

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

Sandriane Neves Rodrigues

**MORFOLOGIA DE CULTIVARES DIPLOIDE E TETRAPLOIDE  
DE AZEVÉM EM DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS DO  
SOLO**

Santa Maria, RS  
2017

**Sandriane Neves Rodrigues**

**MORFOLOGIA DE CULTIVARES DIPLOIDE E TETRAPLOIDE DE AZEVÉM  
EM DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO**

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

Orientador: Prof. Dr. Sidinei José Lopes

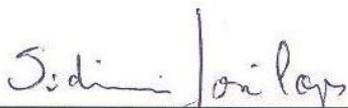
Santa Maria, RS  
2017

Sandriane Neves Rodrigues

**MORFOLOGIA DE CULTIVARES DIPLOIDE E TETRAPLOIDE DE AZEVÉM  
EM DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO**

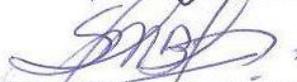
Dissertação de apresentada ao Curso de Mestrado do programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agrobiologia**.

Aprovado em 2 de Março de 2017:



---

Sidinei José Lopes, Dr. (UFSM)  
(Presidente/Orientador)



---

Sylvio Henrique Bidel Dornelles, Dr. (UFSM)



---

Danie Martini Sanchotene, Dr. (URI/Santiago)

Santa Maria, RS  
2017

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais, Genildo Rodrigues e Sandra Regina Neves Rodrigues, ao meu irmão, irmã, cunhada, cunhado e namorado, pelo exemplo, incentivo, amor e carinho. São pessoas fundamentais na concretização deste sonho. Agradeço todo o apoio e confiança depositados em mim para manter-me nessa caminhada. Ao meu sobrinho e afilhado Caliel, por me dar energia e entusiasmo com a alegria e inocência de uma criança. Agradeço aos amigos pela convivência, apoio e atenção e aos que já partiram que com certeza zelam por mim.*

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS POR NORTEAR A MINHA VIDA.

À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA QUE ME POSSIBILITOU A EXECUÇÃO DESTE TRABALHO.

AO MEU ORIENTADOR, PROF. SIDINEI LOPES, PELA CONFIANÇA E PACIÊNCIA, O MEU PROFUNDO RESPEITO E ADMIRAÇÃO.

AO PROFESSOR E AMIGO SYLVIO HENRIQUE BIDEL DORNELLES POR TODO INCENTIVO, CONFIANÇA, APOIO E ORIENTAÇÕES, QUE NESSAS IDAS E VINDAS, NUNCA DEIXOU DE ACONSELHAR-ME EM ÂMBITOS PROFISSIONAL E PESSOAL. MUITO OBRIGADA!

AO PROFESSOR E AMIGO DANIE MARTINI SANCHOTENE, O QUAL EU TENHO PROFUNDA ADMIRAÇÃO PELO PROFISSIONAL E PELA PESSOA QUE ÉS, PELO APOIO, PACIÊNCIA E PALAVRAS INCENTIVADORAS. MUITO OBRIGADA!

A EQUIPE BIOMONTE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO PELO APOIO, AMIZADE, DEDICAÇÃO E PALAVRAS MOTIVADORAS.

AO GRUPO INTERDISCIPLINAR DE PESQUISA EM HERBOLOGIA (GIPHE) INCANSÁVEIS NA CONDUÇÃO E AVALIAÇÕES DO EXPERIMENTO.

A DOUTORANDA IANA SOMAVILLA QUE NÃO MEDIU ESFORÇOS EM DEDICAR SEU TEMPO PARA ESCLARECER-ME DÚVIDAS QUE SURGIRAM NA FINALIZAÇÃO DO TRABALHO.

AOS ACADÊMICOS DE AGRONOMIA NILTON TEIXEIRA PEDROLLO, JAÍNE RUBERT, LEONARDO FURLANI, EMANUELE CAMERINI E PAOLA BUFFON, PELA DEDICAÇÃO E APOIO NA EXECUÇÃO DO ENSAIO.

A MINHA FAMÍLIA, GENILDO, SANDRA, TRAJANO, MÁRLON, INGRID, NAIANE, DIEGO, CALIEL E ISAC PELO APOIO ENCORAJADOR, COM O ACONCHEGO FAMILIAR SENDO BASE INICIAL PARA O MEU DESENVOLVIMENTO PESSOAL, PELA CONFIANÇA DEPOSITADA, PELA PACIÊNCIA, PELO AFETO RECEBIDO E POR TODA FORMA DE AJUDA.

MUITO OBRIGADA E ETERNA GRATIDÃO!

**õNÃO HÁ NO MUNDO EXAGERO  
MAIS BELO QUE A GRATIDÃOö  
Jean de La Bruyère**

## RESUMO

### MORFOLOGIA DE CULTIVARES DIPLOIDE E TETRAPLOIDE DE AZEVÉM EM DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO

AUTORA: Sandriane Neves Rodrigues

ORIENTADOR: Sidinei José Lopes

A espécie *Lolium multiflorum* Lam., também conhecida como azevém, é uma gramínea anual ou bianual. Expressa perfeitamente seu potencial produtivo na Região Sul do Brasil, formando populações densas, recobrando totalmente o solo onde se encontra. Podendo ser implantadas em áreas para pecuária, sendo utilizados para ciclagem de nutrientes, feno, pastejo, produção de sementes e outros fins. Dentre as espécies de azevém, ocorrem cultivares com diferentes cargas genéticas, como cultivares diploides ( $2n$ ) e tetraploides ( $4n$ ). Por ser uma planta de característica rústica, adapta-se a vários tipos de solo, podendo ser encontrada ou cultivada em áreas tanto de campo nativo como em áreas de lavouras em terras altas ou baixas (várzea) onde é cultivada a cultura do arroz irrigado. A diversidade de ambientes ao qual se encontra o azevém, traz a necessidade de estudos referentes a sua caracterização, para entender o processo de adaptação desta espécie em ambientes com diferentes quantidades de água no solo. Este trabalho tem por objetivo compreender o comportamento estrutural (fenotípico) e alterações morfoanatômicas de plantas de azevém submetidas a duas condições de umidade do solo, 50 e 100% da capacidade de retenção de água no solo (CRA). O experimento foi realizado no ano agrícola 2014/15 na cidade de Santa Maria, RS, em casa de vegetação. A capacidade de retenção de água do solo foi determinada através da secagem do solo para uniformização e após foram realizados sucessivos encharcamentos até que houvesse escoamento de água nos orifícios basais do vaso. Foram utilizadas duas cultivares de azevém, uma diploide (La Estanzuela 284) e outra tetraploide (Winter Star), semeando-se cinco sementes por vaso, sendo vinte vasos com sementes diploides submetidas a 50% da capacidade de retenção de água no solo (CRA) e 20 vasos para cultivar diploide, a 100% da CRA, o mesmo foi realizado para a cultivar tetraploide. No estágio de desenvolvimento V3, quando as plantas apresentavam três folhas completamente desenvolvidas, foi realizado o raleio das plantas e deixado somente uma planta por vaso. Em estágio V4, as plantas foram submetidas às diferentes quantidades de água no solo e durante seu desenvolvimento foi avaliado o comportamento anatômico-morfológico, após a finalização dos resultados das avaliações morfológicas, as variáveis quantitativas foram submetidas ao programa Genes que gerou resultados para divergência e dissimilaridade genéticas entre as cultivares. Os resultados encontrados no presente trabalho indicam que, para a cultivar diploide (LE 284), um maior número de variáveis quantitativas avaliadas apresentaram alterações quando a cultivar foi submetida a 50% da CRA quando comparados com a cultivar submetida a 100% da CRA. Quando a cultivar tetraploide (Winter Star) foi submetida a 50% da CRA, ocorreram poucas modificações nas variáveis avaliadas quando comparados com a cultivar submetida a 100% da CRA. Com esses resultados permite-se inferir que a cultivar diploide sofre mais influência quando submetidas à menor quantidade de água durante o ciclo da cultura. Quanto à similaridade genética das cultivares, o trabalho permite concluir que as tetraploides em 50% e 100% da CRA apresentam similaridade genética entre as cultivares e a menor similaridade ocorre entre

as cultivares diploide e tetraploide em 50% da CRA. Anatomicamente, pode-se afirmar que existem diferenças entre as cultivares, em que a cultivar diploide tanto em 50% da CRA, quanto a 100% da CRA, apresentou maior formação de aerênquimas no caule quando comparada com a cultivar tetraploide a 50% da CRA e a 100% da CRA. Quando aumentou-se a quantidade de água no solo em 100% da CRA, algumas células do córtex da raiz começaram a se desintegrar e a formar os sistemas de aeração, os aerênquimas.

Palavras-chave: Água. Capacidade de Campo. *Lolium multiflorum*. Ploidia. Poáceas.

## ABSTRACT

### MORPHOLOGY OF DIPLOID AND TETRAPLOID CULTIVARS OF AZEVÉM IN DIFFERENT WATER CONDITIONS OF THE SOIL

AUTHOR: SANDRIANE NEVES RODRIGUES

ADIVISOR: SIDINEI JOSÉ LOPES

The species *Lolium multiflorum* Lam., Also known as ryegrass, is an annual or biennial grass. It perfectly expresses its productive potential in the Southern Region of Brazil, forming dense populations, completely covering the soil where it is found. They can be implanted in areas for livestock, being used for nutrient cycling, hay, grazing, seed production and other purposes. Within the ryegrass species cultivars with different genetic loads, such as diploid (2n) and tetraploid (4n) cultivars occur. Because it is a plant with a rustic character, it adapts to various types of soil, and can be found or cultivated in areas of both native land and in upland or lowland (várzea) areas where irrigated rice is cultivated. The diversity of environments to which the ryegrass is found necessitates the study of their characterization to understand the adaptation process of this species in environments with different amounts of water in the soil. The objective of this work was to understand the structural (phenotypic) behavior and morphoanatomic alterations of ryegrass plants submitted to two soil moisture conditions, 50 and 100% soil water retention capacity (CRA). The experiment was carried out and developed in the agricultural year 2014/15 in the city of Santa Maria, RS, under greenhouse conditions. The water retention capacity of the soil was determined by drying the soil for uniformity and after successive waterlogging was carried out until there was water runoff in the basal holes of the pot. Two cultivars of ryegrass, one diploid (La Estanzuela 284) and another tetraploid (Winter Star) were used, with five seeds per pot being grown, with twenty pots with diploid seeds submitted to 50% of soil water retention capacity (CRA) And 20 pots for cultivating diploid, 100% of CRA, the same was done for the tetraploid cultivar. In the V3 development stage, when the plants had three fully developed leaves, the thinning of the plants was done and only one plant per pot was left. In the V4 stage, the plants were submitted to the different amounts of water in the soil and during their development the anatomical-morphological behavior was evaluated, after the final results of the morphological evaluations, the quantitative morphological variables were submitted to the Genes program that generated results for divergence And genetic dissimilarity among cultivars.

The results obtained in the present work show that, for the cultivar diploid (LE 284), a greater number of quantitative variables evaluated underwent changes when the cultivar was submitted to 50% of the CRA, when compared to the cultivar submitted to 100% of CRA . When the tetraploid cultivar (Winter Star) was submitted to 50% of the CRA, there were few modifications in the evaluated variables when compared to the cultivar submitted to 100% of the CRA. With these results it is possible to say that the diploid cultivar suffers more influence when submitted to the smaller quantity of water during the cycle of the culture.

As for the genetic similarity of the cultivars, it is possible to conclude from the Mahalanobis distance that the lowest distance found between the tetraploids 50% and 100% of the CRA indicates that there is a genetic similarity between the cultivars and the greater distance shows that the similarity is low, By the diploid and tetraploid cultivars 50% of the CRA.

Anatomically the work shows that differences between cultivars were observed, in which the diploid cultivar in 50% of the CRA and 100% of the CRA showed a higher formation of aerenchyma in the stem when compared to the tetraploid cultivar at 50% of the CRA and 100% of CRA.

For root as the amount of water in the soil is increased in 100% of the CRA, some cells of the cortex begin to disintegrate and to form the aeration systems, the aerenchyma.

Keywords: Water. Field Capacity. *Lolium multiflorum*. Ploidia. Poaceae.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

Tabela 1 - Lista de descritores morfológicos quantitativos utilizados na avaliação das cultivares e respectivas formas de obtenção.....	26
Tabela 2 - Lista de descritores morfológicos qualitativos avaliados visualmente e respectivas formas de obtenção.....	27
Tabela 3 - Médias e coeficientes de variação (CV%) para distância dos entrenós, comprimento e espessura do colmo, comprimento e largura da folha bandeira, número de folhas da planta mãe e número de perfilhos de cultivares de azevém submetidas a duas quantidades de água no solo (50% e 100% da Capacidade de retenção de água do solo). Santa Maria, RS, 2015.....	29
Tabela 4 - Médias e coeficientes de variação (CV%) para comprimento das espigas, número de espigas, número de espiguetas por espigas, tamanho médio de espiguetas e forma de cariopse de cultivares de azevém submetidas a duas quantidades de água no solo (50% e 100% da Capacidade de retenção de água do solo). Santa Maria, RS, 2015.....	33
Tabela 5 - Médias e coeficientes de variação (CV%) para número de ramos por espigas, comprimento de ramo inferior, comprimento de ramo médio e comprimento de ramo superior de cultivares de azevém submetidas a duas quantidades de água no solo (50% e 100% da Capacidade de retenção de água do solo). Santa Maria, RS, 2015.....	34
Tabela 6 - Médias e coeficientes de variação (CV%) para comprimento de arista, comprimento de gluma, comprimento do lema I, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e ciclo da cultura de cultivares de azevém submetidas a duas quantidades de água no solo (50% e 100% da Capacidade de retenção de água do solo). Santa Maria, RS, 2015.....	37
Tabela 7 - As variáveis qualitativos avaliados para as cultivares diploide e tetraploide em função da água no solo (50% e 100% da capacidade de retenção de água do solo). Santa Maria, RS, 2015.....	38
Tabela 8 - Dissimilaridade entre cultivares de azevém em relação a onze características, com base na distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2_{ii}$ ). Santa Maria, RS, 2015.....	39
Tabela 9- Contribuição relativa dos caracteres para a dissimilaridade genética das cultivares de azevém, diploide e tetraploide submetidas a 100 e 50% da capacidade de retenção de água do solo pelo método proposto por SINGH (1981). Santa Maria, RS, 2015.....	40
Tabela10- Estimativas dos coeficientes de correlações fenotípicas (F), genotípicas (G) e ambiental (A), entre onze caracteres avaliados para cultivares diploides e tetraploides de azevém. Santa Maria, RS, 2015.....	41

### CAPÍTULO II

Tabela 1 - Médias e coeficientes de variação (CV%) para área relativa da secção do colmo e raiz ocupada por aerênquimas em azevém ( <i>Lolium multiflorum</i> ) diploide e tetraploide submetidos às condições hídricas de solo 100% e 50% da capacidade de retenção de água do solo. Santa Maria, RS, 2015.....	53
--	----

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Alterações anatômicas em caules de duas cultivares de azevém submetidas a duas quantidades de água no solo tetraploide 100% da Capacidade de Retenção de Água do Solo (A) e 50% da Capacidade de Retenção de Água do Solo (B); diploide 100% da Capacidade de Retenção de Água do Solo (C) e 50% da Capacidade de Retenção de Água do Solo (D)..... 54
- Figura 2 - Alterações anatômicas em raízes de duas cultivares de azevém submetidas a duas quantidades de água no solo: tetraploide 100% da Capacidade de Retenção de Água do Solo (E) e 50% da Capacidade de Retenção de Água do Solo (F); diploide 100% da Capacidade de Retenção de Água do Solo (G) e 50% da Capacidade de Retenção de Água do Solo (H)..... 56

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	14
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1. POACEAE: IMPORTÂNCIA, DIVERSIDADE E CARACTERÍSTICAS.....	16
2.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E DIVERSIDADE DO GÊNERO <i>Lolium</i> .....	17
2.3. FORMAÇÃO DE AERÊNQUIMA EM RESPOSTA AS DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE DO SOLO E AMBIENTE HIPÓXICO.....	18
2.4. DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE CULTIVARES.....	19
CAPÍTULO I.....	20
RESUMO.....	20
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
2.1. Análise das alterações morfológicas das cultivares.....	23
2.2. Determinação da capacidade de retenção de água do solo (CRA).....	24
2.3. Caracterização morfológica das cultivares de azevém.....	26
2.4. Divergência genética entre as cultivares e correlações entre suas características.....	27
2.5. Tabulação de dados e análise estatística.....	28
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	28
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	42
REFERÊNCIAS.....	43
CAPÍTULO II.....	47
RESUMO.....	47
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	48
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	49
2.1. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL PARA ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DAS CULTIVARES EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE DO SOLO.....	49
2.2. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DO SOLO (CRA).....	50
2.3. OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE ANATÔMICA.....	51
2.4. AVALIAÇÕES DOS CORTES ANATÔMICOS.....	52
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	52
3.1. FORMAÇÃO DE AERÊNQUIMAS NO COLMO E RAÍZES.....	52
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	57
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	59
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	61
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	62

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

No período de primavera-verão, no Estado do Rio Grande do Sul, o predomínio da cobertura vegetal em áreas de lavouras é composto por culturas agrícolas, tais como: soja, milho e arroz.

