P. Beauv. SUBMETIDAS A TRÊS
CONDIÇÕES DE UMIDADE DO SOLO**

Lucas Chagastelles Pinto de Macedo

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

Orientador: Prof. Sylvio Henrique Bidel Dornelles

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Macedo, Lucas Chagastelles Pinto de
Alterações morfológicas em plantas do gênero *Urochloa*
P. Beauv. Submetidas a três condições de umidade do solo
/ Lucas Chagastelles Pinto de Macedo.-2015.
69 f.; 30cm

Orientador: Sylvio Henrique Bidel Dornelles
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Agrobiologia, RS, 2015

1. Poaceae 2. Água 3. Ambiente 4. Biologia 5.
Desenvolvimento I. Dornelles, Sylvio Henrique Bidel II.
Título.

© 2015

Todos os direitos autorais reservados a Lucas Chagastelles Pinto de Macedo. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Rua Henrique Abiatti 287/302, Bairro Nossa Senhora das Dores - Santa Maria RS, 97095220.

End. Eletr: lucascpmacedo@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS EM PLANTAS DO GÊNERO
Urochloa P. Beauv. SUBMETIDAS A TRÊS CONDIÇÕES DE UMIDADE
DO SOLO**

elaborada por
Lucas Chagastelles Pinto de Macedo

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agrobiologia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Sylvio Henrique Bidel Dornelles, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Liliana Essi, Dra. (UFSM)

Danie Martini Sanhotene, Dr. (URI)

Santa Maria, 06 de março de 2015.

DEDICATÓRIA

A meus pais, a minhas irmãs, à minha namorada, meus familiares e amigos, pessoas fundamentais para concretização dessa caminhada, por todo apoio que sempre deram para a concretização de meus sonhos, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA QUE ME POSSIBILITOU A EXECUÇÃO DESTES TRABALHOS.

A CAPES PELA BOLSA DE MESTRADO, IMPORTANTE PARA MANTER OS PROFISSIONAIS RECÉM-FORMADOS NO RAMO ACADÊMICO.

AO MEU ORIENTADOR, PROFESSOR E AMIGO SYLVIO HENRIQUE BIDEL DORNELLES PELA ORIENTAÇÃO, APOIO, CONFIANÇA E AMIZADE, O MEU PROFUNDO RESPEITO E ADMIRAÇÃO COMO PROFISSIONAL E AMIGO.

AOS PROFESSORES LILIANA ESSI E DANIE MARTINI SANCHOTENE PELA CONFIANÇA E APOIO, PELAS PALAVRAS SEMPRE POSITIVAS E INCENTIVADORAS, O MEU PROFUNDO RESPEITO E ADMIRAÇÃO COMO PROFISSIONAIS E COMO AMIGOS.

AOS ACADÊMICOS DE AGRONOMIA MATHEUS BOHRER SCHERER, NILTON TEIXEIRA PEDROLLO, LEONARDO FURLANI, JAÍNE RUBERT E EMANUELE CAMERINI MEMBROS DO GIPHE (GRUPO INTERDISCIPLINAR DE PESQUISA EM HERBOLOGIA), PELO APOIO NAS EXECUÇÕES DOS ENSAIOS.

A EQUIPE DA BIOMONTE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO PELO APOIO, AMIZADE, DEDICAÇÃO, EM ESPECIAL AO DIRETOR DANIE MARTINI SANCHOTENE, SEMPRE PRESENTE EM TODOS OS MOMENTOS, COM PALAVRAS DE APOIO, AMIZADE E CONFIANÇA.

AOS MEUS FAMILIARES, INCLUINDO OS HÖRBES, QUE SEMPRE ESTIVERAM DO MEU LADO. OBRIGADO.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia
Universidade Federal de Santa Maria

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS EM PLANTAS DO GÊNERO *Urochloa* P. Beauv. SUBMETIDAS A TRÊS CONDIÇÕES DE UMIDADE DO SOLO.

AUTOR: LUCAS CHAGASTELLES PINTO DE MACEDO
ORIENTADOR: SYLVIO HENRIQUE BIDEL DORNELLES
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 06 de março de 2015.

O arroz é uma cultura com extrema importância para o estado do Rio Grande do Sul. A produtividade desta cultura é afetada por diversos fatores, sendo a competição com plantas daninhas, um dos principais responsáveis por perdas em produção. Dentre as plantas daninhas ocorrentes nas lavouras de arroz, as poáceas são as principais competidoras com a cultura. *Urochloa plantaginea* e *Urochloa platyphylla* são duas espécies que são encontradas infestando as áreas onde se produz arroz irrigado. Ambas são descritas como ocorrentes em ambientes mais secos, apesar de que *U. platyphylla*, pode ser encontrada também em ambientes úmidos. Visto que estas espécies são de ocorrência natural em ambientes mais secos, mas têm sido encontradas nas áreas mal drenadas de arroz, o presente trabalho teve como objetivo avaliar e quantificar quais parâmetros morfofisiológicos das plantas sofrem alterações quando estas são submetidas a desenvolverem-se em ambientes com diferentes quantidades de água no solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com controle de irrigação, mantendo as unidades experimentais com diferentes quantidades de água no solo. Cada espécie foi submetida a desenvolver-se na condição de água em 50% da capacidade de campo, 100% da capacidade de campo e sob lâmina d'água de 5 cm. Durante a condução do experimento, realizou-se a coleta de material vegetal de raiz, caule e folha, para confecção de lâminas e avaliação do comportamento anatômico das espécies em função dos tratamentos, bem como a realização de medidas de caracteres vegetativos e reprodutivos. Os resultados obtidos no experimento mostram que ambas as espécies completaram seu ciclo biológico sob as três diferentes quantidades de água no ambiente. Houve diferenças estatisticamente significativas na duração do ciclo de cada espécie. *Urochloa plantaginea* teve maior ciclo quando desenvolvida sob a condição de 50% da capacidade de campo, enquanto que *U. platyphylla* apresentou maior ciclo sob a condição de lâmina d'água. A condição de lâmina d'água levou as duas espécies a emitirem primeiro as inflorescências, ocorrendo encurtamento do período vegetativo. Os níveis de massa seca de parte aérea foram maiores para as duas espécies quando desenvolvidas sob a condição de 100% da capacidade de campo. A menor quantidade de água (50% da capacidade de campo) promoveu maior crescimento radicular para ambas as espécies, ocorrendo maior produção de massa seca nesta. Os resultados encontrados nas análises anatômicas mostram o aumento na formação de aerênquimas para as duas espécies, à medida que se aumenta a quantidade de água no solo. Sob lâmina de água há maior diâmetro de aerênquima e menor diâmetro do mesofilo foliar e do cilindro central radicular. Em relação ao caule, a condição de lâmina de água aumenta o diâmetro da medula fistulosa e reduz o número de aerênquimas corticais.

Palavras-chave: Poaceae. Água. Ambiente. Biologia. Desenvolvimento.

ABSTRACT

MSc Dissertation
Agrobiology Post-Graduation Program
Federal University of Santa Maria

MORPHOLOGICAL MODIFICATIONS IN TWO SPECIES OF *Urochloa* P. Beauv. IN TO THREE CONDITIONS OF SOIL MOISTURE.

AUTHOR: LUCAS CHAGASTELLES PINTO DE MACEDO

ADVISER: SYLVIO HENRIQUE BIDEL DORNELLES

Santa Maria, March 06th, 2015.

Rice is a very important crop for the Rio Grande do Sul state. The productivity of this crop is affected by several factors, and competition with weeds, one of the main responsible for losses in production. Among the weeds occurring in rice crops, grasses are the main competitors with culture. *Urochloa plantaginea* and *Urochloa platyphylla* are the two species of the genus *Urochloa*, which are found infesting areas which produces rice. Both species are described as occurring in drier environments, although *U. platyphylla*, can also be found in moist environments. Since these species are naturally occurring in environments with small amounts of water, but have been found in rice production areas, which are characterized by containing high amounts of water in the soil, this study aimed to evaluate and quantifying plant which morphophysiological parameters are altered when they are subjected to developing in environments with different amounts of water. The experiment was conducted in a greenhouse, where controlled irrigation daily, keeping the experimental units with different amounts of water. Each species was subjected to develop in the water condition in 50% of field capacity, 100% of field capacity and under water depth of 5 cm. During the experiment, there was the collection of plant material root, stem and leaf, for making slides and evaluation of the anatomical behavior of each species under each condition, as well as measures of vegetative and reproductive characters. The results obtained in this experiment show that both types complete their life cycle in the three different amounts of water in the environment. There were statistically significant differences in the duration of the cycle of each type. *Urochloa plantaginea* had larger cycle when developed under the condition of 50% of field capacity, while *U. platyphylla* showed higher cycle on condition of water depth. The condition of water depth led the two species the first issue the inflorescences, occurring shorten the growing season. The dry weight of shoots levels was higher for both species when grown under the condition of 100% of field capacity. The less water (50% of field capacity) promoted root growth for both species, occurring higher dry matter yield in this. The results of anatomical analyzes show the increased aerenchyma formation for the two species, as it increases the amount of water in the soil. Under water depth there was greater diameter of aerenchyma and smaller diameter of the leaf mesophyll and root central cylinder. In relation to the stem, the condition of water depth increases the diameter of the fistula and reduces the number of cortical aerenchyma.

Key words: Poaceae. Water. Environment. Biology. Development.

LISTA DE TABELAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Parâmetros anatômicos avaliados em cortes transversais de <i>Urochloa plantaginea</i> | 60 |
| Tabela 2. Parâmetros anatômicos avaliados em cortes transversais de <i>Urochloa platyphylla</i> | 61 |

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo esquemático de modificações celulares durante a formação de aerênquima em caule.....20

CAPÍTULO I

Figura 1. Duração do ciclo em dias, da emergência até a maturação das sementes e degrane, para *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo.....38

Figura 2. Emissão das inflorescências, na planta mãe e nos perfilhos, em *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo.....39

Figura 3. Massa seca de raiz e de parte aérea, em *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo.....39

Figura 4. Número de inflorescências por planta em *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo.....40

Figura 5. Número médio de ramos por inflorescência, em *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo.....40

Figura 6. Número médio de espiguetas por ramo em *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo.....41

Figura 7. Número médio de sementes por planta em *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo.....41

CAPÍTULO II

Figura 1 – Alterações anatômicas em raízes de *Urochloa plantaginea* em três condições de umidade do solo: lâmina de água, 100% da capacidade de campo e 50% da capacidade de campo. Efeitos sobre o córtex (Co), Medula do cilindro central (Me), formação de aerênquima (Ae), xilema (Xi) e endoderme (En).....62

Figura 2 – Alterações anatômicas em raízes de *Urochloa platyphylla* em três condições de umidade do solo: lâmina de água, 100% da capacidade de campo e 50% da capacidade de campo. Efeitos sobre o córtex (Co), Medula do cilindro central (Me), formação de aerênquima (Ae), xilema (Xi) e endoderme (En).....63

Figura 3 – Alterações anatômicas em caules de *Urochloa plantaginea* em três condições de umidade do solo: lâmina de água, 100% da capacidade de campo e 50% da capacidade de campo. Efeitos sobre medula fistulosa (Mf), córtex (Co), formação de aerênquima (Ae), feixe de fibras (Ff) e feixes vasculares (Fv).....64

Figura 4 – Alterações anatômicas em caules de *Urochloa platyphylla* em três condições de umidade do solo: lâmina de água, 100% da capacidade de campo e 50% da capacidade de campo. Efeitos sobre medula fistulosa (Mf), córtex (Co), formação de aerênquima (Ae), feixe de fibras (Ff) e feixes vasculares (Fv).....65

Figura 5 – Alterações anatômicas em folhas de *Urochloa plantaginea* em três condições de umidade do solo: lâmina de água, 100% da capacidade de campo e 50% da capacidade de campo. Efeitos sobre células buliformes (Cb), Endoderme da bainha do feixe (En), formação de aerênquima (Ae), xilema (Xi) e feixes esclerenquimáticos (Es).....66

Figura 6 – Alterações anatômicas em folhas de *Urochloa platyphylla* em três condições de umidade do solo: lâmina de água, 100% da capacidade de campo e 50% da capacidade de campo. Efeitos sobre células buliformes (Cb), Endoderme da bainha do feixe (En), formação de aerênquima (Ae), xilema (Xi) e feixes esclerenquimáticos (Es).....67

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO GERAL..... | 13 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA..... | 15 |
| 2.1. Poaceae: importância e diversidade..... | 15 |
| 2.2. Características morfológicas e diversidade do gênero <i>Urochloa</i> | 15 |
| 2.3. Alagamento do solo e a condição de hipoxia..... | 17 |
| 2.4. Efeito da hipoxia na morfologia de plantas..... | 18 |
| 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 21 |
| 4. CAPÍTULO I..... | 25 |
| Resumo..... | 25 |
| Abstract..... | 26 |
| Introdução..... | 27 |
| Material e Métodos..... | 28 |
| Resultados..... | 30 |
| Discussão..... | 31 |
| Agradecimentos..... | 35 |
| Referências Bibliográficas..... | 35 |
| Anexos..... | 38 |
| 5. CAPÍTULO II..... | 42 |
| Resumo..... | 42 |
| Abstract..... | 43 |
| Introdução..... | 44 |
| Material e Métodos..... | 46 |
| Resultados..... | 48 |
| Discussão..... | 51 |
| Agradecimentos..... | 56 |
| Referências Bibliográficas..... | 56 |
| Anexos..... | 60 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 68 |

1. INTRODUÇÃO GERAL

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o segundo cereal mais cultivado no mundo, sendo alimento para cerca de três bilhões de pessoas (SOSBAI, 2012). O Rio Grande do Sul é o principal estado produtor de arroz irrigado, sendo responsável por mais de 61% da produção brasileira (SOSBAI, 2014). É considerada a cultura de maior potencial de crescimento de produção (SOSBAI, 2012), porém, o patamar ideal de produtividade ainda não foi atingido em função de diversos fatores, dentre os quais, a presença de plantas daninhas, principalmente as gramíneas, acarreta em um impacto negativo na produtividade em função da competição destas com a cultura por luz e nutrientes (DORNELLES, 2009).

Poaceae é uma família composta por plantas que ocorrem no mundo inteiro, pois possuem a característica de se adaptar facilmente a variações ambientais (BOLDRINI et al. 2005). Kissmann (1997) descreve Poaceae como sendo a família de plantas que exerce maior influência para a humanidade, uma vez que incluem os cereais produzidos como alimento para o homem, forrageiras para alimento de animais, bem como atuam na renovação do oxigênio da atmosfera e proteção do solo contra erosão. Pertencentes à Poaceae, *Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster e *Urochloa platyphylla* (Munro ex C. Wright) R.D. Webster estão entre as plantas daninhas de maior importância nas lavouras de arroz irrigado do sul do Brasil (SOSBAI, 2014).

O cultivo de arroz no Rio Grande do Sul ocorre principalmente em várzeas, sendo característica destas áreas a elevada saturação de água no solo em consequência da baixa altitude e pouca declividade, o que acarreta em má drenagem, e também devido à irrigação por alagamento durante praticamente todo ciclo da cultura do arroz. Este ambiente é diferente do habitat natural das espécies pertencentes ao gênero *Urochloa*, mais especificamente *U. plantaginea*, que é uma espécie de origem africana com desenvolvimento principalmente em áreas de coxilha, enquanto *U. platyphylla* pode ser encontrada em locais mais úmidos, mas não é descrita como espécie tolerante ao alagamento do solo (KISSMANN, 1997).

Espécies tropicais introduzidas em ambientes diferentes do seu habitat natural, segundo Joly (1991), podem sofrer tanto modificações metabólicas quanto anatômicas, ou até mesmo uma interação entre as mesmas, a fim de adaptarem-se ao novo ambiente. Respostas à anaerobiose são amplamente variadas entre as espécies, podendo ocorrer mudanças de acordo com a natureza e/ou idade do vegetal (FELDMAN, 1984).

Considerando-se o acima exposto, e visto que as poáceas são plantas importantes no cenário de produção agrícola, bem como possuem plasticidade quanto ao desenvolvimento em

diferentes tipos de ambiente, objetivou-se, neste trabalho, avaliar o comportamento morfofisiológico de *U. plantaginea* e *U. platyphylla*, a fim de relatar e quantificar as possíveis alterações na biologia, morfologia e anatomia destas espécies, quando desenvolvidas sob três diferentes quantidades de água no solo.

A presente dissertação está composta por três partes: revisão bibliográfica, capítulo 1 e capítulo 2. A revisão bibliográfica apresenta citações atualizadas sobre os tópicos a serem avaliados e discutidos durante o trabalho de pesquisa. Os capítulos 1 e 2 estão escritos e formatados de acordo com as normas da revista científica *Acta Botanica Brasílica*, para qual serão submetidos dois artigos com os respectivos temas discorridos em cada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Poaceae: importância e diversidade

Conhecida popularmente como a família das gramíneas, Poaceae é composta por cerca de 650 gêneros e 9.000 espécies (Souza & Lorenzi, 2005). Para o Brasil, Burman (1985) indica 197 gêneros e 1.368 espécies, enquanto Souza & Lorenzi (2005) apontam a ocorrência de 180 gêneros e 1.500 espécies. O levantamento mais recente registra 210 gêneros e 1.425 espécies de poáceas para o Brasil (Filgueiras et al., 2013)

Caracterizadas por Kissmann (1997); Boldrini et al. (2005); Souza & Lorenzi (2005) e Moreira & Bragança (2010), as poáceas apresentam caule do tipo colmo, com nós e entrenós bem marcados, bem como podem apresentar estolões ou rizomas. As folhas são alternas dísticas, paralelinérveas, incompletas, compostas por bainha e lâmina (com lígula ou não). A unidade de inflorescência das gramíneas é a espiguetas, onde as flores estão protegidas por glumas e glumelas (pálea e lema). O conjunto de espiguetas forma uma sinflorescência, a qual pode ser uma panícula ou uma espiga. O perianto das flores é reduzido a duas ou três lodículas, e os estigmas são tipicamente plumosos, característica essa relacionada ao principal modo de polinização da família – anemofilia. O fruto típico das poáceas é uma cariopse, porém podem ocorrer algumas exceções (Kissmann, 1997).

Plantas desta família são encontradas em diferentes tipos de ambientes, possuindo características que lhes conferem bom desempenho na competição com plantas cultivadas, muitas delas ocasionando danos às culturas implantadas pelo homem, sendo, portanto, consideradas plantas daninhas. Silva & Silva (2007) definiram planta daninha como sendo aquela planta que em determinado momento interfere negativamente nos objetivos do homem. As plantas daninhas, por serem indiretamente selecionadas para condições adversas, obtêm seus elementos vitais com maior eficiência: extraem água, nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente quatro, cinco, três e seis vezes mais que as plantas cultivadas (Lorenzi, 1994; Silva & Silva, 2007).

2.2 Características morfológicas e diversidade do gênero *Urochloa* P. Beauv.

O gênero *Urochloa* P. Beauv., conforme atualmente circunscrito, inclui espécies anteriormente descritas sob *Brachiaria* (Thin) Griseb, por essa razão, muitas espécies de

Urochloa costumam ser popularmente conhecidas como “braquiárias”. No Brasil, foram registradas até o momento 18 espécies de *Urochloa* (Shirasuna, 2013). Clayton & Renvoize (1986) caracterizaram as espécies ora incluídas nesse gênero como sendo plantas anuais ou perenes, com inflorescência do tipo panícula de ramos unilaterais espiciformes, espiguetas solitárias ou pareadas, com gluma superior e lema inferior membranoso a cartáceo e, lema superior obtuso a agudo, ocasionalmente mucronado.

Conhecida popularmente como capim-marmelada ou capim-papuã, *Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster é uma planta de origem provavelmente africana, introduzida no Brasil nos tempos coloniais (Kissmann, 1997). É caracterizada por apresentar valor forrageiro, sendo uma planta com desenvolvimento rápido, podendo ser encontrada nas áreas cultivadas como infestante. Planta anual, reproduzida por semente, possui hábito de crescimento ereto e/ou semi-ereto (podendo atingir até 1 metro de altura) com intenso perfilhamento formando uma touceira. Apresenta colmos cilíndricos e/ou achatados, com nós e entrenós glabros. Folhas apresentam bainhas longas, com coloração variável de verde-claro a verde-escuro, com cerosidade intensa na parte adaxial. As espiguetas estão dispostas em uma panícula de ramos unilaterais espiciformes, sendo que o fruto é do tipo cariopse, com forma variando de ovada a ovado-arredondada (Kissmann, 1997; Souza & Lorenzi 2005; Moreira & Bragança 2010).

