

Tolerância relativa de doze híbridos interespecíficos de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
141**

Tolerância relativa de doze híbridos
interespecíficos de *Brachiaria*
spp. ao alagamento do solo

*Moacyr Bernardino Dias-Filho
Eniel David Cruz
Monyck Jeane dos Santos Lopes
Sanzio Carvalho Lima Barrios
Cacilda Borges do Valle*

**Embrapa Amazônia Oriental
Belém, PA
2020**

Disponível no endereço eletrônico: <https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>

Embrapa Amazônia Oriental

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n
CEP 66095-903, Belém, PA
Fone: (91) 3204-1000
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicação

Presidente

Bruno Giovany de Maria

Secretária-Executiva

Luciana Gatto Brito

Membros

Alexandre Mehl Lunz, Alfredo Kingo Oyama Homma, Alysson Roberto Baizi e Silva, Andréa Liliane Pereira da Silva, Laura Figueiredo Abreu Luciana Serra da Silva Mota, Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana

Supervisão editorial

Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana

Revisão de texto

Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana

Normalização bibliográfica

Enila Nobre Nascimento Calandrini Fernandes

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Tratamento de fotografia e editoração eletrônica

Vítor Trindade Lôbo

Foto da capa

Moacyr Bernardino Dias-Filho

1ª edição

Publicação digitalizada (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Amazonia Oriental

Tolerância relativa de doze híbridos interespecíficos de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo. / Moacyr Bernardino Dias-Filho...[et al.]. – Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2020.

36 p. : il. ; 16 cm x 22 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0483; 141).

1. *Brachiaria* spp. 2. Forrageira. 3. Solo. I. Dias-Filho, Moacyr Bernardino. II. Embrapa Amazônia Oriental. III. Série.

CDD 21 ed 633.2

Enila Nobre N. Calandrini Fernandes (CRB2/1390)

© Embrapa, 2020

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução.....	8
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	14
Conclusões.....	33
Agradecimentos.....	34
Referências	34

Tolerância relativa de doze híbridos interespecíficos de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo

Moacyr Bernardino Dias-Filho¹

Eniel David Cruz²

Monyck Jeane dos Santos Lopes³

Sanzio Carvalho Lima Barrios⁴

Cacilda Borges do Valle⁵

Resumo – O comportamento de 12 híbridos interespecíficos de *Brachiaria brizantha* x *Brachiaria decumbens* x *Brachiaria ruziziensis* (74-10, 141-10, 392-10, 422-10, 628-10, 798-10, 970-10, 992-10, 1115-10, 1130-10, 1242-10, 27-11) sob excesso de água no solo foi comparado, durante 20 dias, em plantas cultivadas em vasos, sob alagamento, ou em solo, bem drenado. Utilizou-se as cultivares comerciais *B. brizantha* ‘Xaraés’ e *B. decumbens* ‘Basilisk’, relativamente menos suscetíveis ao alagamento do solo, e a cultivar Marandu de *B. brizantha*, reconhecidamente intolerante a esse estresse, como testemunhas. O objetivo foi classificar esses genótipos quanto à tolerância relativa ao alagamento do solo. Sob alagamento, a redução percentual média na taxa de alongamento foliar foi maior no genótipo 992-10. O decréscimo no índice SPAD, em resposta ao alagamento do solo, foi maior nos genótipos 992-10 e 628-10 e menor nos genótipos 422-10 e 1115-10. A produção de massa seca da parte aérea, em plantas alagadas, sofreu maior percentual de redução nos genótipos 1242-10, 992-10, 628-10, 392-10 e 74-10, não tendo sido possível encontrar distinções entre tratamentos na produção de massa seca nas cultivares Xaraés e Basilisk e nos genótipos 27-11 e 422-10. A redução de vigor da planta, em resposta ao alagamento,

¹ Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Ecofisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

³ Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora PCI do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, PA

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

⁵ Engenheira-agrônoma, doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

foi maior nos genótipos 1242-10, 1115-10 e 1130-10. Apenas na cultivar Xaraés não foi possível encontrar diferença de vigor entre plantas alagadas e não alagadas. A presença de raízes adventícias foi relativamente baixa em todos os genótipos avaliados, sendo, porém, maior no genótipo 1130-10 e nas cultivares Basilisk e Marandu. Os genótipos avaliados diferem quanto à tolerância relativa ao alagamento do solo: a cultivar Xaraés é o genótipo relativamente mais tolerante. Os genótipos 1242-10, 392-10, 628-10 e 74-10 têm baixa tolerância, enquanto o genótipo 992-10 apresenta tolerância muito baixa ao alagamento do solo. Os demais genótipos avaliados, incluindo as cultivares Marandu e Basilisk, apresentam tolerância relativa regular ao alagamento do solo. Estes resultados sugerem que, dentre os 12 híbridos avaliados, existe variação genética para a tolerância ao alagamento do solo.

Termos para indexação: taxa de alongamento foliar, índice SPAD, raízes adventícias, gramínea forrageira, encharcamento do solo, hipóxia.

Relative tolerance of twelve *Brachiaria* spp. interspecific hybrids to soil flooding

Abstract – The behavior of 12 interspecific hybrids of *Brachiaria brizantha* x *Brachiaria decumbens* x *Brachiaria ruziziensis* (74-10, 141-10, 392-10, 422-10, 628-10, 798-10, 970-10, 992-10, 1115- 10, 1130-10, 1242-10, 27-11) under root zone flooding was compared, for 20 days, in plants grown in pots, under flooding or in well-drained conditions. The commercial cultivars *B. brizantha* ‘Xaraés’ and *B. decumbens* ‘Basilisk’, relatively more flood-tolerant, and the flood-intolerant *B. brizantha* ‘Marandu’ were used as checks. The objective was to classify these genotypes regarding their tolerance to soil flooding. Under flooding, the average percentage reduction in leaf elongation rate was greater in the genotype 992-10. The decrease in the SPAD index, in response to flooding, was greater in genotypes 992-10 and 628-10 and lesser in genotypes 422-10 and 1115-10. The shoot dry mass production, in flooded plants, suffered a greater percentage reduction in the genotypes 1242-10, 992-10, 628-10, 392-10 and 74-10, and it was not possible to detect differences between treatments in dry mass production for the cultivars Xaraés and Basilisk and for the genotypes 27-11 and 422-10. The reduction in plant vigor in response to flooding was greater in genotypes 1242-10, 1115-10 and 1130-10. Only for the cultivar Xaraés it was not possible to find difference in vigor, between flooded and non-flooded plants. The presence of adventitious roots was relatively low in most genotypes, but not in genotype 1130-10 and in cultivars Basilisk and Marandu. These genotypes differ on the relative tolerance to soil flooding: cultivar Xaraés is the relatively more tolerant genotype. Hybrids 1242-10, 392-10, 628-10 and 74-10 have low tolerance, while the hybrid 992-10 has very low tolerance to soil flooding. The other genotypes, including the cultivars Marandu and Basilisk, were classified with a marginal relative tolerance to soil flooding. Our results suggest that there is genetic variation for waterlogging tolerance among the evaluated hybrids.