A área estimada com as três principais culturas para produção de grãos do Estado é de 6,297 milhões de hectares, conforme o Quinto Levantamento da Safra 2016/17 da Companhia Nacional de Abastecimento, realizado em fevereiro/2017 (CONAB, 2017). No mesmo levantamento, a área estimada para as principais culturas de inverno no Estado: canola, aveia, centeio, cevada, trigo e triticale são de 877 mil hectares.

De acordo com esses dados, é possível determinar que exista no período de outono-inverno uma área de aproximadamente 5 milhões de hectares sem cobertura vegetal e/ou destinada para pastejo. Uma alternativa de cobertura vegetal no período de entre safra no Estado seria a pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam), para manutenção da cobertura do solo, como também, uma alternativa de renda para produção de feno, pastejo, produção de sementes e ciclagem de nutrientes (BOER et al., 2007). O azevém é uma das alternativas que pode ser utilizada em áreas de pecuária, principalmente nos períodos em que as pastagens naturais estão em seu desenvolvimento crítico. No Rio Grande do Sul, a área constituída por pastagens naturais é de aproximadamente 9 milhões de hectares (FEE, 2015).

O azevém adapta-se a quase todos os tipos de solo, inclusive pode tolerar solos com alta umidade. Seu cultivo pode ser realizado em áreas de terras altas, onde ocorre o predomínio de culturas para produção de cereais e oleaginosas, como também, em terras baixas onde predomina o cultivo do arroz irrigado, da mesma forma ser implantado em áreas de campo nativo, como opção de aumentar a produção e a distribuição estacional das pastagens e, principalmente, o valor nutritivo da forragem durante a estação fria e seca do ano (FURLAN et al., 2005).

O azevém é uma espécie da família Poaceae (Gramineae) a qual tem registrado 110 gêneros e 450 espécies de gramíneas no Estado do Rio Grande do Sul (BOLDRINI et al., 2005). É uma espécie cosmopolita de ciclo anual, considerada uma forrageira de alta produção de massa verde, utilizada na alimentação animal e para a cobertura de solos para o plantio direto, porém, devido a sua fácil adaptação, pode ser considerada

também uma planta invasora, quando compete com as culturas principais, tais como: trigo, milho e cevada.

É uma planta cespitosa de colmos eretos, compostos de nós e entrenós com formato cilíndrico. A estatura de planta pode variar de 0,30 a 0,60 m de altura. Possui folhas finas, tenras e brilhantes, palatáveis para a maioria dos herbívoros e com um alto valor de proteína bruta em seu desenvolvimento vegetativo, possui bainhas cilíndricas e folhas jovens enroladas. Possui lígula curta e aurícula amplexicaule. A inflorescência das plantas de azevém é do tipo espiga dística, ou seja, composta por duas fileiras de espiguetas, contendo cerca de 40 espiguetas arranjadas alternadamente. O peso do grão varia conforme a variabilidade genética, sendo em média de 2 a 2,5 g para diploides e de 3 a 4,5 g para cultivares tetraploide, apresentando grão do tipo cariopse. O peso da semente, no entanto, é uma característica que depende muito do manejo da lavoura (SANTOS et al., 2002).

Nesse estudo, foi avaliado duas cultivares de azevém, uma cultivar diploide e outra tetraploide, com o intuito de descrever o comportamento morfoanatômico, em busca das modificações morfológicas e anatômicas desenvolvidas pelas plantas de azevém diante de períodos de encharcamento do solo, como também, o que ocorre durante o ciclo da planta em dois ambientes com umidades diferentes.

Em estudos sobre divergência genética foram utilizadas análises multivariadas com o objetivo de conhecer a distância genética entre as cultivares, facilitando a identificação da variabilidade das populações, resultados que possibilitam detectar e obter genótipos superiores facilitando o desenvolvimento de novas variedades e híbridos (SILVA, 2012). Busca-se nesse trabalho encontrar diferenças morfológicas e/ou anatômicas entre as cultivares diploide e tetraploide e se há influência da capacidade de retenção de água do solo em modificar morfologia e anatomia dessas cultivares.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. POACEAE: IMPORTÂNCIA, DIVERSIDADE E CARACTERÍSTICAS

A família Poaceae é uma das famílias de maior expressão no mundo e no Brasil, com cerca de 10 mil espécies e 793 gêneros, sendo que no Brasil, ocorrem 1.486 espécies distribuídas em 225 gêneros (WATSON; DALLWITZ, 1992; FILGUEIRAS et al., 2015). Para a região Sul do país, foram identificados 127 gêneros e 712 espécies e, mais especificamente para o Rio Grande do Sul, foram catalogados 125 gêneros e 527 espécies (FORZZA et al., 2010).

Em geral, as poáceas possuem espécies de fácil adaptação sendo as primeiras a instalarem-se nas áreas, preferem formações campestres à matas ou florestas. São encontradas desde solos secos a alagados (WELKER; LONGHI-WAGNER, 2007; BOLDRINI et al., 2010).

As poáceas podem ser anuais ou perenes, apresentam características morfológicas peculiares, o caule é do tipo colmo, dividido em nós sólidos ou ocos e entrenós, podem apresentar estolões ou rizomas. As espécies podem ser cespitosas, decumbentes, as folhas são alternas, dísticas, incompletas, compostas por bainha e lâmina (com lígula ou não). A unidade da inflorescência é uma espiguetas, onde as flores possuem glumas e glumelas (pálea e lema) que tem a função de proteção. O fruto na maioria das espécies é uma cariopse, porém ocorrem algumas exceções (KISSMANN, 1997; BOLDRINI et al., 2005).

Apesar da vasta lista de gêneros catalogados para as Poaceae, existem os mais expressivos, seja pela importância econômica, agrônômica ou outras. O gênero *Oryza* tem grande destaque pela importância alimentar, onde se encontra a espécie *Oryza sativa* L. (arroz), que é o segundo cereal mais cultivado no mundo (SOSBAI, 2014). O gênero *Urochloa* P. Beauv., antigamente classificado como *Brachiaria* (Thin) Griseb, apresenta grande importância como forrageira, mas também podem ser considerada planta daninha. Cita ó se ainda, pela grande agressividade e competitividade, o gênero *Eragrostis* como sendo o gênero com inúmeros exemplos de plantas daninhas, como a *Eragrostis plana* nees e a *Eragrostis pilosa*. Para o gênero *Lolium*, destaca-se a importância para plantas forrageira, que é representada pela espécie *Lolium multiflorum* e *Lolium rigidum*, caracterizadas pela grande expressividade da parte aérea.

Espécies da família poaceae possuem importância econômica, pois são utilizadas na alimentação humana e animal, possuem potencial ecológico, protegendo o solo contra a erosão e degradação, podem ainda serem utilizadas como plantas ornamentais, além de serem consideradas plantas daninhas em alguns cultivos (BOLDRINI et al., 2008). São consideradas cosmopolitas rústicas e com alta adaptabilidade em diversos ambientes, essas características conferem alta competitividade com outras plantas, às vezes, classificando-as como plantas daninhas, quando provocam danos às culturas principais (VARGAS, 2011). São muito eficientes em competir por água e nutrientes (LORENZI, 2008).

Independente das características peculiares, ainda existe dificuldade na diferenciação das espécies e cultivares, em que uma correta identificação seria essencial em tomadas de decisão relacionadas ao uso da cultura, se utilizadas na agropecuária na forma de pastagens, feno e silagem ou na produção de sementes ou grãos.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E DIVERSIDADE DO GÊNERO

### *Lolium*

O gênero é representado por espécies rústicas, competitivas e são representados por duas espécies de ampla distribuição; o *Lolium perenne* L. (azevém perene), que não é quase utilizado no Brasil e *Lolium multiflorum* (azevém anual). A espécie *L. multiflorum* se adapta a qualquer tipo de solo e foi introduzida no Brasil, mais precisamente no Rio Grande do Sul, como forrageira de inverno e atualmente é a segunda mais cultivada no estado (RIBEIRO FILHO et al., 2007).

Conhecido popularmente como azevém anual ou somente azevém, *Lolium multiflorum* Lam é uma planta de origem do sul da Europa, norte da África, introduzida no sul do Brasil pelos imigrantes italianos (FLORES, 2006).

Apresenta alto valor forrageiro, possuindo desenvolvimento rápido e pode ser localizada em áreas cultivadas e considerada como infestante. Planta anual, podendo ser considerada bianual, devido ao seu comportamento de ressemeadura natural, reproduzida por semente, possui colmos eretos formados por nós e entrenós glabros, folhas estreitas, lineares, paralelinérveas, apresentam lígula curta e aurículas amplexicaules, plantas com grande formação de perfilhos, a inflorescência é uma espiga dística com espiguetas ordenadas em duas fileiras ao longo da ráquis num só plano,

sendo que o fruto é do tipo cariopse, com forma caracterizada como muito alongada (KISSMANN, 1997; LORENZI, 2008).

Com a introdução de novos sistemas de produção, sejam para pastagem, grãos, sementes ou produção animal, ocorrem alterações no ciclo produtivo do azevém. Com a semeadura cada vez mais cedo dos cultivos de verão, o azevém de ciclo curto vem sendo cada vez mais utilizado, trazendo problemas na fase reprodutiva de plantas como o encurtamento dos ciclos mais longos. Para solucionar esses problemas na produção e formação de forragem, o uso do melhoramento genético de plantas, no caso, o azevém, tem como objetivo criar cultivares de ciclo mais longo (MONTARDO; MITTELMANN; 2009).

Sabe-se que, naturalmente, a espécie de *L. multiflorum* apresenta-se na forma diploide ( $2n = 14$  cromossomos), porém, com o intuito de aumentar o ciclo da espécie e melhorar características agronômicas, tais como: produção inicial, produção de massa seca, uniformidade de populações de plantas, lança-se mão do melhoramento genético e com o uso da duplicação de cromossomos, dá origem a espécies tetraploides ( $2n = 28$  cromossomos) (FARINATTI et al., 2006; CONFORTIN, 2009).

### 2.3. FORMAÇÃO DE AERÊNQUIMA EM RESPOSTA ÀS DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE DO SOLO E AMBIENTE HIPÓXICO

A denominação de aerênquima foi descrita pela primeira vez por Sachs (1882), caracterizando os espaços vazios encontrados nos parênquimas como cavidades existentes em tecidos especializados e responsáveis por trocas gasosas no interior das plantas. Aerênquimas são formados em raízes e parte aéreas de espécies adaptadas às áreas encharcadas e em espécies de áreas secas em condições adversas de umidade do solo (EVANS, 2004). Esses espaços intercelulares são formados para que o oxigênio possa ser transportado desde a parte aérea até as raízes por difusão e essa formação de aerênquimas, quando as plantas são submetidas a ambiente em hipóxico é uma forma de compensar a baixa taxa de oxigênio disponível no solo para as plantas (SAIRAM et al., 2008).

O tecido do aerênquima pode ser de duas origens, lisígena que é formado pela ação de enzimas de degradação, onde ocorre pelo ambiente hipóxico a produção de etileno (KAWASE, 1981; DREW et al., 1989; HE et al., 1992; 1996b; GRANDIS, 2015), induzindo enzimas a atuarem nas paredes celulares degradando-as. O processo

de sinalização ocorre em reações com o etileno e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), acumulando substâncias que acidificam o citoplasma, como etanol e acetaldeído, causando a ruptura de membrana nuclear e parede celular formando cavidades com acúmulo de ar. Também podem ser originados de forma equizógena, onde o aerênquima forma-se pelo acúmulo de etanol, acetaldeído e lactato, que causam o afrouxamento da parede celular, formando as cavidades aeríferas (HOSSAIN; UDDIN, 2011).

Apesar de todo o conhecimento enzimático e morfoanatômico da formação dos aerênquimas, ainda há uma expressiva carência em saber quais espécies acabam formando esses tecidos, quando são submetidas a condições extremas, mesmo não sendo característico da espécie.

#### 2.4. DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE CULTIVARES

O estudo da divergência genética apresenta diversas metodologias, porém as mais utilizadas são Distância Generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) e o Método de Otimização de Tocher. Esses estudos são importantes para o conhecimento da variabilidade genética das populações e possibilitam o monitoramento de bancos de germoplasmas (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

A escolha da metodologia está vinculada a vários fatores: como o método como os dados foram obtidos, facilidade da aplicação da análise a ser escolhida, dentre outros (CRUZ; REGAZZI, 2004a).

Em geral, a dissimilaridade genética é normalmente calculada a partir de um conjunto de características por meio da utilização de estatística multivariada. Estas técnicas multivariadas têm importância na diferenciação de genótipos, com a comparação de características que quando correlacionadas mostram o quão similares ou não essas amostras são, ou quão distantes estão uma da outra. É possível obter as correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente, de maneira que as correlações fenotípicas podem ser avaliadas diretamente. Quando as correlações fenotípicas são comparadas com as correlações genotípicas e apresentarem valores menores, pode se afirmar que essas foram afetadas pelo ambiente (CEOLIN et al., 2007; CRUZ; REGAZZI, 2004; MACHADO et al., 2002; RODRIGUES et al., 2002; SANTOS, 2005).

## CAPÍTULO I

### **Morfologia e divergência genética de cultivares de azevém submetidas a diferentes conteúdos de água no solo**

### **Morphology and genetic divergence of ryegrass cultivars submitted to different soil water contents**

#### **RESUMO**

Na safra 2014/2015, realizou-se um experimento em que submeteu-se duas cultivares de azevém (*Lolium multiflorum* Lam), uma diploide e outra tetraploide, a duas condições de umidade do solo: 50% e 100% da capacidade de retenção de água (CRA), com objetivo de verificar o efeito na morfologia e na fenologia dessa espécie. Observou-se que a condição de solo com 100% da CRA promoveu maior produção de massa seca de parte aérea e raiz tanto para a cultivar tetraploide (Winter Star) como para a diploide quando comparada com a condição de solo com 50% da CRA. No entanto, quando comparam-se as cultivares, a tetraploide obteve maior massa seca de parte aérea e raiz do que a diploide tanto em 100% como em 50% da CRA. A cultivar diploide mostrou-se mais suscetível quando submetida a 50% da CRA. Os resultados encontrados mostram que o ciclo das cultivares foi reduzido quando submetidas a 50% da CRA. Quanto a divergência e dissimilaridade genética as características que mais sofreram influências da condição hídrica submetida foram comprimento de colmo, espessura de colmo, comprimento de folha bandeira e número de espigas.

Palavras-chave: Caracterização. Gramínea. *Lolium multiflorum*. Ploidia. Umidade.

#### **ABSTRACT**

In the 2014/2015 crop, an experiment was carried out in which two ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam), one diploid and another tetraploid, were subjected to two soil moisture conditions: 50% and 100% of the retention capacity of (CRA), in order to verify the effect on the morphology and phenology of this species. It was observed that the soil condition with 100% of CRA promoted a higher dry matter yield of shoot and root for both the tetraploid (Winter Star) and diploide cultivars compared to the soil condition with 50% of CRA. However, when comparing the cultivars, the tetraploid obtained greater dry mass of shoot and root than the diploid in both 100% and 50% of the CRA. The diploid cultivar showed to be more susceptible when submitted to 50% of the CRA. The results showed that the cycle of the cultivars was reduced when submitted to 50% of the CRA. Regarding genetic divergence and dissimilarity, the characteristics that most suffered influences of the submitted water condition were stem length, stem thickness, leaf length and number of ears.

Key words: Description. Graminea. Humidity. *Lolium multiflorum*. Ploidia.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil ostenta a maior riqueza vegetal do mundo, apresentando a maior diversidade de plantas, algas e fungos. Foram identificadas 40.989 espécies, sendo 76% destas do grupo das angiospermas. As angiospermas são divididas em monocotiledôneas e e foram catalogadas no país em 227 famílias, 2.818 gêneros e 31.162 espécies, sendo que 27% destas espécies pertencem às monocotiledôneas (FORZZA et al., 2010).

A família Poaceae, conhecida também por família das gramíneas, é composta por 225 gêneros que contém 1.486 espécies, para a Região Sul do país, foram encontrados 127 gêneros e 712 espécies, mais precisamente para o estado do Rio Grande do Sul, 125 gêneros e 527 espécies (FILGUEIRAS et al., 2015). Fazem parte dessa família botânica, diversas culturas que alavancam a economia mundial, entre elas o arroz, o milho, o trigo, a cevada e não menos importante, as aveias, os trevos, azevém, entre outras.

A importância econômica das gramíneas está diretamente relacionada com os humanos e animais, em que são utilizadas desde a alimentação humana como fonte de energia, na confecção de alimentos na forma de ração para animais ou oferecidas na forma de pastagens, na produção de sementes, como ornamentais e até em fermentações de bebidas alcoólicas (WELKER; LONGHIÓWAGNER, 2007). As gramíneas são plantas cosmopolitas, ou seja, distribuídas em todas as regiões do globo terrestre, presentes tanto em ambientes terrestres quanto aquáticos, com ocorrência em todos os tipos de biosistemas, com exceção em grandes altitudes (JUDD et al., 2009).