Urochloa platyphylla (Munro ex C. Wright) R.D. Webster, conhecida popularmente como capim taquarinha e/ou papuã-do-banhado, é descrita por Kissmann (1997) como planta originada do continente americano, encontrada em todo território brasileiro, ocorrendo também em áreas úmidas, como as utilizadas para cultivo de *Oryza sativa* L. É uma planta anual, com reprodução por sementes, de ocorrência nos meses mais quentes. Hábito decumbente ou ascendente (dependendo das condições do local, sendo menores que *U. plantaginea*), podendo atingir até 70 centímetros de altura. Possui colmos ramificados, com nós e entrenós glabros, onde os nós em contato com o solo podem formar novas raízes. As folhas são linear-lanceoladas (mais curtas que as de capim-papuã). As espiguetas são ovaladas e estão dispostas em uma panícula de ramos unilaterais espiciformes, a qual pode atingir até 25 centímetros de comprimento. A cariopse possui formato oblongo-arredondado. Durante a fase plantular, as bainhas são longas, geralmente com coloração purpúrea, intensamente pilosas (Kissmann, 1997; Moreira & Bragança 2010).

Seiffert (1984), tratando as espécies de *Urochloa* sob *Brachiaria*, caracterizou o gênero como sendo um grupo que inclui plantas de alta capacidade de adaptação em

diferentes tipos de solo, ou seja, é capaz de se estabelecer tanto em áreas altas (coxilhas), onde ocorrem solos com diferentes propriedades físicas e químicas, bem como em áreas mais baixas (várzeas), onde os solos deste tipo de ambiente possuem algumas características diferentes, sendo a alta umidade a principal delas. A principal característica que diferencia as duas áreas citadas acima é a quantidade de água no solo disponível para o desenvolvimento das espécies. Segundo Andrade et al. (1999), solos de várzea são ambientes sujeitos ao alagamento, o qual pode ocorrer de forma natural por período de chuvas e/ou cheias de rios, ou por ação antrópica utilizando a irrigação (Kozlowski, 1997).

2.3 Alagamento do solo e a condição de hipoxia.

No Rio Grande do Sul, o cultivo do arroz é realizado na forma irrigada, mantendo-se uma lâmina d'água constante durante praticamente 75% do ciclo total da planta. O alagamento do solo acaba levando ao preenchimento dos espaços porosos destinados à difusão do oxigênio com água, criando um ambiente anóxico, o qual dificulta o desenvolvimento radicular, pois de acordo com Grable & Siemer (1968), a porosidade mínima para aeração que atenda a demanda do sistema radicular para desenvolver-se normalmente é de 10%.

Diversos autores relatam diferentes respostas de plantas quando submetidas ao alagamento, como, redução na taxa de crescimento (Pimenta et al., 1996), epinastia, senescência foliar e abscisão precoce de folhas (Wareing & Phillips, 1981). Além destas, a formação de raízes adventícias (Pimenta et al., 1994) e o desenvolvimento de aerênquima (Feldman, 1984) também são mudanças que ocorrem em plantas submetidas a desenvolverem-se em ambientes diferentes do seu habitat natural.

A exigência de um novo ambiente, principalmente em relação a alagamento do solo, leva as plantas a promoverem mudanças principalmente no seu metabolismo e em sua estrutura anatômica, ocorrendo a produção de ATP pela rota anaeróbica. Drew (1997) relata que, mesmo que em pequenas quantidades, este ATP produzido ajuda na formação de aerênquima, tecido especializado em armazenar oxigênio e transportá-lo da parte aérea para as raízes. Assim, plantas oriundas de ambientes característicos de pouca disponibilidade de água, possuem a capacidade de adaptar-se e se desenvolver normalmente em ambientes com altas quantidades de água no solo.

Outro fator comum às plantas na falta de oxigênio, segundo Kolb & Joly (2009), é o desvio do metabolismo aeróbico para a via anaeróbica, o que induz mudanças no metabolismo respiratório do sistema radicular produzindo substâncias tóxicas como o etanol e o lactato, além de baixo rendimento energético.

2.4 Efeito da hipoxia na morfologia de plantas

A hipoxia se caracteriza por uma depleção de oxigênio no ambiente solo causando uma redução nos níveis de oxigenação radicular, o que interfere em processos físicos, químicos e biológicos na rizosfera (HOSSAIN & UDDIN, 2011). Nesta condição, as plantas permanecem com o sistema radicular submerso em condições anaeróbicas e a parte aérea na atmosfera, de onde o oxigênio pode ser mobilizado desde as folhas até a raiz por difusão de gases em lacunas intercelulares ou tecidos formados nesta condição, denominados aerênquimas (SAIRAM et al., 2008). Este termo, designando estas cavidades de difusão de gases, foi inicialmente usado por Schenck (1890) para designar estes tecidos formados na periderme e no parênquima cortical de raízes e caules.

A extrema condição de hipoxia, quando as plantas ficam totalmente submersas em lâmina de água, pelo alagamento do solo é denominada anoxia e a concentração de oxigênio é um fator limitante para o desenvolvimento vegetal (MORARD & SILVESTRE, 1996). Nesta condição, ocorrem distúrbios funcionais nas plantas sensíveis, pela dificuldade de absorção radicular da água e conseqüentemente dos nutrientes do solo (GLINSKI & STEPNIEWSKI, 1986). O déficit de nitrogênio influencia na produção de clorofila e a fotossíntese e a condutância estomática é afetada (PIMENTA, 1998). Também, a anaerobiose radicular pode ocasionar toxidez pelo excesso de ferro e manganês e pelo acúmulo de substâncias fitotóxicas como o dióxido de carbono e o etileno (RODRIGUES et al., 1993). Em milho, Cruciani (1985) constatou que, após duas horas de inundação, a concentração de CO₂ elevou-se de 1% para 35,5% e em 216 horas a concentração de CO₂ no solo aumentou para 64%. Para *Schinus terebinthifolius*, Rogge et al. (1997) verificaram que não houve redução significativa na respiração aeróbica e na liberação de CO₂ das raízes em inundação que variou de 2 a 60 dias, demonstrando capacidade diferencial das espécies vegetais em sobreviver no ambiente hipóxico promovido pelo alagamento.

Durante um evento de alagamento, os espaços do solo, antes preenchidos por gases atmosféricos, tornam-se preenchidos por água, o que dificulta a difusão do oxigênio para as

raízes (ERNEST, 1990). Este processo desencadeia reações diferenciais entre as espécies vegetais, de acordo com sua tolerância ou não à falta de oxigênio (ARMSTRONG et al., 1994). Em Chapéu-de-couro (*Sagittaria montevidensis*) planta tipicamente aquática, os efeitos do déficit de oxigenação radicular pelo alagamento, na sua morfologia foliar e radicular, são menores (CASSOL et al., 1998) do que em ervilha (*Pisum sativum*) que sofre importantes alterações em sua morfologia foliar, apresentando área menor, bem como reduzida emissão de raízes adventícias, o que interfere em processos fisiológicos importantes como a fotossíntese, redundando em reduzida biomassa verde e seca e menor formação de sementes (SÁ et al., 2004) ou senescência das plantas. Os efeitos deletérios também influenciam em altura de plantas (PSICCHIO et al., 2010), na formação de inflorescências (ISHII & KADONO, 2004) e ciclo biológico (DAVANSO et al., 2002).

Sob hipoxia, a redução de oxigenação nas plantas induz à menor produção de ATP em função do metabolismo anaeróbico (PEREIRA et al., 2008). Com isso, há também fechamento estomático reduzindo assimilação de CO₂ que promoverá um decréscimo no desenvolvimento e crescimento da planta, menor altura de plantas (MEDRI et al. 2007), epinastia, clorose foliar (PIMENTA et al., 1994), senescência e abscisão das folhas (DAVANSO et al., 2002.). Porém, estes efeitos danosos ocorrem em plantas sensíveis, que não conseguem reagir ao stress imposto pelo alagamento. As plantas reativas formam aerênquimas que são tecidos especializados em difusão de gases da parte aérea para o sistema radicular (HOSSAIN & UDDIN, 2011).

Em diversas espécies como arroz (JOSHI & KUMAR, 2012), milho (ALVES et al. 2002), fumo (JOHN, 1977), ervilha (SÁ et al., 2004), braquiária (MARTINEZ & DIAS FILHO, 2012) e trigo (HOSSAIN & UDDIN, 2011) a formação imediata de aerênquima, após a inundação, é obtida em função da presença de etileno, que se acumula, havendo um processo de sinalização etileno – H₂O₂ (COLMER et al., 2006), em que também acumulam-se substâncias como etanol e acetaldeído, acidificando o citoplasma e levando à disruptura da parede celular, do tonoplasto e da membrana nuclear, promovendo a formação de tecidos com cavidades aeríferas, denominados simplesmente de aerênquimas. Há, porém, formação de aerênquimas sem a sinalização etileno- H₂O₂ (HOSSAIN & UDDIN, 2011) pela pressão dos gases sobre as cavidades intercelulares. O etileno é produzido quando há acúmulo de seu precursor ACC (1-amino cyclopropane 1-carboxylic acid). Sob alagamento, há um estímulo à atividade da enzima (COHEN & KENDE, 1987). A falta de oxigenação bloqueia a conversão de ACC em etileno acumulando os compostos tóxicos disruptores da parede celular (etanol,

acetaldeído e lactato) pelo efeito de acidificação sobre os compostos celulose, hemicelulose e lignina (TENHAKEN et al., 1995), afrouxando a parede celular (aerênquima lisígena) que acaba por romper-se pela pressão interna dos gases formando uma cavidade com células adjacentes também modificadas, que permitem a difusão de gases da parte aérea para as raízes (HOSSAIN & UDDIN, 2011) – Figura 1.

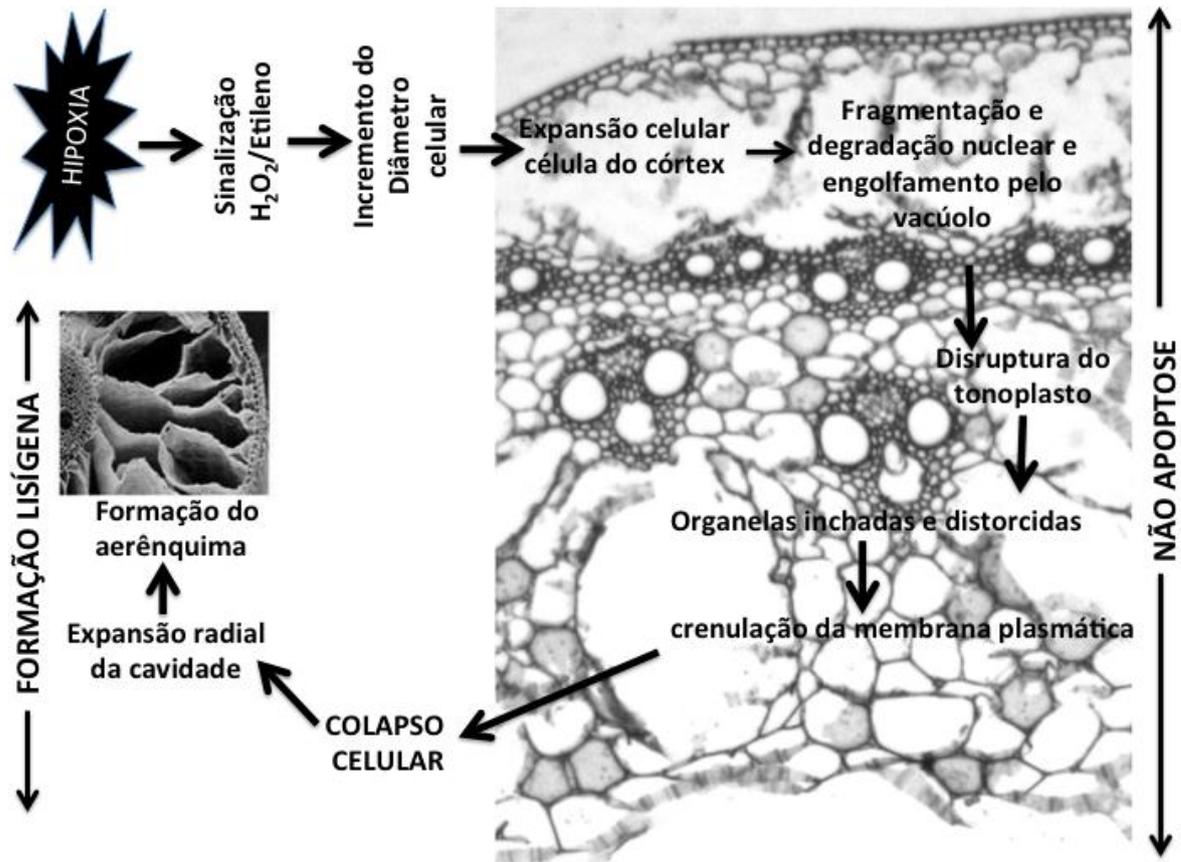


Figura 1 - Modelo esquemático de modificações celulares durante a formação de aerênquimas em caule. Os aerênquimas são formados por lisogênese não apoptótica de células corticais. Sob Hipoxia há uma sinalização induzida H₂O₂/etileno que leva à expansão celular e dos meatos intercelulares do córtex, seguido pela ruptura da membrana nuclear e engolfamento desta pelo vacúolo. Em fases posteriores, o tonoplasto sofre disruptura havendo distorção e perturbação das organelas celulares, seguido da perda da integridade plasma-membrana. Depois destes eventos, as células perdem o contato com as células vizinhas (tangenciais) e entram em colapso. Uma vez em colapso celular, começa a cavidade rapidamente a se expandir radialmente para formação dos aerênquimas (Adaptado de Joshi & Kumar, 2012).

Outros efeitos observados na anatomia de plantas sob hipoxia, foram redução na espessura do córtex, do cilindro central e dos feixes esclerenquimáticos dos caules e raízes (PSICCHIO et al., 2010), formação de lenticelas hipertrofiadas em raízes adventícias e caules em espécies arbóreas e sub-arbustivas (MEDRI ET AL., 2011), diminuição do diâmetro de nervura mediana e do xilema em folhas (PSICCHIO et al, 2010; MEDRI et. al, 2011) e

redução no processo de lignificação das paredes celulares com menor atividade cambial (BIANCHINI et al., 2000).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A.C.S. et al. 1999. Flooding effects in seedlings of *Cytherexylum myrianthum* Cham. and *Genipa americana* L.: responses of two neotropical lowland tree species. **Revista Brasileira de Botânica**, 22: 281-285.

ARMSTRONG, W.; BRÄNDLE, R. JACKSON, M. B. 1994. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta botanica neerlandica**, 43 (4): 307-358.

BIANCHINI, E.; et al., 2000. Anatomical alterations in plants of *Chorisia speciosa* A. St- Hil. submitted to flooding. **Interciencia**, 25: 436-441.

BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, M. H.; BOECHAT, S. C. 2005. **Morfologia e Taxonomia de Gramíneas Sul-Rio-Grandenses**. Ed. 1. Porto Alegre, Editora da UFRGS.

BURMAN, A. G. 1985. Nature and composition of the grass flora of Brazil. **Willdenowia**, 15.

CASSOL, B.; AGOSTINETTO, D.; MARIATH, J. E. A. 2008. Análise morfológica de *Sagittaria montevidensis* desenvolvida em diferentes condições de inundação. **Planta Daninha**, 26 (3): 487-496.

COHEN, E.; KENDE, H. 1987. *In vivo* 1-aminoacy-clopropane-1-carboxylate synthase activity in internodes off deep water rice: Enhanced by submergence and low oxygen levels. **Plant Physiology**, 84: 282-286.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento – **9º Levantamento da safra de grãos 2012/13 Junho 2013**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>.

CLAYTON, W. D. ; S. A. RENVOIZE. 1986. Genera graminum. London, UK, Her Majesty's Stationery Office.

CRUCIANI, D.E. Caracterização agronômica do coeficiente de drenagem para a elaboração de pro- jetos com cultura de milho (*Zea mays*, L.). ITEM. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, 22: 28-31, 1985.

DAVANSO, V.M. et al. 2002. Photosynthesis, growth and development of *Tabebuia avellane- dae* Lor. Ex Griseb. (Bignoniaceae) in flooded soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 45: 375-384.

DORNELLES, S.H.B. Caracterização de acessos polimórficos de arroz vermelho do Rio Grande do Sul por descritores morfológicos e microssatélites. Santa Maria. 2009. 101p. **Tese** (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria. 2009.

DREW, M. C. 1997. Oxygen deficiency and root metabolism: Injury and Acclimation Under Hypoxia and Anoxia. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 48: 223-250.

FELDMAN, L. P. 1984. Regulation of root development. *Ann. Rev. Plant Physiology*, 35: 223-242.

FILGUEIRAS, T. S. et al. *Poaceae*. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. 2013. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB193>). Acesso em: 22/01/2015.

GRABLE, A.R.; SIEMER, E.G. 1968. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. **Soil Science Society of America**, 32: 180-186.

HOSSAIN, MD. A.; UDDIN, S. N. 2011. Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat: Morphological and metabolic adaptations under hypoxia or anoxia. **Australian Journal of Crop Science**, 5 (9): 1094-1101.

ISHII, J.; KADONO, Y. 2004. Sexual reproduction under fluctuating water levels in an amphibious plant *Schoenoplectus lineolatus* (Cyperaceae): A waiting strategy? **Limnology**, 5 (1): 1-6.

JOLY, C. 1991. A. Flooding tolerance in tropical trees. In: **Plant Life Under Oxygen Deprivation: Ecology, Physiology and Biochemistry**, eds. Jackson, M. B.; Daveis, D. D.; Lambers, H. Academic Publishing, The Hague, pp. 23-34.

JOSHI, R.; KUMAR, P. 2012. Lysogenous aerenchyma formation involves non-apoptotic programmed cell death in rice (*Oryza sativa* L.) roots. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, 18(1): 1-9.

KISSMANN, K. G. 1997. **Plantas infestantes e nocivas**. Ed.2. São Paulo, Basf Brasileira.

KOLB, R.M.; JOLY, C.A. Flooding tolerance of *Tabebuia cassinoides*: Metabolic, morphological and growth responses. **Flora**, 2009, doi: 10.1016/j.flora.2008.07.004.

KOZLOWSKI, T.T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**. v.1. 1997.

LORENZI, H. 1994. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**. Plantio direto e convencional. Ed. 4. Nova Odessa, Plantarum.

MOREIRA, H.J.C. & BRAGANÇA, H.B.N. 2010. **Manual de Plantas Infestantes: Arroz**. São Paulo, FMC Agricultural Products.

MEDRI, M. E. et al. 2007. Alterações morfoanatômicas em plantas de *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. submetidas ao alagamento. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 29 (1): 15-22.

MEDRI, C. *et al.* 2011. Morfoanatomia de órgãos vegetativos de plantas juvenis de *Aegiphila sellowiana* Cham. (Lamiaceae) submetidas ao alagamento do substrato. **Acta Botanica Brasílica**, 25 (2): 445-454.

MORARD P.; SILVESTRE, J. 1996. Plant injury due to oxygen deficiency in the root environment of soilless culture: A review. **Plant and Soil**, 184: 243–254.

PSICCHIO, C. M. *et al.*, 2010. *Heliocarpus popayanensis* Kunth (Malvaceae) tolera a hipoxia do substrato? **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 32: 201-209.

PEREIRA, F. J.; CASTRO, E. M.; SOUZA, T. C. 2008. Evolução da anatomia radicular do milho ‘Saracura’ em ciclos de seleção sucessivos. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, 43 (12): 1649-1656.

PIMENTA, J. A.; ORSI, M. M.; MEDRI, M. E. 1994. Aspectos morfológicos e fisiológicos de *Coleus blumei* Benth. submetido à inundação e à aplicação de ethrel e cobalto. **Revista Brasileira de Biologia**, 53: 427-433.

PIMENTA, J. A. *et al.* 1996. Aspectos da morfoanatomia e fisiologia de *Jacaranda puberula* Cham. (Bignoniaceae) em condições de hipoxia. **Revista Brasileira de Botânica**, 19: 215-220.