Index terms: leaf elongation rate, SPAD index, adventitious roots, forage grass, waterlogging, hypoxia.

Introdução

Em pastagens tropicais, o alagamento ou o encharcamento temporário do solo é evento relativamente comum. As causas dessa condição podem ser tanto naturais, como decorrentes de práticas inadequadas de manejo. Assim, como é relativamente comum que algumas áreas de pastagens sejam formadas em áreas com deficiência natural na drenagem do solo, nesses locais, o excesso de água no solo é mais duradouro, após chuvas intensas, ou durante a elevação sazonal do nível do lençol freático. Da mesma forma, práticas inapropriadas de manejo da pastagem, como o pisoteio do gado em solos desprovidos de cobertura vegetal e o trânsito frequente de máquinas agrícolas e da grade aradora, podem também deteriorar a capacidade natural de drenagem do solo da pastagem. Além disso, no solo de pastagens em degradação ou degradadas, as taxas de decomposição da matéria orgânica podem exceder as taxas de deposição, esgotando, progressivamente, os estoques de carbono do solo (Dias-Filho, 2011). Essa diminuição da matéria orgânica pode favorecer a compactação do solo por meio do aumento da sua densidade. Tal condição pode contribuir para a diminuição da taxa de infiltração da água da chuva nesse solo, provocando encharcamentos mais duradouros.

Por limitar as taxas de respiração aeróbica e os níveis de energia celular, atenuando o crescimento e modificando o padrão de desenvolvimento da planta (Loreti; Van Veen; Perata, 2016; Mustroph, 2018), o excesso de água no solo pode ter efeito acentuado na capacidade competitiva e na sobrevivência de gramíneas forrageiras (Dias-Filho, 2013).

Diversos estudos têm atestado a existência de grande variabilidade no nível de tolerância ao alagamento do solo, em gramíneas forrageiras tropicais e, particularmente, no gênero *Brachiaria* (Caetano; Dias-Filho, 2008; Dias-Filho et al., 2018; Dias-Filho; Lopes, 2019; Dias-Filho et al., 2019; Duarte et al., 2019). Essa variabilidade é pertinente à capacidade natural (i.e., genética) dessas plantas em ajustar suas respostas morfofisiológicas a esse estresse. Com base na eficiência desse ajuste, ou seja, na sua plasticidade genética, a planta será capaz de desenvolver uma aclimatação metabólica, morfológica e anatômica visando à preservação de processos essenciais para a manutenção do seu desenvolvimento, ou, pelo menos, para a sua sobrevivência, sob condições relativamente duradouras de anoxia ou

hipoxia, na zona das raízes (Mollard et al., 2008; Sairam et al., 2008; Colmer; Voesenek, 2009; Yin et al., 2009; Voesenek; Bailey-Serres, 2013; Loreti; Van Veen; Perata, 2016; Mustroph, 2018; Jiménez et al., 2019; Xiao; Jespersen, 2019). Existe, portanto, a necessidade de se investigar a variabilidade genética natural dentre e entre espécies de gramíneas forrageiras para a tolerância ao excesso de água no solo.

A prévia avaliação da tolerância de capins ao alagamento do solo torna-se, portanto, um aliado importante no processo de seleção de genótipos visando o lançamento e recomendação de cultivares de plantas forrageiras para regiões sujeitas a esse estresse. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar e comparar o comportamento de 12 híbridos interespecíficos de *Brachiaria brizantha* x *Brachiaria decumbens* x *Brachiaria ruziziensis*, das cultivares Xaraés e Marandu de *B. brizantha* e da cultivar Basilisk de *B. decumbens* ao excesso de água no solo, visando subsidiar o programa de lançamento de cultivares de forrageiras da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Material e Métodos

Material vegetal e modo de cultivo

Mudas de 12 híbridos interespecíficos de *B. brizantha* x *B. decumbens* x *B. ruziziensis* e das cultivares Marandu e Xaraés de *B. brizantha* e Basilisk de *B. decumbens* (Tabela 1), oriundas da Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS, foram plantadas em vasos plásticos, com capacidade para 5 kg (massa seca) de solo, na Embrapa Amazônia Oriental, em Belém (1°28'S), PA. O substrato utilizado foi uma mistura de solo superficial de área de floresta secundária e cama de aviário curtida, na proporção de 2:1 (volume).

Tabela 1. Identificação dos genótipos de *Brachiaria* spp. avaliadas no ensaio.

Espécie	Genótipo ou cultivar	Código
<i>Brachiaria brizantha</i>	Marandu	Mar
<i>Brachiaria brizantha</i>	Xaraés	Xar
<i>Brachiaria decumbens</i>	Basilisk	Bas
<i>Brachiaria</i> spp.	74-10	4

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Espécie	Genótipo ou cultivar	Código
<i>Brachiaria</i> spp.	141-10	5
<i>Brachiaria</i> spp.	392-10	6
<i>Brachiaria</i> spp.	422-10	7
<i>Brachiaria</i> spp.	628-10	8
<i>Brachiaria</i> spp.	798-10	9
<i>Brachiaria</i> spp.	970-10	10
<i>Brachiaria</i> spp.	992-10	11
<i>Brachiaria</i> spp.	1115-10	12
<i>Brachiaria</i> spp.	1130-10	13
<i>Brachiaria</i> spp.	1242-10	14
<i>Brachiaria</i> spp.	27-11	15

Cinquenta dias após o plantio, as plantas (uma planta por vaso) receberam um corte de uniformização a 8 cm acima do nível do solo e foram adubadas com 3 g por vaso de uma formulação granulada comercial de NPK 10-28-20 (N-P₂O₅-K₂O). Essa adubação foi repetida 21 dias após a primeira adubação. Quinze dias após a última adubação, as plantas foram submetidas a uma nova adubação equivalente a 6 mg dm⁻³ de N. O alagamento foi iniciado 43 dias após o corte de uniformização, inundando-se os vasos a até 3 cm acima do nível do solo, por meio da vedação dos drenos dos vasos, que foi obtida mediante a inserção dos vasos do tratamento alagado em recipientes sem dreno. As plantas não alagadas permaneceram nos vasos com drenagem livre e eram irrigadas diariamente. O alagamento durou 20 dias (Figura 1).



Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho

Figura 1. Vista parcial do experimento.

Durante todo o período experimental, as plantas foram cultivadas em viveiro de produção de mudas, sob uma tela preta de polipropileno, a qual interceptava, aproximadamente, 20% da radiação solar direta, não havendo controle da umidade e da temperatura do ar e de eventos de chuva.

Taxa de alongamento foliar

Diariamente, entre 8h e 10h da manhã, media-se o comprimento de uma lâmina foliar em expansão (com a lígula ainda não exposta), em um perfilho vegetativo de cada planta. As folhas medidas eram marcadas com um anel plástico. Quando a lígula da folha sendo medida era exposta, uma nova folha, na mesma planta, era marcada e medida. O alongamento diário da folha foi calculado pela diferença entre os comprimentos da folha de 2 dias consecutivos. O alongamento foliar foi medido desde o primeiro dia de alagamento do solo, durante 10 dias.