Devido essa versatilidade e facilidade de adaptação a diferentes ambientes, as gramíneas acabam também assumindo posições não benéficas dentro do ecossistema, tornando-se plantas daninhas em lavouras quando competem com a cultura principal, isso ocorre quando o azevém infesta lavouras de trigo ou cevada (AGOSTINETTO et al., 2008; NUNES et al., 2007).

Dentre os gêneros da família Poaceae, encontra-se o gênero *Lolium*, composto por oito espécies oriundas da Europa, norte da África e Ásia Ocidental (BOLDRINI et al., 2005). No Brasil, foram identificadas três espécies: *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne* e *Lolium temulentum*, que aparecem na Região Sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina) e Região Sudeste (São Paulo). A espécie identificada nos quatro Estados é a *L. multiflorum*, enquanto que, a *L. perenne* foi identificada no Rio Grande

de Sul e Santa Catarina e, *L. temulentum*, nos estados de São Paulo, Rio Grande de Sul e Santa Catarina (LONGHI-WAGNER et al., 2015).

Devido a importância que as pastagens representam no país, através do Censo Agropecuário, averiguou-se que no Brasil há uma área de aproximadamente 172 milhões de ha de pastagens, sendo 18 milhões de ha na Região Sul e 9 milhões de ha no Rio Grande do Sul e, entre as espécies de gramíneas utilizadas, encontra-se a *L. multiflorum* (IBGE, 2006).

A espécie *Lolium multiflorum* Lam conhecida como azevém anual, azevém comum ou somente azevém é uma gramínea anual, porém devido a sua ressemeadura natural pode ser considerado como bianual (FLORES, 2006). Planta cespitosa com colmos eretos, formada por entreónós, as folhas são estreitas e glabras, as inflorescências são espigas compostas por espiguetas, sua reprodução se dá por sementes (KISSMANN, 1997; LORENZI, 2000).

O pastejo ainda é o uso de maior expressão, ainda que possa ser utilizado de várias formas e ter grande potencial de produção de sementes. Por apresentar características agronômicas que garantem um bom estabelecimento, como rusticidade, alta competitividade, boa produção de massa verde, bom rebrote, resistente a excessos de umidade, pode ser utilizada em consórcio com outras forrageiras e associações com leguminosas. Apresenta capacidade de bom perfilhamento, boa produção de sementes e muitas outras vantagens, mas essas mesmas vantagens a torna empecilho quando classificada como planta daninha, pois dificultam o seu controle (CANTO, 1999).

Essas características a tornam competitiva, pois competem por água, nutrientes e radiação solar, com as culturas de inverno e essa competição é um dos fatores limitantes para a cultura principal (AGOSTINETTO et al., 2008). Ocupa a segunda posição entre as gramíneas anuais de inverno mais utilizadas no Rio Grande do Sul, com provável origem do Norte da Itália e vastamente utilizada em áreas de pastagens na região sul, foi trazida ao Brasil e introduzida no Rio Grande do Sul pelos imigrantes italianos em meados de 1875 (ARAÚJO, 1978).

Embora sejam conhecidas algumas características da espécie, várias ferramentas são utilizadas na busca por melhores cultivares e por melhor desempenho de plantas. Naturalmente encontra-se o germoplasma diploide ( $2n = 14$  cromossomos), e nessa busca uma das ferramentas utilizadas é o melhoramento genético que deu origem a cultivares de azevém tetraploides ( $2n = 28$  cromossomos) (TONETTO, 2009). Algumas características já conhecidas sobre o azevém tetraploide o definem como sendo de

rápida e alta produção de massa seca (FARINATTI et al., 2006). Espécies diploides e tetraploides apresentam algumas características, que já foram analisadas e que as diferenciam, começando pelo número de cromossomos, comprimento, largura e coloração das folhas, produção de massa seca, porém ainda há pouca pesquisa sobre suas características morfológicas.

Devido à exigência de cultivares altamente produtivas e que alcancem as expectativas do mercado, a variabilidade genética está sempre sob pressão, de um lado, contribui para o aumento da produção e, de outro, tem prejuízos com a substituição e criação de novas cultivares (CEREZO-MESA; ESQUINAS-ALCÁZAR, 1986). Pertinente à grande importância do azevém como forrageira, além das informações de anatomia e morfologia das plantas, outros dados precisam ser conhecidos para que se confirme a variabilidade genética, condição propícia para que ocorra o melhoramento e desenvolvimento de novas cultivares mais competitivas e produtivas.

Para estudos que nos remetam a variabilidade genética são utilizadas várias metodologias e a escolha mais adequada está vinculada na exatidão desejada, na facilidade e agilidade da análise e na forma como os dados foram coletados. Entre as metodologias, estão o Método de Otimização de Tocher e a Distância Generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ). A Distância de Mahalanobis é a mais indicada quando os dados são quantitativos e não qualitativos, pois toma como base as matrizes de variâncias e covariâncias residuais existentes entre as variáveis já avaliadas e quantifica a contribuição relativa desses caracteres para a divergência genética (CRUZ; CARNEIRO, 2003). A divergência genética, para programas de melhoramento, é de essencial importância, pois gera informações em nível de espécies, em que as correlações refletem o grau de associação entre os caracteres, mostrando que um caráter influencia ou não na expressão de outros caracteres, facilitando tomadas de decisões para o uso racional dos recursos genéticos (LOARCE et al., 1996).

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar as alterações morfológicas das cultivares diploides e tetraploides de azevém em diferentes condições de umidade do solo e analisar se há divergência genética entre elas.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DAS CULTIVARES**

Os estudos foram realizados através de avaliações de desenvolvimento e crescimento das plantas, com a cultivar diploide La Estanzuela 284, que apresenta ciclo curto, alta produção de outono e inverno, adaptabilidade a diferentes tipos de solo, capacidade alta de ressemeadura, recomendado em sistemas de produção extensivas; e, a cultivar tetraploide Winter Star, de ciclo médio, também com alta produção no outono e inverno e rápida implantação.

Para a execução da análise das características morfológicas de plantas de *Lolium multiflorum* Lam, as plantas foram obtidas através da sementeira de uma cultivar diploide e de uma tetraploide, La Estanzuela 284 e Winter Star, respectivamente. O meio de sementeira utilizado foi substrato e areia, em vasos plásticos com capacidade para 6,5 litros, em que cada vaso recebeu 4 kg de areia e 2,5 Kg de substrato plantmax, e foram alocados em casa de vegetação, com cobertura plástica de 6 metros por 20 m, com pé-direito de 5 m.

Em cada vaso, foram semeadas cinco sementes de *L. multiflorum*, com um total de 40 vasos para cada cultivar. Após a emergência das plântulas, foi realizado um raleio, permanecendo apenas uma planta por vaso denominada de planta-mãe, que foi marcada com um fio colorido, adaptando-se essa metodologia da técnica de óperfilhos marcadosö (CARRÈRE et al., 1997). A sementeira foi realizada no dia 26 de maio de 2014 e a emergência ocorreu entre os dias 01 e 06 de junho de 2014. Os vasos contendo a mesma cultivar foram divididos em dois grupos de 20 vasos: o primeiro grupo recebeu irrigação até atingir 50% da capacidade de retenção de água do solo; e, o segundo recebeu irrigação constante com 100% da capacidade de retenção de água do solo.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado sob a forma de bifatorial com duas capacidades de retenção de água do solo : 50% da CRA e 100% da CRA, e duas cultivares de *L. multiflorum* (LE 284 e Winter Star) e 20 repetições por tratamento.

## 2.2. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DO SOLO (CRA)

A determinação da capacidade de retenção de água do solo (areia peneirada e substrato) foi realizada através da secagem do solo em estufa à 100 °C, com pesagens em balança de precisão de 0,01g a cada 30 minutos até peso constante. Após a secagem da areia e substrato, foram colocados 4 Kg de areia seca e 2,5 Kg de substrato em cada

vaso contendo orifícios na base. Nestes vasos, com peso conhecido, foram realizados sucessivos encharcamentos até que houvesse o escoamento da água pelos orifícios basais do vaso. Após o escoamento das últimas gotas pelos drenos do vaso foi considerado que o solo estava em 100% da CRA e assim foi realizada outra pesagem com balança de precisão de 0,01g. Através da diferença de peso do vaso com solo seco e do vaso com o solo a 100% da CRA, obteve-se a massa de água necessária para atingir 100% CRA, considerando que a massa específica da água seja  $1000 \text{ kg m}^{-3}$  ou  $1 \text{ kg L}^{-1}$ .

Para a obtenção das umidades dos tratamentos (50% e 100% da CRA) foi utilizada a metodologia descrita por Kämpf et al. (2006):

$$PV_{100\%} = (PV_{CRA} - PV_{seco}).1 + PV_{seco}$$

$$PV_{50\%} = (PV_{CRA} - PV_{seco}).0,5 + PV_{seco}$$

Em que: PV n% é o peso do vaso para cada tratamento;  $PV_{CRA}$  é a capacidade de retenção de água do solo;  $PV_{seco}$  é o peso do vaso preenchido com o solo seco.

Antes do início dos tratamentos, foram realizadas irrigações de manutenção até 75% da CRA para favorecer a germinação das sementes. Este procedimento foi mantido até que as plantas atingissem o estágio de 3 folhas, quando se deu início à irrigação definitiva com 50% da CRA, 100% da CRA. Para a determinação da CRA de 75% utilizou-se a fórmula:

$$PV_{75\%} = (PV_{CRA} - PV_{seco}).0,75 + PV_{seco}$$

As diferentes irrigações iniciaram-se no dia 21 de junho de 2014, ou seja, 20 dias após a emergência das plântulas, e foram realizadas diariamente, em que, para se determinar a quantidade de água necessária para cada dia em cada vaso, realizou-se a medição da massa de cada vaso, utilizando uma balança eletrônica marca ACS System com precisão de 5 g, adicionando água até atingir a massa seca pré-determinada (vaso + solo seco + volume de água para atingir 100% e 50% da CRA).

Os vasos receberam adubação na base conforme análise de solo previamente realizada, utilizando-se a tabela de recomendação da ROLAS (Rede Oficial de Laboratório de Análise de Solos, 2004, p. 158.) para a cultura do azevém. Receberam, ainda, aplicação de uréia em cobertura para fornecimento de nitrogênio para as plantas,

baseado na recomendação para as culturas forrageiras anuais de inverno. Todos os tratamentos receberam a mesma condição de adubação de base e de cobertura.

### 2.3. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS CULTIVARES DE AZEVÉM

As variáveis morfológicas das cultivares em estudo estão listadas na Tabela 1 e Tabela 2 a seguir:

**Tabela 1** - Lista de descritores morfológicos quantitativos utilizados na avaliação das cultivares e respectivas formas de obtenção (adaptada segundo Canto - Dorow, 1993)

<b>Descritores morfológicos quantitativos e respectivas formas de obtenção:</b>	
1. Comprimento do colmo (cm)	Medida do solo até a inserção da espiga com régua
2. Espessura do colmo (mm)	Medida no terço médio do colmo com paquímetro
3. Distância dos entrenós (cm)	Avaliado entre o primeiro e o segundo nó com auxílio de régua
4. Comprimento da folha bandeira (cm)	Avaliado no florescimento com régua decimimetrada a partir do colar lâmina foliar até o ápice da folha.
5. Largura da folha bandeira (cm)	Avaliada com régua no terço médio da folha bandeira.
6. Ângulo folha bandeira (graus)	Avaliado no florescimento das cultivares de azevém. Refere-se ao ângulo formado pela folha bandeira com o colmo. Utilizou-se a seguinte escala (em graus): Ereto (< 30°), Intermediário (31-60°), Horizontal (61-90°), Descendente (> 90°).
7. Comprimento da espiga (cm)	Medido com régua da base da espiga à ponta da última espigueta.
8. Número de ramos da espiga	Contagem do número de ramos por espiga
9. Comprimento do ramo inferior da espiga (cm)	Medido com régua
10. Comprimento do ramo mediano da espiga (cm)	Medido com régua
11. Comprimento do ramo superior da espiga (cm)	Medido com régua
12. Exerção da espiga (cm)	Após o florescimento mede-se a distância do colar da folha bandeira até o nó ciliar da espiga. Utilizando a seguinte escala: COMPLETA quando o nó ciliar estiver a 5 cm ou mais do colar; MÉDIA quando esta distância estiver no intervalo de a 5 cm; JUSTA quando o nó ciliar estiver no mesmo nível da folha bandeira.
13. Número de espigas por planta	Contagem de espigas por plantas, avaliando-se as 20 plantas de cada cultivar em cada tratamento.
14. Comprimento de aristas (mm)	5 plantas por tratamento e feita as médias dos comprimentos de 20 aristas, em milímetros utilizando estereomicroscópio Meiji com régua.
15. Número de perfilhos	Avaliado em 6 plantas por cultivar e tratamento
16. Número de espiguetas por espiga	Espigas separadas aleatoriamente de cada 5 plantas (baldes) por cultivar e tratamento.
17. Comprimento da espigueta (mm)	Com paquímetro em 20 espiguetas de 5 plantas por cultivar e por tratamento
18. Gluma superior (mm)	Com régua milimetrada em estereomicroscópio Meiji foram
19. Comprimento do lema I (mm)	avaliadas 20 espiguetas de 5 plantas por cultivar em cada

	tratamento.
20. Forma da cariopse (relação Comprimento/Largura)	Avaliação que leva em consideração a relação entre comprimento e largura (C/L) da cariopse em centímetros, medidas com o auxílio de estereomicroscópio Meiji com régua milimetrada. Foram avaliadas 30 espiguetas descascadas por cultivar e por tratamento. Classificam-se as cariopses em arredondadas quando a relação C/L for menor que 1,5; Semi-arredondada quando a relação ficar entre 1,5-2,0cm; meio alongada quando essa relação estiver no intervalo de 2,01 a 2,75 cm; a cariopse será alongada quando a relação C/L estiver entre 2,76 a 3,5 cm e Muito Alongada quando a relação comprimento/ largura for superior a 3,5 cm.
21. Ciclo da planta (dias)	Da emergência à maturação fisiológica
22. Número de folhas da planta mãe.	Da emissão até o início da senescência
23. Massa seca de parte aérea (gramas)	Em estufa com secagem por ar forçado à temperatura de 65 °C até que se atingiu massa seca constante.
24. Massa seca de raiz (gramas)	

**Tabela 2-** Lista de descritores morfológicos qualitativos avaliados visualmente e respectivas formas de obtenção (adaptada segundo Canto ó Dorow, 1993):

**Descritores morfológicos quantitativos e respectivas formas de obtenção:**

1. Antocianina no colmo (0 = ausente ou 1 = presente)
2. Cor dos entrenós (0 = Verde - claro ou 1 = violáceo)
3. Indumento nos nós (0 = Ausente ou 1 = presente)
4. Cor dos nós (primeiro nó) (0 = Verde ó claro, 1 = Verde escuro ou 2 = violáceo)
5. Indumento na bainha folha bandeira (0 = Ausente ou 1 = presente)
6. Antocianina na bainha da folha bandeira (0 = Ausente ou 1 = presente)
7. Cor da Lâmina da folha bandeira (1 = Verde - claro ou 2 = Verde ó escuro)
8. Antocianina na lâmina da folha bandeira (0 = Ausente ou 1 = presente)
9. Pilosidade da folha bandeira (1 = Glabra ou 2 = pilosa)
10. Posição da espiga (0 = Ereta, 1 = Semiereta, 2 = Semi - inclinada, 3 = Semipendular, 4 = pendular)
11. Forma da espiga (0 = Compacta (fechada), 1 = Intermediária ou 2 = aberta (laxa))
12. Tricomas na ráquis (0 = Ausente ou 1 = presente)
13. Tricomas na ráquis (0 = Persistente ou 1 = caduco)
14. Ápice do lema I (0 = Agudo, 1 = subaristado, 2 = Aristado ou 3 = obtuso)
15. Indumento no lema I (0 = Ausente ou 1 = Presente)
16. Arquitetura de plantas (1= ereta, 2= semiereta, 3=aberta, 4= semiprostrada ou 5= prostrada)

## 2.4. DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE AS CULTIVARES E CORRELAÇÕES ENTRE SUAS CARACTERÍSTICAS

Para análise de dissimilaridade genética utilizam-se os valores das variáveis morfológicas das cultivares (diploides e tetraploides), em que foram utilizados os dados de: comprimento de colmo, espessura de colmo, distância dos entrenós, comprimento de folha bandeira, largura de folha bandeira, comprimento de espigas, número de espigas, número de ramos por espiga, comprimento do ramo inferior, comprimento do ramo médio e comprimento do ramo superior, com auxílio do Programa Computacional GENES versão 2007 (CRUZ, 2007). Foi utilizado o modelo de análise multivariada

para determinar as medidas de dissimilaridade, o que originou a matriz de dissimilaridade e a matriz das covariâncias.