PIMENTA, J.A. 1998. **Estudos populacionais de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. (Myrtaceae) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.** 158p. Tese (Doutorado em Ecologia). Unicamp. Campinas, 1998.

RODRIGUES, T.J.D.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. 1993. Adaptação de plantas forrageiras às condições adversas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 2., Jaboticabal, 1993. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993. p.17-61.

ROGGE, G. D. *et al.*, 1998. Metabolismo respiratório de raízes de espécies arbóreas tropicais submetidas à inundação. **Revista Brasileira de Botânica**, 21 (2): 153-158.

SÁ, J. S. DE; CRUCIANI, D. E.; MINAMI, K. 2004. Efeitos de inundações temporárias do solo em plantas de ervilha. **Horticultura Brasileira**, 22 (1): 50-54. Online: ISSN 0102-0536. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362004000100010>.

SAIRAM, R.K. *et al.*, 2008. Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. **Biologia Plantarum**, 52: 401-412.

SCHENCK H (1890) Ueber das Aerenchym ein dem *Kork homologes* Gewebe bei **Sumpfpflanzen. Jahrbucher fur Wissenschaftliche Botanik**, 20: 526–574

SHIRASUNA, R. T. 2013. *Urochloa*. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20516>). Acesso em 20/01/2015.

SILVA, A. A., SILVA, J. F. 2007. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, Editora UFV.

SEIFFERT, N.F. 1984. Gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria*. Reimpressão. Campo Grande, EMBRAPA-CNPQC, **Circular Técnica**, 74p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. 2012. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado Arroz Irrigado: **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Gravatal, SC, SOSBAI.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. 2014. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Arroz Irrigado: **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Bento Gonçalves, RS, SOSBAI.

SOUZA, V. C., LORENZI, H. 2005. Botânica Sistemática. **Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Ed 1. Nova Odessa, SP, Instituto Plantarum.

TENHAKEN, R. et al. 1995. Function of the oxidative burst in hypersensitive disease resistance. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 92: 4158-4163.

WAREING, P. F.; PHILLIPS, I. D. J. 1981. **Growth & differentiation in plants**. Pergamon International Library, Oxford.

4. CAPÍTULO I

(artigo redigido de acordo com normas da revista Acta Botanica Brasílica)

FENOLOGIA E PRODUÇÃO DE MASSA SECA EM *Urochloa plantaginea* (Link) R.D.

Webster E *Urochloa platyphylla* (Munro ex C. Wright) R.D. Webster SUBMETIDAS A

DIFERENTES QUANTIDADES DE ÁGUA NO SOLO.

RESUMO

A variabilidade e versatilidade genética apresentada por plantas pertencentes às Poaceae proporcionam respostas morfofisiológicas que permitem a adaptação destes indivíduos a variações ambientais, principalmente em relação à umidade de solo. *Urochloa plantaginea* e *Urochloa platyphylla* são gramíneas características de ambientes secos, mas que têm sido encontradas como infestantes em lavouras de arroz irrigado, onde há altas quantidades de água no solo. Objetivou-se neste trabalho analisar o desenvolvimento destas duas espécies em diferentes ambientes, submetendo-as a três diferentes quantidades de água no solo. Foram analisados parâmetros morfológicos, a fim de verificar e quantificar quais sofrem alterações em relação à variável água. Cariopses das duas espécies foram coletadas em uma lavoura comercial de arroz irrigado, na cidade de Itaquí/RS. Sementes foram semeadas em vasos contendo um sistema substrato-areia, e alojadas em casa de vegetação, onde durante a condução do experimento realizou-se o controle das diferentes umidades. Realizaram-se avaliações semanais, de acordo com os parâmetros analisados. O ciclo de *U. plantaginea* teve menor duração sob lâmina d'água, enquanto que para *U. platyphylla* menor duração foi sob a condição de 50% da capacidade de campo. Ambas as espécies produziram maior massa seca de parte aérea sob a condição de 100% da capacidade de campo.

PALAVRAS-CHAVE: Poaceae; *Urochloa*; *Brachiaria*; água; infestantes; biologia; massa seca; ciclo; morfometria.

PHENOLOGY AND DRY MASS PRODUCTION OF *Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster AND *Urochloa platyphylla* (Munro ex C. Wright) R.D. Webster SUBMITTED TO DIFFERENT AMOUNTS OF WATER IN THE SOIL

ABSTRACT

The genetic variability and versatility of plants belonging to Poaceae provide morphophysiological answers that allow the adaptation of these individuals to environmental changes, especially in relation to soil moisture. *Urochloa plantaginea* and *Urochloa platyphylla* are grasses characteristics of dry environments, but they have been found as weeds in rice fields, where there are high amounts of water in the soil. The objective of this work is to analyze the development of these two species in different environments, subjecting them to three different amounts of water in the soil. Morphological parameters were analyzed in order to verify and quantify which are altered with respect to water variations. Caryopses of the two species were collected in a commercial irrigated rice in the city of Itaquí - Rio Grande do Sul state. Seeds were sown in pots containing a substrate-sand system, and housed in a greenhouse, where during the experiment took place the control of different moisture contents. There were weekly evaluations in accordance with the parameters analyzed. The *U. plantaginea* cycle was shorter under water depth, while the shorter cycle of *U. platyphylla* was under the condition of 50% of field capacity. Both species produced higher dry mass of shoots under the condition of 100% of field capacity.

KEY-WORDS: Poaceae; *Urochloa*; *Brachiaria*; water; weeds; dry mass; cycle; morphometry.

INTRODUÇÃO

Poaceae (Gramineae) é uma família composta por plantas que ocorrem no mundo inteiro, com características de fácil adaptação a variações ambientais, devido principalmente à diversidade genética e biológica das espécies (Boldrini *et al.*, 2005). O levantamento mais recente registra 210 gêneros e 1.425 espécies de gramíneas para o Brasil (Filgueiras *et al.*, 2013), e para o Rio Grande do Sul Boldrini *et al.*, (2005) registraram 110 gêneros e 450 espécies. Muitas espécies dessa família possuem grande importância econômica e ecológica, como é o caso de espécies do gênero *Urochloa*, um gênero exótico com diversas espécies introduzidas no Brasil para uso como plantas forrageiras.

Urochloa plantaginea (Link) R.D. Webster, conhecida popularmente como capim-marmelada ou papuã, é caracterizada por apresentar valor forrageiro, sendo uma planta com desenvolvimento agressivo, podendo ser encontrada nas áreas cultivadas como infestante. Planta anual, reproduzida por semente, possui porte ereto e/ou semi-ereto (podendo atingir até 1 metro de altura) com intenso perfilhamento formando uma touceira ascendente (Kissmann, 1997; Souza & Lorenzi, 2005; Moreira & Bragança, 2010). *Urochloa platyphylla* (Munro ex C. Wright) R.D. Webster, conhecida popularmente como capim taquarinha e/ou papuã-dobanhado, é descrita por Kissmann (1997) como planta anual, com reprodução por sementes, de ocorrência nos meses mais quentes. Porte decumbente ou ascendente pode atingir até 70 centímetros de altura (Moreira & Bragança, 2010).

Ambas as espécies são tipicamente encontradas em ambientes mais secos, porém atualmente vêm sendo encontradas como novas infestantes em ambientes alagados, tais como lavouras de arroz irrigado nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SOSBAI, 2014). Segundo Tuner (1986), a distribuição dos vegetais na superfície terrestre depende mais da disponibilidade de água que de qualquer outro fator ambiental, pois praticamente todos os processos fisiológicos que ocorrem nas plantas são regulados pela água.

Durante a sua evolução, muitas espécies desenvolveram mecanismos adaptativos para sobreviver em solos alagados (Ramos *et al.*, 2011) e, plantas tolerantes ao alagamento, segundo Kozlowski (1984), sobrevivem por conta de complexas interações anatômicas, metabólicas e fisiológicas. A expressão de genes responsáveis pela formação de aerênquimas e raízes adventícias parece estar diretamente relacionada aos mecanismos de tolerância em plantas (Fries *et al.*, 2007).

As plantas possuem estratégias para lidar com variações na disponibilidade de água no ambiente em que são submetidas a desenvolverem-se, as quais podem promover reflexos que

alteram alguns processos fisiológicos e podem afetar o seu crescimento e desenvolvimento (Taiz & Zeiger, 2013). Entretanto, não estão definidos quais parâmetros morfológicos são afetados pela diferença na quantidade de água disponível no ambiente, nem como a fisiologia da planta é alterada, principalmente em relação ao ciclo biológico das plantas.

Visto que as gramíneas são as plantas daninhas que exercem os maiores efeitos de competição com a cultura do arroz irrigado e que cada vez mais estão sendo encontradas ambientadas em solos alagados, objetivou-se neste trabalho avaliar o comportamento morfofisiológico *ex situ* de duas espécies pertencentes ao gênero *Urochloa*, submetidas a diferentes condições de água no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas inflorescências maduras de um acesso de cada espécie do gênero *Urochloa*, *U. plantaginea* e *U. platyphylla*, obtidas no mês de março de 2013 em área de produção de arroz irrigado na Fronteira Oeste do Rio Grande do sul, no município de Itaqui (LAT: 29° 14' 11,97" S & LONG: 56°20'11.92" W). Foram coletadas em torno de 500 gramas de inflorescências, acondicionadas em sacos de papel pardo poroso e identificados separadamente com o nome da espécie, coordenadas geográficas do local, nome do coletor e número da amostra. As inflorescências passaram por beneficiamento em laboratório, procedendo-se a retirada de impurezas, separação das cariopses e pré-secagem das mesmas, com o objetivo de reduzir a umidade para armazenamento em câmara seca.

Para a execução das análises fenológicas e de produção de massa seca dos acessos do gênero *Urochloa*, as sementes foram postas para germinação em vasos com capacidade para 7,5 litros, os quais foram preenchidos com 2,5 Kg de substrato orgânico e 4,0 Kg de areia de textura média, a qual foi esterilizada, compondo-se assim um sistema areia-substrato. Os vasos foram alojados em ambiente protegido com monitoramento de temperatura e rodízio dos vasos, a fim de homogeneizar a luminosidade entre as unidades experimentais. Em cada vaso foram semeadas 5 sementes, sendo que após a emergência, realizou-se o raleio das plantas, permanecendo apenas uma planta por vaso.

Para cada uma das espécies estudadas, sementes foram semeadas em 80 vasos, sendo que após o estabelecimento inicial das plantas descartou-se 20, permanecendo 60 vasos ao total (30 para cada espécie). Cada grupo de 30 vasos (mesmos acessos) foram divididos em três grupos (tratamentos) com 10 (repetições). Um grupo recebeu irrigações até atingir 50%

da capacidade de campo do sistema areia-substrato, outro grupo recebeu irrigação constante, mantendo o sistema areia-substrato com 100% da capacidade de campo e o terceiro grupo recebeu irrigação constante, mantendo-se lâmina de água de 5 centímetros (recomendada na produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul).

A uniformização de irrigação durante o ensaio foi realizada a partir do cálculo de umidade gravimétrica do sistema areia-substrato conforme manual de métodos e análises de solo (EMBRAPA, 1997). Determinou-se a massa seca real do sistema solo-substrato contido no vaso. A quantidade de água necessária para cada unidade experimental foi determinada através da metodologia de coluna úmida (Forsythe, 1975), na qual a partir de um tubo de PVC com 75 mm de diâmetro por 50 cm de comprimento, acrescenta-se uma quantidade determinada de água, aguardando-se a percolação total da mesma dentro do tubo. Após a saturação do sistema, retirou-se uma amostra de dentro do tubo e calculou-se a umidade gravimétrica, resultando na capacidade de campo do sistema areia-substrato. Assim, com a massa do vaso vazio, massa de areia e substrato secos e a capacidade de campo do sistema areia-substrato, foi possível determinar a quantidade de água necessária para se atingir 50% e 100% da capacidade de campo. A irrigação dos vasos foi realizada diariamente. Para determinar a quantidade de água necessária cada dia em cada vaso, realizou-se medição da massa de cada vaso, utilizando-se uma balança eletrônica marca ACS System Eletronic Scale com precisão de 5 gramas, adicionando-se água até atingir a massa total (vaso + sistema areia substrato seco + 100% capacidade de campo para ambientes de várzea e 50% para ambiente de coxilha).

O experimento iniciou no dia 04 de janeiro de 2014, quando se realizou o preparo dos vasos com o sistema areia-substrato e a semeadura. A emergência das plantas da espécie *U. platyphylla* ocorreu entre os dias 9 e 14 de janeiro e a emergência de *U. plantaginea* se deu entre os dias 8 e 14 de janeiro. Os diferentes tratamentos tiveram início após o estabelecimento inicial das plantas, quando as mesmas se encontravam com média de 2-3 folhas, após o desbaste realizado para uniformização das parcelas.

As avaliações constituíram-se em duração do ciclo vegetativo (em dias), que foi determinado da emergência até a emissão da primeira inflorescência; ciclo reprodutivo, da emissão da inflorescência até a deiscência natural da planta (80% de senescência foliar e degrane acima de 50%) e ciclo biológico (reprodutivo + vegetativo). Avaliou-se, também, a produção de massa seca (MS) de parte aérea e de raiz quando as plantas encontravam-se em florescimento pleno. Número de inflorescências por planta, número de ramos por

inflorescência, número de espiguetas por ramo e número de sementes por planta, também foram parâmetros avaliados.

As avaliações de morfologia externa, relacionadas a parte reprodutiva, foram realizadas na planta mãe de cada unidade experimental, a qual foi marcada com uma fita vermelha no início do desenvolvimento das plantas.

Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos à análise para verificação de normalidade e homogeneidade utilizando-se o *software* SISVAR 5.3 (Build 77), sendo realizada análise da variância e comparando-se as médias a partir do teste de comparação de médias Scott-Knott $p > 0,05$.

RESULTADOS

As duas espécies desenvolveram-se e completaram o ciclo biológico sob as três diferentes condições de água no solo. A duração do ciclo em número de dias é bastante diferente entre as espécies, onde *Urochloa plantaginea* teve ciclo total entre 120 e 140 dias e, *Urochloa platyphylla* teve seu ciclo completo entre 80 e 90 dias.

As condições de maior quantidade de água no solo (Lâmina d'água e 100% da Capacidade de Campo) provocaram encurtamento, estatisticamente significativo, no número de dias do ciclo de *U. plantaginea* entre 5-7 dias, quando comparado com a condição de menor disponibilidade de água (50% da Capacidade de Campo) (figura 1-A).

A condição de menor quantidade de água no solo (50% da Capacidade de Campo) levou ao encurtamento do ciclo de *U. platyphylla*, sendo estatisticamente inferior, aos tratamentos com Lâmina d'água e 100% da capacidade de campo, ambientes mais propícios ao desenvolvimento da espécie (figura 1 – gráfico B).

As duas espécies apresentaram comportamento semelhante em relação à emissão das inflorescências. A partir da análise da figura 2, gráficos A e B, observa-se que o tratamento no qual se manteve o solo com lâmina d'água, induziu as plantas emitirem as inflorescências antes dos demais tratamentos, ocorrendo encurtamento do período vegetativo para ambas as espécies.

Tanto *U. platyphylla* como *U. plantaginea* apresentaram comportamento esperado para emissão das inflorescências, ou seja, as primeiras inflorescências foram emitidas pela planta mãe, ocorrendo posteriormente nos perfilhos (figura 2 – gráficos A e B).

A partir da análise dos resultados para produção de massa seca (MS) de parte aérea, verifica-se pela figura 3 – gráficos A e B, que o ambiente onde se manteve umidade em 100% da capacidade de campo foi o que proporcionou maior produção de MS da parte aérea, tanto para capim papuã quanto para capim taquarinha.

Houve diferença quanto à produção de MS de parte aérea, ocorrendo respostas distintas para ambas as espécies em função de ser mais ou menos adaptada ao ambiente anaeróbico provocado pela lâmina d'água. *Urochloa plantaginea* produziu menor quantidade de MS de parte aérea quando submetida à condição de lâmina d'água. Já *U. platyphylla* apresentou a menor produção de MS de parte aérea quando foi submetida à condição de menor quantidade de água no ambiente (50% da Capacidade de Campo).

A produção de massa seca de raiz apresentou comportamento semelhante para as duas espécies. A maior produção de MS de raiz ocorreu quando as espécies foram submetidas a desenvolverem-se em ambientes com menor disponibilidade de água, caracterizado pela condição de 50% da capacidade de campo. Não sendo diferente do esperado, a menor produção de MS de raiz foi verificada quando as plantas foram desenvolvidas no ambiente com lâmina d'água.

Outros parâmetros que foram afetados com o aumento da umidade do solo, tanto para *U. plantaginea* como para *U. platyphylla*, foram o número de inflorescências por planta (figura 4 - gráficos A e B), número médio de ramos por inflorescência (figura 5 - gráficos A e B) e número de sementes por planta (figura 7 - gráficos A e B). Verifica-se que à medida que aumentou a quantidade de água no solo, com maior efeito negativo na condição de lâmina de água, houve redução no número de inflorescências por planta, bem como a redução do número de ramos por inflorescência e do tamanho médio dos ramos. Apesar de não ter variado o número de espiguetas por ramo, em nenhum dos tratamentos ou das espécies avaliadas (figura 6 - gráficos A e B) os efeitos do alagamento sobre a formação de inflorescências e no número de ramos por inflorescências foi determinante também para a redução no número de sementes por planta (figura 7 - gráficos A e B).

DISCUSSÃO

As diferentes quantidades de água no solo influenciaram de maneira distinta as duas espécies estudadas. Bartlett & James (1993) apontam que a habilidade em tolerar condições

de restrição de O₂ está ligada à habilidade de cada planta em transferir O₂ da parte aérea para as raízes. A variabilidade e a versatilidade genética ocorrente entre as Poaceae (Boldrini *et al.*, 2005) é outro fator que propicia respostas diferentes pelas espécies às adversidades em relação à umidade do solo. O gênero *Urochloa* é constituído por diversas espécies, as quais divergem quanto à origem e a capacidade de resposta de cada indivíduo a eventos climáticos e/ou fatores ambientais que influenciam o seu desenvolvimento em ambientes distintos do original.

Urochloa plantaginea (capim papuã) é uma planta de origem Africana introduzida no Brasil nos tempos coloniais (Kismann, 1997). Planta comum em ambientes de sequeiro é descrita por Velho (2012) como uma invasora altamente agressiva, que pode causar sérios prejuízos à produção, principalmente em lavouras de sequeiro como soja e milho (Lorenzi, 2000). Entretanto, mesmo se tratando de uma planta encontrada normalmente em ambientes não alagados, *U. plantaginea* completou seu ciclo biológico sob as três diferentes quantidades de água no solo, desenvolvendo-se inclusive sob lâmina d'água (figura 1 – gráfico A). Estudando *Brachiaria brizantha*, Souza Filho *et al.* (2000) relatam que as plantas daninhas são mais eficientes do que plantas cultivadas, possuindo habilidades para habitar diversos ambientes, mesmo aqueles em situação de estresse ao seu normal desenvolvimento e crescimento, pois possuem maior capacidade de explorar este ambiente, apresentando base genética mais larga para adaptar-se em condições adversas.

O encurtamento do ciclo de *U. plantaginea*, ocorrido sob a condição de lâmina d'água, provavelmente está relacionado a uma resposta fisiológica expressada em razão do estresse por excesso de água (Taiz & Zeiger, 2013). Espécies que se desenvolvem preferencialmente em condições aeróbicas podem manter muitas adaptações semi-aquáticas, ou seja, o desenvolvimento de aerênquima em raízes e grande quantidade de perda não estomática de água pelas folhas (Lafitte & Bennett, 2002). Além disso, a destruição mitocondrial pode ser observada em condições anaeróbicas, diferentemente do que ocorre em condições aeróbicas em raízes (Vartapetian & Andreeva, 1986). Com isso, sob déficit de oxigenação radicular, ocorre redução na produção de ATP (adenosina tri-fosfato), reduzindo o metabolismo celular, interferindo na fotossíntese e conseqüentemente no desenvolvimento da planta (Kozlowski, 1984; Liao & Lin, 2001), afetando seu ciclo biológico, encurtando-o.

Trabalhando com trigo, Scheeren *et al.*, (1995), submeteram diversas cultivares a diferentes estresses por umidade do solo e verificaram que plantas sob excesso de água no

solo, foram mais precoces em relação às plantas desenvolvidas em condições de umidade do solo na capacidade de campo.