Índice SPAD

O conteúdo de clorofila foi expresso como índice Soil Plant Analysis Development (SPAD), medido com um medidor portátil de clorofila (SPAD – Konica Minolta Sensing, INC. Japão). As medições foram feitas aos 2, 5, 7 e 9 dias após o início do alagamento do solo. Cada valor do índice SPAD foi resultado de uma média de pelo menos três medições, feitas em folhas diferentes, em cada planta. As folhas usadas para as medições do índice SPAD eram folhas recentemente expandidas.

Produção de massa seca da parte aérea, altura da planta e presença de raízes adventícias

A produção de massa seca da parte aérea foi avaliada, ao final do ensaio (20 dias após o início do alagamento do solo), cortando-se as plantas rente ao solo. A massa seca foi determinada após secagem em estufa, a 60 °C, por 48 horas.

A altura das plantas foi avaliada aos 19 dias após o início do alagamento do solo, medindo-se as plantas, com uma régua milimetrada, da base do solo ao nível do dossel. A presença de raízes adventícias foi avaliada, subjetivamente, 19 dias após o início do alagamento. Foram atribuídas as seguintes notas: 1 – sem raízes adventícias; 2 – muito baixa produção, 3 – baixa produção e 4 – abundante produção.

Vigor

O vigor das plantas foi avaliado subjetivamente, aos 9 e 19 dias, após o início do alagamento do solo, atribuindo-se notas: 1 – muito mal; 2 – mal; 3 – regular; 4 – bom e 5 – excelente. A avaliação de vigor integrou aspectos agrônômicos de características como proporção de tecido senescente e verde, perfilhamento, desenvolvimento vegetativo e aspecto fitossanitário e nutricional.

Delineamento experimental e análise estatística

Os vasos foram distribuídos em arranjo fatorial, em um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Diferenças na taxa de

alongamento foliar, índice SPAD, produção de massa seca, altura e vigor foram analisadas por análise de variância (Anova), com tratamentos (alagado e não alagado) e genótipos como efeitos principais. Também, analisou-se por Anova a diferença de vigor entre as avaliações feitas aos 9 e 19 dias, em plantas sob alagamento do solo. Os dados referentes à abundância de raízes adventícias, nas plantas alagadas, foram analisados por Anova, com genótipo como efeito principal. Os requisitos de homogeneidade de variâncias foram testados para cada Anova e, quando necessário, os dados sofreram transformação logarítmica. Os dados transformados foram retransformados para apresentação. Quando apropriado, contrastes ortogonais foram calculados para determinar diferenças entre tratamentos, dentro de um mesmo genótipo. Para abundância de raízes adventícias foi empregado teste de média (Duncan a 5%) para determinar diferenças entre genótipos.

Análise de agrupamento foi usada com o objetivo de agrupar (ou seja, classificar) os genótipos com a maior similaridade na tolerância relativa ao alagamento do solo. Empregou-se a distância euclidiana média e o método de *weighted pair-group average* para o agrupamento dos genótipos. A fim de diminuir a subjetividade na determinação do número de grupos sugeridos pelo dendograma da análise de agrupamento, a distância euclidiana escolhida para a decisão do número de grupos foi determinada graficamente, de acordo com Aldenderfer e Blashfield (1984).

Os dados para a análise de agrupamento foram obtidos por meio da diferença percentual média entre as plantas do tratamento não alagado e alagado de um mesmo genótipo, para a taxa de alongamento foliar, índice SPAD, produção de massa seca, altura e vigor. Considerou-se que os genótipos menos tolerantes ao alagamento do solo apresentaram maior percentual de variação entre as plantas não alagadas e alagadas.

O agrupamento dos genótipos com maior similaridade na tolerância relativa ao alagamento do solo foi também realizado por meio da análise de escalonamento multidimensional. Os dados para essa análise foram os mesmos usados para a análise de agrupamento.

O software Statistica para Windows, versão 6.1 (StatSoft, Inc., Tulsa, EUA) foi usado para todos os cálculos estatísticos e confecção dos gráficos.

Resultados e discussão

Alongamento foliar

Foi possível observar interação significativa entre genótipos x tratamentos para alongamento foliar ($F_{1,14}=2,79$; $P<0,001$). O alagamento do solo reduziu a taxa média de alongamento foliar de nove genótipos (Figura 2). Para os demais genótipos avaliados, observou-se tendência de diminuição desse parâmetro nas plantas alagadas, porém, não foi possível revelar essa diferença estatisticamente.

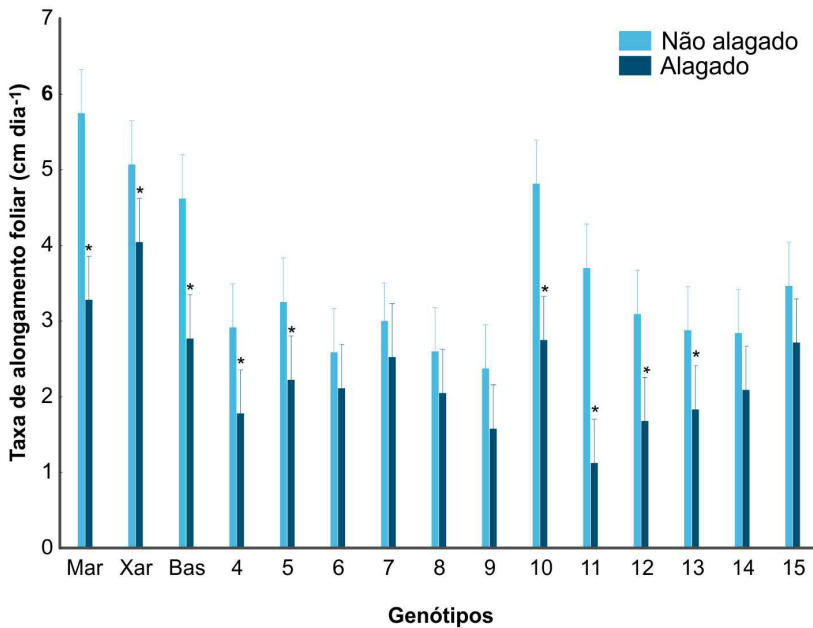


Figura 2. Taxa média de alongamento foliar para genótipos de *Brachiaria* spp., cultivados em solo alagado (Alagado) e não alagado (Não alagado), durante 10 dias contínuos de alagamento do solo.

Os valores são média + intervalo de confiança de 95% para a média. Um asterisco indica diferença significativa (contraste ortogonal; $P<0,05$) entre tratamentos para um determinado genótipo. Identificação dos genótipos conforme a Tabela 1.