## 2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para as variáveis coletadas foi realizada a análise estatística do bifatorial, com dois conteúdos de água no solo: 50% da CRA e 100% da CRA, e duas cultivares de *L. multiflorum* (LE 284 e Winter Star) com 20 repetições por tratamento, utilizando-se o programa SISVAR e comparação de médias pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro e para as análises de divergência genética foi utilizado o programa GENES que forneceu dados de medidas de dissimilaridade através da distância de Mahalanobis e matrizes de correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cultivares de azevém diploide (La Estanzuela 284) e tetraploide (Winter Star) apresentaram diferenças morfológicas e anatômicas para algumas características avaliadas e para outras não, influenciadas pela quantidade de água no solo. As plantas de azevém apresentaram diferenças significativas na espessura do colmo (Tabela 3), comprimento e largura da folha bandeira (Tabela 3), número de perfilhos (Tabela 3), número de folhas da planta mãe (Tabela 3) comprimento de espigas (Tabela 4), número de espigas (Tabela 4), número de espiguetas por espiga (Tabela 4), tamanho médio de espiguetas (Tabela 4), forma da cariopse (Tabela 4), massa seca de parte aérea e raiz (Tabela 6).

Quando a cultivar diploide foi submetida a 50% da CRA ocorreu diminuição na espessura do colmo, diminuição no número de espigas e redução no número de espiguetas por espiga comparada quando foi submetida a 100% da CRA. Porém, houve aumento no comprimento das espigas e aumento na largura da folha bandeira. Não ocorreu alteração do comprimento do colmo, comprimento da folha bandeira e tamanho médio das espiguetas.

A cultivar tetraploide não teve influência em seus caracteres morfológicos quando submetida a menor disponibilidade de água no solo, 50% da CRA, exceto com o aumento no comprimento e na largura da folha bandeira. As variáveis; espessura do colmo (Tabela 3), comprimento de espigas (Tabela 4), número de espigas (Tabela 4),

número de espiguetas por espiga (Tabela 4) e tamanho médio de espiguetas (Tabela 4), não sofreram alterações quando a cultivar foi submetida a 50% da CRA.

Comparando-se as condições de 50% e 100% da CRA para a cultivar diploide, o número de espigas por planta (Tabela 4) e o número de perfilhos (Tabela 3) por planta foram significativamente maiores na condição de 100% da CRA, enquanto que para a cultivar tetraploide, somente para número de perfilhos (Tabela 3) foi maior na condição de 100% da CRA.

Ressalta-se que nem todos os perfilhos oriundos da cultivar tetraploide são considerados produtivos, mostrando que essa cultivar tem aptidão para uso em pastoreios como feno ou silagem. A cultivar diploide tem maior potencial para produção de sementes e ressemeadura natural, embora seja também amplamente utilizada como pastagem.

Verifica-se pela Tabela 3 que as cultivares diploide e tetraploide não diferiram entre si quanto as condições de 50% e 100% da CRA na variável comprimento do colmo para este estudo, inferindo que o fator abiótico, água, não interferiu nessa variável.

Com relação à espessura do colmo (Tabela 3) e distância dos entrenós (Tabela 3), pode-se observar que a cultivar diploide apresentou menor espessura caulinar e menor distância dos entrenós do que a tetraploide em 50% da capacidade de retenção de água do solo. Entretanto, em 100% da CRA não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro. O resultado permite inferir que a cultivar tetraploide é mais tolerante à variação da umidade do solo do que a diploide.

**Tabelas 3 ó** Médias e coeficientes de variação (CV%) para distância dos entrenós, comprimento e espessura do colmo, comprimento e largura da folha bandeira, número de folhas da planta mãe e número de perfilhos de cultivares de azevém submetidas a duas quantidades de água no solo (50% e 100% da Capacidade de retenção de água do solo). Santa Maria, RS, 2015.

Cultivar	Comprimento colmo (cm)			Espessura do colmo (mm)			Distância dos entrenós (cm)		
	Capacidade de Retenção de Água (CRA)								
	50%	100%	Média	50%	100%	Média	50%	100%	Média
<b>Tetraploide</b>	45,50 a A*	40,57 a A	43,03	2,61 a A	2,51 a A	2,56	5,44 b A	4,48 a A	4,96
<b>Diploide</b>	50,8 a A	50,83 a A	50,81	2,17 b B	2,58 a A	2,37	11,50 a B	6,38 a A	8,94
<b>Média</b>	48,15	45,70		2,39	2,54		8,47	5,43	
<b>CV%</b>	37,30			23,56			39,05		

Cultivar	Comprimento da folha bandeira (cm)			Largura da folha bandeira (cm)		
	Capacidade de Retenção de Água (CRA)					
	50%	100%	Média	50%	100%	Média
<b>Tetraploide</b>	18,46 a A	12,29 b B	15,37	0,68 b A	0,46 b B	0,57
<b>Diploide</b>	19,75 a A	19,70 a A	19,72	0,82 a A	0,65 a B	0,73
<b>Média</b>	19,10	15,99		0,75	55,00	
<b>CV%</b>	36,45			21,31		

Cultivar	Nº de folhas da planta mãe			Número de perfilhos		
	Capacidade de Retenção de Água (CRA)					
	50%	100%	Média	50%	100%	Média
<b>Tetraploide</b>	6,30 a A	5,65 a A	5,97	96,70 a B	131,45 a A	114,07
<b>Diploide</b>	3,25 b A	3,35 b A	3,30	76,70 b B	106,20 b A	91,45
<b>Média</b>	4,77	4,50		86,70	118,82	
<b>CV%</b>	34,72			32,40		

\*Médias não seguidas por mesma letra minúscula na vertical e por mesma letra maiúscula na horizontal diferem pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade do erro.

O comprimento do colmo é uma variável sensível à baixa disponibilidade de água no solo, especialmente em condições consideradas como estresse hídrico para a espécie estudada (DUARTE et al., 2006). O colmo representa um órgão armazenador de carboidratos importante em gramíneas, e as folhas, o órgão produtor, portanto, a baixa disponibilidade de água interfere diretamente no crescimento vegetativo das plantas e na formação de órgãos reprodutivos.

Estudos de tensões de umidade no solo combinado à fertilização na cultura do milho, verificaram a redução do crescimento e a formação de massa seca de folhas e colmos com tensões mais negativas, ou seja, com menor disponibilidade de água no solo (RIVERA-HERNÁNDEZ et al., 2009). Diferentes espécies respondem diferentemente a esses estresses ambientais, principalmente à luz, temperatura do ar e umidade do solo, que podem variar em diferentes épocas e ambientes de produção (MANFRON et al., 1996).

Pode-se observar na Tabela 3 que em 100% da CRA, a cultivar tetraploide apresentou menor comprimento e menor largura da folha bandeira do que a cultivar diploide. Porém, na menor disponibilidade de água (50% da CRA) não houve diferença estatística entre as cultivares.

Dentro de cada cultivar verifica-se que a tetraploide apresentou maior comprimento da folha bandeira (Tabela 3) em 50% da CRA em relação à 100% da CRA e a diploide não apresentou diferença estatística em relação à variação da água no solo.

Para largura da folha bandeira, houve diferença estatística entre as cultivares em relação à quantidade de água disponível. A cultivar diploide apresentou maior largura da folha tanto em 50% como em 100% da CRA do que a tetraploide. Analisadas isoladamente, a cultivar tetraploide teve maior largura da folha bandeira na condição de 50% da CRA, comportamento também observado para a cultivar diploide. Assim, os resultados demonstram que em condições de redução de disponibilidade de água houve aumento na largura da folha bandeira (Tabela 3) para ambas cultivares avaliadas.

O crescimento e o desenvolvimento de gramíneas, tais como, o milho doce é influenciado pela restrição de água no solo, principalmente quanto ao diâmetro do colmo e à redução da área foliar (BRITO et al., 2013). Neste estudo, verificou-se que a variação na disponibilidade hídrica proporcionou diferença significativa na formação de massa seca, principalmente quando relacionadas ao crescimento e massa seca de folhas e colmos. A resposta foi linear em função do aumento da disponibilidade de água no solo.

Quando há redução na disponibilidade de água, a planta pode reduzir o fluxo transpiracional e providenciar mecanismos de ajustamento osmótico, de modo a permitir a absorção de água e manter as células túrgidas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Este processo é dependente de gastos energéticos que podem prejudicar o crescimento da parte aérea (MACEDO, 2015). Porém, as espécies respondem diferentemente, dependendo da sua tolerância a estes estresses (CARLOTO, 2016). Assim, a necessidade de água pode variar como ocorreu no presente estudo, em relação às diferenças encontradas em 50% da CRA entre os biótipos tetraploides e diploides de azevém, que responderam diferentemente à menor quantidade de água do solo.

Para a variável número de perfilhos observa-se (Tabela 3) que a cultivar tetraploide apresentou maior número de perfilhos do que a diploide. Para 50% da CRA apresentou 20,7% perfilhos a mais que a diploide, ou seja, 20 perfilhos a mais por planta. Em 100% da CRA, apresentaram 19,2% perfilhos a mais que a diploide, representando 25 perfilhos a mais por planta.

Avaliando-se dentro de cada cultivar, observa-se que a cultivar tetraploide sob 50% da CRA teve 26,4% menos perfilhos do que em 100% da CRA. Comportamento

similar observou-se para a cultivar diploide que reduziu seu perfilhamento em 27,8% quando submetida à 50% da CRA. A quantidade de perfilhos formados na condição de 100% da CRA foi superior ao obtido na menor disponibilidade de água para as duas cultivares analisadas. Desta forma, fica evidente que em menor condição hídrica as plantas de azevém diploide ou tetraploide perfilham menos, o que, conseqüentemente, pode interferir nos componentes do rendimento de grãos, em função de afetar o desenvolvimento das inflorescências.

O perfilho constitui a base do desenvolvimento das gramíneas, sendo as estruturas sobre as quais as inflorescências e a formação das cariopses irão se processar (NABINGER; MEDEIROS, 1995). As gramíneas utilizam o perfilhamento como forma de crescimento, aumento de produtividade e, sobretudo como forma de sobrevivência em ambientes sob estresses diversos (HODGSON, 1990). O perfilhamento é geralmente um indicador de vigor e persistência em poáceas forrageiras como o azevém e pode sofrer interferências negativas por uma gama de fatores ambientais. A emissão de perfilhos é afetada diretamente pela adequada disponibilidade de água e nitrogênio no solo (NABINGER; MEDEIROS, 1995).

A menor disponibilidade de água pode comprometer a absorção de nitrogênio, afetando o perfilhamento e a emissão de folhas tanto nos perfilhos como na planta mãe. Desta forma, com adequada umidade no solo encontram-se as melhores condições ao perfilhamento das plantas e a melhor relação folha/colmo (LANGER, 1963).

A maior emissão de folhas é muito importante para a planta, uma vez que estas são as responsáveis pela interceptação de luz. O tamanho da folha é também importante fator a ser considerado (HUME, 1991). Em ambiente uniforme, a taxa de aparecimento de folhas é considerado constante, porém é amplamente influenciada por mudanças na temperatura, intensidade luminosa, fotoperíodo e especialmente pela disponibilidade de água e nutrientes no solo (LANGER, 1963).

No presente trabalho, o número de folhas da planta mãe (Tabela 3) mostrou diferença significativa quando comparadas as cultivares, tanto em 50% como em 100% da CRA, sendo a cultivar tetraploide com maior número de folhas da planta mãe do que número de folhas da planta mãe a diploide. Em cada cultivar, a variação da umidade do solo não diferiu para NFPM, ou seja, as quantidades de água avaliadas foram suficientes para as plantas emitirem as folhas, apesar de ter interferido no tamanho e largura das folhas como visto na Tabela 3.

A umidade do solo também interfere no crescimento e desenvolvimento da inflorescência de poáceas (MACEDO, 2015; CARLOTO, 2016). O comprimento da espiga (Tabela 4), em 100% da CRA foi significativamente superior do que o obtido com a cultivar diploide, que apresentou individualmente menor espiga em 100% da CRA e maior em 50% da CRA. Já a cultivar tetraploide não sofreu interferência da umidade do solo no comprimento da espiga respondendo igualmente às duas condições de umidade avaliadas.

**Tabelas 4** - Médias e coeficientes de variação (CV%) para comprimento das espigas, número de espigas, número de espiguetas por espigas, tamanho médio de espiguetas e forma de cariopse de cultivares de azevém submetidas a duas quantidades de água no solo (50% e 100% da Capacidade de retenção de água do solo). Santa Maria, RS, 2015.

Cultivar	Comprimento das espigas (cm)			Número de espigas			Número de espiguetas por espigas		
	Capacidade de Retenção de Água (CRA)								
	50%	100%	Média	50%	100%	Média	50%	100%	Média
<b>Tetraploide</b>	23,82 a A*	24,78 a A	24,30	50,58 b A	48,55 b A	99,40	15,70 a A	16,90 b A	16,30
<b>Diploide</b>	21,40 a A	10,90 b B	16,15	140,00 a B	195,75 a A	167,87	17,05 a B	28,20 a A	22,62
<b>Média</b>	22,61	17,84		95,42	122,15		16,67	22,55	
<b>CV%</b>	26,79			42,85			15,45		

Cultivar	Tamanho médio de espiguetas (cm)			Forma da Cariopse (cm)		
	Capacidade de Retenção de Água (CRA)					
	50%	100%	Média	50%	100%	Média
<b>Tetraploide</b>	1,52 b A	1,48 b A	1,50	4,83 a A	5,62 a A	5,23
<b>Diploide</b>	1,90 a A	1,81 a A	1,85	6,48 a A	5,16 a A	5,82
<b>Média</b>	1,71	1,64		5,65	5,39	
<b>CV%</b>	16,29			33,03		

\*Médias não seguidas por mesma letra minúscula na vertical e por mesma letra maiúscula na horizontal diferem pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade do erro.

Em relação ao número de espigas e número de espiguetas por espiga, importantes componentes do rendimento em azevém, pode-se verificar (Tabela 4) que a cultivar tetraploide não sofreu interferência significativa da variação do conteúdo de água do solo de 50% para 100%. Porém, apresentou número de espigas e número de espiguetas por espiga significativamente inferior que a cultivar diploide e esta mostrou-se mais produtiva.

A cultivar diploide sofreu a influência da umidade do solo, sendo que, em 100% da CRA produziu mais espigas por plantas (Tabela 4) e maior número de espiguetas por espiga (Tabela 4) do que em 50%, o que não se repetiu na cultivar tetraploide, ou seja, a cultivar diploide foi mais sensível ao déficit hídrico do que a tetraploide em relação à produção de espiguetas e à formação de espigas, conseqüentemente, podendo impactar negativamente na formação de cariopses e sementes. Comparando o comportamento morfológico das cultivares diploide e tetraploide para tamanho médio de espiguetas (Tabela 4), verifica-se que houve diferença estatística entre elas, tanto em 50% como em 100% da CRA. A cultivar diploide obteve maior tamanho médio de espiguetas do que a tetraploide. As cultivares, individualmente, não apresentaram diferenças estatísticas significativas para essa variável em função da umidade do solo. Isto indica que é uma característica variável de cultivar para cultivar. Para a variável forma da cariopse, calculado através da relação do comprimento pela largura da cariopse não houve diferença estatística quando comparadas as cultivares entre si e nem quando comparadas as condições de 50% e 100% da CRA. A forma observada foi de cariopses muito alongadas, com valor da relação comprimento pela largura superior a 3,5 cm.

Na Tabela 5, observa-se que, para comprimento de ramo inferior (CRI) e comprimento do ramo mediano (CRM) houve diferença estatística entre as cultivares, com a cultivar diploide apresentando maior comprimento dos ramos médios e inferiores do que a tetraploide tanto em 50% como em 100% da CRA

**Tabelas 5 ó** Médias e coeficientes de variação (CV%) para número de ramos por espigas, comprimento de ramo inferior, comprimento de ramo médio e comprimento de ramo superior de cultivares de azevém submetidas a duas quantidades de água no solo (50% e 100% da Capacidade de retenção de água do solo). Santa Maria, RS, 2015.

Cultivar	Número de ramos por espiga			Comprimento de ramo inferior (cm)		
	Capacidade de Retenção de Água					
	100%	50%	Média	100%	50%	Média
Tetraploide	28,05a A*	20,78a B	24,41	1,55b A	1,55b A	1,55
Diploide	29,68a A	20,05a B	25,09	2,00a A	2,22a A	2,11
Média	28,86	20,41		1,77	1,88	
CV%	21,18			24,54		

Cultivar	Comprimento de ramo médio (cm)			Comprimento de ramo superior (cm)		
	Capacidade de Retenção de Água					
	100%	50%	Média	100%	50%	Média
Tetraploide	1,55b A	1,45b B	1,50	1,56a A	1,42a A	1,49
Diploide	1,85a B	2,15a A	2,00	1,47a A	1,57 a A	1,52
Média	1,70	1,80		1,51	1,49	

CV%

19,57

24,54

\* Médias não seguidas por mesma letra minúscula na vertical e por mesma letra maiúscula na horizontal diferem pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade do erro.

Com relação aos ramos superiores, não houve diferença estatística significativa entre os comprimentos para as cultivares avaliadas entre si ou quando comparadas as condições de 50% e 100% da CRA. O descritor morfológico número de ramos por espigas, não apresentou diferença entre as cultivares ou variações de umidade do solo.

Variações nos componentes de formação da inflorescência, também são sujeitos aos diferentes estresses ambientais, tais como: umidade do solo, temperatura do ar, luminosidade e disponibilidade de nitrogênio, que interferem na fotossíntese e consequentemente no crescimento e desenvolvimento dos órgãos aéreos e radiculares (DORNELLES, 2009).