Urochloa platyphylla também completou seu ciclo biológico sob as três diferentes condições (figura 1 – gráfico B), resultado já esperado, pois se trata de uma espécie encontrada em ambientes mais úmidos no sul do Brasil (Kissmann, 1997). O encurtamento do ciclo ocasionado pela condição de menor disponibilidade de água no solo é provavelmente devido a uma situação de déficit hídrico para esta espécie, pois de acordo com Wright *et al.*, (1983), o déficit hídrico induz à senescência foliar em plantas de ambientes alagados, encurtando seu ciclo biológico. Isto também é de ocorrência comum em plantas de ambientes alagados que apresentam elevado número de sementes por unidade de área foliar (Wolfe *et al.*, 1988) como ocorre com *U. platyphylla*.

A emissão de inflorescências pelas duas espécies não apresentou diferença, ocorrendo primeiramente nas plantas submetidas ao tratamento lâmina d'água, o que provavelmente está diretamente relacionada ao aumento da produção de etileno em plantas sob hipoxia radicular, o que promove rápida formação de aerênquimas (Joshi & Kumar, 2012) e encurtamento do ciclo vegetativo em função da aceleração de processos fisiológicos envolvidos com a senescência das plantas provocadas pela produção do fitohormônio (Taiz & Zeiger, 2013).

Apesar da adaptabilidade a adversidades climáticas e a diferentes ambientes, cada espécie possui uma condição de ambiente que proporciona melhores condições para se desenvolver e expressar seu potencial máximo. O desenvolvimento vegetal, bem como a produção de massa seca (MS) são características variáveis em decorrência de alterações em níveis de luz, temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes (Hunt, 1990).

Costa Filho *et al.*, (2006) constataram que o solo mantido com 100% da capacidade de campo promoveu maior alocação de matéria seca em plantas de Alfavaca (*Ocimum gratissimum* var. *macrophyllum*), resultados estes que corroboram com os encontrados para as espécies em estudo, as quais produziram maiores níveis de MS de parte aérea quando desenvolvidas sob a condição de água em 100% da capacidade de campo.

A menor tolerância de espécies a ambientes com excesso de água (lâmina d'água), como foi o caso de *U. plantaginea*, leva a uma redução na troca de gases entre a planta e o ambiente (Armstrong *et al.*, 1994; Kozlowski, 1997), o que, segundo Liao & Lin (2001), altera o metabolismo celular provocando queda na respiração radicular, conseqüentemente reduzindo a produção de ATP, levando ao menor desenvolvimento das plantas. Assim como

ocorreu com *U. plantaginea*, que produziu menor MS de parte aérea quando submetida a desenvolver-se sob lâmina d'água.

O excesso de umidade no solo promove déficit de oxigenação radicular nas plantas, o que desencadeia respostas funcionais e de desenvolvimento para promover a aclimação à hipoxia ou anoxia. Condições estas, que levam a adaptações anatômicas (Kawase, 1981; Geigenberger, 2003) como a produção de aerênquimas (Pereira *et al.*, 2008), entretanto, não é possível manter o metabolismo aeróbio e a produção de energia suficiente para que a planta cresça adequadamente (Kozlowski, 1984).

A redução no crescimento das plantas submetidas a condições adversas deve-se aos seguintes fatores: diminuição da produção de ATP (adenosina tri-fosfato), resultante do metabolismo anaeróbico; fechamento estomático, com redução na captação de CO₂; menor fotossíntese; menor absorção de nutrientes e translocação de carboidratos; além do desencadeamento da expressão de proteínas específicas de estresse anaeróbico, os chamados polipeptídeos anaeróbicos (ANP) (Liao & Lin, 2001).

A baixa disponibilidade hídrica é uma condição que leva ao fechamento estomático, ocorrendo menor suprimento de CO₂ nas folhas, comprometendo o desenvolvimento do vegetal, conseqüentemente menor produção de biomassa (Singh-Sangwan *et al.*, 1994; Silva & Casali, 2000; Paiva *et al.*, 2005), resultado este que está de acordo com a menor produção de MS de parte aérea apresentada por *U. platyphylla* quando desenvolvida sob baixa quantidade de água no solo (50% da capacidade de campo).

A produção de MS de raiz apresentou variou entre os diferentes ambientes. Resultado também encontrado por Rosolem *et al.* (1999) com plantas de milho, onde verificaram que o comportamento do sistema radicular da gramínea foi afetado por diferentes condições de umidade do solo, produzindo menor massa seca em condições de excesso de umidade.

Trabalhando com *Urochloa mutica* (Forssk.) T.Q. Nguyen e *Paspalum fasciculatum*, Martínez & Dias Filho (2012) verificaram que a produção de massa seca total, de colmo + bainha e de raiz, nas duas gramíneas estudadas, foi reduzida significativamente mediante a interação das condições de alagamento do solo com sombreamento (déficit luminoso), quando comparadas às plantas controle. Resultados estes, que estão em acordo com observado para *U. plantaginea* e *U. platyphylla*, as quais apresentaram menor produção de MS radicular a medida em que aumentou a disponibilidade de água no solo, sendo a menor MS radicular encontrada quando as espécies foram desenvolvidas sob lâmina d'água (figura 3 – gráficos A e B).

Estudando o efeito da inundação em ervilha, Sá *et al.* (2004) verificaram que a elevação do nível freático, mantido até a fase de florescimento, promoveu redução superior a 50% no peso de mil sementes e na produção de sementes. Verificaram que os efeitos negativos foram aumentando na medida em que aumentou o período em que o sistema radicular ficou submerso, bem como em função do estágio da cultura em que iniciou o alagamento. Segundo Wolfe (1988), a drástica redução da produtividade e na produção de sementes em algumas espécies, está relacionada com a maior ou menor adaptação destas ao ambiente hipóxico e com as alterações verificadas nas plantas, principalmente com a redução da parte aérea e da área fotossinteticamente ativa ocasionada pelo déficit de oxigenação radicular. Nesta condição, há redução na produção de ATP (adenosina tri-fosfato), reduzindo o metabolismo celular e a eficiência fotossintética e conseqüentemente o desenvolvimento da planta, reduzindo o número de inflorescências e a capacidade de formação de sementes e enchimento destas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado para Macedo, L. C. P., a qual possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armstrong, W.; Brändle, R.; Jackson, M. B. 1994. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta botanica neerlandica**, 43 (4): 307-358.
- Bartlett, R. J.; James, B. R. 1993. Redox chemistry of soil. **Advances in Agronomy**, San Diego, 50: 151-208.
- Boldrini, I. I.; Longhi-Wagner, M. H.; Boechat, S. C. 2005. **Morfologia e Taxonomia de Gramíneas Sul-Rio-Grandenses**. Ed. 1. Porto Alegre, Editora da UFRGS.
- Costa Filho, L. O.; Encarnação, C. R. F.; Oliveira, A. F. M. 2006. Influência hídrica e térmica e desenvolvimento de *Ocimum gratissimum* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 8 (1): 8-13.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro. 212p. : il. (EMBRAPA-CNPS. **Documentos**; 1).

- Forsythe, W. 1975. Física de suelos: **Manual de Laboratório**. Instituto interamericano de ciência agrícola, San José, Costa Rica.
- Filgueiras, T.S. *et al.* 2013. Poaceae. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico-Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB193>>. Acesso em: 12 Jan. 2015.
- Fries, D.D.; Alves, J. D.; Delú Filho, N.; Magalhães, P. C.; Goulart, P. F. P. 2007. Crescimento de plântulas do milho “saracura” e atividade de a-amilase e invertases associados ao aumento da tolerância ao alagamento exercido pelo cálcio exógeno. **Bragantia**, 66: 1-9.
- Geigenberger, P. 2003. Response of plant metabolism to too little oxygen. **Current Opinion in Plant Biology**, 6: 247-256.
- Hunt, R. 1990. **Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners**. London, Unwin Hyman.
- Joshi, R.; Kumar, P. 2012. Lysogenous aerenchyma formation involves non-apoptotic programmed cell death in rice (*Oryza sativa* L.) roots. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, 18(1): 1-9.
- Kawase, M. 1981. Anatomical and morphological adaptation off plants to waterlogging. **HortScience**, 16: 30-34.
- Kissmann, K. G. 1997. **Plantas infestantes e nocivas**. Ed. 2. São Paulo, Basf Brasileira.
- Kozłowski, T.T. 1984. Responses of woody plants to flooding. In: Kozłowski, T.T. Ed. **Flooding and Plant Growth**. Academic Press, New York, p.129–163.
- Kozłowski, T.T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**. v.1.
- Lafitte, H. R.; Bennett, J. 2002. Requeriments for aerobic rice. Physiological and molecular considerations. In: **Bouman BAM, Hengsdijk H, Bindraban PS, Tuong TP, Hardy B, Ladha JK (eds)**. Water wise rice production. International workshop on water-wise rice production. Los Banos, Phillipines. 8-11 Apr. IRRI, pp.259-274.
- Liao, C.T.; Lin, C.H. 2001. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council**, 25 (3): 148-157.
- Lorenzi, H. 2000. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. Ed. 3. Nova Odessa, Plantarum.
- Martínez, G. B.; Dias Filho, M. B. 2012. Respostas Morfológicas de Gramíneas de Várzea Sob Inundação e Sombreamento. Embrapa Amazônia Oriental. **Documentos**. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103456/1/6706.pdf> - Acesso em 15 de janeiro de 2015.
- Moreira, H.J.C. & Bragança, H.B.N. 2010. **Manual de Plantas Infestantes: Arroz**. São Paulo, FMC Agricultural Products.

Paiva, A. S.; Fernandes, E. J.; Rodrigues, T. J. D.; Turco, J. E. P. 2005. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, 25 (01): 161-169.

Pereira, F. J.; Castro, E. M.; Souza, T. C. 2008. Evolução da anatomia radicular do milho 'Saracura' em ciclos de seleção sucessivos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43 (12): 1649-1656.

Ramos, T.B. et al. 2011. Field Evaluation of a multicomponent solute transport model in soils irrigated with saline waters. **Journal of Hydrology**, 407: 129-144.

Rosolem, C.A.; Fernandez, E.M.; Andreotti, M.; Crusciol, C.A.C. 1999. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34: 821-828.

Sociedade Sul-Brasileira De Arroz Irrigado. 2014. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Arroz Irrigado: **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Bento Gonçalves, RS, SOSBAI.

Scheeren, P.L.; Carvalho, F.I.F.; Federizzi, L.C. 1995. Resposta do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e excesso de água no solo. Parte II: Teste no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 30: 605-619.

Singh–Sangwan, N.; Abad Farooqi, A. H. Singh Sangwan, R. 1994. Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. **New Phytologist**, 128: 173-179. 28 apr. 2006.doi: 10.1111/j.1469-8137.1994.tb04000.x

Silva, F.; Casali, V.W.D. 2000. **Plantas medicinais e aromáticas: Pós colheita e óleos essenciais**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia.

Souza Filho, A.P.S.; Veloso, C. A. C.; Gama, J. R. N. 2000. Capacidade de absorção de nutrientes do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha*) e da planta daninha malva (*Urena lobata*) em função do pH. **Planta daninha** 18 (3). Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582000000300008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 09 out. 2014. doi: 10.1590/S0100-83582000000300008.

Souza, V. C., Lorenzi, H. 2005. **Botânica Sistemática. Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Ed. 1. Nova Odessa, SP, Instituto Plantarum.

Taiz, L.; Zeiger, E. 2013. **Fisiologia Vegetal**. [tradução: Armando Molina Divan Junior.et al.]; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira. – Ed. 5. – Porto Alegre, Artmed.

Turner, N. C. 1986. Adaptation to water deficits: a changing perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, 43: 175- 190.

Vartapetian, B. B.; Adreeva, I. N. 1986. Mitochondrial ultrastructure of three hydrophyte species at anoxia and in anoxic glucose supplemented medium. **Journal of Experimental Botany**, 37: 685-692.

Velho, G. F.; Crusciol, C. A. C.; Velini, E. D.; Castro, G. S. A.; Borghi, E. 2012. Interferência de *Brachiaria plantaginea* com a cultura do arroz, cv. Primavera. **Planta Daninha**, 30 (1). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582012000100003> Acesso em 12 de dezembro de 2014.

Wolfe, D.W.; Henderson, D. W.; Hsiao, T.C.; Alvino, A. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. **Agronomy Journal**, 80: 859-864.

Wright, G.C.; Smith, R.G.; McWilliam, J.R. 1983. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. I. Crop growth rate and yield response. **Australian Journal of Agricultural Research** 34: 615-626

ANEXOS

Figura 1. Duração do ciclo em dias, da emergência até a maturação das sementes e degrane, para *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo. UFSM, 2014.

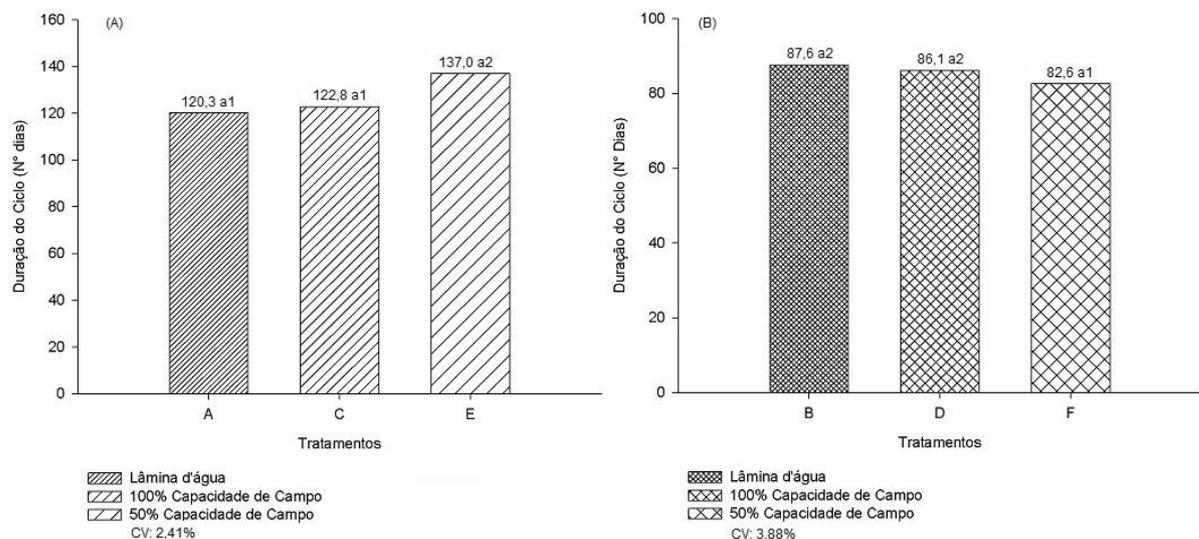


Figura 2. Emissão das inflorescências, na planta mãe (PM) e nos perfilhos (PERF), em *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo. UFSM, 2014.

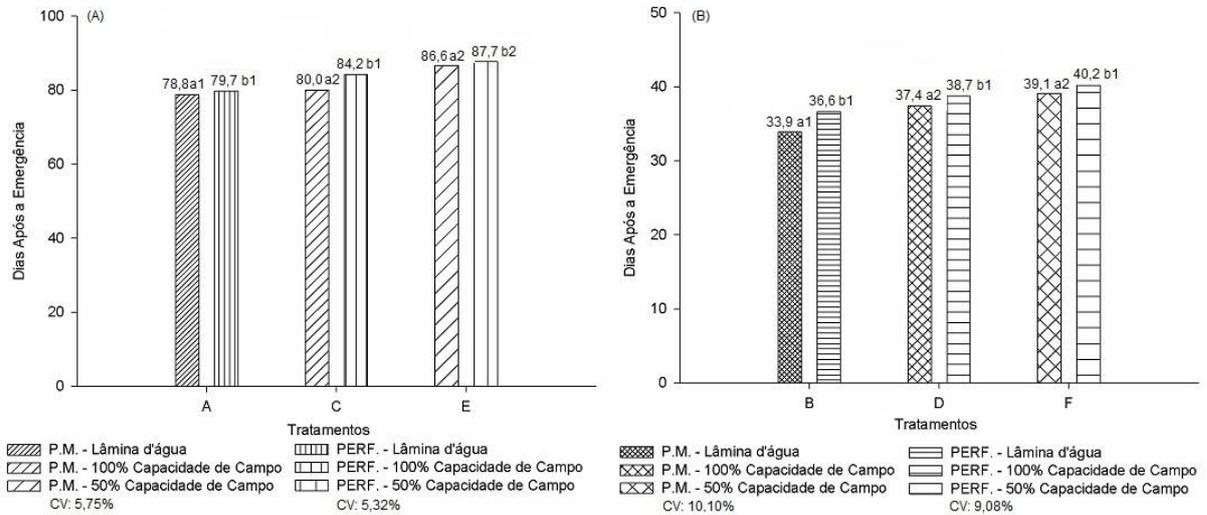


Figura 3. Massa seca de raiz e de parte aérea (P.A) para *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo. UFSM, 2014.

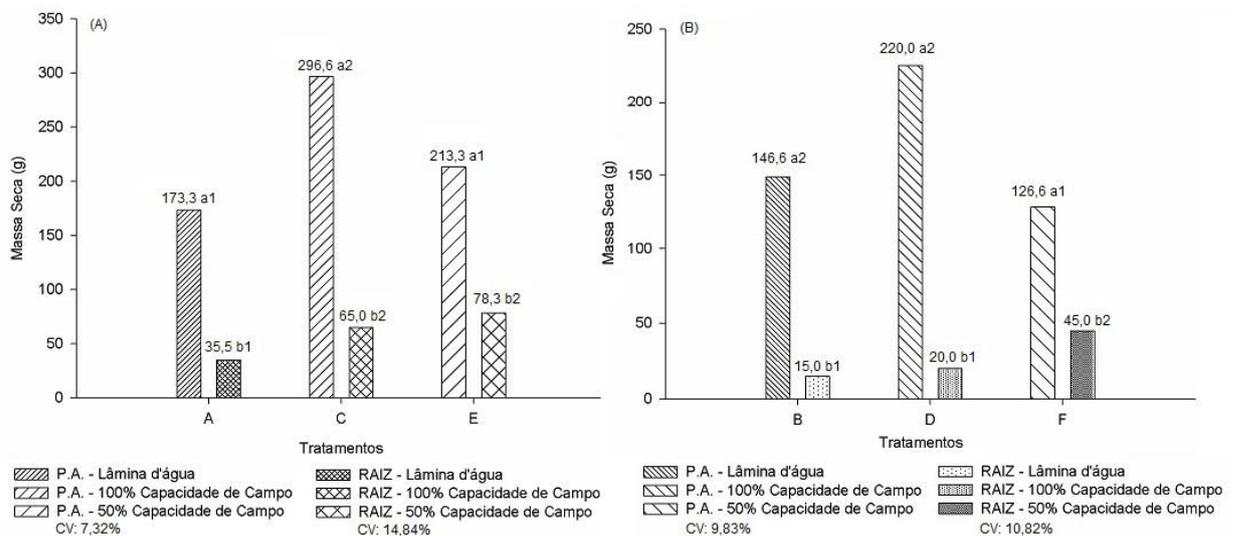


Figura 4. Número de inflorescências por planta em *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo. UFSM, 2014.

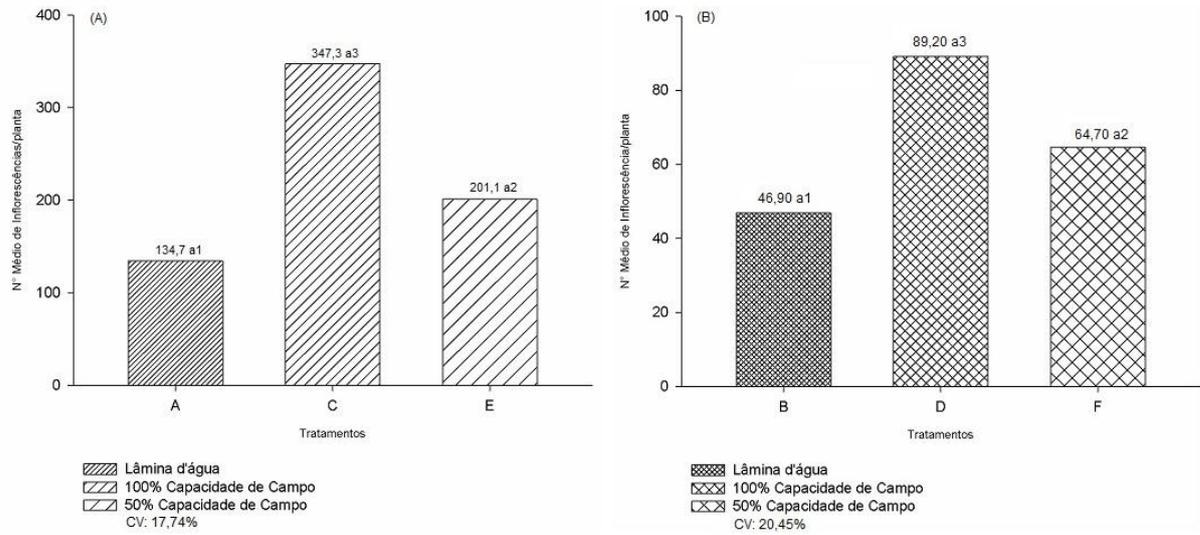


Figura 5. Número médio de ramos por inflorescência, em *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo. UFSM, 2014.