A redução percentual média na taxa de alongamento foliar foi máxima no genótipo 992-10 (11) (69,6%; $F_{1,690}=38,4$, $P<0,001$), seguida pelos genótipos 1115-10 (12) (45,8%; $F_{1,690}=11,6$, $P<0,001$) e 970-10 (10) (42,9%; $F_{1,690}=24,7$, $P<0,001$). Todos esses genótipos apresentaram percentual médio de redução na taxa de alongamento foliar superior àquela observada para a cultivar Marandu (Mar), cuja redução foi de 42,8% ($F_{1,690}=35,1$, $P<0,001$).

Dias-Filho e Carvalho (2000) propuseram a taxa de alongamento foliar como um atributo eficiente para detecção precoce da tolerância relativa ao alagamento do solo em gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria*. Assim, quanto maior o declínio na taxa de alongamento foliar de um determinado genótipo de gramínea, em resposta ao excesso de água no solo, menor poderia ser considerada a tolerância desse genótipo a esse estresse (Dias-Filho; Lopes, 2011). Obviamente, no entanto, outros parâmetros também devem ser considerados, em conjunto com o alongamento foliar, para uma análise mais precisa da tolerância de gramíneas ao alagamento do solo.

Índice SPAD

Encontrou-se interação significativa entre genótipos x tratamentos para o índice SPAD ($F_{1,14}=4,7$; $P<0,0001$). Contrastes ortogonais da diferença entre tratamentos, dentro do mesmo genótipo, indicam que o alagamento do solo diminuiu o índice SPAD em seis genótipos avaliados (Figura 3). Essa redução foi maior nos genótipos 74-10 (4) (17,6%; $F_{1,329}=20,4$, $P<0,001$), 992-10 (11) (17,5%; $F_{1,329}=20,4$, $P<0,001$) e 628-10 (8) (16,7%; $F_{1,329}=20,6$, $P<0,001$).

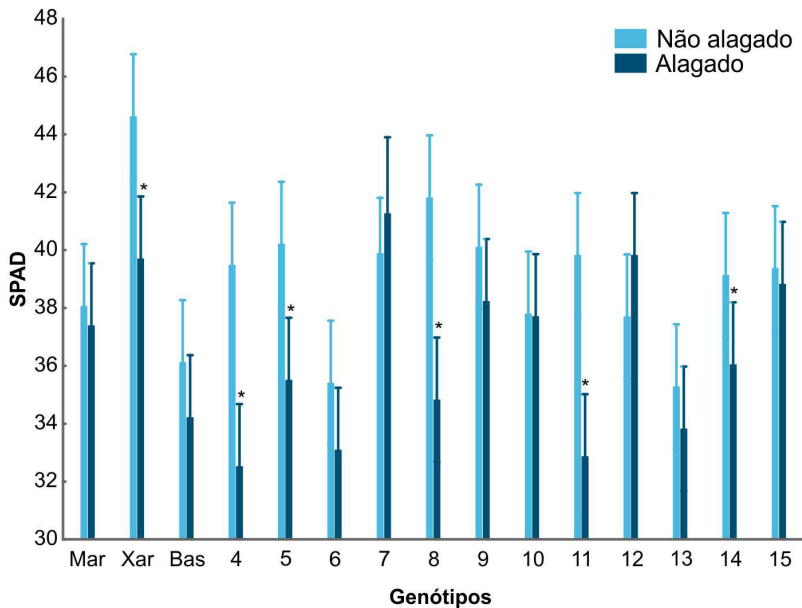


Figura 3. Índice SPAD para genótipos de *Brachiaria* spp. cultivados em solo alagado (Alagado) e não alagado (Não alagado).

Os valores são média de avaliações feitas aos 2, 5, 7 e 9 dias após o início do alagamento + intervalo de confiança de 95% para a média. Um asterisco indica diferença significativa (contraste ortogonal; $P < 0,05$) entre tratamentos para um determinado genótipo. Identificação dos genótipos conforme a Tabela 1.

O alagamento do solo geralmente diminui o teor de clorofila em gramíneas (Wang et al., 2019). Genótipos mais tolerantes tendem a ser mais sensíveis a esse estresse (Dias-Filho; Carvalho, 2000).

No presente estudo, a cultivar Xaraés mostrou comportamento contrário ao esperado, ao apresentar diminuição significativa do índice SPAD entre plantas alagadas e não alagadas. A esse respeito, seria possível inferir que tal resposta decorreu mais em função do valor relativamente elevado desse índice, observado nas plantas não alagadas dessa cultivar (44,6), do que necessariamente da queda desse valor nas plantas alagadas (39,7), o qual ainda foi relativamente elevado, não indicando, portanto, senescência foliar. De fato, valores do índice SPAD no capim-xaraés reportados na literatura têm sido geralmente mais elevados do que o de outras espécies de *Brachiaria* (Costa et al., 2009; Martuscello et al., 2009).

Da mesma forma, na cultivar Marandu não foi possível encontrar variação no índice SPAD entre plantas alagadas e não alagadas. Beloni et al. (2017)

também não encontraram diferença no índice SPAD entre plantas alagadas (28 dias) e não alagadas de *B. brizantha* 'Marandu'.

Produção de massa seca da parte aérea

Houve interação significativa entre genótipos x tratamentos para a produção de massa seca ($F_{1,14}=2,1$; $P=0,03$). O alagamento do solo reduziu a produção de massa seca da parte aérea na maioria dos genótipos avaliados (Figura 4). Não foi possível encontrar diferenças na produção de massa seca entre os tratamentos alagado e não alagado nos genótipos Xaraés, Basilisk, 422-10 (7) e 27-11 (15), no entanto, observou-se tendência de redução na produção de massa seca nas plantas alagadas desses genótipos, com exceção da cultivar Xaraés que exibiu produção semelhante entre tratamentos.

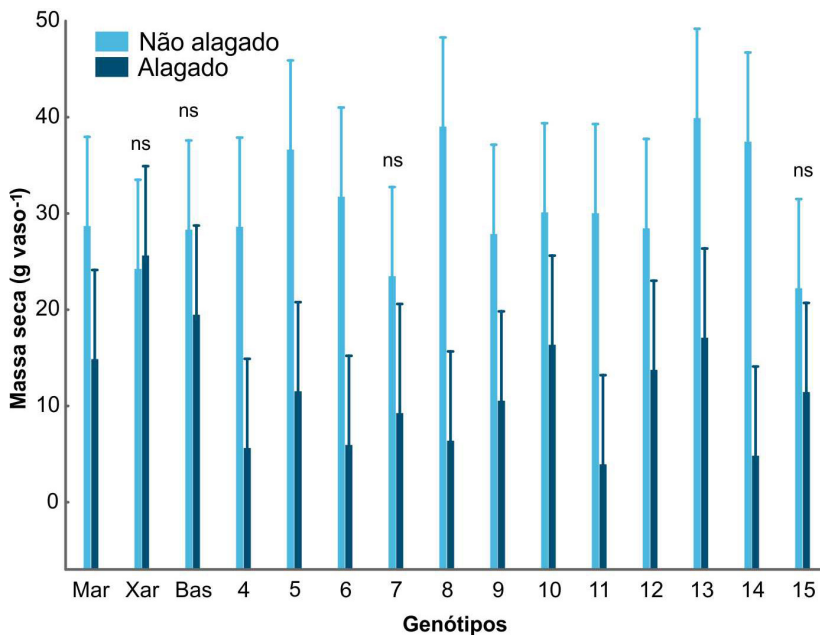


Figura 4. Produção de massa seca da parte aérea para genótipos de *Brachiaria* spp. cultivados em solo alagado (Alagado) e não alagado (Não alagado).