Resultados para comprimento de aristas (CA), comprimento da gluma superior (CGS) e comprimento do lema I (CL) podem ser visualizados na Tabela 6. Para CA, ocorreu diferença significativa entre a cultivar tetraploide submetida a 100% da CRA que apresentou maior comprimento que a cultivar diploide. As cultivares não diferiram entre si na condição de menor capacidade de retenção de água do solo (50% da CRA). A cultivar tetraploide quando submetida a 50% da CRA diferiu de 100% da CRA, apresentando menor comprimento de aristas e para a cultivar diploide não houve diferença significativa entre as capacidade de retenção de água do solo. Para comprimento da gluma superior, não houve diferença estatística entre as cultivares ou entre as diferentes quantidades de água.

O comprimento do lema I (CL), quando comparam-se as cultivares tetraploide e diploide entre si, tanto em 100% como 50% da CRA, não mostraram diferenças significativas. Porém, quando são analisadas dentro de cada cultivar, tanto tetraploide como diploide apresentaram diferenças em função da capacidade de retenção de água no solo, sendo que na menor disponibilidade (50%), o comprimento do lema I é menor do que em 100% da CRA.

Observa-se que a cultivar tetraploide, em 50% da CRA, foi superior à cultivar diploide em relação à massa seca da parte aérea e radicular (Tabela 6). Analisadas individualmente, as cultivares mostraram-se sensíveis à variação da quantidade de água, sendo que, a menor disponibilidade também proporcionou menor massa seca. Resultado esperado, uma vez que a água tem importante papel no crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo um dos principais componentes do tecido vegetal. A insuficiência de água para as plantas resulta em baixa produção de massa seca (GUENNI et al., 2006).

A cultivar tetraploide quando submetida a 50% da CRA, reduziu a massa seca de parte aérea em 14,30% quando comparada à 100% da CRA. A redução da massa seca da cultivar diploide, submetida à mesma condição, foi de 29,70%. Para massa seca de raiz (gramas), a cultivar submetida tanto a 50% como a 100% da CRA, apresentou maior massa seca de raiz, com diferença estatística quando comparada a cultivar diploide nas mesmas condições. As cultivares diploide e tetraploide submetidas a 50% da CRA apresentaram diminuição na massa seca radicular quando comparadas a 100% da CRA. A cultivar tetraploide em condição de 50% da CRA produziu 42,65% mais massa seca de raiz do que a cultivar diploide e, em 100% da CRA, a cultivar tetraploide produziu 56,04% mais massa seca de raiz do que a cultivar diploide.

A cultivar tetraploide quando submetida a 50% da CRA reduziu a massa seca de raiz em 57,12% quando comparada à 100% da CRA e a redução da cultivar diploide submetida a mesma condição foi da ordem de 44,06%.

Em trigo foi verificado maior acúmulo de massa seca no colmo com o incremento da lâmina de água (MANFRON et al., 1996). Nesse sentido, ao aumentarem em 20% a água no solo, encontraram um incremento de 47,55% em formação de massa seca do caule, já nas massa secas da parte aérea, folhas e inflorescência, o incremento foi de 12,38; 12,77 e 6,28%, respectivamente, com aumento em 20% na quantidade de água aplicada. Devido a essa sensibilidade, a variabilidade na massa seca do colmo pode ser utilizada como base para determinação da tolerância de plantas de milho ao estresse hídrico, ou mesmo como fator que venha a ser correlacionada com a produção de cariopses pela cultura (MAGALHÃES et al., 2002).

Estudando a resposta fisiológica e de crescimento de milho sob déficit hídrico, Wu et al.(2011) verificaram redução na massa seca das plantas e na transpiração, principalmente, ao manter o solo com umidade abaixo de 90% da capacidade de campo.

A maior disponibilidade de água no solo, com o potencial hídrico próximo à capacidade de campo, facilita o fluxo de seiva pelos vasos lenhosos das plantas, bem como o fluxo de fotoassimilados pelos vasos liberianos. O maior fluxo de água para a atmosfera, através do fluxo transpiratório, provoca a maior absorção de CO<sub>2</sub> que será transformado em moléculas orgânicas, para uso nas demandas do vegetal. A tensão de turgor celular além de garantir o fluxo de seiva, será responsável pela expansão celular (TAIZ; ZEIGER, 2013). Desta forma, com maior demanda hídrica, há maior dispêndio

de compostos orgânicos no sentido de proporcionar maior crescimento dos órgãos vegetativos ou reprodutivos da planta.

Observando os resultados apresentados na Tabela 6, para ciclo da cultura, ao comparar as cultivares diploide e tetraploide entre si, tanto 50% da CRA quanto 100% da CRA, verifica-se que não houve diferença estatística entre elas.

**Tabelas 6** - Médias e coeficientes de variação (CV%) para comprimento de arista, comprimento de gluma, comprimento do lema I, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e ciclo da cultura de cultivares de azevém submetidas a duas quantidades de água no solo (50% e 100% da Capacidade de retenção de água do solo). Santa Maria, RS, 2015.

Cultivar	Comprimento de Arista (mm)			Comprimento da gluma superior (mm)			Comprimento do Lema I (mm)		
	Capacidade de Retenção de Água								
	50%	100%	Média	50%	100%	Média	50%	100%	Média
<b>Tetraploide</b>	2,50 a B*	5,42 a A	3,96	9,30 a A	9,80 a A	9,55	5,90 a B	6,98 a A	6,44
<b>Diploide</b>	2,60 a A	1,82 b A	2,21	9,10 a A	8,90 a A	9,00	5,30 a B	6,48 a A	5,89
<b>Média</b>	2,55	3,62		9,20	9,35		5,6	6,73	
<b>CV%</b>	52,12			16,99			9,06		

Cultivar	Massa seca de parte aérea (g)			Massa seca de raiz (g)			Ciclo da Cultura (dias)		
	Capacidade de Retenção de Água								
	50%	100%	Média	50%	100%	Média	50%	100%	Média
<b>Tetraploide</b>	140,38 a B	163,81 a A	152,09	43,78 a B	102,09 a A	72,93	128,55 a B	162,05 a A	145,30
<b>Diploide</b>	104,58 b B	148,78 a A	126,68	25,11 a B	44,88 b A	34,99	119,95 a B	157,50 a A	138,72
<b>Média</b>	122,48	156,29		34,44	73,48		124,25	159,77	
<b>CV%</b>	20,68			16,77			32,40		

\*Médias não seguidas por mesma letra minúscula na vertical e por mesma letra maiúscula na horizontal diferem pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade do erro.

Em cada cultivar, verifica-se que em 50% da CRA a cultivar tetraploide apresentou uma redução média de 33,5 dias do ciclo biológico e a cultivar diploide uma redução de 37,5 em relação à maior disponibilidade de água do solo, mostrando que a menor disponibilidade de água para as plantas de azevém afetaram seu ciclo biológico independentemente das características genéticas das cultivares, acelerando a senescência. Segundo Breseghello et al. (1998) o ciclo biológico das plantas pode ser alterado a partir de estresses ambientais, principalmente hídricos e nutricionais. Macedo (2015) e Carloto (2016) trabalhando com as gramíneas *Urochloa plantaginea* e

*Eragrostis pilosa*, respectivamente, sob crescentes quantidades de água no solo até o alagamento encontraram resultados semelhantes.

A Tabela 7 mostra os resultados para as variáveis qualitativas de cada cultivar Winter Star (tetraploide) e LE 284 (diploide) em 100% da CRA e 50% da CRA.

**Tabela 7** - As variáveis qualitativas avaliados para as cultivares diploide e tetraploide em função da água no solo (50% e 100% da capacidade de retenção de água do solo). Santa Maria, RS, 2015.

	Antocianina no Colmo		Cor dos Entrenós	
Umidade/ Cultivar	100%	50%	100%	50%
Tetraploide	Ausente	Ausente	Verde-Claro	Verde-Claro
Diploide	Ausente	Ausente	Verde-Claro	Verde-Claro
	Indumento nos Nós		Cor dos Nós	
Umidade/ Cultivar	100%	50%	100%	50%
Tetraploide	Ausente	Ausente	Violáceo	Violáceo
Diploide	Ausente	Ausente	Violáceo	Violáceo
	Indumento na Bainha da Folha Bandeira		Antocianina na Bainha da Folha Bandeira	
Umidade/ Cultivar	100%	50%	100%	50%
Tetraploide	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Diploide	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	Cor da Lâmina da Folha Bandeira		Antocianina na Lâmina da Folha Bandeira	
Umidade/ Cultivar	100%	50%	100%	50%
Tetraploide	Verde Escuro	Verde Escuro	Ausente	Ausente
Diploide	Verde Claro	Verde Claro	Ausente	Ausente
	Pilosidade da Folha Bandeira		Posição da Espiga	
Umidade/ Cultivar	100%	50%	100%	50%
Tetraploide	Glabra	Glabra	Semiereta	Semiereta
Diploide	Glabra	Glabra	Semiereta	Semiereta
	Forma da Espiga		Tricomas na Ráquis	
Umidade/ Cultivar	100%	50%	100%	50%
Tetraploide	Intermediária	Intermediária	Presente	Presente
Diploide	Intermediária	Intermediária	Presente	Presente
	Tricomas na Ráquis		Ápice do Lema I	
Umidade/ Cultivar	100%	50%	100%	50%
Tetraploide	Persistente	Persistente	Subaristado	Subaristado
Diploide	Persistente	Persistente	Subaristado	Subaristado
	Indumento do Lema I		Arquitetura de Plantas	
Umidade/ Cultivar	100%	50%	100%	50%

Tetraploide	Presente	Presente	Ereta	Ereta
Diploide	Presente	Presente	Ereta	Ereta

A análise dos resultados mostra que houve diferença em relação à cor da folha bandeira, em que a cultivar tetraploide tanto em 100% como em 50% da CRA apresentou coloração verde escura para as folhas e a cultivar diploide tanto em 100% como em 50% da CRA apresentou coloração verde clara para a mesma variável, também houve diferença para arquitetura de plantas, em que a cultivar Winter Star apresentou forma semi-ereta tanto em 100% como em 50% da CRA e a cultivar LE 284 apresentou forma ereta para as duas condições de água do solo. A arquitetura da planta é outra característica genotípica com influência no fenótipo das gramíneas. Entretanto, pode sofrer alterações em função do ambiente, especialmente da quantidade de água no solo. Em trabalhos com plantas do capim papuã (*Urochloa plantaginea*), que são eretas, formaram estolões quando submetidas ao alagamento do solo em resposta à hipoxia em ambiente de produção de arroz (MACEDO, 2015).

A coloração das folhas e colmos são características variáveis em função das condições ambientais, sendo a tonalidade influenciada pela quantidade de água e nutrientes, especialmente nitrogênio, manganês e magnésio. Isto tem relação com a quantidade de clorofila ou outros pigmentos produzidos pela planta (DORNELLES, 2009; CARLOTO, 2016).

A Tabela 8 apresenta a dissimilaridade entre as duas cultivares de azevém submetidas a 100% e 50% da capacidade de retenção de água do solo, em relação a 11 características avaliadas com base na distância generalizada de Mahalanobis.

**Tabela 8** - Dissimilaridade entre cultivares de azevém em relação a onze características, com base na distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2_{ii}$ ). Santa Maria, RS, 2015.

	Tetraploide 100%	Diploide 100%	Tetraploide 50%	Diploide 50%
Tetraploide 100%	1	544784,1	46662,7	672322,2
Diploide 100%		1	728009,5	1939544,5
Tetraploide 50%			1	737222,2
Diploide 50%				1

A combinação de cada cultivar submetida a 100% e 50% da CRA, mostra que a combinação entre a cultivar tetraploide 100% da CRA e a tetraploide 50% apresentou a menor distância ( $D^2 = 46662,7$ ), mostrando maior similaridade entre a cultivar em

condições diferentes de CRA. Para a combinação entre a cultivar diploide em 100% da CRA e em 50% da CRA, esta apresentou a maior distância ( $D^2= 1939544,5$ ), gerando uma menor similaridade das cultivares, provavelmente devido à variabilidade das sementes da cultivar, visto que podem ter sido originadas de populações diferentes.

Em seguida observam-se resultados em que foram combinadas as cultivares entre si. A combinação entre a cultivar tetraploide 50% da CRA com a diploide 50% da CRA apresentou maior distância ( $D^2= 737222,2$ ), assim sendo, menos similaridade entre as cultivares. Os resultados para a combinação das cultivares tetraploide e diploide em 100% da CRA mostram uma menor distância entre esses tratamentos ( $D^2=544784,1$ ).

Dados apresentados na Tabela 9 permitem inferir que três destas características contribuíram com (96,90%) da divergência genética, enquanto oito contribuíram com apenas (3,10%), a contribuição relativa dos caracteres para a dissimilaridade genética foi realizada pelo método proposto por (SINGH, 1981).

**Tabela 9** - Contribuição relativa dos caracteres para a dissimilaridade genética das cultivares de azevém, diploide e tetraploide submetidas a 100 e 50% da capacidade de retenção de água do solo pelo método proposto por SINGH (1981). Santa Maria, RS, 2015.

Caracteres	%
CRI <sup>1</sup>	49,15
CRS <sup>2</sup>	35,46
LFB <sup>3</sup>	12,29
CRM <sup>4</sup>	1,91
EC <sup>5</sup>	0,96
DEN <sup>6</sup>	0,14
CE <sup>7</sup>	0,04
NRE <sup>8</sup>	0,03
CFB <sup>9</sup>	0,02
CC <sup>10</sup>	0,005
NE <sup>11</sup>	0,002

CRI<sup>1</sup> comprimento de ramo inferior (cm)  
 CRS<sup>2</sup> comprimento de ramo superior (cm)  
 LFB<sup>3</sup> largura da folha bandeira (cm)  
 CRM<sup>4</sup> comprimento de ramo médio (cm)  
 EC<sup>5</sup> espessura do colmo (mm)

CE<sup>7</sup> comprimento de espiga (cm)  
 NRE<sup>8</sup> número de ramos por espiga  
 CFB<sup>9</sup> comprimento da folha bandeira (cm)  
 CC<sup>10</sup> comprimento do colmo (cm)  
 NE<sup>11</sup> número de espigas

Entre as características estudadas, o comprimento de ramo inferior (49,15%), comprimento de ramo superior (35,46) e largura de folha bandeira (12,29) foram as mais contributivas em explicar a dissimilaridade entre as cultivares.

Analisando-se a Tabela 10, quando o comprimento de colmo e espessura de colmo são correlacionadas ocorre diferença de sinal entre as correlações genotípicas e ambiental demonstrando que as variáveis são influenciadas por meio de mecanismos fisiológicos.

**Tabela 10** - Estimativas dos coeficientes de correlações fenotípicas (F), genotípicas (G) e ambiental (A), entre onze caracteres avaliados para cultivares diploides e tetraploides de azevém. Santa Maria, RS, 2015.

Caracteres	CO**	EC <sup>2</sup>	DEN <sup>3</sup>	CFB <sup>4</sup>	LBF <sup>5</sup>	CE <sup>6</sup>	NE <sup>7</sup>	NRE <sup>8</sup>	CRI <sup>9</sup>	CRM <sup>10</sup>	CRS <sup>11</sup>
CC <sup>1</sup>	F	-0,396	0,740	0,933	0,850	-0,700	0,871	0,536	0,796	0,773	0,544
	G	-0,207*	0,044*	0,462*	0,306*	-0,162*	0,276*	0,721*	0,144*	0,122*	0,760*
	A	0,530	0,420	0,124	0,058	0,270	0,337	0,329	0,336	0,298	0,289
EC <sup>2</sup>	F		-0,902	-0,233	-0,660	-0,179	-0,235	0,296	-0,519	-0,541	-0,334
	G		-0,181	-0,336	-0,878	-0,242	-0,323	0,329	-0,733	-0,760	-0,566
	A		0,154	0,075	0,171	0,070	0,209	0,227	0,185	0,158	0,211
DEN <sup>3</sup>	F			0,627	0,905	-0,132	0,514	-0,039	0,675	0,679	0,398
	G			0,672	0,955	-0,144	0,521	-0,066	0,712	0,721	0,440
	A			0,201	0,105	0,099	0,323	0,173	0,228	0,194	0,214
CFB <sup>4</sup>	F				0,868	-0,561	0,677	0,377	0,528	0,496	0,219
	G				0,928	0,627	0,725	0,479	0,597	0,563	0,280
	A				0,315	0,102	0,173	0,096	0,004	0,001	0,053
LBF <sup>5</sup>	F					-0,219	0,513	0,012	0,536	0,521	0,185
	G					-0,235	0,531	0,013	0,576	0,568	0,222
	A					0,068	0,059	0,009	0,047	0,024	0,041
CE <sup>6</sup>	F						0,913	0,977	0,735	0,711	0,741
	G						-0,955	-0,178	-0,826	-0,799	-0,907
	A						0,171	0,293	0,377	0,304	0,297
NE <sup>7</sup>	F							0,913	0,977	0,735	0,711
	G							0,937	0,986	0,973	0,963
	A							0,284	0,220	0,217	0,245
NRE <sup>8</sup>	F								0,661	0,642	0,747
	G								0,645	0,617	0,726
	A								0,818	0,825	0,818
CRI <sup>9</sup>	F									0,999	0,928
	G									0,005	0,947
	A									0,947	0,923
CRM <sup>10</sup>	F										0,934
	G										0,949
	A										0,940

\*grau de significância a 1%

\*\* Correlações

CC<sup>1</sup>= comprimento de colmo

EC<sup>2</sup>= espessura do colmo

DEN<sup>3</sup>= distância dos entrenós

CFB<sup>4</sup>=comprimento da folha bandeira

LBF<sup>5</sup>= largura da folha bandeira

CE<sup>6</sup>= comprimento de espigas

NE<sup>7</sup>=número de espigas

NRE<sup>8</sup>= número de ramos por espigas

CRI<sup>9</sup>= comprimento do ramo inferior

CRM<sup>10</sup>=comprimento do ramo mediano

CRS<sup>11</sup>= comprimento do ramo superior

Correlações genotípicas baixas e/ou negativas indicam herdabilidade baixa ou que uma característica está pouco correlacionada com o desenvolvimento da outra. Para herdabilidade baixa, as características fenotípicas provavelmente serão influenciadas por condições ambientais.