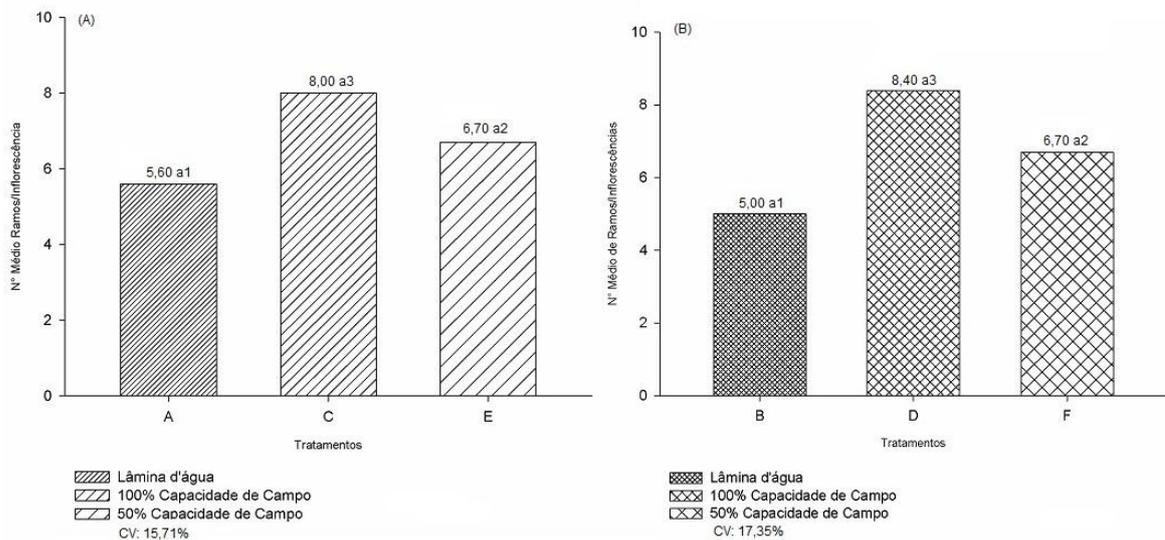


Figura 6. Número médio de espiguetas por ramo em *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo. UFSM, 2014.

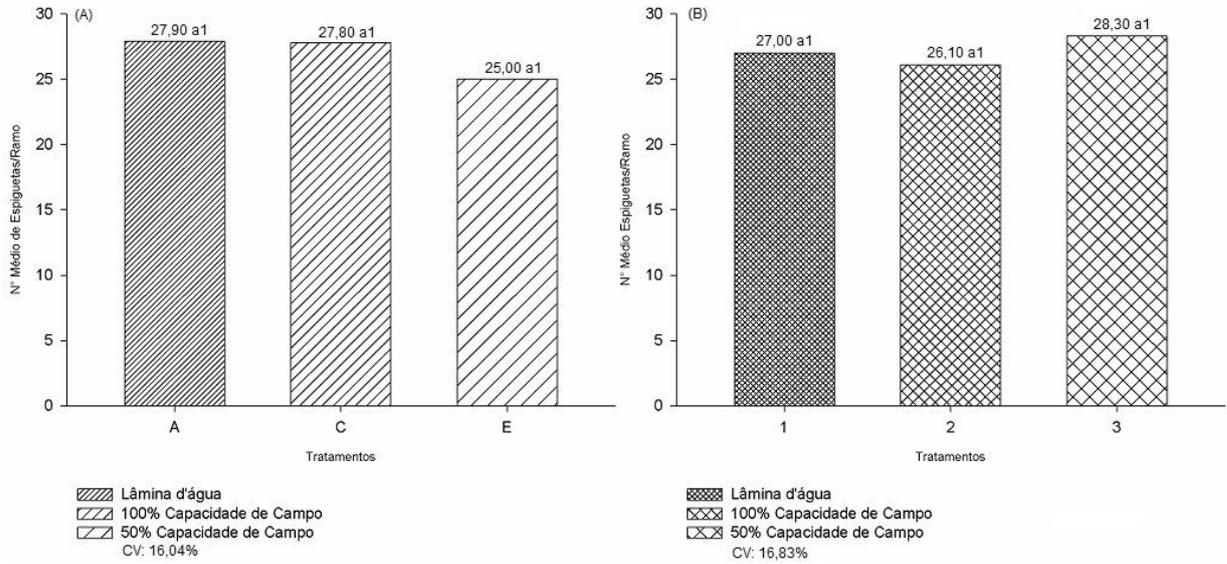
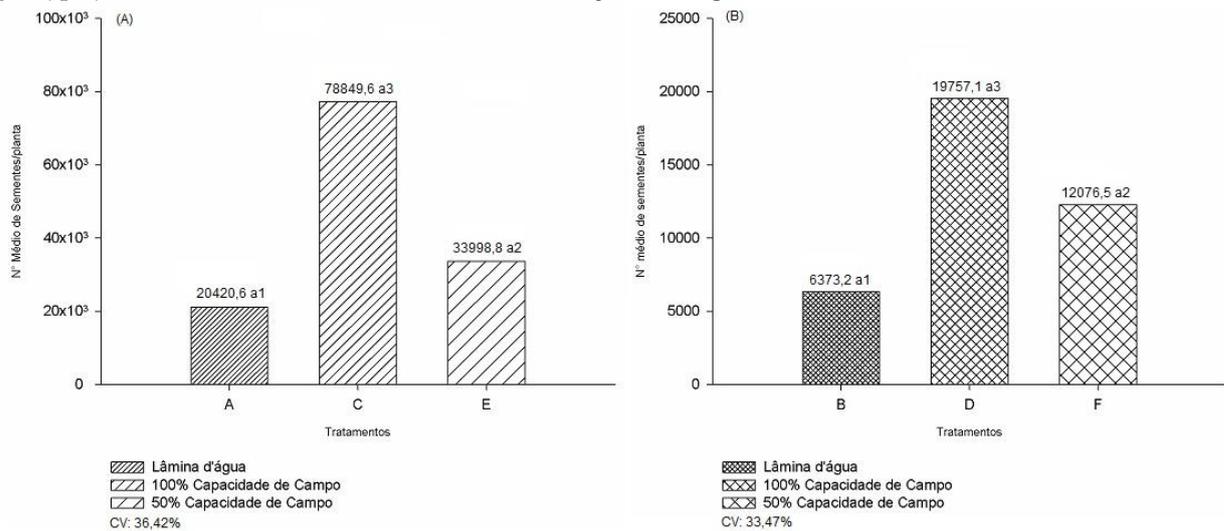


Figura 7. Número médio de sementes por planta em *Urochloa plantaginea* (A) e *Urochloa platyphylla* (B), submetidas a diferentes condições de água no solo. UFSM, 2014.



5. CAPÍTULO II

(artigo redigido de acordo com normas da revista *Acta Botanica Brasilica*)

ALTERAÇÕES ANATÔMICAS EM *Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster E *Urochloa platyphylla* (Munro ex C. Wright) R.D. Webster INDUZIDAS POR DIFERENTES QUANTIDADES DE ÁGUA NO SOLO.

RESUMO

Urochloa plantaginea e *Urochloa platyphylla* são citadas como plantas invasoras em várzeas onde se produz arroz. Por serem plantas que se ambientaram recentemente em condições de alagamento e solos mal drenados, pouco se conhece da biologia e do comportamento das mesmas nestas condições de hipoxia que induz alterações anatômico-morfológicas diferenciais conforme as características genótípicas e fenotípicas das espécies. Neste sentido, o trabalho tem por objetivo avaliar as alterações anatômicas em plantas de *Urochloa plantaginea* e *Urochloa platyphylla* cultivadas em três condições de umidade do solo: lâmina de água, 100% da capacidade de campo e 50% da capacidade de campo. Em cortes anatômicos foram avaliados: número e diâmetro (micrômetros - μm) de áreas de aerênquima em caules, raízes e folhas; diâmetro total e do cilindro central da raiz (μm); diâmetro da medula fistulosa e do córtex (μm) em caules; espessura do mesofilo e da nervura central foliar (μm). Verificou-se que com a condição de lâmina de água no solo induz-se ao aumento no número de regiões com aerênquimas em raízes e folhas, bem como o diâmetro dos mesmos, assim como maior diâmetro da medula fistulosa em caules. Entretanto, o cilindro central radicular e mesofilo foliar foram mais compactos na situação de alagamento do solo, do que em 50% e 100% da capacidade de campo.

PALAVRAS-CHAVE: Anatomia; Água; *Brachiaria*; Comportamento; Hipoxia; Poaceae.

ABSTRACT**ANATOMICAL CHANGES IN *Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster AND
Urochloa platyphylla (Munro ex C. Wright) R.D. Webster INDUCED BY DIFFERENT
AMOUNTS OF WATER IN SOIL.**

Urochloa plantaginea and *Urochloa platyphylla* are cited as weeds in rice paddy field. Because they are plants that have recently adapted to flooding and poorly drained soils, little is known about the biology and behavior of these same hypoxic conditions induces anatomical-morphological differences according genotypic and phenotypic characteristics of the species. In this sense, the work aims to evaluate the anatomic changes in plant *Urochloa plantaginea* and *Urochloa platyphylla* grown in three soil moisture conditions: water depth, 100% of field capacity and 50% of field capacity. In anatomical sections were evaluated: number and diameter (micrometers - μm) of aerenchyma in stems, roots and leaves; overall diameter and the central cylinder of the root (μm); fistulous diameter of the cortex and medulla (μm) in stems; thickness of the mesophyll and leaf midrib (μm). It was found that with increasing water depth condition number and diameter aerenchyma in roots and leaves of larger diameter fistulous marrow stem, root diameter smaller central cylinder and leaf mesophyll more compact than 50% and 100% of the field capacity.

KEY-WORDS: Anatomy; Behavior; *Brachiaria*; Poaceae; Hypoxic; Water.

INTRODUÇÃO

O ambiente várzea, onde é produzido arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul, se caracteriza por apresentar lençol freático superficial e drenagem deficiente. Desta forma, o alagamento é relativamente comum nestas condições (Andrade *et al.*, 1999), o que tem dificultado a rotação de culturas não tolerantes à hipoxia como soja e milho (Pereira *et al.*, 2008).

Condições como estas dificultam a manutenção do metabolismo aeróbico e a produção de energia em quantidade suficiente para o desenvolvimento dos vegetais não adaptados morfo-fisiologicamente para suportar a falta de oxigenação radicular (Koslowski, 1997).

O arroz irrigado e outras poáceas que sobrevivem em ambientes hipóxicos desenvolvem adaptações morfo-fisiológicas importantes (Kawase, 1981; Geigenberger, 2003), como a formação de aerênquimas em raízes, caules e folhas (Joshi & Kumar, 2012), aumento de raízes adventícias (Sá *et al.*, 2004) ou formação de espaços intercelulares maiores (Sena Gomes *et al.*, 1980) o que permite maior difusão de oxigênio da parte aérea até o sistema radicular mantendo o processo de respiração aeróbica temporariamente (Kawase, 1981). Em eudicotiledôneas arbustivas ou arbóreas (Rogge *et al.*, 1998; Medri *et al.*, 2011) há ainda a formação de lenticelas caulinares como um mecanismo adaptativo que favorece a troca de gases entre a planta e o ambiente, favorecendo a oxigenação em condições de anaerobiose (hipoxia) por alagamentos.

Hipoxia, ou depleção de oxigênio é um fenômeno que ocorre em solos onde há concentração de oxigênio em níveis menores do que os necessários para o desenvolvimento dos vegetais, sendo um termo reservado para situações onde esta concentração é o fator limitante à sobrevivência (Morard & Silvestre, 1996). É uma forma comum de stress em solos sob encharcamento ou inundação temporária como ocorre em áreas onde se realiza a irrigação intermitente. Assim, apenas o sistema radicular é submetido ao alagamento, ficando a parte aérea na atmosfera (Sairam *et al.*, 2008). A anoxia ocorre quando as plantas permanecem por longo tempo completamente submersas, sendo a forma extrema da hipoxia (Hossain & Udin, 2011).

Nesta situação, sob hipoxia, as plantas tendem a adaptar-se, modificando tecidos importantes como os parênquimas clorofilianos no mesófilo foliar e corticais ou medulares em caules e raízes. A formação de espaços lisígenos ou esquizógenos, entre eles os aerênquimas, é intensificada (Hossain & Udin, 2011) pela desestruturação da parede celular,

principalmente pela maior concentração de etileno (Jackson, 1979) que estimula a formação destes, com o aumento na concentração celular de etanol e acetaldeído, e a acidificação do citoplasma em decorrência da presença de lactato. Estes compostos desencadeiam a formação destes tecidos adaptativos à anaerobiose ao promoverem rupturas celulares (parede celular), aumentando a ocorrência destes espaços aeríferos (Alves *et al.*, 2002).

Outros autores demonstram que também há formação de H₂O₂ (peróxido de hidrogênio) pelos processos oxidativos da célula e a alta concentração deste composto acaba por levar à ruptura da parede celular (Tenhaken *et al.*, 1995) e os sinais de interação entre o H₂O₂ e o etileno estimulam a formação de aerênquimas e o alargamento dos espaços de difusão de O₂ (Colmer *et al.*, 2006).

Aerênquima é um tecido especial que constitui canais contínuos ou espaços de gases mais largos na parte aérea, bem como a porosidade de raízes pela presença de maiores espaços intercelulares que difundem gases, especialmente o oxigênio (Drew *et al.*, 1985).

Em poáceas, diversos autores verificaram que a formação de aerênquimas (Drew *et al.*, 1985; Hossain & Uddin, 2011; Joshi & Kumar, 2012) e outras alterações anatômico-morfológicas como formação de raízes adventícias (Bouranis *et al.*, 2006) e estolões (Povh *et al.*, 2005), permitem a sobrevivência das plantas em áreas mal drenadas. Entre elas, destacam-se o milho saracura (Alves *et al.*, 2002; Pereira *et al.*, 2008), o trigo (Hossain & Uddin, 2011), o arroz (Joshi & Kumar, 2012), capim braquiária (Martínez & Dias Filho, 2008), capim marandu e capim pensacola (Andrade *et al.*, 2004).

Entretanto, os mecanismos pelos quais as plantas toleram o excesso de umidade no solo e a consequente hipoxia, variam entre espécies, bem como a capacidade de cada uma em reagir adaptando-se morfológicamente e fisiologicamente a este stress ambiental. De acordo com Medri & Correa (1985), o estudo comportamental de espécies em condições de alagamento é fundamental, principalmente quando estas plantas têm potencial competidor com culturas anuais de interesse comercial (Dornelles, 2009), constituindo-se em plantas daninhas importantes no sistema de produção como as espécies *Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster (Capim Papuã) e *Urochloa platyphylla* (Munro ex C. Wright) R.D. Webster (Capim Taquarinha) que têm sido relatadas como infestantes de campos de produção de arroz irrigado (Kissmann, 1997; SOSBAI, 2014), havendo desconhecimento da sua biologia nestas condições de alagamento, principalmente para *Urochloa plantaginea* que é uma planta tipicamente de ambientes bem drenados como as terras altas. *Urochloa platyphylla* ocorre

também em locais encharcados na fronteira oeste do Rio Grande do Sul (Souza & Lorenzi, 2005).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações anatômicas de plantas de *Urochloa plantaginea* e *Urochloa platyphylla* submetidas a três condições de umidade do solo: 50% da capacidade de campo; 100% da capacidade de campo e lâmina de água permanente de 5 cm, visando identificar estruturas adaptativas a estes ambientes alagados hipóxicos.

MATERIAL E MÉTODOS

As plantas utilizadas na coleta de material para as análises foram obtidas a partir de cariopses coletadas de um acesso de *Urochloa plantaginea* e um acesso de *Urochloa platyphylla* ocorrentes em uma lavoura comercial de arroz na cidade de Itaqui, localizada na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul (LAT: 29° 14' 09,03" S LONG: 56°20' 07,80" W). Foram coletadas inflorescências separadamente para cada espécie e acondicionadas em saco de papel poroso, os quais foram identificados com o nome da espécie. Em laboratório, realizou-se a separação das cariopses, retirada de impurezas e pré-secagem das mesmas, posteriormente sendo armazenadas em câmara seca, até o início do experimento.

As sementes foram postas para germinação em vasos com capacidade para 7,5 l, os quais foram preenchidos com 2,5 kg de substrato orgânico e 4,0 kg de areia de textura média, esterilizada, compondo-se assim um sistema areia-substrato, alojados em casa de vegetação. Em cada vaso foram semeadas cinco sementes, sendo que após a emergência, realizou-se o raleio das plantas, permanecendo apenas uma planta por unidade experimental.

Para cada uma das espécies estudadas, sementes foram semeadas em 20 vasos, sendo que após o estabelecimento inicial das plantas descartou-se oito, permanecendo 24 vasos ao total (12 para cada espécie). Cada grupo de quatro vasos (mesmos acessos) foram divididos em três grupos (tratamentos) com quatro (repetições), onde um grupo recebeu irrigações até atingir 50% da capacidade de campo do sistema areia-substrato, outro grupo recebeu irrigação constante, mantendo o sistema areia-substrato com 100% da capacidade de campo e o terceiro grupo recebeu irrigação constante, mantendo-se lâmina de água de 5 cm (recomendada na produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul).

Para uniformizar a irrigação durante a condução do experimento, calculou-se a unidade gravimétrica do sistema areia-substrato conforme manual de métodos e análises de solo (Embrapa, 1997) e a partir da metodologia da coluna úmida proposta por Forsythe (1975) determinou-se a quantidade de água necessária para cada unidade experimental atingir 100% da capacidade de campo, sendo determinada pela saturação total do sistema. Quando atingida a saturação total, realizou-se a verificação da massa total da unidade experimental, a qual foi mantida até o final do experimento. A irrigação dos vasos foi realizada diariamente, onde, para se determinar a quantidade de água necessária cada dia em cada vaso, realizava-se a medida da massa da unidade experimental, utilizando-se uma balança eletrônica marca ACS System Eletronic Scale com precisão de 5 g, adicionando-se água até atingir a massa total pré-determinada (vaso + sistema areia substrato seco + 100% capacidade de campo para ambientes de várzea e 50% para ambiente de coxilha).

A emergência das plantas da espécie *Urochloa platyphylla* ocorreu entre os dias 9 e 14 de janeiro e a emergência de *Urochloa plantaginea* se deu entre os dias 8 e 14 de janeiro. Os diferentes tratamentos com quantidades de água nas unidades experimentais tiveram início após o estabelecimento inicial das plantas, quando as mesmas se encontravam com média de 2-3 folhas, após o desbaste realizado.

A coleta de material vegetal utilizado para confecção das lâminas foi realizada quando as plantas encontravam-se no estágio reprodutivo de florescimento pleno. De cada unidade experimental foi retirado com a utilização de bisturi, cortes do terço médio da folha bandeira, terço médio do caule e terço médio da raiz principal. O material foi acondicionado em tubos de ensaio contendo o fixador glutaraldeído 1% e formaldeído 4% (McDowell & Trump, 1976) em tampão fosfórico 0,1 M (Gabriel, 1982), com objetivo de manutenção da integridade celular. Os tubos de ensaio contendo o material coletado foram acondicionados em posição ereta, dentro de estantes de arame, e armazenados a 5°C até a confecção das lâminas.