Os valores são média + intervalo de confiança de 95% para a média. NS indica que não foi possível detectar diferença entre tratamentos (contraste ortogonal; $P < 0,05$) para aquele genótipo. Nos demais genótipos houve diferença significativa entre tratamentos. Identificação dos genótipos conforme a Tabela 1.

A redução na produção de massa seca em plantas alagadas foi maior nos genótipos 1242-10 (14) (87,1%; $F_{1,59}=24,8$, $P<0,001$), 992-10 (11) (86,9%; $F_{1,59}=15,9$, $P<0,001$), 628-10 (8) (83,6%; $F_{1,59}=24,8$, $P<0,001$), 392-10 (6) (81,3%; $F_{1,59}=15,5$, $P<0,001$) e 74-10 (4) (80,3%; $F_{1,59}=12,3$, $P<0,001$). Na cultivar Marandu essa redução foi de 48,2% ($F_{1,59}=4,5$, $P=0,04$).

A queda na produção de biomassa, em genótipos de *Brachiaria*, é uma resposta comum ao excesso de água no solo (Caetano; Dias-Filho, 2008; Dias-Filho, 2002; Dias-Filho et al., 2018; Dias-Filho; Lopes, 2019; Dias-Filho et al., 2019; Jiménez et al., 2017). Tal resposta ao alagamento do solo pode ocorrer mesmo em capins considerados como relativamente tolerantes a esse estresse (Beloni et al., 2017; Costa, 2004).

Altura da parte aérea

Observou-se interação significativa entre genótipos x tratamento para a altura da parte aérea ($F_{1,14}=1,94$; $P=0,04$). Plantas alagadas foram mais baixas nos genótipos 992-10 (11) (45%; $F_{1,60}=8,5$, $P=0,005$), 628-10 (8) (37,8%; $F_{1,60}=20,5$, $P<0,001$), 74-10 (4) (31,6%; $F_{1,60}=9,6$, $P=0,003$), 392-10 (6) (31%; $F_{1,60}=8,5$, $P=0,005$) e 970-10 (10) (20,6%; $F_{1,60}=4,6$, $P=0,04$) (Figura 5).

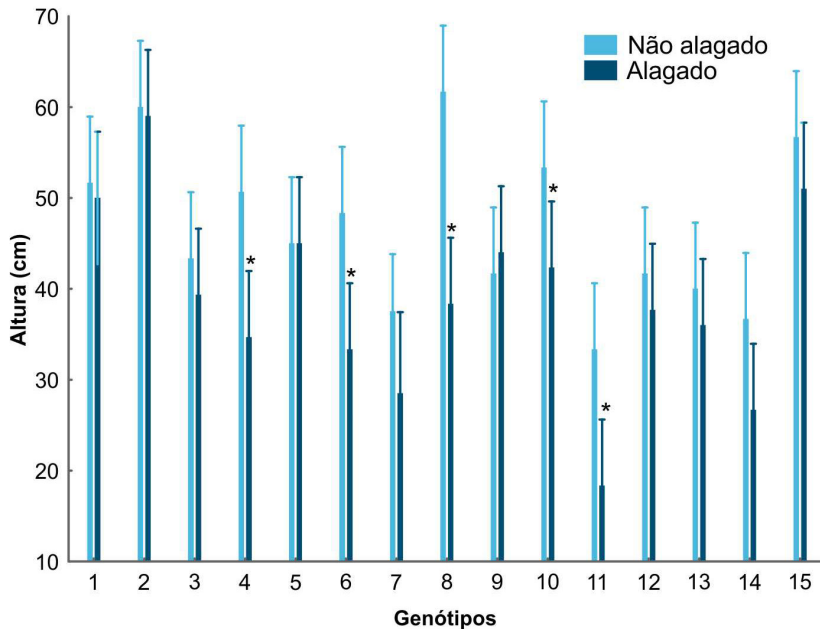


Figura 5. Altura da parte aérea para genótipos de *Brachiaria* spp. cultivados em solo alagado (Alagado) e não alagado (Não alagado).

Os valores são média + intervalo de confiança de 95% para a média. Um asterisco indica diferença significativa (contraste ortogonal; $P < 0,05$) entre tratamentos para um determinado genótipo. Identificação dos genótipos conforme a Tabela 1.

No presente estudo foi possível observar certa relação entre a intensidade na diminuição da altura da parte aérea, em resposta ao alagamento do solo e o grau de tolerância a esse estresse. No entanto, em pesquisa realizada sobre os efeitos do alagamento do solo em híbridos de *B. decumbens*, Dias-Filho et al. (2018) concluíram que esse parâmetro não foi consistente para ser relacionado à tolerância ao alagamento do solo.

Com exceção dos genótipos 141-10 (5) e 798-10 (9), que mantiveram a altura em plantas não alagadas e alagadas, todos os demais genótipos testados tenderam a diminuir a altura, sob alagamento do solo.

Vigor

Foi possível observar interação significativa entre genótipos x tratamentos para vigor ($F_{1,14}=3,31$; $P<0,001$). Apenas para a cultivar Xaraés não foi possível encontrar diferença no vigor entre plantas alagadas e não alagadas (Figura 6). Contrastes ortogonais da diferença entre tratamentos, para um mesmo genótipo, mostraram que a redução percentual média no vigor, em decorrência do alagamento do solo, foi maior no genótipo 1242-10 (14) (77,8%; $F_{1,150}=65,7$, $P<0,0001$), seguido pelos genótipos 1115-10 (12) (63%; $F_{1,150}=43$ $P<0,0001$), 1130-10 (13) (62%; $F_{1,150}=48,2$, $P<0,0001$), 392-10 (6) (57,1%; $F_{1,150}=14,9$, $P=0,0002$) e 992-10 (11) (54,5%; $F_{1,150}=33,5$, $P<0,0001$).