#### **4. CONCLUSÃO**

Infere-se que para a cultivar diploide (LE 284), algumas das variáveis quantitativas avaliadas sofreram alterações conforme a capacidade de retenção de água do solo (CRA) em que se encontrava, quando a cultivar foi submetida à 50% da CRA, as variáveis espessura do colmo, número de espigas, número de espiguetas por espiga, número de perfilhos, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz, número de ramos por espiga, comprimento do lema I e ciclo da cultura, sofreram reduções quando comparados com a cultivar submetida à 100% da CRA. As variáveis comprimento das espigas, largura da folha bandeira, distância dos entrenós e comprimento de ramo médio tiveram médias superiores em 50% da CRA do que em 100% da CRA e não houve influência nas variáveis comprimento do colmo (cm), comprimento da folha bandeira (cm), tamanho médio de espiguetas (cm), número de folhas da planta mãe, comprimento de ramo inferior (cm), comprimento de ramo superior (cm), comprimento de aristas (mm) e comprimento de gluma superior (mm). Quando a cultivar tetraploide (Winter Star) foi submetida a 50% da CRA ocorreram modificações nas variáveis avaliadas quando comparados com a cultivar submetida a 100% da CRA. As variáveis; ciclo da cultura (dias), massa seca de parte aérea (g), massa seca de raiz (g), número de perfilhos, comprimento de aristas (mm) e comprimento do lema I (mm) diminuíram quantitativamente quando em 50% da CRA. Comprimento, largura da folha bandeira (cm) e número de ramos por espigas aumentaram quando a cultivar foi submetida a 50% da CRA e a capacidade de retenção de água do solo não influenciou nos resultados para comprimento de colmo (cm), espessura de colmo (mm), comprimento das espigas (cm), número de espigas, número de espiguetas por espigas, tamanho médio de espiguetas (cm), distância dos entrenós (cm), número de folhas da planta mãe, comprimento de ramo inferior (cm), comprimento de ramo médio (cm), comprimento de ramo superior (cm) e comprimento de gluma superior (mm).

Conclui-se que a cultivar diploide sofre maior influência do que a tetraploide quando submetidas à menor quantidade de água durante o ciclo da cultura.

Resultados encontrados para divergência e dissimilaridade genética mostram que algumas das características fenotípicas avaliadas são influenciadas pelo ambiente e a baixa variabilidade deve-se ao fato das cultivares serem originados de genitores pertencentes a tipos comerciais ou grupos gênicos diferentes.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R.P.; SCHAEGLER, C.E.; TIRONI, S.P.; SANTOS, L.S. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo, **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 271-278, 2008.
- ARAÚJO, A. A. Forrageiras para ceifa: capineiras, fenação e ensilagem. Porto Alegre: Sulina, 196 p, 1978.
- BOLDRINI, I.L.; LONGHI-WAGNER,H.M.; BOECHAT,S.D. **Morfologia e taxonomia de gramíneas Sul-Riograndenses**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 45-47, 2005.
- BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. da M. de; MORAIS, O. P. de Cultivares de arroz. In: BRESEGHELO, F.; STONE, L. F. (Ed.). Tecnologia para o arroz de terras altas. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. p 41-53.
- BRITO, M.E.B. et al., Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Biosciencia journal**. Uberlândia, v.29. n.5. 1244-1255 p. 2013
- CANTO, M.W. Gênero *Lolium*. Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras Produção e Utilização de Pastagens. Curitiba, Brasil, 1999.
- CANTO-DOROW, T. S. **Revisão taxonômica das espécies Sul-Riograndenses de *Paspalum* L. (Grupo Notata) Poaceae-Paniceae com ênfase na análise da variação intra-específica de *Paspalum notatum* Flugge**. Porto Alegre. 1993. 172p. Dissertação (Mestrado em Botânica) ó Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1993.
- CARRÈRE, P.; LOUAULT, F.; SOUSSANA, J.F. Tissue turnover within grass-clover mixed swards grazed by sheep. Methodology for calculating growth, senescence and intake fluxes. **Journal of Applied Ecology**, v.34, p.333-348, 1997.
- CARLOTO, B. W. **Alterações fenotípicas de duas espécies de *Eragrostis* Wolf. (Poaceae) sob diferentes condições de umidade do solo**. 76 p. 2016. Dissertação ó Mestrado em Agrobiologia ó Curso de Pós-graduação em Agrobiologia, Universidade Federal de Santa Maria.
- CEREZO-MESA, M.; ESQUINAS-ALCÁZAR, J. T. El germoplasma vegetal em los países Del ConoSur de América Latina. Roma: Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos, 1986. 183 p.
- CRUZ, C.D. Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística. Versão Windows óViçosa, UFV. 2007.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 2 ed., v. 2, 2003. 585p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. de S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3 . ed. V.1, Viçosa: UFV, 2004. 480 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1997. 390 p.

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

DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; MATTOS, M. J. **Sistema de produção de milho e sorgo**. Sete Lagoas, 2006. Disponível em: <<https://www.cnpms.com.br>>. Acesso em: 20 FEV. 2017.

FARINATTI, L.H.E . *et al.* Avaliação de diferentes cultivares de azevém no desempenho de bezerros. Embrapa clima temperado, documento 166, n.3-16.2006.

FILGUEIRAS, T.S. *et al.* 2015. Poaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/fb193>> acesso em 10 Fev.2017.

FORZZA, RC., *et al.* INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Introdução: as angiospermas do Brasil, p. 78-89. Vol. 1. ISBN 978-85-8874-242-0. AvailablefromSciELO Books

FLORES R.A. Avaliação e seleção de azevém anual (*Lolium Multiflorum* L). Dissertação de mestrado a área de plantas forrageiras. Faculdade federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre RS, Março de 2006. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/8666/000585451.pdf?sequence=1>. Acessado em: 10 Fev. 2017.

GUENNI, O.; GIL, J.L.; BARUCH, Z.; MÁRQUEZ, L.; NÚÑEZ, C. Respuestas al déficit hídrico em espécies forrajeras de *Brachiaria* (Trin.) griseb. (Poaceae). **Interciencia**, Caracas, v.31, n.7, p. 505-511, 2006.

HODGSON, J. Grasing management: Science into practice. London: Longman Scientific & Technical, 1990. 203 p.

HUME, D.E. Leafandtillerproduction of prairegrass (*Bromuswilldenowwii*) andtwoyegrass (*Lolium*) species. **Annals of Botany**, v.67, p.111-121, 1991.

IBGE. 2006. **Censo Agropecuário**. Recenseamento geral do Brasil. Fundação Brasileira de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro.

JUDD, W.S., C.S. CAMPBELL, E.A. KELLOGG, P.F. STEVENS & M.J. DONOGHUE. 2009. Sistemática vegetal: um enfoque filogenético. Rodrigo B.Singer et al. (Trad.) 3a ed. Arned. Porto Alegre.

KÄMPF, A.N.; TAKANE, K.J.; SIQUEIRA, P.T.V. **Tecnologia Fácil - 19**. Floricultura: técnicas de preparo de substratos. Porto Alegre: LK, 2006. 132p.

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

LANGER, R.M.H. 1963. Tillering in herbage grasses. **Herbare abstracts**. 33(3):141-148.

LONGHI-WAGNER, H.M. Lolium in Lista de Espécies da Flora do Brasil. 2015. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <[HTTP:floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB116987](http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB116987)> Acesso em: 10 Fev 2017.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3.ed. Nova Odessa: Plantarum, 624 p., 2000.

LOARCE, Y.; GALLEGO, R.; FERRER, E. A comparative analysis of the genetic relations hipbe tween rye cultivar susing RFLP and RAPD markers. *Euphytica*, Wageningen, v. 88, p. 107-115, 1996.

MACEDO, L.C.P. Alterações morfológicas em plantas do gênero *Urochloa* P. Beauv. submetidas a três condições de umidade do solo. 2015. 69 p. **Dissertação** (Mestrado em Agrobiologia) ó Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 2002. 23 p. (Circular Técnica, 22).

MANFRON, P. A., MACHADO, E. C., GARCIA, D. C., CELLA, W. L. Crescimento da cultivar de trigo IAC-24 submetida a deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 41-48, 1996.

MARTINS, GILBERTO DE A.; DONAIRE, DENIS. Princípios da estatística: 900 exercícios resolvidos e propostos. São Paulo: Atlas 2004.

MANUAL DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. ó Porto Alegre, 2004. 400 p.

NABINGER, C. MEDEIROS, R.B. Produção de sementes em *Panicum maximum* Jacq. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM,12 Piracicaba, Anais... Piracicaba: ESALQ,1995. p. 59-121

NUNES, A.L. et al. Tolerância de espécies de inverno a herbicidas residuais. *Revista Ciência Agrônômica*., v. 8, n. 4, p. 443-448, 2007.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 11.ed. Piracicaba: Esalq. 1985. 467 p.

RIVERA-HERNÁNDEZ, B.; CARRILO-ÁVILA, E.; OBRADOR-OLÁN, J. J.; JUÁREZ-LÓPEZ, J. F.; ACEVES-NAVARRO, L. A.; GARCÍA-LÓPEZ, E. Soil moisture tension and phosphate fertilization on yield components of A-7573 sweet corn (*Zea mays* L.) hybrid, in Campeche, Mexico. **Agricultural Water Management**, Bushland, v. 96, n. 9, p. 128561292, 2009.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**. V. 41, 237-245, 1981.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2013. **Fisiologia Vegetal**. [tradução: Armando Molina Divan Junior et al.]; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira. 6 Ed. 5. 6 Porto Alegre, Artmed.

TONETTO, C.J. **Avaliação de genótipos de azevém diploide e tetraploide com manejos distintos de corte visando duplo propósito**. 2009. Universidade Federal de Santa Maria, programa de pós-graduação em agronomia. Santa Maria, RS, Brasil. Acesso em 02 de junho de 2015.

WELKER, C.A.D, LONGHI-WAGNER, H.M. A família Poaceae no Morro Santana, Rio Grande do Sul, Brasil. Porto Alegre, **Revista Brasileira de Biociências**. V.5, n.4, p.53-92, out./dez. 2007.

WU, Y.; HUANG, M.; WARRINGTON, D.N. Growth and transpiration of maize and winter wheat in response to water deficits in pots and plots. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v. 71, n. 1, p. 65671, 2011.

## CAPÍTULO II

### **ALTERAÇÕES ANATÔMICAS EM COLMOS E RAÍZES DE DUAS CULTIVARES DE AZEVÉM SUBMETIDAS A DUAS CONDIÇÕES DE UMIDADE DO SOLO**

**ANATOMICAL CHANGES IN STEMS AND ROOTS OF TWO RYEGRASS CULTIVARS SUBMITTED TO TWO SOIL WATER CONDITIONS**

#### **RESUMO**

Foi realizado um experimento com duas cultivares de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), uma diploide e outra tetraploide, submetidas a duas condições de umidade do solo, com o objetivo de avaliar as alterações anatômicas destas em 100% e 50% da capacidade de retenção de água do solo (CRA). O experimento foi um bifatorial em delineamento inteiramente casualizado e 20 repetições. Comparando as cultivares entre si, verifica-se que houve diferença em 50% da CRA para a cultivar diploide que apresentou maior porcentagem de aerênquimas no colmo que a cultivar tetraploide. Comparando os diferentes níveis de umidade do solo, verifica-se que em 100% da CRA ambas cultivares apresentaram porcentagem de aerênquimas superiores à condição de 50% da CRA. Para aerênquimas em raiz não houve diferença significativa entre as cultivares, ou pelo efeito das diferentes condições de água no solo. Observa-se que em colmos, a maior disponibilidade de água promoveu formação de maior cavidade fistulosa (medula oca), sendo que esta estrutura funciona como um grande aerênquima dentro do corpo vegetal.

Palavras-chave: Água. Planta daninha. Hipoxia. Parênquima. Estresse.

#### **ABSTRACT**

An experiment was carried out with two cultivars of ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.), One diploid and another tetraploid, submitted to two soil moisture conditions, with the objective of evaluating their anatomical changes in 100% and 50% of the retention capacity of Soil water (CRA). The experiment was a bifatorial randomized block and 20 replicates. Comparing the cultivars with each other, it was verified that there was a difference in 50% of the CRA for the diploid cultivar, which had a higher percentage of aerenchyma in the stem than the tetraploid cultivar. Comparing the different levels of soil moisture, it is verified that in 100% of the CRA, both cultivars presented a percentage of aerenchymates superior to the condition of 50% of the CRA. For root aerenchyma there was no significant difference between cultivars, or the effect of different soil water conditions. It is observed that in stems, the greater availability of

water promoted the formation of a larger fistula cavity (hollow medulla), and this structure functions as a large aerenchyma within the plant body.

Keywords: Water. Weed. Hypoxia. Parenchyma. Stress.

## 1. INTRODUÇÃO

A imobilidade das plantas é um fator determinante para que assumam uma anatomia mais rígida e específica para facilitar a captura de energia luminosa e a absorção de nutrientes, por esse motivo diz ó se que a anatomia e o crescimento das plantas têm quase mais influência do meio em que vivem do que a constituição do seu material genético. Ainda falando em crescimento de plantas sabe-se da importância dos tecidos vegetais, onde cada um apresenta uma função específica e essencial para os vegetais, são eles, sistemas dérmico, vascular e fundamental. O sistema fundamental apresenta células de parênquima, colênquima e esclerênquima que possuem a função de suporte, síntese e armazenamento de elementos essenciais para as plantas. No grupo das células parenquimáticas estão os aerênquimas ou parênquima aerífero, que permitem a flutuação, são reservatórios de ar indispensáveis para trocas gasosas e na respiração das plantas (FERRI, 1984).

Dentre as diversas famílias vegetais, encontra-se a família das Poaceae que é caracterizada pela fácil adaptação em situações adversas e variações ambientais (BOLDRINI et al., 2005). São plantas cosmopolitas, ou seja, encontradas em várias regiões do mundo.

O *Lolium multiflorum*, conhecido popularmente como azevém anual é utilizado como cultura principal por possuir características agronômicas que garantem rápido estabelecimento, tolera excessos de umidade, alta produção, ampla adaptação a tipos de solo, boa densidade de perfilhos, pode ser utilizada em consórcio e associações, apresenta boa produção de sementes, porém essas mesmas características acabam por classificá-lo como planta daninha quando compete com a cultura principal (ROSO et al., 2000). Porém, vários fatores interferem para que as plantas expressem o seu potencial produtivo, geralmente ocorrem situações de stress, ou são submetidas à redução hídrica ou a hipoxia, ou seja, quando ocorre o aumento da quantidade de água no solo, diminuindo assim a concentração de oxigênio nos solos, motivada pelo aumento da capacidade de retenção de água do solo (CRA) ou quando as plantas são submetidas à lâmina d'água temporária (MORARD; SILVESTRE, 1996).

No momento em que as plantas encontram-se nessas situações podem desenvolver alguns mecanismos para ajustar esse prejuízo, ou seja, a redução ou falta de oxigênio. São mecanismos adaptativos e podem estar envolvidos na ativação da expressão gênica, esses genes podem ser responsáveis pela síntese de enzimas do metabolismo de carboidratos, bem como a formação e desenvolvimento de aerênquimas e raízes adventícias (FRIES et al., 2007). As plantas que encontram-se em ambientes em hipoxia ou anoxia desenvolvem aerênquimas para preservar-se do déficit de oxigênio e para facilitar o transporte dos gases por espaços intercelulares que unem à parte aérea as raízes (SAIRAM et al., 2008).

Em condições de estresse as plantas tendem a adaptar-se, alterando tecidos importantes como os parênquimas, e formando espaços lisígenos ou esquizógenos, entre eles os aerênquimas (HOSSAIN; UDIN, 2011). O fenômeno denominado hipoxia, ocorre onde há mudança do metabolismo aeróbico para anaeróbico, induzindo mudanças no metabolismo respiratório das raízes e a produção de substâncias tóxicas como etanol e o lactato, além da redução do rendimento energético (KOLB; JOLY, 2009).