A confecção das lâminas seguiu a técnica da historesina-Jung, conforme protocolo modificado por Mariath & Santos (1996). O emblocamento do material foi realizado em hidroxietilmetacrilato de acordo com protocolo de Gerrits & Smid (1983). Os cortes transversais (anatômicos) foram obtidos por seccionamento de material emblocado em historesina, através de micrótomo de rotação, sendo os cortes processados e fixados em lâmina de vidro e posteriormente corados com azul de toluidina 0,05% (Feder & O'Brien, 1968).

As avaliações anatômicas dos cortes de raiz, caule e folha de *Urochloa plantaginea* e *Urochloa platyphyla* obtidas pela metodologia descrita anteriormente, foram realizadas com o auxílio de um microscópio óptico Axio Scope.A1 da fabricante Carl Zeiss equipado com câmera fotográfica digital AxioCam de alta resolução. Com o uso da lente objetiva de 5x e lente ocular de 10x, obtiveram-se imagens com dimensão 2560x1920 pixels e resolução de 96 dpi armazenadas em formato JPEG, as quais foram analisadas por meio do software de processamento de imagens Zenn 2012.

Para cada estrutura foram avaliados parâmetros anatômicos relacionando-os às condições de umidade do solo, sendo eles: diâmetro dos aerênquimas da raiz (micrômetros - μm), diâmetro da raiz (μm), número de aerênquimas na raiz, diâmetro do cilindro central da raiz (μm), espessura do córtex radicular (μm), diâmetro dos aerênquimas do colmo (μm), número de aerênquimas do colmo, espessura da fístula do colmo (μm), espessura do córtex caulinar (μm), espessura do mesofilo foliar (μm), espessura da nervura central da folha (μm) e diâmetro dos aerênquimas da folha (μm).

As medidas de diâmetro de aerênquima, espessura da fístula do colmo, diâmetro do cilindro central e diâmetro de raiz foram realizadas em dois sentidos devido ao formato elipsoidal destas estruturas. Para obter-se um valor único calculou-se a média aritmética dos dois valores medidos.

Os dados obtidos foram analisados por meio do software de análises estatísticas Sisvar 5.3 Build 77, sendo submetidos à análise de variância e os efeitos dos tratamentos em cada variável comparados pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Urochloa plantaginea

Conforme dados apresentados na tabela 1, verifica-se que *Urochloa plantaginea*, na condição de lâmina de água, apresentou menor número de regiões com aerênquimas no caule, porém com maior diâmetro médio do que os tratamentos com 100% da capacidade de campo (Figura 3).

Avaliando-se o diâmetro médio da medula fistulosa e a espessura do córtex, observa-se que nos tratamentos com lâmina de água obteve-se maior diâmetro da fístula e maior espessura do córtex quando comparados com 100% da capacidade de campo e 50% da

capacidade de campo, evidenciando que à medida que se aumenta a quantidade de água no solo, até a condição de hipoxia, há um aumento do engrossamento do caule, inclusive com presença de maior faixa esclerenquimática sub-epidérmica, que constitui-se em maior reforço compensatório ao aumento da cavidade da medula fistulosa para dar resistência ao crescimento do caule, como pode ser visto na figura 3.

Nas folhas de *U. plantaginea*, verifica-se que o aumento da quantidade de água no solo também proporcionou maior número médio de regiões com aerênquimas, sendo o tratamento lâmina d'água estatisticamente superior aos demais tratamentos. Em relação ao diâmetro médio destes, o maior valor ocorreu em 100% da capacidade de campo, sendo estatisticamente diferente dos tratamentos com lâmina de água e 50% da capacidade de campo (Tabela 1).

Um parâmetro que foi afetado pela condição de lâmina de água foi à espessura do mesofilo foliar, demonstrando que sob condições de excesso de água esta espécie sofre um encurtamento do parênquima clorofiliano homogêneo, superior às demais condições de umidade do solo, tornando este mesofilo mais compacto, mas sem efeito sobre a nervura central que apresentou médias estatisticamente iguais às condições de 100% da capacidade de campo e 50% da capacidade de campo (Tabela 1 e Figura 5).

As raízes apresentaram maior número de regiões com aerênquimas e maior diâmetro de aerênquimas na condição de 100% da capacidade de campo, seguido de lâmina de água. Ambos diferiram estatisticamente da condição de 50% da capacidade de campo que apresentou menores valores para estes parâmetros, como verificado na tabela 1 e figura 1.

Com relação ao diâmetro de raiz e diâmetro do cilindro central da raiz, verifica-se que lâmina de água apresentou os menores valores para estes parâmetros, sendo estatisticamente inferiores às demais condições de umidade do solo. 50% da capacidade de campo foi o tratamento que proporcionou maior diâmetro do cilindro central e em 100% da capacidade de campo ocorreu maior diâmetro da raiz, número de regiões com aerênquimas e diâmetro médio dos aerênquimas (Tabela 1).

Urochloa platyphylla

A tabela 2 apresenta os resultados dos parâmetros anatômicos avaliados em cortes transversais de *Urochloa platyphylla*. A partir da análise desta tabela, verifica-se que para anatomia caulinar encontrou-se um aumento da espessura da medula fistulosa à medida que se

aumentou a quantidade de água no solo, com maior valor de diâmetro da fistula na condição de lâmina de água seguida por 100% da capacidade de campo e de 50% da capacidade de campo, que apresentou o menor diâmetro para este parâmetro analisado (Figura 4). Com relação à espessura do córtex caulinar, verifica-se que seguiu a mesma tendência da medula fistulosa, com maior espessura cortical na condição de lâmina de água e a menor espessura com 50% da capacidade de campo.

Para folhas, o maior número de regiões aerênquimas, bem como o maior diâmetro dos aerênquimas ocorreu quando as plantas de *U. platyphylla* foram submetidas à lâmina de água, diferindo estatisticamente dos tratamentos com 50% da capacidade de campo e 100% da capacidade de campo, os quais apresentaram resultados inferiores para estes parâmetros (Tabela 2).

A condição de hipoxia proporcionada pela lâmina de água induziu as folhas de *U. platyphylla* a apresentarem células menores e mais compactas no parênquima clorofiliano homogêneo quando avaliado o mesofilo foliar. Já os tratamentos com 50% e 100% da capacidade de campo foram semelhantes entre si e superiores estatisticamente, apresentando espessura maior do mesofilo foliar em comparação à lâmina de água. A espessura da nervura central das folhas não foi afetada pelo aumento da quantidade de água no solo, sendo estatisticamente semelhante nas três condições avaliadas, conforme mostram a tabela 2 e a figura 6.

Observa-se, de acordo com a tabela 2, que em raízes não houve diferença estatística entre os tratamentos com 100% da capacidade de campo e lâmina de água quanto ao número de regiões aerênquimas. Entretanto, o diâmetro dos aerênquimas é maior com lâmina de água quando comparado com 50% da capacidade de campo e 100% da capacidade de campo, que não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Verifica-se que o diâmetro do cilindro central da raiz é reduzido na medida em que se aumenta a quantidade de água no solo, alcançando o maior valor médio na condição de 50% da capacidade de campo, sendo diferente de 100% da capacidade de campo e da lâmina de água que apresentaram menores valores para este parâmetro. Quando avaliado o diâmetro da raiz, incluindo córtex e cilindro central, não houve diferença significativa entre 100% da capacidade de campo e lâmina de água que foram estatisticamente inferiores a 50% da capacidade de campo, condição de umidade do solo que apresentou o maior diâmetro médio radicular, como mostram a tabela 2 e a figura 2.

DISCUSSÃO

Os dados obtidos nos ensaios permitem inferir que as duas espécies estudadas *U. plantaginea* e *U. platyphylla* mostraram-se sensíveis ao aumento da quantidade de água no solo, especialmente com lâmina de água que simula as condições de alagamento encontradas nas áreas mal drenadas do Rio Grande do Sul. Apesar da espécie *U. platyphylla* ser uma planta de ocorrência comum em ambientes encharcados das áreas de produção de arroz irrigado no Brasil (SOSBAI, 2014) e nos EUA (John *et al.*, 1988) verifica-se que também sofre alterações em sua morfo-anatomia sob condições de hipoxia. A espécie *U. plantaginea* é uma infestante mais recente, sendo tipicamente uma gramínea de terras altas (Kissmann, 1997; Lorenzi *et al.*, 2005), em adaptação no ambiente anaeróbico das terras baixas sulinas (SOSBAI, 2014), portanto, sofrendo também modificações importantes na sua morfo-anatomia para sobreviver em ambiente com baixa oxigenação radicular.

A formação de parênquima aerífero (aerênquimas) é uma alteração anatômica comum e importante para sobrevivência na condição de anaerobiose dos solos (Cassol *et al.*, 2008; Medri *et al.*, 2011) e foi verificada tanto em folhas como em raízes e caules avaliados neste estudo. Observa-se (Tabelas 1 e 2) que à medida que aumentou a quantidade de água no solo aumentou o número de aerênquimas em raízes e folhas das duas espécies avaliadas, sendo estatisticamente maior em lâmina de água, seguido de 100% da capacidade de campo e com menor formação destes tecidos aeríferos na condição de 50% da capacidade de campo.

Estudando o trigo (*Triticum aestivum*), Hossain & Uddin (2011) verificaram que as plantas sofreram adaptações anatômicas, como formação de aerênquimas lisígenos em caules e raízes, para sobreviver em ambiente anaeróbico provocado por excesso de água no solo. Estes tecidos aeríferos permitem difusão de O₂ das folhas para o caule e deste para as raízes sendo um canal de baixa resistência interna ao movimento do oxigênio entre a parte aérea e o sistema radicular (Haque *et al.*, 2010). Além disso, a oxigenação dos tecidos radiculares em plantas sob alagamento permite também que seja criada uma pequena zona oxigenada no solo, ao redor das raízes, onde podem sobreviver e atuar microorganismos aeróbicos que evitam o influxo excessivo de potenciais componentes tóxicos (sulfitos, nitritos, ferro e cobre) do solo alagado, para as raízes da planta (Visser *et al.*, 1997; Colmer, 2003).

Com relação à formação de aerênquimas em caules, verificou-se que as espécies responderam diferentemente ao aumento da quantidade de água no solo. *Urochloa plantaginea* (tabela 1) apresentou menor formação de aerênquima na condição de 50% da

capacidade de campo (em média 0,25 unidades de aerênquima por corte avaliado). Quando dobrou a quantidade de água no solo para 100% CC, foram obtidas 149 vezes mais unidades de aerênquima por corte e com lâmina de água 94 vezes mais do que em 50% CC. Estes resultados mostram que o acesso coletado é de introdução recente no ambiente alagado onde foi coletado, mantendo ainda características anatômicas de planta que se desenvolve em ambiente de terras altas bem drenadas, quando não é submetido à anaerobiose do solo.

Em *U. platyphylla* (tabela 2), os resultados foram diferentes para o caule. A condição de lâmina de água foi a que apresentou o menor número de aerênquimas caulinares formados. Em relação à 50% CC formou 1,54 vezes menos aerênquimas e para 100% CC esta relação foi 1,77 vezes menor. Pode-se observar que apesar da diferença estatística obtida pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro, esta espécie que já é ambientada em áreas alagadas há mais tempo, pouca alteração apresentou na formação de aerênquimas entre as três condições de água no solo, pressupondo que esta característica já esteja incorporada ao genótipo da espécie, que apresenta quantidade razoável de aerênquimas mesmo em condições de baixa umidade no solo, sendo que 50% da CC foi suficiente para o desenvolvimento dos tecidos aeríferos diferentemente do que ocorreu com *U. plantaginea* que praticamente não formou aerênquimas nesta condição.

Em milho, planta que comumente entra em senescência sob condições de alagamento (Alves *et al.*, 2002), os pesquisadores Vasellati *et al.* (2001) verificaram que houve formação de aerênquimas em raízes e caules em resposta à hipoxia e as plantas sobreviveram por um determinado período nesta condição de umidade do solo. Outros estudos realizados por Pereira *et al.* (2008) reforçam estes resultados, demonstrando que o milho denominado saracura é uma variedade que foi obtida pelo melhoramento genético para ser semeada em solos mal drenados, sujeitos a encharcamentos intermitentes, principalmente por sua capacidade de resposta em formação de aerênquimas estimulada por esta condição de anaerobiose radicular. Com capim coloninha (*Urochloa mutica*) e capim moruí (*Papalum fasciculatum*), Martínez & Dias Filho (2008) também chegaram a conclusões semelhantes quando estudaram efeitos do alagamento na morfologia das plantas.

Analisando-se os dados obtidos com os cortes caulinares das duas espécies avaliadas (tabelas 1 e 2) verifica-se que apesar da condição de lâmina de água ter apresentado menor número de aerênquimas que 100% CC para *U. plantaginea* e para *U. platyphylla*, o diâmetro destes e da medula fistulosa é maior nesta condição de lâmina, que simula o ambiente

alagado. Vasellati *et al.* (2001) também observaram maior diâmetro e aumento na área total do aerênquima em *Paspalum dilatatum* (Poir.) sob alagamento.

De acordo com Seago *et al.* (2005) a formação de aerênquimas no córtex de caules e raízes pode ser do tipo lisígeno ou esquizógeno. Em milho, Bouranis *et al.* (2006) e no arroz irrigado (Joshi & Kumar, 2012), verificaram que a formação dos aerênquimas é do tipo lisígena, começando na região central do córtex, para depois se espalhar de forma radial e tangencial.

Aerênquima lisígeno é formado através de desintegração celular (morte) de células no córtex primário de raízes adventícias (Haque *et al.*, 2010). O processo de formação deste tipo de aerênquima é comum em caules e raízes de arroz irrigado (Joshi & Kumar, 2012) e envolve o acúmulo de etileno nas plantas em função da formação de seu precursor ACC (1-amino cyclopropane 1-carboxylic acid) que depende da atividade da ACC sintase que é estimulada em condições de alagamento (Cohen & Kende, 1987). A falta de oxigenação bloqueia a conversão de ACC em etileno. Com isso, há acúmulo de sub-produtos da fermentação anaeróbica como etanol e acetaldeído (Alves *et al.*, 2002), bem como de compostos reativos como o H₂O₂ (Tenhaken *et al.*, 1995). Há uma acidificação parcial da parede celular provocando sua disruptura, bem como do tonoplasto dos vacúolos e da membrana nuclear (Hossain & Uddin, 2011), produzindo assim um tecido alargado que constitui um canal de difusão de gases, expandido pela sua presença com consequente aumento de espaços intercelulares pela pressão dos gases.

Já os aerênquimas esquizógenos são formados pela separação de células, a partir delas mesmas, muitas vezes acompanhadas de divisões e expansões normais, formando espaços intercelulares. Ocorre quando os espaços de gás intercelulares se unem durante o desenvolvimento do tecido sem morte celular ocorrendo (Joshi *et al.*, 2010).

Os espaços intercelulares são formados por crescimento diferencial, com as células adjacentes que os separam pela lamela média. É, por conseguinte, um processo normal de desenvolvimento envolvendo a formação de células corticais especializadas que se dividem e ampliam-se diferencialmente para criar espaços de gás ordenados por separação celular (Evans, 2003).

A análise anatômica dos cortes de caules (figura 3), das espécies *U. plantaginea* e *U. platyphylla*, permitem observar que inicialmente o aerênquima cortical caulinar parece ser formado de forma lisígena, estimulado pela condição de hipoxia. Posteriormente, os aerênquimas situados nas bordas da medula fistulosa, têm sua parede rompida e unem-se à

esta, ampliando o espaço da medula fistulosa, o que fica evidente quando se mediu o diâmetro desta, que foi maior em lâmina de água, explicando porque há menor número de aerênquimas corticais na contagem realizada nesta condição. Neste sentido, pode-se inferir que a fístula deve funcionar como um grande canal aerífero do caule. Para Joshi & Kumar (2012) aerênquimas lisígenos e esquizógenos são importantes sistemas de tecidos desenvolvidos pelos vegetais que produzem um mesmo resultado final, forma aerênquimas para a sobrevivência em solos alagados.

Kozlowski (1984) cita que a anaerobiose do solo, pelo alagamento, provoca redução no crescimento da parte aérea das plantas por alterações morfológicas como redução do crescimento dos entrenós, inibição da iniciação e expansão das folhas, produzindo folhas menores e mais compactas o que reduz a área foliar fotossinteticamente ativa. Neste estudo, verificamos que o aumento da quantidade de água no solo, promoveu a formação de tecido clorofiliano homogêneo mais compacto, com menor diâmetro do mesofilo foliar (tabelas 1 e 2) em condições de lâmina de água quando comparados com 50% CC e 100% CC que apresentaram medidas estatisticamente iguais entre si, comportamento na morfologia foliar similar entre as duas espécies de *Urochloa* analisadas.

Uma das alterações morfológicas que é citada como um efeito da hipoxia é a menor espessura e o menor número de feixes vasculares ou redução do espessamento e lignificação das paredes do xilema e do floema (Psicchio *et al.*, 2010).

No presente estudo, foram observadas alterações significativas nos tecidos condutores das folhas das espécies avaliadas (figura 2). Verifica-se que o diâmetro da nervura central não sofreu alteração em função do alagamento (tabelas 1 e 2), entretanto os vasos condutores das nervuras secundárias mostraram diferenças entre os tratamentos com maior ou menor quantidade de água no solo. Observou-se diferenças anatômicas quanto ao espessamento e lignificação das paredes do xilema, floema ou dos feixes vasculares, que se tornaram menos espessos em condição de lâmina de água, promovendo um afrouxamento da parede que se mostra deformada e com menor espessura. Medri *et al.* (2011) estudando a morfoanatomia de órgãos vegetativos de *Aegiphila sellowina* Cham. (Lamiaceae) verificaram que o alagamento promoveu redução do diâmetro da nervura mediana e da espessura do xilema em folhas. O floema não apresentou alterações anatômicas significativas entre os tratamentos com alagamento ou controle.

Com relação às raízes (tabelas 1 e 2; figura 1), verifica-se que os tecidos condutores foram afetados pelos tratamentos. O diâmetro do cilindro central foi sofrendo redução à

medida que foi aumentando a quantidade de água no solo, com menor diâmetro na condição de lâmina de água e o maior diâmetro com 50% CC. Neste sentido, em *U. platyphylla* a razão córtex/cilindro central é maior (1,70) para a condição de lâmina de água em relação a 100% CC (1,40) e a 50% CC (1,04) havendo uma redução de 41,27% do diâmetro do cilindro central em relação ao córtex nesta condição de alagamento. Para *U. plantaginea*, apesar de encontrar-se menor diâmetro do cilindro central em lâmina de água, em comparação aos demais tratamentos, verifica-se uma relação córtex/cilindro central equilibrada (1,02) em lâmina de água o que também verifica-se para 100% CC (1,06). Já para 50% CC a relação é de 0,39 verificando-se que nesta condição de menor quantidade de água, para esta espécie, o córtex foi 39,49% menor que o cilindro central, inverso do que ocorreu com a espécie *U. platyphylla*.

Avaliando plantas de *Lithraea molleoides* Vell. (Anacardiaceae) sob alagamento, Medri *et al.* (2007) verificaram menor espessura do cilindro central tanto de raízes como de caule quando comparadas com o tratamento controle sem alagamento. Neste estudo a razão cilindro central/córtex foi significativamente menor na base de caules das plantas alagadas em função de maior espessura cortical.

Em outro estudo, com a espécie *Heliocarpus popayanensis* Kunth (Malvaceae) Psicchio *et al.* (2010) verificaram que no caule e nas raízes de plantas alagadas houve redução do cilindro central em comparação com as plantas controle. Observaram que no caule, embora tenha ocorrido aumento da espessura do córtex, a redução do cilindro central em 50% resultou em maior razão córtex/cilindro central. Também verificaram que os tecidos condutores, especialmente o floema, eram menos desenvolvidos nas plantas alagadas que nas plantas controle.

Verifica-se também pela figura 1, que os vasos condutores, nas raízes de *U. plantaginea*) tem as paredes celulares menos espessas com menor lignificação, verificada também na endoderme onde o reforço de celulose e lignina em “U” mostra-se menos desenvolvido com o aumento da quantidade de água no solo. Observa-se que o afrouxamento celular, promove deformação nos cortes, em função da menor estruturação das paredes celulares sob anoxia.