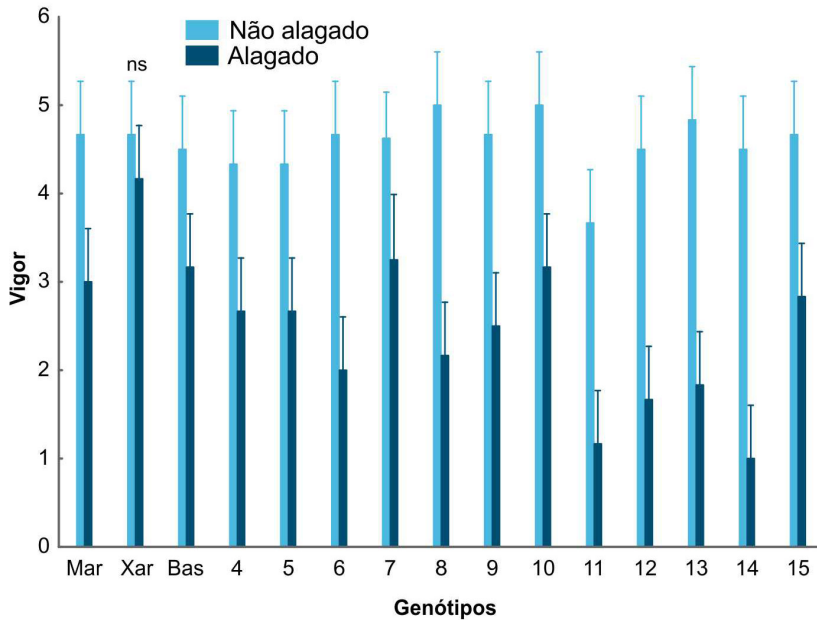


Figura 6. Vigor para genótipos de *Brachiaria* spp. cultivados em solo alagado (Alagado) e não alagado (Não alagado).

Os valores são média + intervalo de confiança de 95% para a média. NS indica que não foi possível detectar diferença entre tratamentos (contraste ortogonal; $P<0,05$) entre tratamentos para aquele genótipo. Nos demais genótipos houve diferença significativa entre tratamentos. Identificação dos genótipos conforme a Tabela 1.

Foi muito relevante, na caracterização do vigor, a proporção de tecido verde vs. tecido senescente (i.e., clorótico ou morto) da parte aérea dos genótipos avaliados. A lógica adotada foi que quanto maior fosse a proporção de tecido senescente, menor seria o vigor daquele genótipo, ou seja, menor seria a nota atribuída ao genótipo. Tal distinção entre as frações de tecidos verde e senescente é importante, pois a fração verde indica o potencial produtivo, enquanto a fração senescente indica a sensibilidade do genótipo a estresses ambientais, dentre os quais, o alagamento do solo (Rao, 2014). Portanto, é particularmente importante observar a evolução do vigor ao longo do tempo de alagamento do solo (Figura 7).

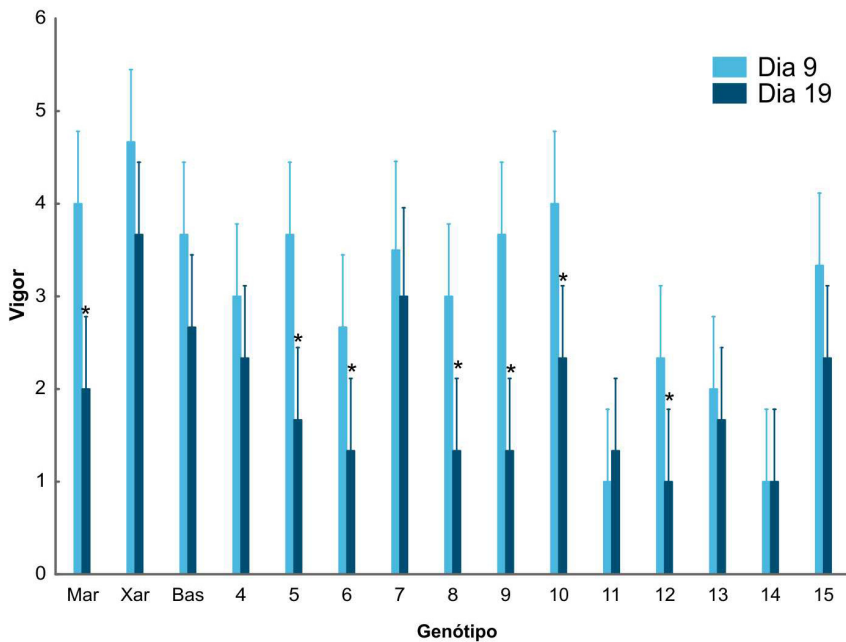


Figura 7. Vigor para genótipos de *Brachiaria* spp. cultivados em solo alagado, aos 9 e 19 dias após o início do alagamento do solo.

Os valores são média \pm intervalo de confiança de 95% para a média. Um asterisco indica diferença significativa (contraste ortogonal; $P < 0,05$) no vigor, entre dias de avaliação, para um determinado genótipo. Nos demais genótipos não houve diferença significativa entre dias de avaliação. Identificação dos genótipos conforme a Tabela 1.

Assim, é possível observar na Figura 7 que houve diminuição significativa de vigor, no decorrer do tempo, nos genótipos 141-10 (5), 392-10 (6), 628-10 (8), 798-10 (9), 970-10 (10) e 1115-10 (12). A cultivar Marandu de *B. brizantha* (Mar) também sofreu queda significativa no vigor com o tempo de alagamento do solo. Ou seja, esses genótipos apresentaram progressão acentuada nos sinais de sensibilidade ao alagamento do solo entre as avaliações de vigor feitas, aos 9 e 19 dias de alagamento. Já a cultivar Xaraés praticamente não alterou o vigor, que permaneceu em torno de “bom”, ao longo do período de avaliação. No caso dos genótipos 392-10 (6), 628-10 (8) e 1115-10 (12), que, desde a avaliação realizada aos 9 dias de alagamento do solo, já apresentavam vigor categorizado como apenas regular, ou abaixo, seria possível inferir que esses genótipos têm menor tolerância ao alagamento do solo, pois desenvolveram sensibilidade a esse estresse mais precocemente e ainda apresentaram queda significativa desse vigor na avaliação subsequente. O mesmo raciocínio pode ser apostado para os genótipos 74-10 (4), 992-10 (11), 1130-10 (13) e 1242-10 (14), os quais também exibiam a mesma condição, na avaliação realizada aos 9 dias de alagamento do solo, mantendo essa condição na avaliação seguinte.

Raízes adventícias

A presença de raízes adventícias nas plantas alagadas foi muito baixa na maioria dos genótipos avaliados. Apesar disso, a análise de variância revelou que houve diferença dentre os genótipos quanto à produção de raízes adventícias ($F_{1,14}=2,1$, $P=0,048$) (Figura 8). Dentre os genótipos avaliados, o 1130-10 (13) seguido da cultivar Basilisk (Figura 9) se destacaram pela tendência de maior produção de raízes adventícias, enquanto os genótipos 392-10 (6) e 628-10 (8) foram os que apresentaram tendência de menor produção.