Mudanças onde a formação e aumento na concentração de etileno nas paredes celulares promovem o acúmulo nas células de etanol, acetaldeído e lactato que acidificam o citoplasma, desestruturam as paredes celulares e causam rompimento das células, conseqüentemente aumentando os espaços aeríferos, promovendo a formação de aerênquimas (ALVES et al., 2002).

O presente trabalho tem como objetivo identificar as alterações anatômicas desenvolvidas pelas cultivares de *Lolium multiflorum* quando submetidas a duas condições de umidade diferentes, simulando essas condições em casa de vegetação. O conhecimento do comportamento dessas plantas em diferentes condições de umidade possibilita identificar a mudança de alguns a variáveis anatômicos da espécie quando submetidas à condição de hipoxia, em especial a formação de aerênquimas.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL PARA ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DAS CULTIVARES EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE DO SOLO.**

Para a execução da análise de plasticidade anatômica de plantas de *Lolium multiflorum* Lam, as plantas foram obtidas através da sementeira de uma cultivar diploide e de uma tetraploide, La Estanzuela 284 e Winter Star respectivamente. O meio de sementeira utilizado foi substrato e areia, foram acondicionados em vasos plásticos com capacidade para 6,5 litros, onde cada vaso (representa a unidade experimental) recebeu 2,5 kg de substrato plantmax e 4,0 Kg de areia, e foram alojados em casa de vegetação (estufa com cobertura plástica de 6 metros por 20 m, com pé-direito de 5 m).

Em cada vaso foram semeadas cinco sementes de *Lolium multiflorum* Lam, com um total de 40 vasos para cada cultivar. Após a emergência das plântulas, foi realizado um raleio, permanecendo apenas uma planta por vaso. A sementeira foi realizada no dia vinte e seis (26) de maio de 2014 e a emergência ocorreu entre os dias 01 e 06 de junho de 2014. Os vasos contendo a mesma cultivar foram divididos em dois grupos contendo 20 vasos (repetições) para cada grupo: o primeiro grupo recebeu irrigação até atingir 50% da capacidade de retenção de água do solo e o segundo recebeu irrigação constante com 100% da capacidade de retenção de água do solo.

O Delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado e os tratamentos foram bifatorial com dois tratamentos (50% da CRA e 100% da CRA), duas cultivares de *Lolium multiflorum* Lam (LE 284 e Winter Star) e 20 repetições por tratamento.

## 2.2. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DO SOLO (CRA)

A determinação da capacidade de retenção de água do solo (areia) peneirado (CRA) foi realizada através da secagem do solo em estufa a 100° C com pesagens em balança de precisão de 0,01g a cada 30 minutos até peso constante. Nesse momento considerou-se que o solo estava completamente seco. Após a secagem da areia e substrato, foram colocados 4 kg de areia seca e 2,5 Kg de substrato em cada vaso contendo orifícios na base. Estes vasos tinham peso conhecido e foram realizados sucessivos encharcamentos até que houvesse o escoamento da água pelos orifícios basais do vaso. Após o escoamento das últimas gotas pelos drenos do vaso foi considerado que o solo estava em 100% da CRA e assim foi realizada outra pesagem com balança de precisão de 0,01g. Através da diferença de peso do vaso com solo seco e

do vaso com o solo a 100% da CRA obteve-se a massa de água necessária para atingir 100% CRA, considerando que a massa específica da água seja  $1000 \text{ kg m}^{-3}$  ou  $1 \text{ kg L}^{-1}$ .

Para a obtenção das umidades dos tratamentos (50% e 100% da CRA) foi utilizada a metodologia descrita por Kämpf et al. (2006):

$$PV_{100\%} = (PV_{CRA} - PV_{seco}).1 + PV_{seco}$$

$$PV_{50\%} = (PV_{CRA} - PV_{seco}).0,5 + PV_{seco}$$

Onde PV n% é o peso do vaso para cada tratamento;  $PV_{CRA}$  é a capacidade de retenção de água do solo;  $PV_{seco}$  é o peso do vaso preenchido com o solo seco.

Antes do início dos tratamentos, foram realizadas irrigações de manutenção até 75% da CRA para favorecer a germinação das sementes. Este procedimento foi mantido até que as plantas atingissem o estágio de 3 folhas, quando se deu início à irrigação definitiva com 50% da CRA, 100% da CRA. Para a determinação da CRA de 75% utilizou-se a fórmula:

$$PV_{75\%} = (PV_{CRA} - PV_{seco}).0,75 + PV_{seco}$$

As diferentes irrigações iniciaram-se no dia 21 de junho de 2014, ou seja, 20 dias após a emergência das plântulas, e foram realizadas diariamente, onde, para se determinar a quantidade de água necessária para cada dia em cada vaso, realizou-se a medição da massa de cada vaso, utilizando uma balança eletrônica marca ACS System com precisão de 5 g. adicionando água até atingir a massa seca pré-determinada (vaso + solo seco + volume de água para atingir 100% e 50% da CRA).

Os vasos receberam adubação na base conforme análise de solo previamente realizada, utilizando-se a tabela de recomendação da ROLAS (Rede Oficial de Laboratório de Análise de Solos) para a cultura do azevém. Receberam, ainda, aplicação de uréia em cobertura para fornecimento de Nitrogênio (N) para as plantas baseado na recomendação para as culturas forrageiras anuais de inverno. Todos os tratamentos receberam a mesma condição de adubação de base e de cobertura.

### 2.3. OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE ANATÔMICA

A coleta do material das cultivares para análise anatômica foi realizada quando as plantas encontravam-se em florescimento.

Foram coletados, com auxílio de um bisturi, cortes do terço médio da raiz e terço médio do colmo de cada planta de seis unidades experimentais, compondo as repetições.

Com a finalidade de manter a integridade celular dos cortes estes foram acondicionados em tubos contendo fixador glutaraldeído 1% e formaldeído 4% (MCDOWELL; TRUMP, 1976) em tampão fosfórico 0,1 M (GABRIEL, 1982). Os tubos foram armazenados em estantes em posição vertical a 5 °C e acondicionados em câmara de vácuo e mantidos em geladeira até a confecção das lâminas.

As lâminas foram confeccionadas com algumas adequações e foi utilizada a técnica da historesina-Jung conforme o protocolo (MARIATH; SANTOS 1996). O emblocamento do material foi realizado em hidroxietilmetacrilato, de acordo com o protocolo de (GERRITS E SMID, 1983). Foram obtidos os cortes transversais anatômicos de 4 micrômetros de espessura. Através do seccionamento do material emblocado, com auxílio de um micrótomo de rotação e posteriormente foram processados e fixados em lâmina de vidro corados com azul de toluidina 0,05% (FEDER; O'BRIEN, 1968).

#### 2.4. AVALIAÇÕES DOS CORTES ANATÔMICOS

Através do uso de um microscópio óptico da marca Zeiss (modelo Axio Scope. A1) e registro de imagens por uma câmera acoplada a um microcomputador com software de análise de imagens Zen 2012 analisou-se os cortes anatômicos de raiz e caule das cultivares de azevém diploide e tetraploide, esses registros fotográficos são utilizados pelo nível de detalhes das estruturas fornecidas para as avaliações.

Com o intuito de definir a área relativa da secção da raiz e caule que apresentam formação de espaços aéreos ou aerênquimas as imagens foram avaliadas através do software Zen 2012 que apresenta uma ferramenta de análise e edição de imagens, no qual mede-se a área total da secção do corte e a área ocupada pelas estruturas de aerênquimas, assim permitindo por meio de uma simples equação determinar a área relativa em porcentagem (%). Os resultados foram analisados no software SISVAR (FERREIRA, 2000). Onde foram submetidos à análise da variância via bootstrap com 2000 simulações e as médias dos tratamentos para cada espécie, e de maneira separada foram comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. FORMAÇÃO DE AERÊNQUIMAS NO COLMO E RAÍZES

Analisando-se a tabela 1, observa-se para secção do colmo que não houve diferença estatística entre as cultivares diploide e tetraploide na condição de 100% da CRA e quando as cultivares foram submetidas à condição de 50% da CRA, houve diferença estatística e a cultivar diploide apresentou maior porcentagem de aerênquimas que a tetraploide, demonstrando ser mais adaptada para condições extremas de umidade do solo. Ainda analisando a secção do colmo, observa-se que tanto a cultivar tetraploide quanto a diploide quando submetidas a 100% e 50% da CRA apresentaram diferença estatística, onde a condição de 100% da CRA proporcionou maior porcentagem de aerênquimas constituintes do colmo.

**Tabela 1** Médias e coeficientes de variação (CV%) para área relativa da secção do colmo e raiz ocupada por aerênquimas em azevém (*Lolium multiflorum*) diploide e tetraploide submetidos às condições hídricas de solo 100% e 50% da CRA. Santa Maria, RS, 2015.

Cultivar	Colmo (%)			Raiz (%)		
	100%	50%	Média	100%	50%	Média
Tetraploide	41,30 a A*	8,66 b B	24,98	23,83 a A	39,42 a A	31,62
Diploide	48,26 a A	31,72 a B	39,99	37,23 a A	33,42 a A	35,32
Média	44,78	20,19		30,53	36,42	
<b>CV (%)</b>	26,58			44,54		

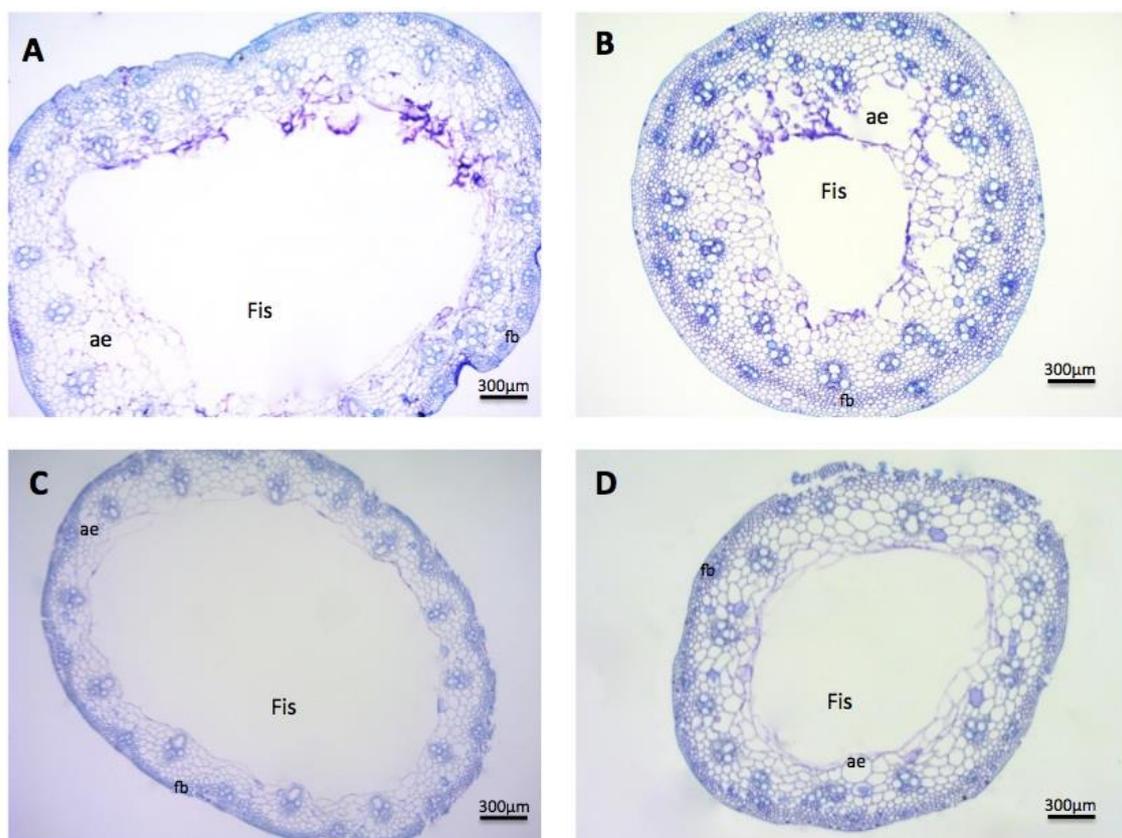
\*Médias não seguidas por mesma letra minúscula na vertical e por mesma letra maiúscula na horizontal diferem pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade do erro.

Os caules de espécies de *Lolium* são normalmente fistulosos (medula oca) e podem ser observados pelas figuras 1A, 1B, 1C e 1D. Esta estrutura anatômica, entretanto, pode variar em função das características genéticas de cada espécie e pela pressão do ambiente onde a planta se desenvolve, especialmente pela quantidade de água no solo (CARLOTTO, 2016). A quantidade de água na capacidade de campo ou em condições de alagamento pode levar à hipoxia (redução na capacidade de oxigenação do solo) o que induz à formação de aerênquimas em espécies que se adaptam a esta condição (MACEDO, 2015). Como visto na figura 1, os tecidos

periféricos são constituídos por elementos esclerocíticos (fb) que garantem a estabilidade do caule à medida que a cavidade fistulosa vai aumentando em diâmetro. Este reforço faz-se necessário para que o colmo mantenha-se ereto, sendo que nestas condições de ampliação da fístula pela desintegração das paredes das células do córtex e incorporação à grande cavidade, faz com que a própria fístula seja usada pela planta como um órgão de transporte de oxigênio da parte aérea para as raízes das plantas, constituindo assim um grande aerênquima (KRAEHMER et al., 2013).

Pela figura 1, verifica-se que a cultivar tetraploide é a que sofreu maior variação na ampliação da cavidade fistulosa quando aumentou-se a quantidade de água de 50% (1B) para 100% da CRA (1A).

**Figura 1** Alterações anatômicas em caules de duas cultivares de azevém submetidas a duas quantidades de água no solo tetraploide 100% da CRA (A) e 50% da CRA (B); diploide 100% da CRA (C) e 50% da CRA (D). fb = fibras esclerenquimáticas; Fis = cavidade fistulosa; ae = aerênquima.



Também é possível observar a presença de um cordão de fibras (fb) esclerenquimáticas em posição subepidérmica quando a cultivar é submetida a 100% da CRA, sendo este cordão de diâmetro menor e mais centralizado no córtex em 50% da CRA. A cultivar tetraploide (tabela 1) foi a que apresentou menor área relativa ocupada por aerênquimas na menor disponibilidade de água (50% da CRA), aumentando a presença destes à medida que aumentou-se a quantidade de água no solo até 100% da CRA.

A cultivar Winter Star (tetraploide) apresentou menor formação de aerênquima na condição de 50% da capacidade de retenção de água do solo (CRA), sendo 32,64% a menos de área do colmo composta por aerênquimas quando submetida a 100% da CRA. A cultivar diploide (La Estanzuela 284) apresentou 16,54% a menos de área do colmo composta por aerênquimas quando submetida a 100% da CRA. Resultados semelhantes foram encontrados Carloto (2016) quando avaliou a espécie *Eragrostis plana*, onde à medida que aumentou-se a água no solo houve o aumento percentual de tecido aerênquimático.

Isto ocorre em função da redução da capacidade de oxigenação radicular o que estimula a sinalização etileno- $H_2O_2$ , promovendo acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROS) que provocam a degradação das membranas celulares, afrouxamento das elastinas da parede até o rompimento destas, formando grandes cavidades aerenquimáticas (COLMER et al., 2006).

A formação de aerênquimas em condições de hipoxia, é obtida em função do acúmulo de etileno, bem como do acúmulo de etanol e acetaldeído, alterando o pH celular, acidificando o citoplasma e levando à disruptura da parede celular em espécies como arroz (JOSHI; KUMAR, 2012), milho (ALVES et al. 2002), capim papuã (MACEDO, 2015), trigo (HOSSAIN; UDDIN, 2011) e capim barbicha de alemão (CARLOTTO, 2016) . Desta forma induzira à formação de tecidos com cavidades aerenquimáticas (COLMER et al., 2006).