Neste contexto, este estudo demonstrou que, sob alagamento, ocorrem alterações significativas na anatomia de plantas de *U. plantaginea* e *U. platyphylla*, as quais variam entre as espécies, conforme a maior ou menor habilidade da planta em adaptar-se ao ambiente hipóxico dos solos sob lâmina de água constante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado para Macedo, L. C. P., a qual possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, J. D. *et al.* 2002. Mecanismos de tolerância da variedade de milho "Saracura" (BRS 4154) ao alagamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 1: 41-52.
- Andrade, A.C.S.; Ramos, F.N.; Souza, A.F.; Loureiro, M.B.; Bastos, R. 1999. Flooding effects in seedlings of *Cytherexylum myrianthum* Cham. and *Genipa americana* L.: responses of two neotropical lowland tree species. **Revista Brasileira de Botânica**, 22: 281-285.
- Andrade, C. M. S.; Valentim, J. F.; Carneiro, J. C.; Vaz, F. A. 2004. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39 (3): 263-270.
- Bouranis, D. L. *et al.* 2006. Dynamics of aerenchyma distribution in the cortex of sulfate-deprived adventitious roots of maize. **Annals of Botany**, 97: 695-704.
- Cassol, B.; Agostinetto, D.; Mariath, J. E. A. 2008. Análise morfológica de *Sagittaria montevidensis* desenvolvida em diferentes condições de inundação. **Planta Daninha**, 26 (3): 487-496.
- Cohen, E.; Kende, H. 1987. *In vivo* 1-aminoacyl-clopropane-1-carboxylate synthase activity in internodes of deep water rice: Enhanced by submergence and low oxygen levels. **Plant Physiology**, 84: 282-286.
- Colmer, T. D. 2003. Long distance transport of gases in plants: a perspective on internal aeration and radial oxygen loss from roots. **Plant Cell and Environment**, 26: 17-36.
- Colmer T. D.; Flowers, T. J.; Munns, R. 2006. Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. **Journal of Experimental Botany**, 57: 1059–1078.
- Dornelles, S. H. B. 2009. Caracterização de acessos polimórficos de arroz vermelho do Rio Grande do Sul por descritores morfológicos e microssatélites. Santa Maria. 2009. 101p. **Tese** (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria.
- Drew, M. C.; Saglio, P. H.; Pradet, A. 1985. Larger adenylate energy charge and ATP/ADP ratios in aerenchymatous roots of *Zea mays* in anaerobic media as a consequence of improved internal oxygen transport. **Plant**, 165: 51-58.

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p. : il. (Embrapa-CNPS. **Documentos**; 1).
- Ernest, W.H.O. 1990. Ecophysiology of plants in waterlogged and flooded environments. **Aquatic botanic**. 38 (1): 73-90.
- Evans, D. E. 2003. Aerenchyma formation. **New Phytologist**, 161: 35-49.
- Feder, N.; O'Brien, T. P. 1968. Plant microtechnique: some principles and new methods. **American Journal of Botany**, 55 (1): 123-142.
- Forsythe, W. Física de suelos. 1975. **Manual de Laboratório**. Instituto interamericano de ciência agrícola, San José, Costa Rica.
- Gabriel, B. L. 1982. **Biological electron microscopy**. New York, Van Nostrand Reinhold.
- Geigenberger, P. 2003. Response of plant metabolism to too little oxygen. **Current Opinion and Plant Biology**, 6: 247-256.
- Gerrits, P.O.; Smid, L. 1983. A new, less toxic polymerization system for embedding of soft tissues in glycol methacrylate and subsequent preparing of serial sections. **Journal Microscopy**, 132: 81-85.
- Haque, M. E.; Abe, F.; Kawaguch, K. 2010. Formation and extension lysigenous aerenchyma in seminal root cortex of spring wheat (*Triticum aestivum* cv. Bobwhite line SH 9826) seedlings under different strength of waterlogging. **Plant Root**, 4: 31-39.
- Hossain, Md. A.; Uddin, S. N. 2011. Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat: Morphological and metabolic adaptations under hypoxia or anoxia. **Australian Journal of Crop Science**, 5(9): 1094-1101.
- Jackson, M. B. 1989. Regulation of aerenchyma formation in roots and shoots by oxygen and ethylene. In: **Osborn DJ, Jackson MB (eds) Cell separation in plants**. Springer-Verlag, Berlin.p. 263-274.
- John, T.; McGregor, Jr.; Roy, J.; Smith, Jr.; Ronald, E. 1988. Interspecific and Intraspecific Interference of Broadleaf Signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) in Rice (*Oryza sativa*). **Weed Science**, 36(5): 589-593.
- Joshi, R.; Shukla, A.; Mani, S. C.; Kumar, P. 2010. Hypoxia induced non-apoptotic cellular changes during aerenchyma formation in rice (*Oryza sativa* L.) roots. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, 16: 99-106.
- Joshi, R.; Kumar, P. 2012. Lysogenous aerenchyma formation involves non-apoptotic programmed cell death in rice (*Oryza sativa* L.) roots. **Physiology and Molecular Biology Plants**, 18 (1): 1-9.

- Kawase, M. 1981. Anatomical and morphological adaptation off plants to waterlogging. **HortScience**, 16: 30-34.
- Kissmann, K. G. 1997. **Plantas infestantes e nocivas**. Ed. 2. São Paulo, Basf Brasileira.
- Kozłowski, T. T. 1984. Responses of woody plants to flooding. In: Kozłowski, T.T. Ed. **Flooding and Plant Growth**. Academic Press. p.129–163.
- Kozłowski, T. T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**. v.1.
- Mariath, J. E. de A.; Santos, R. P. dos. 1996. Meios ópticos e eletrônicos no estudo da estrutura vegetal. UFRGS. Porto Alegre. **Manual de Laboratório**. p.24-25.
- Martínez, G. B.; Dias Filho, M. B. 2012. Respostas Morfológicas de Gramíneas de Várzea Sob Inundação e Sombreamento. Embrapa Amazônia Oriental – **Documentos**. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103456/1/6706.pdf> - Acesso em 15 de janeiro de 2015.
- McDoewell, E. M.; Trump, B. 1976. Histological fixatives for diagnostic light and electron microscopy. **Archives of Pathology and Laboratory Medicine**, 100: 405-414.
- Medri, M. E.; Correa, M. A. 1985. Aspectos histológicos e bioquímicos de *Joannesia princips* e *Spathodea campanulata*, crescendo em solos na capacidade de campo, encharcado e alagado. **Semina**, 6 (3): 147-154.
- Medri, M. E. *et al.* 2007. Alterações morfoanatômicas em plantas de *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. submetidas ao alagamento. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 29 (1): 15-22.
- Medri, C. *et al.* 2011. Morfoanatomia de órgãos vegetativos de plantas juvenis de *Aegiphila sellowiana* Cham. (Lamiaceae) submetidas ao alagamento do substrato. **Acta Botanica Brasílica**, 25 (2): 445-454.
- Moraes P.; Silvestre, J. 1996. Plant injury due to oxygen deficiency in the root environment of soilless culture: A review. **Plant and Soil**, 184: 243–254.
- Povh, J. A.; Rubin Filho, C. J.; Mourão, K. S. M.; Pinto, D. D. 2005. Respostas morfológicas e anatômicas de plantas jovens de *Chorisia speciosa* A. St.-Hil. (Bombacaceae) sob condições de alagamento. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 27: 195-202.
- Psicchio, C. M.; Bianchini, E.; Pimenta, J. A.; Sert, M. A.; Davanso-Fabro, V. M.; Medri, M.E. 2010. *Heliocarpus popayanensis* Kunth (Malvaceae) tolera a hipoxia do substrato? **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 32: 201-209.
- Pereira, F. J.; Castro, E. M.; Souza, T. C. 2008. Evolução da anatomia radicular do milho ‘Saracura’ em ciclos de seleção sucessivos. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, 43 (12): 1649-1656.
- Rogge, G. D.; Pimenta, J. A.; Bianchini, E.; Medri, M.E.; Dos Anjos, S.C.; Alves, L. M. T.

1998. Metabolismo respiratório de raízes de espécies arbóreas tropicais submetidas à inundação. **Revista Brasileira de Botânica**, 21(2): 153-158.

Sá, J. S. de; Cruciani, D. E.; Minami, K. 2004. Efeitos de inundações temporárias do solo em plantas de ervilha. **Horticultura Brasileira**, 22(1): 50-54. Online: ISSN 0102-0536. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362004000100010>.

Sairam, R.K.; Kumutha, D.; Ezhilmathi, K.; Deshmukh, P.S.; Srivastava, G.C. 2008. Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. **Biologia Plantarum**, 52: 401-412.

Seago, J. L.; Marsh, L. C.; Stevens, K. J.; Soukup, A.; Votrubová, O.; Enstone, D. E. 2005. A re-examination of the root cortex in wetland flowering plants with respect to aerenchyma. **Annals of Botany**, 96: 565-579.

Sena Gomes, A.R.; Kozłowski, T. T. 1980. Responses of *Pinus halepensis* seedlings to flooding. **Canadian Journal of Forest Research**, 10: 308--311.

Sociedade Sul-Brasileira De Arroz Irrigado. 2014. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Arroz Irrigado: **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Bento Gonçalves, RS, SOSBAI.

Souza, V. C.; Lorenzi, H. 2005. **Botânica Sistemática. Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Ed. 1. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum.

Tenhaken, R.; Levine, A.; Brisson, L.; Dixon, R. A.; Lamb, C. 1995. Function of the oxidative burst in hypersensitive disease resistance. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 92: 4158-4163.

Vasellati, V.; Oosterheld, M.; Medan, D.; Loreti, J. 2001. Effects of flooding and drought on the anatomy of *Paspalum dilatatum*. **Annals of Botany**, 88: 355-360.

Visser, E. J. W.; Nabben, R. H. M.; Blom, C. W. P. M.; Voeselek, L. A. C. J. 1997. Elongation by primary lateral roots and adventitious roots during conditions of hypoxia and high ethylene concentration. **Plant Cell and Environment**, 20: 647-53.

ANEXOS

TABELA 1 – Parâmetros anatômicos avaliados em cortes transversais de *Urochloa plantaginea*. UFSM, 2014.

| Parâmetros anatômicos avaliados | | | | | |
|----------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Estrutura | Tratamento³ | Diâmetro dos aerênquimas (µm)² | Diâmetro da fístula (µm) | Espessura do córtex (µm) | Número de aerênquimas |
| Caule | Lâmina | 196,418 a | 774,870000 a | 711.242 a | 23,500000 b |
| | 100% CC | 115,257 b | 690,215000 b | 516.391 b | 37,250000 a |
| | 50% CC | 4,840 c | 314,627500 c | 472.390 c | 0,250000 c |
| | C.V.(%) | 48,19 | 1,93 | 13,58 | 18,75 |
| | | Diâmetro dos aerênquimas (µm) | Espessura do mesófilo foliar (µm) | Espessura da nervura central do mesófilo foliar (µm) | Número de aerênquimas |
| Folha | Lâmina | 36,146 b | 123,391 b | 189,910 a | 9,45 a |
| | 100% CC | 57,293 a | 142,027 a | 193,500 a | 7,26 b |
| | 50% CC | 33,050 b | 142,346 a | 172,060 a | 0,42 c |
| | C.V.(%) | 29,61 | 5,50 | 10,24 | 7,32 |
| | | Diâmetro dos aerênquimas (µm) | Diâmetro do cilindro central (µm) | Diâmetro da raiz (µm) | Número de aerênquimas |
| Raiz | Lâmina | 113,967 b | 314,600 c | 638,585 c | 16,000 b |
| | 100% CC | 277,220 a | 469,795 b | 970,535 a | 24,750 a |
| | 50% CC | 43,333 c | 510,500 a | 712,145 b | 4,750 c |
| | C.V.(%) | 72,95 | 13,59 | 5,68 | 23,0 |

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro.

²Unidade (µm) = micrômetros.

³Tratamentos: Lâmina de água de 5 cm; 100% da Capacidade de Campo; 50% da Capacidade de Campo.

TABELA 2 – Parâmetros anatômicos avaliados em cortes transversais de *Urochloa platyphylla*. UFSM, 2014.

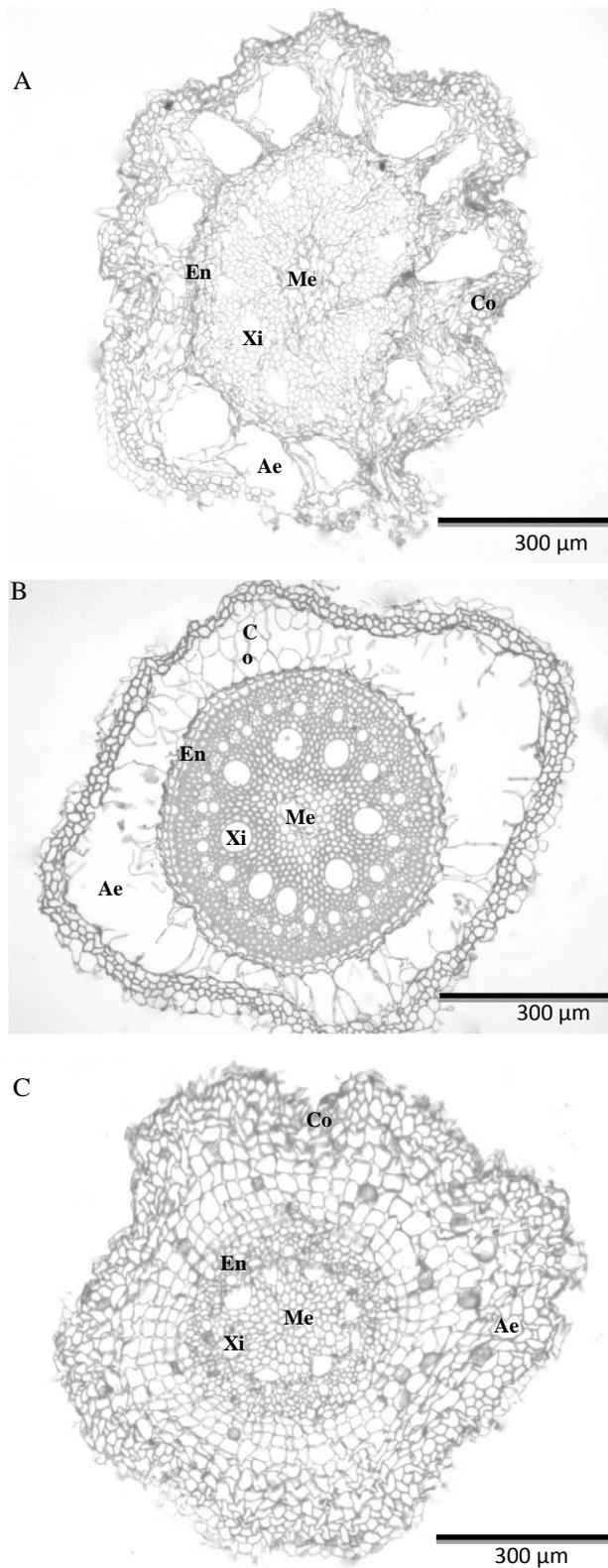
| Parâmetros anatômicos avaliados | | | | | |
|----------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Estrutura | Tratamento³ | Diâmetro dos aerênquimas (µm)² | Diâmetro da fístula (µm) | Espessura do córtex (µm) | Número de aerênquimas |
| Caule | Lâmina | 170,493 a ¹ | 787.425 a | 401,873 a | 43,750 b |
| | 100% CC | 163,640 a | 635.415 b | 380,205 b | 77,500 a |
| | 50% CC | 120,638 b | 538.705 c | 216,434 c | 67,500 a |
| | C.V.(%) | 30,70 | 18,45 | 8,99 | 32,54 |
| | | Diâmetro dos aerênquimas (µm) | Espessura do mesófilo foliar (µm) | Espessura da nervura central do mesófilo foliar (µm) | Número de aerênquimas |
| Folha | Lâmina | 104,128 a | 133,473 b | 181,390 a | 12,34 a |
| | 100% CC | 71,522 b | 159,830 a | 184,740 a | 8,35 b |
| | 50% CC | 55,296 b | 155,167 a | 169,115 a | 4,58 c |
| | C.V.(%) | 28,96 | 6,15 | 17,36 | 5,42 |
| | | Diâmetro dos aerênquimas (µm) | Diâmetro do cilindro central (µm) | Diâmetro da raiz (µm) | Número de aerênquimas |
| Raiz | Lâmina | 208,131 a | 278,330 c | 752,230 b | 28,000 a |
| | 100% CC | 133,476 b | 309,085 b | 751,880 b | 29,250 a |
| | 50% CC | 106,878 b | 474,250 a | 970,670 a | 16,250 b |
| | C.V.(%) | 39,54 | 5,23 | 3,85 | 9,99 |

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro.

²Unidade (µm) = micrômetros.

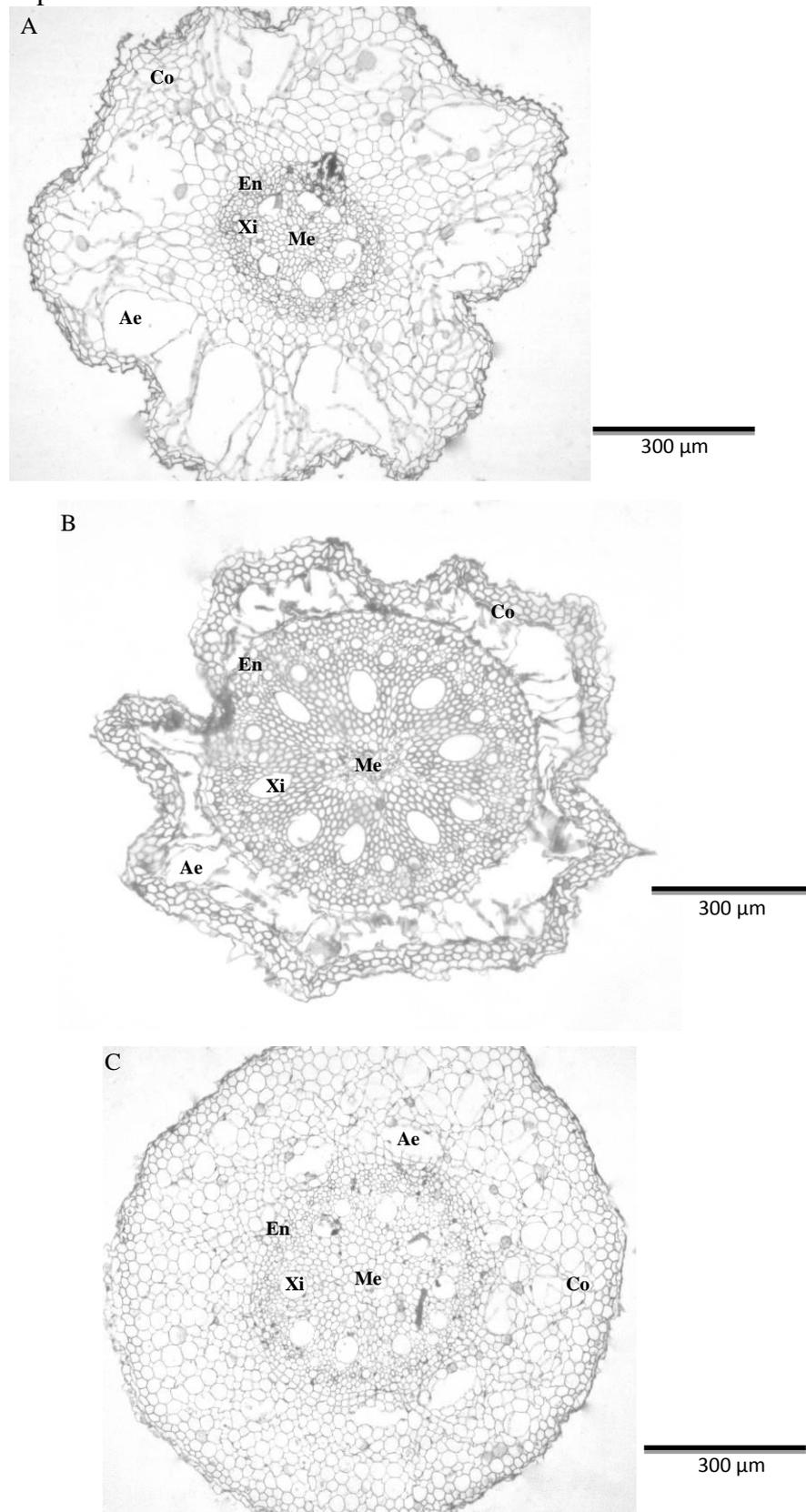
³Tratamentos: Lâmina de água de 5 cm; 100% da Capacidade de Campo; 50% da Capacidade de Campo.