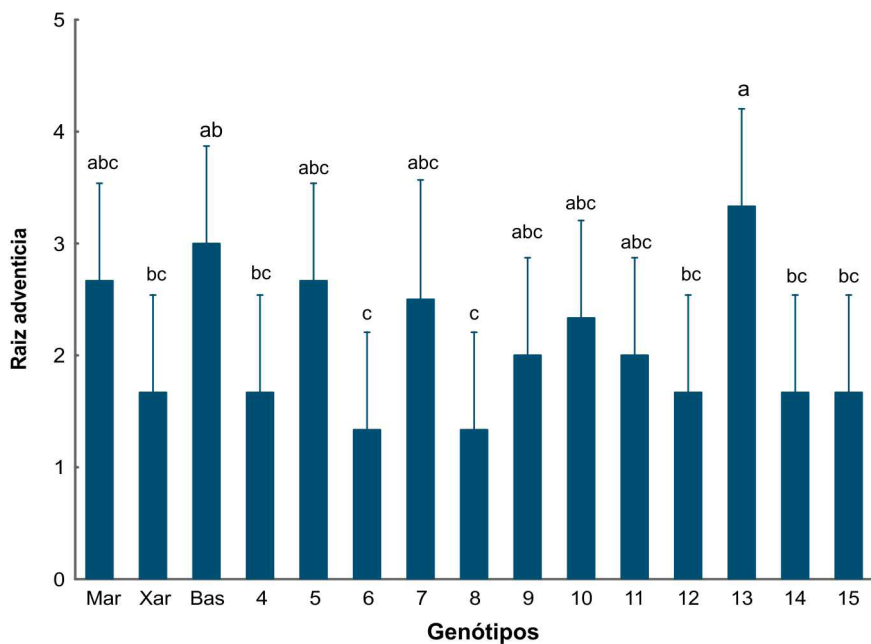


Figura 8. Escore visual da presença de raízes adventícias em genótipos de *Brachiaria* spp. cultivados em solo alagado.

Os valores são média + intervalo de confiança de 95% para a média (n=3). Valores com letras diferentes são significativamente diferentes entre si (P<0,05, Teste de Duncan). Identificação dos genótipos conforme a Tabela 1.



Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho

Figura 9. Detalhe da produção de raízes adventícias em *Brachiaria decumbens* 'Basilisk'. Foto tomada 20 dias após o início do alagamento do solo.

A formação de raízes adventícias, durante o alagamento do solo, é uma resposta comum em algumas espécies vegetais, facilitando o transporte de gases e a absorção de água e nutrientes pela planta sob esse estresse (Armstrong; Brandle; Jackson, 1994). O crescimento de raízes adventícias, em condições de alagamento do solo, é uma característica comum em plantas tolerantes a esse estresse (Pedersen et al., 2020) e está relacionado ao acúmulo de etileno na planta sob alagamento do solo (Steffens; Rasmussen, 2016).

Embora o desenvolvimento de raízes adventícias seja considerado um atributo que pode indicar tolerância ao excesso de água no solo (Pedersen et al., 2020; Sauter, 2013), essa característica per se pode não ser suficiente para tornar a planta tolerante a esse estresse (Dias-Filho, 2013).

Assim, por exemplo, apesar de no presente estudo o genótipo 1130-10 (13) ter apresentado tendência de produção relativamente alta de raízes adventícias (Figura 8), esse genótipo evidenciou ter grande sensibilidade a esse estresse, conforme foi externado nas avaliações de vigor (Figuras 6 e 7). Da mesma forma, a cultivar Marandu (Mar), reconhecidamente pouco tolerante ao alagamento do solo (Dias-Filho; Carvalho, 2000), também evidenciou produção relativamente alta de raízes adventícias em plantas alagadas (Figura 8). Essa característica da *B. brizantha* 'Marandu', em desenvolver raízes adventícias em abundância, quando sob excesso de água no solo, já havia sido relatada em estudo anterior (Dias-Filho, 2002). Tal atributo, em um capim tido como pouco tolerante ao alagamento, indica que outros recursos adaptativos a esse estresse também são necessários para tornar a planta de fato tolerante.

No presente estudo, não houve uma correlação aparente entre o potencial de produção de raízes adventícias e o grau de tolerância ao alagamento do solo.

Classificação da tolerância relativa

No presente estudo, houve diferença acentuada entre os 12 híbridos interespecíficos, comparados às cultivares comerciais Marandu, Xaraés e Basilisk, em relação aos efeitos do alagamento do solo, em parâmetros de crescimento, produção e vigor (Tabela 2).

Tabela 2. Redução percentual média, em parâmetros de crescimento, produção e vigor, resultante do alagamento do solo, em genótipos de *Brachiaria* spp.

Genótipo	Alongamento	SPAD	Massa seca	Altura	Vigor
Marandu	42,9*	1,8	48,2*	3,2	35,6*
Xaraés	20,3*	11,0*	0	1,7	10,6
Basilisk	40,0*	5,2	31,2	9,2	29,6*
74-10 (4)	39,1*	17,6*	80,3*	31,6*	38,4*
141-10 (5)	31,5*	11,7*	68,6*	0	38,4*
392-10 (6)	18,4	6,5	81,2*	31,0*	57,1*
422-10 (7)	15,8	0	60,6	24,0	29,7*
628-10 (8)	21,2	16,7*	83,6*	37,8*	56,7*
798-10 (9)	33,5	4,7	62,1*	0	46,3*
970-10 (10)	42,9*	0,2	45,7*	20,6*	36,7*
992-10 (11)	69,6*	17,5*	86,9*	45,0*	54,5*
1115-10 (12)	45,8*	0	51,7*	9,6	62,9*
1130-10 (13)	36,3*	4,1	57,2*	10,0	62,0*
1242-10 (14)	26,4	7,9*	87,1*	27,3	77,8*
27-11 (15)	21,6	1,4	48,5	10,0	39,3*

* indica diferença significativa (contraste ortogonal; $P < 0,05$) entre tratamentos, para um determinado genótipo.

Genótipos destacados em azul foram avaliados como testemunhas.

O gráfico gerado pela análise de agrupamento confirmou a hipótese de que os genótipos avaliados têm, entre si, diferentes graus de tolerância ao alagamento do solo, tendo sido possível separar os 15 genótipos em quatro grupos, com tolerância boa, regular, baixa e muito baixa ao alagamento do solo (Figura 10).

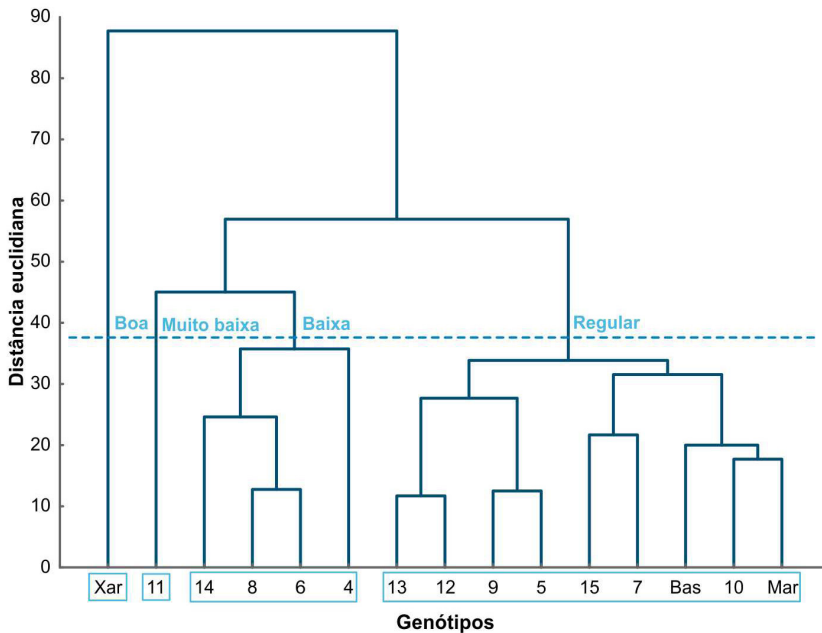


Figura 10. Classificação da tolerância relativa ao alagamento do solo de genótipos de *Brachiaria* spp., com base na análise de agrupamento.