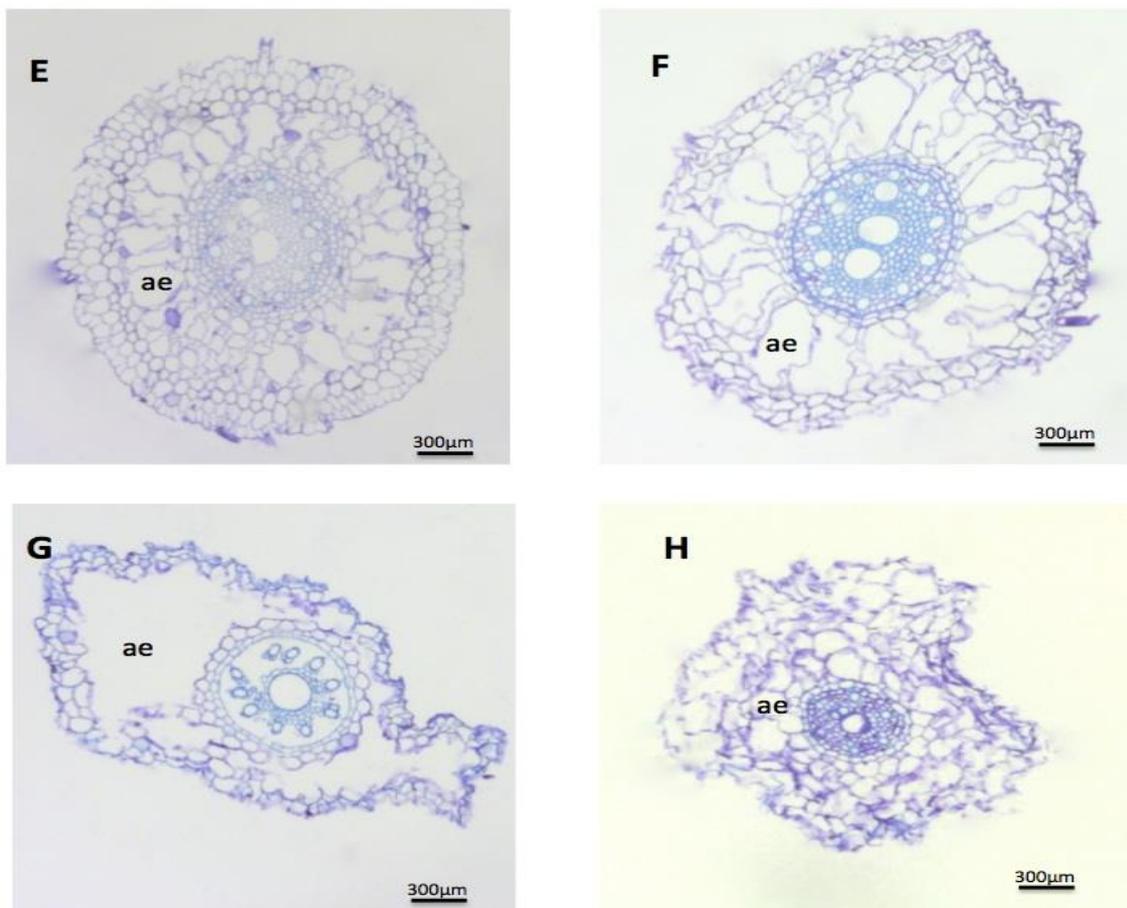
Entretanto, pode haver formação de aerênquimas sem a sinalização etileno- $H_2O_2$  (HOSSAIN; UDDIN, 2011). Neste caso, ocorrem pressões de gases sobre as cavidades intercelulares rompendo as paredes. No excesso de umidade, é estimulada atividade da enzima ACC (1-amino cyclopropane 1-carboxylic acid) precursora do etileno (COHEN; KENDE, 1987). A falta de oxigenação bloqueia a conversão de ACC em etileno acumulando compostos tóxicos disruptores da parede celular (etanol, acetaldeído e lactato) que acidificam a celulose, hemicelulose e lignina (TENHAKEN et al., 1995). A

acidificação causa o afrouxamento da parede celular que rompe-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). A estas cavidades denominam-se aerênquimas. Em termos de diâmetro cortical, verifica-se que a cultivar tetraploide apresentou maior diâmetro em ambas as condições do que a diploide, assim como o diâmetro caulinar total, mas isto é uma característica genética inerente ao material.

A análise dos cortes anatômicos constantes das figuras 1A, 1B, 1C e 1D permite inferir que a cultivar diploide é mais adaptada para o aumento da quantidade de água no solo, uma vez que mesmo em 50% da CRA, mantém formação aerenquimática caulinar proeminente e a cultivar tetraploide tem menor área relativa ocupada por aerênquimas em 50% da CRA sendo estimulada a sua formação com o aumento da quantidade de água. A raiz, anatomicamente, pode ser subdividida em seis camadas do tecido: epiderme, exoderme, córtex, endoderme, periciclo e cilindro vascular (KRAEHMER et al., 2013).

Observa-se pela figura 2, que à medida que aumentou-se a quantidade de água no solo até 100% da CRA, algumas células começaram a se desintegrar.

**Figura 2 ó** Alterações anatômicas em raízes de duas cultivares de azevém submetidas a duas quantidades de água no solo: tetraploide 100% da Capacidade de Retenção de Água - CRA (E) e 50% da CRA (F); diploide 100% da CRA (G) e 50% da CRA (H). ae = aerênquima.



Isto se processa em sistemas radiculares com alta disponibilidade de água no solo, onde a disponibilidade de oxigênio se torna um problema, sendo reduzido à medida que os poros do solo vão sendo ocupados pela água e onde os sistemas de aeração (aerênquimas) são desenvolvidos por desintegração de células do córtex (VASELLATI et al., 2001). Um dos mecanismos de adaptação das poaceae ao ambiente hipóxico é a formação de mais aerênquimas pelas raízes das plantas (DREW et al., 1985).

A análise dos dados referentes à área relativa (%) de raiz ocupada por aerênquimas (tabela 1) mostra que não houve diferença estatística significativa ( $P$ -valor  $> 0,05$ ) entre as cultivares ou mesmo entre os tratamentos com diferentes quantidades de água no solo (50% da CRA e 100% da CRA). Isto deve-se ao fato da espécie ter preferência a solos úmidos e possivelmente as sementes das cultivares utilizadas no experimento são oriundas de plantas cultivadas nestes ambientes. Espécies de *Lolium multiflorum* Lam. adaptam-se melhor a solos baixos e úmidos (não encharcados) do que em solos altos e secos (FONTANELI et al., 2009). Devido à superficialidade das raízes, não toleram déficit hídrico ou baixa disponibilidade de água no solo.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados encontrados no presente trabalho inferem que devido à situação de redução de oxigênio no solo pelo aumento da capacidade de retenção de água do solo (50% e 100% da CRA) observou-se que as duas cultivares, tetraploide e diploide, tiveram aumento na área relativa de aerênquimas no colmo em condição de 100% da CRA.

Após os cortes anatômicos foram observadas as diferenças entre as cultivares, permitindo inferir que a cultivar diploide é mais adaptada para o aumento da quantidade de água no solo, pois percebe-se que há maior formação de aerênquimas no caule. A cultivar tetraploide para diâmetro cortical apresentou maior diâmetro em ambas as condições do que a diploide, mas isto é uma característica genética intrínseca ao material.

Avaliando as figuras de raiz, anatomicamente, à medida que aumentou-se a quantidade de água no solo até 100% da CRA, algumas células começaram a se desintegrar. Isto acontece onde a disponibilidade de oxigênio se torna um problema, sendo reduzido à medida que os poros do solo vão sendo ocupados pela água e onde os sistemas de aeração (aerênquimas) são desenvolvidos por desintegração de alguns tecidos em especial as células do córtex.

Sendo assim, ao analisarmos o trabalho, percebemos resultados interessantes já que carecemos de informações relacionadas à diferenciação anatômica de espécies e cultivares em diferentes capacidades de retenção de água do solo, mostrando a importância da água para as culturas. No caso deste estudo, buscaram - se diferenças anatômicas entre uma cultivar diploide e outra tetraploide de azevém submetidas a 50% ou 100% da CRA (capacidade de retenção da água do solo), foram submetidas a análises estatísticas comparando as cultivares entre si e comparando ó se cada cultivar nas diferentes (50% e 100% CRA) capacidades de retenção de água do solo.

## REFERÊNCIAS

ALVES, J. D. et al. Mecanismos de tolerância da cultivar de milho "Saracura" (BRS 4154) ao alagamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 1: 41-52. 2002.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELLUTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 9, p.1269-1276, 2007.

BOLDRINI, I.L.; LONGHI-WAGNER,H.M.; BOECHAT,S.D. **Morfologia e taxonomia de gramíneas Sul-Riograndenses**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 45-47, 2005.

CARLOTO, B.W. Alterações fenotípicas de duas espécies de *Eragrostis* Wolf. (Poaceae) sob diferentes condições de umidade do solo. 76 p. 2016. **Dissertação** (Mestrado em Agrobiologia) ó Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

COHEN, E; KENDE, H In vivo l-aminocyclopropane-lcarboxylate synthase activity in internodes of deepwater rice. Enhancement by submergence and low oxygen levels. *Plant Physiol* cap. 84. 282-286. 1987

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.

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.

FEDER, N.; O'BRIEN, T. P. 1968. Plant microtechnique: some principles and new methods. **American Journal of Botany**, 55 (1): 123-142.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 66 p.

FERRI, M.G. Botânica: morfologia interna das plantas (anatomia). 9º Ed. São Paulo 1984.

FRIES, D.D.; ALVES, J. D.; DELÚ FILHO, N.; MAGALHÃES, P. C.; GOULART, P. F. P. 2007. Crescimento de plântulas do milho ósaracuraõ e atividade de a-amilase e invertases associados ao aumento da tolerância ao alagamento exercido pelo cálcio exógeno. **Bragantia**, 66: 1-9.

FONTANELI, R. S. et al. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n.111, p. 2116-2120, 2009.

GABRIEL, B. L. 1982. **Biological electron microscopy**. New York, Van Nostrand Reinhold.

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.

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.

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

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.

KRAEHMER, H.; BAUR, P.; Weed anatomy. Willy ó Blackwell. 1 ed. V.1. 386-393p. IOWA. 2013

MACEDO, L.C.P. Alterações morfológicas em plantas do gênero *Urochloa* P. Beauv. submetidas a três condições de umidade do solo. 2015. 69 p. **Dissertação** (Mestrado em Agrobiologia) ó Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

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.

MCDOWELL, E. M.; TRUMP, B. Histological fixatives for diagnostic light and electron microscopy. **Archives of Pathology and Laboratory Medicine**, 100: 405-414. 1996.

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

ROSO, C.; RESTLE, J.; SOARES, A. B.; ANDRETTA, E. Aveia preta, tritcale e centeio em mistura com azevém. 1. Dinâmica, produção e qualidade de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 75-84, 2000.

SAIRAM, R.K.; KUMUTHA, D.; EZHILMATHI, K.; DESHMUKH, P.S.; SRIVASTAVA, G.C. 2008. Physiology and biochemistry of water logging tolerance in plants. **Biologia Plantarum**, 52: 401-412.

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

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

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à importância que o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) apresenta no panorama agrícola, os resultados encontrados são de grande valor para tomada de decisões na agricultura.

Os resultados encontrados no presente trabalho inferem que, houve diferença em variáveis avaliadas para a cultivar diploide (LE 284) e para a cultivar tetraploide (Winter Star) conforme submetidas à capacidade de retenção de água do solo de 50% ou 100% e entre as cultivares.

Com os resultados encontrados permite-se dizer que a cultivar diploide sofre mais influência quando submetidas à menor quantidade de água durante o ciclo da cultura.

Através da Distância de Mahalanobis é confirmada ou não se há similaridade genética entre as cultivares, em que as menores distâncias indicam similaridade genética e as maiores indicam que não há similaridade.

Resultados encontrados para divergência e dissimilaridade genética mostram que algumas das características fenotípicas avaliadas são influenciadas pelo ambiente e alguns resultados podem sofrer alterações quando amostras de plantas, de sementes são originadas de populações diferentes.

As duas cultivares obtiveram aumento na área relativa de aerênquimas no colmo em condição de 100% da CRA, foram observadas diferenças entre as cultivares em que a diploide apresentou maior formação de aerênquimas no caule e observou-se para raiz que aconteceu desintegração de alguns tecidos formando os aerênquimas.

Sendo assim, o trabalho apresentou dados e resultados novos quando foram comparadas cultivares diploide (La Estanzuela 284) e tetraploide (Winter Star) em diferentes capacidade de retenção de água do solo (50% e 100%) que contribuirão para futuros estudos e aplicações.

## REFERÊNCIAS

BOLDRINI, I.L.; LONGHI-WAGNER,H.M.; BOECHAT,S.D. **Morfologia e taxonomia de gramíneas Sul-Riograndenses**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 45-47, 2005.

BOLDRINI, I. I.; FERREIRA, P. M. A. F.; ANDRADE, B. O.; SCHNEIDER, A. A.; SETUBAL, R. B.; TREVISAN, R.; FREITAS, E. M. **Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre: Ed. Palloti. 64p. 2010.

BOLDRINI, I.I.; LONGHI-WAGNER, H.M. & BOECHAT, S.C. **Morfologia e taxonomia de Gramíneas Sul-rio-grandenses**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS. 2 ed., 87p. 2008.

CEOLIN, A. C. G. et al. Genetic divergence of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) group carioca using morpho-agronomic traits by multivariate analyses. **Hereditas**, v. 144, p 1-9, 2007.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2 ed., v. 2, 2003. 585p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Vol. 1, Viçosa: UFV, cap. 5., p. 171, 201., 2004a.

CONAB ó COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB) ó. Acomp. Safra bras. grãos, v. 4 Safra 2016/17 ó **Quinto Levantamento**, Brasília, p. 1-166 fevereiro 2017.

CONFORTIN, A. C. C. **Dinâmica do crescimento do azevém anual submetido a diferentes intensidades**

DREW, M. C.. Oxygen deficiency and root metabolism: Injury and Acclimation Under Hypoxia and Anoxia. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 48: 223-250. 1998

EVANS, D. E. Aerenchyma formation. **New Phytologist**.v.161. Issue1. P.35. 2004

Fundação de Economia e Estatística (FEE) - Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuse. Disponível em: <http://www.fee.rs.gov.br/sinteseilustrada/caracteristicas-da-agropecuaria-do-rs/>. Acesso em: 19 Fev. 2017.

FARINATTI, L. H. E.; ROCHA, M. G.; POLI, C. H. E. C.; PIRES, C. C; PÖTTER, L.; SILVA, J. H. Desempenho de ovinos recebendo suplementos ou mantidos exclusivamente em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.527-534, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982006000200027>

FILGUEIRAS, T.S. et al. Poaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/fb193>> acesso em 10 Fev.2017.

RIBEIRO FILHO, H. M. N. R. et al.; Suplementação energética para vacas leiteiras pastejando azevém com alta oferta de forragem. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 2152- 2158.2007.

FLORES R.A. Avaliação e seleção de azevém anual (*Lolium Multiflorum* L). Dissertação de mestrado a área de plantas forrageiras. Faculdade federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre RS, Março de 2006. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/8666/000585451.pdf?sequence=1>. Acessado em: 10 Fev. 2017.

FORZZA, RC., org., et al. INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Introdução: as angiospermas do Brasil, p. 78-89. Vol. 1. ISBN 978-85-8874-242-0. **Available from SciELO Books**

GRANDIS, A. **Papel das enzimas de degradação da parede celular na formação do aerênquima em raízes de cana de açúcar**. 2015. 122 p. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Botânica. 2015.

- HE, C.J.; MORGAN, P.W.; DREW, M.C. Enhanced sensitivity to ethylene in nitrogen-phosphate starved roots of *Zea mays* L. during aerenchyma formation. **Plant Physiology**, n.98, p.137-142, 1992
- HE, C.J.; FINLAYSON, S.A.; DREW, M.C.; JORDAN, W.R.; MORGAN, P.W. Ethylene biosynthesis during aerenchyma formation in roots of *Zea mays* subjected to mechanical impedance and hypoxia. **Plant Physiology**, n.112, p.1679-1685, 1996a.
- HOSSAIN, MD. A.; UDDIN, S. N. Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat: Morphological and metabolic adaptations under hypoxia or anoxia. **Australian Journal of Crop Science**, 5 (9):1094-1101. 2011
- KAWASE, M. Effect of ethylene on aerenchyma development. **American Journal of Botany**, v.68, p.651-658, 1981.
- KISSMANN, K. G. 1997. **Plantas infestantes e nocivas**. Ed.2. São Paulo, Basf Brasileira. 1997.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4ª ed. Plantarum, Nova Odessa, Brasil. 2008. 640 p.
- MACHADO, C. D. et al. Genetic divergence among genotypes of common bean through of multivariate techniques. **Ciência Rural**, v. 32, n. 02, p. 251-258, 2002.
- MONTARDO, D.M.; MITTELMANN, A. Avaliação da cultivar de azevém BRS Ponteio na região da campanha do Rio Grande do Sul. **Comunicado Técnico, 68**. Embrapa, 2009.
- RODRIGUES, L. S. et al. Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 02, p. 1285-1294, 2002.
- SACHS, J. A. **A text book of botany**. Oxford, UK: Oxford University Press. 1882.
- SAIRAM, R. K.; KUMUTHA, D.; EZHILMATHI, K.; DESHMUKH, P. S.; SRIVASTAVA, G. C. Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. **Biologia Plantarum**, 52: 401-412. 2008.
- SANTOS, V. S. **Seleção de pré-cultivares de soja baseada em índices**. 2005. 104f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; BAIER, A. C.; TOMM, G. O. Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas Regiões 171 Planalto e Missões do Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 142 p.
- SILVA R.L et al. Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1275-1284, 2012.

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.

VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L. P.; Karam, D. Azevém resistente ao glifosato: características, manejo e controle. **Comunicado Técnico 298**. Agosto 2011. Embrapa Trigo, Passo Fundo Rs.

WATSON, L.; DALLWITZ, M.J. The grass genera of the world: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval; including synonyms, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology, classification, pathogens, world and local distribution, and references. 1992. Version: 12th August 2014. Disponível em: <http://delta-intkey.com>. Acesso em: 15 fev. 2017.

WELKER, C. A. D.; LONGHI-WAGNER, H. M. A família Poaceae no Morro Santana, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 53-92, out/dez. 2007.