Figura 1 – Alterações anatômicas em raízes de *Urochloa plantaginea* sob três condições de umidade do solo: (A) Lâmina de água, (B) 100% da capacidade de campo e (C) 50% da capacidade de campo.



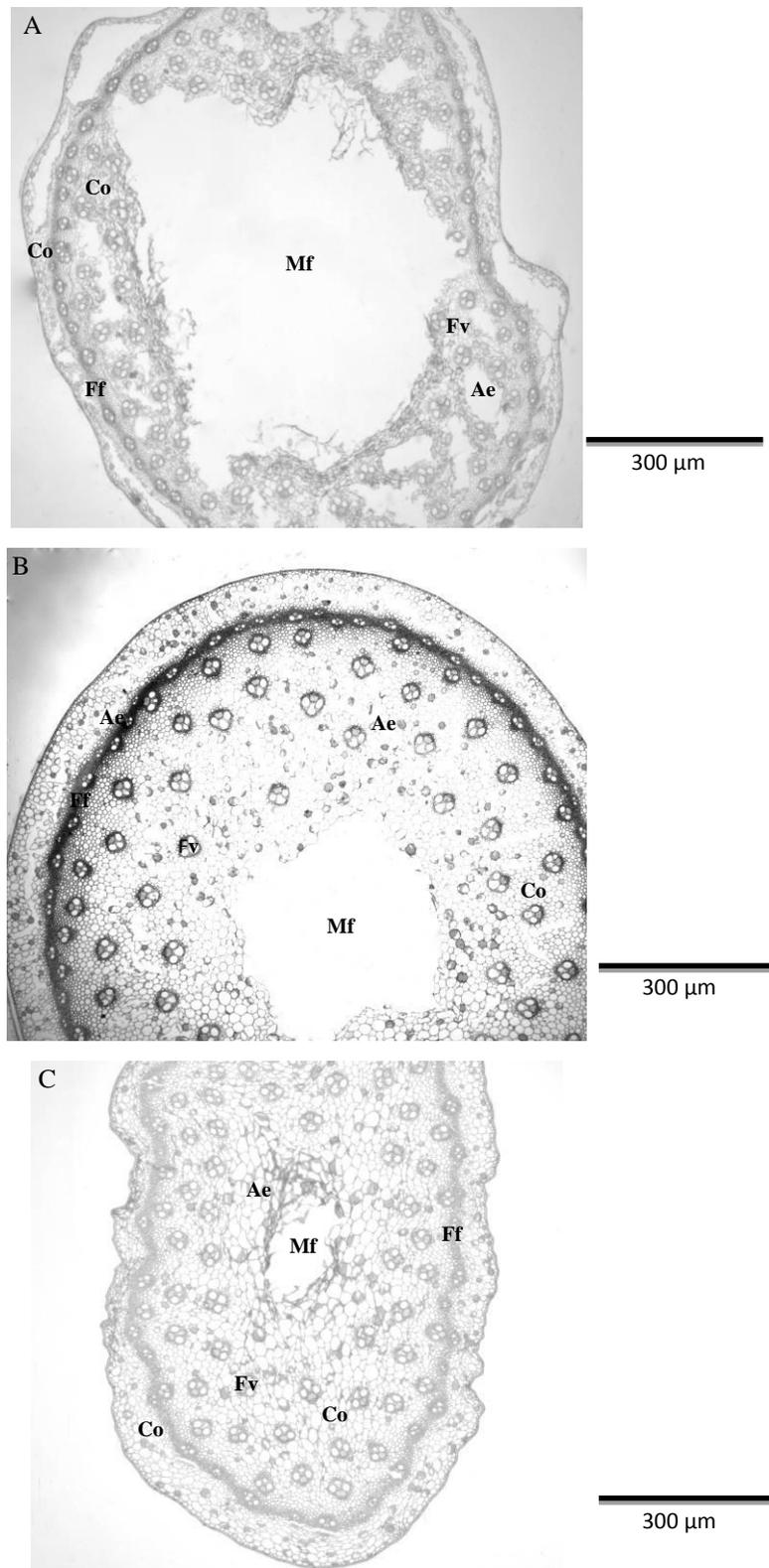
Córtex (Co); Medula do cilindro central (Me); Endoderme (En); Xilema (Xi); Aerênquima (Ae).

Figura 2 – Alterações anatômicas em raízes de *Urochloa platyphylla* sob três condições de umidade do solo: (A) Lâmina de água, (B) 100% da capacidade de campo e (C) 50% da capacidade de campo.



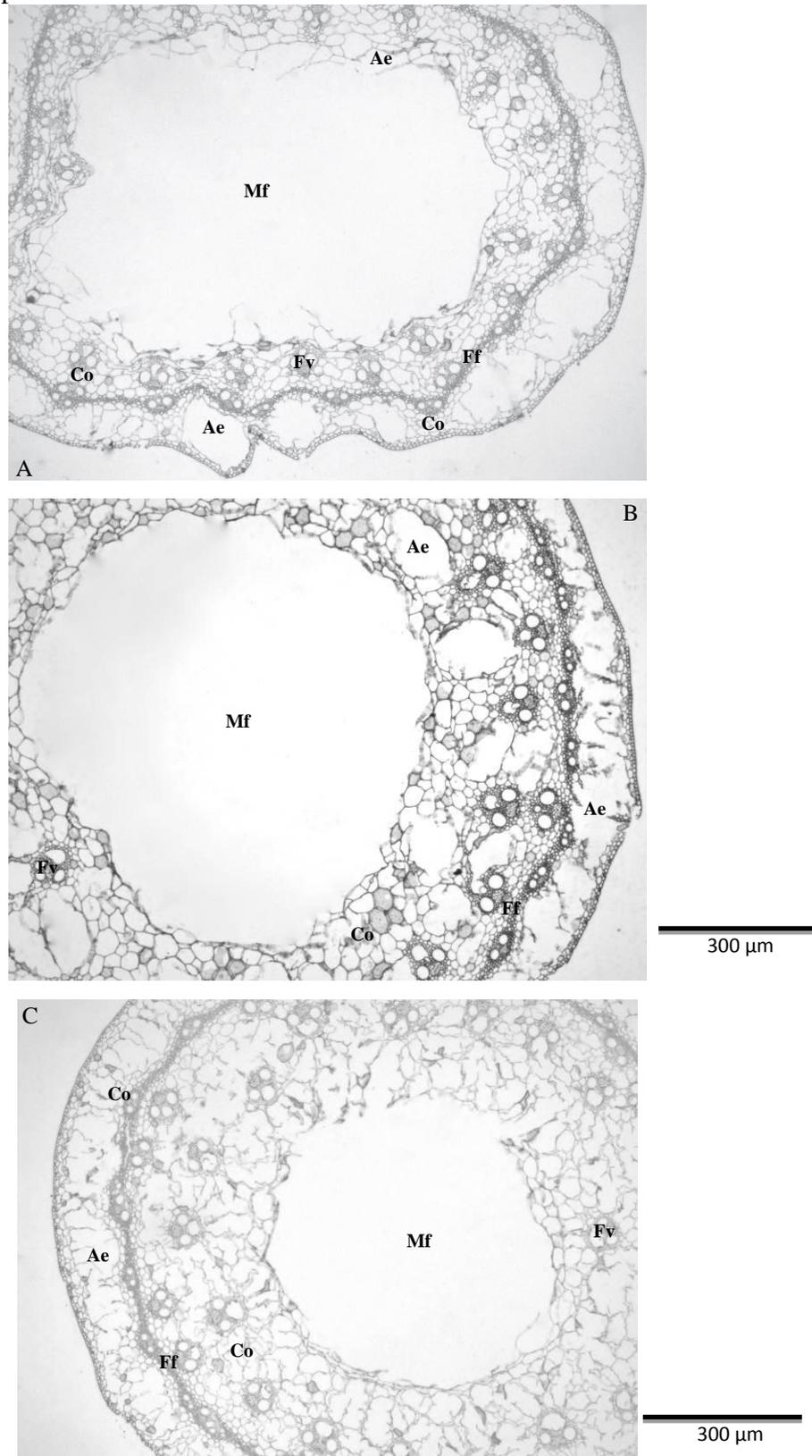
Córtex (Co); Medula do cilindro central (Me); Endoderme (En); Xilema (Xi); Aerênquima (Ae).

Figura 3 – Alterações anatômicas em caules de *Urochloa plantaginea* sob três condições de umidade do solo: (A) Lâmina de água, (B) 100% da capacidade de campo e (C) 50% da capacidade de campo.



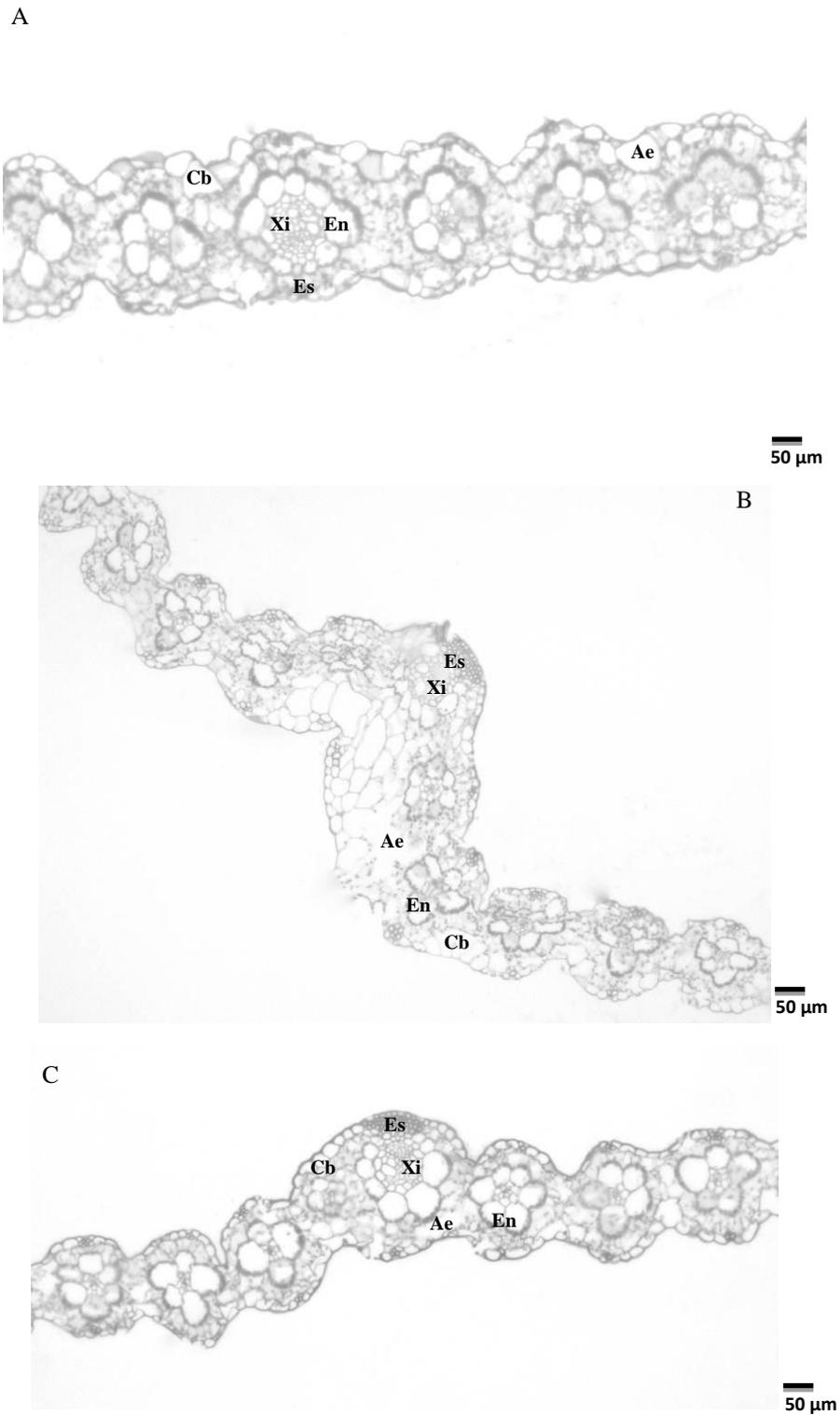
Medula fistulosa (Mf); Córtex (Co); Aerênquimas (Ae), Feixe de fibras (Ff); Feixes vasculares (Fv).

Figura 4 – Alterações anatômicas em caules de *Urochloa platyphylla* sob três condições de umidade do solo: (A) Lâmina de água, (B) 100% da capacidade de campo e (C) 50% da capacidade de campo.



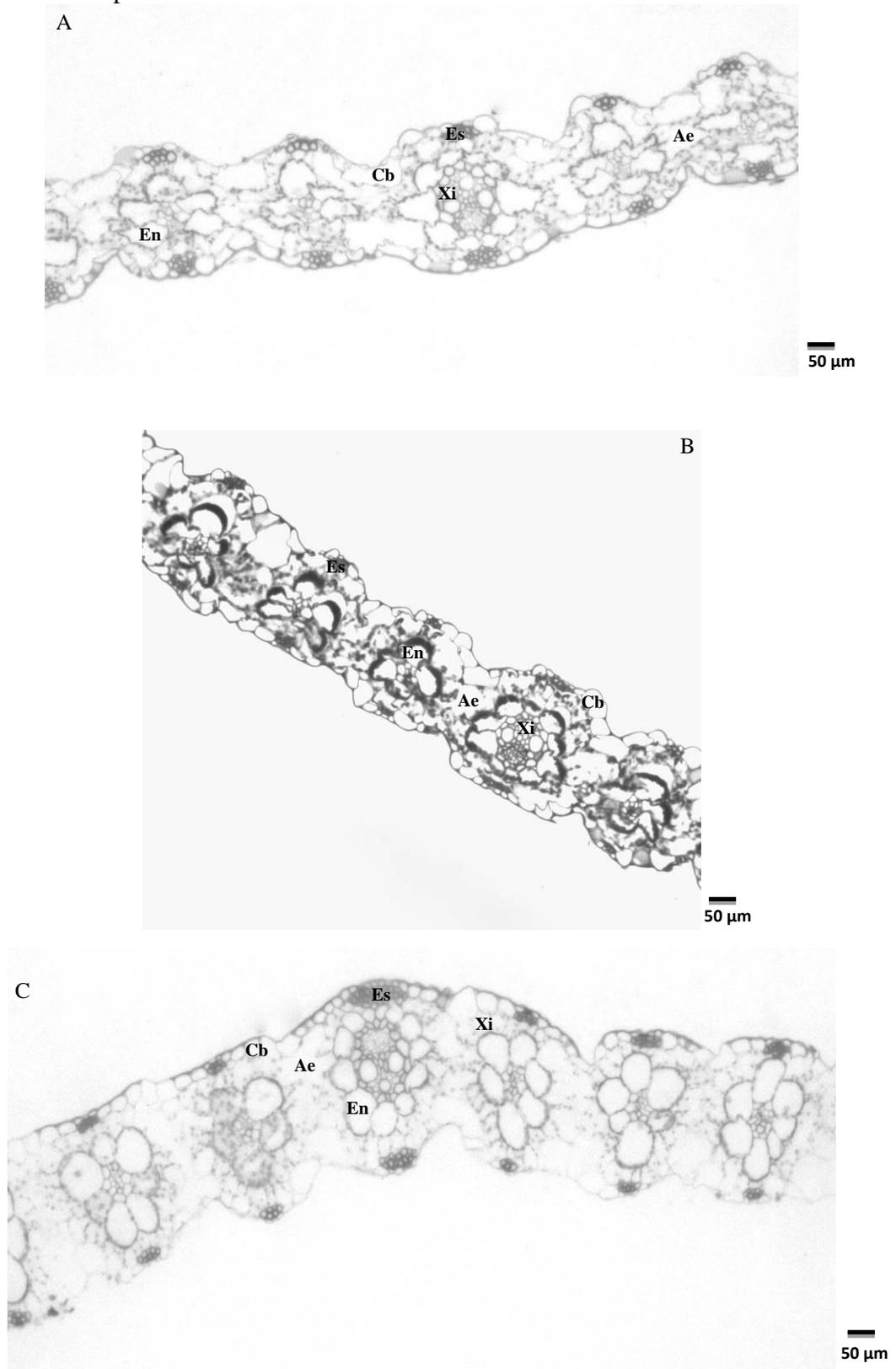
Medula fistulosa (Mf); Córtex (Co); Aerênquimas (Ae); Feixe de fibras (Ff); Feixes vasculares (Fv)

Figura 5 – Alterações anatômicas em folhas de *Urochloa plantaginea* sob três condições de umidade do solo: (A) Lâmina de água, (B) 100% da capacidade de campo e (C) 50% da capacidade de campo.



Células buliformes (Cb), Endoderme da bainha do feixe (En); Aerênquima (Ae); Xilema (Xi); Feixes esclerenquimáticos (Es).

Figura 6 – Alterações anatômicas em folhas de *Urochloa platyphylla* sob três condições de umidade do solo: (A) Lâmina de água, (B) 100% da capacidade de campo e (C) 50% da capacidade de campo.



Células buliformes (Cb), Endoderme da bainha do feixe (En); Aerênquima (Ae); Xilema (Xi); Feixes esclerenquimáticos (Es).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no estudo realizado mostram que ambas as espécies *Urochloa plantaginea* e *Urochloa platyphylla* desenvolveram-se sob as três diferentes condições de umidade do solo, inclusive sob lâmina de água. Pode-se inferir que, apesar de serem plantas características de ambientes mais secos, as duas espécies possuem mecanismos adaptativos os quais permitiram o desenvolvimento e o crescimento em ambiente com lâmina de água, diferente do seu habitat natural. O desenvolvimento de tecidos especializados em transportar oxigênio da parte aérea até as raízes (aerênquimas) foi o principal evento adaptativo verificado para *U. plantaginea* e *U. platyphylla* desenvolvidas sob lâmina de água no solo.

Observa-se que o alagamento do solo provocou alterações na morfologia das plantas, ocorrendo diferença entre as espécies quanto à adaptabilidade às diferentes quantidades de água no solo. Encurtamento do ciclo, redução na produção de massa seca, número e tamanho de aerênquimas, bem como menor produção de sementes foram as principais respostas observadas para as duas espécies em função do aumento da quantidade de água até o alagamento do solo (lâmina de água).

O ciclo de *U. plantaginea* foi abreviado sob a condição de lâmina d'água enquanto que para *U. platyphylla* esta resposta foi verificada na condição de 50% da capacidade de campo.

A produção de massa seca de parte aérea foi reduzida significativamente em condições de lâmina d'água para *U. plantaginea*, sendo que para *U. platyphylla* verificou-se esta redução quando submetida a condição de 50% da capacidade de campo porque já é uma espécie mais adaptada a ambientes encharcados, diferentemente de *U. plantaginea* que é de introdução mais recente em áreas mal drenadas como as várzeas do Rio Grande do Sul. A maior disponibilidade de água no solo promoveu menor desenvolvimento radicular, ocorrendo menor produção de massa seca na condição de lâmina d'água.

Os parâmetros morfológicos número de inflorescências por planta, número médio de ramos por inflorescências e número médio de sementes por planta também sofreram redução quando as plantas foram submetidas a se desenvolverem sob lâmina d'água.

Observaram-se respostas semelhantes para as duas espécies em relação aos parâmetros anatômicos. O alagamento do solo induziu o aumento do número e diâmetro de aerênquimas em raízes e folhas, enquanto que para o caule verificou-se um maior diâmetro da medula fistulosa. Os diâmetros do cilindro central radicular e do mesofilo foliar foram menores

(tecidos mais compactos) sob lâmina de água do que em 50% e 100% da capacidade de campo.

Neste sentido, verifica-se que a lâmina d'água pode ser uma alternativa de minimizar os danos causados por estas espécies nas áreas de produção de arroz irrigado. Pois, os resultados obtidos mostram que sob a condição de lâmina de água houve um menor desenvolvimento das plantas, ocorrendo menor acúmulo de massa seca de parte aérea, conseqüentemente imprimindo menor competição com as plantas cultivadas. Outro fator importante constatado foi a menor produção de sementes para ambas as espécies, ocasionando assim uma redução no banco de sementes.