A linha tracejada indica a distância euclidiana escolhida para separar os grupos de genótipos, de acordo com a tolerância relativa ao alagamento do solo. Identificação dos genótipos conforme a Tabela 1.

A diferença entre genótipos de *Brachiaria* spp. no grau de tolerância relativa ao alagamento do solo foi também confirmada pelo gráfico gerado pela análise de escalonamento multidimensional (Figura 11). Nesse gráfico é possível perceber a estrutura de compartimentação dos 15 genótipos, em quatro grupos, assim como foi evidenciado pela concepção gráfica resultante da análise de agrupamento (Figura 10).

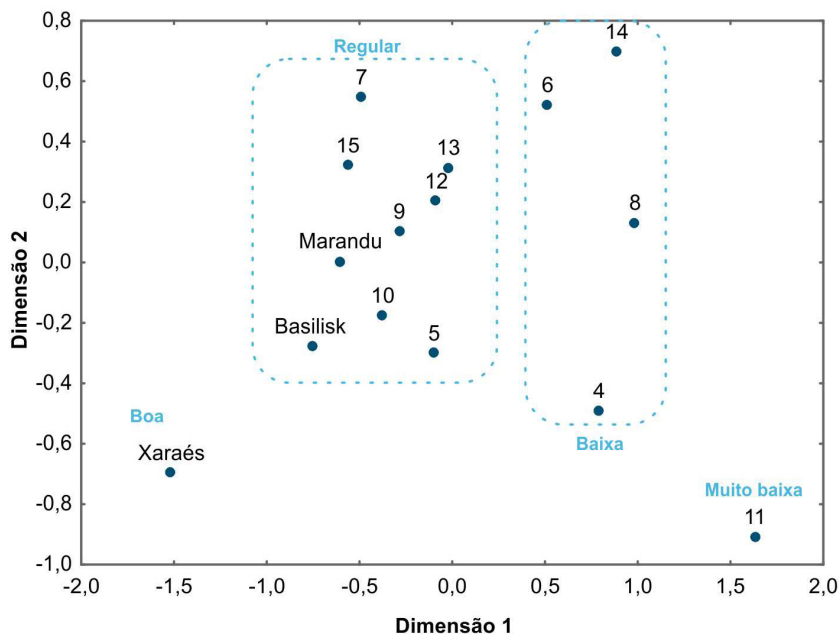


Figura 11. Classificação da tolerância relativa ao alagamento do solo de genótipos de *Brachiaria* spp., com base na análise de escalonamento multidimensional (MDS).

Identificação dos genótipos conforme a Tabela 1.

Assim, com base na concepção gráfica das análises de agrupamento e de escalonamento multidimensional, a cultivar Xaraés de *B. brizantha* foi classificada como o genótipo de melhor tolerância relativa ao alagamento do solo, em comparação aos demais genótipos avaliados. Os genótipos 74-10 (4) (Figura 12), 392-10 (6) (Figura 13), 628-10 (8) (Figura 14) e 1242-10 (14) (Figura 15) foram agrupados como tendo baixa tolerância relativa ao alagamento do solo, enquanto o genótipo 992-10 (11) (Figura 16) foi classificado como tendo muito baixa tolerância relativa ao alagamento do solo.

Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho



Figura 12. Aspecto de plantas do genótipo 74-10 (4) de *Brachiaria* spp. cultivadas em solo não alagado (à esquerda) e alagado (à direita). Foto tomada 20 dias após o início do alagamento do solo.

Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho



Figura 13. Aspecto de plantas do genótipo 392-10 (6) de *Brachiaria* spp. cultivadas em solo não alagado (à esquerda) e alagado (à direita). Foto tomada 20 dias após o início do alagamento do solo.



Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho

Figura 14. Aspecto de plantas do genótipo 628-10 (8) de *Brachiaria* spp. cultivadas em solo não alagado (à esquerda) e alagado (à direita). Foto tomada, 20 dias após o início do alagamento do solo.



Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho

Figura 15. Aspecto de plantas do genótipo 1242-10 (14) de *Brachiaria* spp., cultivadas em solo não alagado (à esquerda) e alagado (à direita). Foto tomada 20 dias após o início do alagamento do solo.

Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho



Figura 16. Aspecto de plantas do genótipo 992-10 (11) de *Brachiaria* spp., cultivadas em solo não alagado (à esquerda) e alagado (à direita). Foto tomada 20 dias após o início do alagamento do solo.

Os demais genótipos estudados foram agrupados como tendo tolerância regular ao alagamento do solo (Figuras 10 e 11). Em ambos os gráficos observa-se que no agrupamento dos genótipos com tolerância regular, há subestruturação dentro desse grupo, sendo possível observar que o genótipo 422-10 (7) (Figura 17) e o genótipo 27-11 (15) se separam dos demais, por terem tolerância ligeiramente melhor ao alagamento do solo, em relação aos outros componentes desse grupo. Portanto, dentro do grupo de genótipos com tolerância regular ao alagamento do solo, poderíamos considerar também uma subdivisão composta por esses dois genótipos.



Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho

Figura 17. Aspecto de plantas do genótipo 422-10 (7) de *Brachiaria* spp. cultivadas em solo não alagado (à esquerda) e alagado (à direita). Foto tomada 20 dias após o início do alagamento do solo.

Ainda dentro do agrupamento de genótipos classificados com tolerância regular ao alagamento do solo é possível também visualizar outro subgrupo, formado pelos genótipos 1115-10 (12) (Figura 18) e 1130-10 (13) (Figura 19). Esses genótipos se isolaram dos demais, por terem tolerância relativamente inferior, em comparação aos demais genótipos desse grupo, tendo, inclusive, apresentado tolerância inferior à da cultivar Marandu de *B. brizantha* (Figura 20), considerada, em estudos anteriores (Dias-Filho; Carvalho 2000; Dias-Filho, 2002), como pouco tolerante ao alagamento do solo.

Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho



Figura 18. Aspecto de plantas do genótipo 1115-10 (12) de *Brachiaria* spp. cultivadas em solo não alagado (à esquerda) e alagado (à direita). Foto tomada 20 dias após o início do alagamento do solo.

Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho



Figura 19. Aspecto de plantas do genótipo 1130-10 (13) de *Brachiaria* spp. cultivadas em solo não alagado (à esquerda) e alagado (à direita). Foto tomada 20 dias após o início do alagamento do solo.



Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho

Figura 20. Aspecto de plantas de *B. brizantha* cv. Marandu, cultivadas em solo não alagado (à esquerda) e alagado (à direita). Foto tomada 20 dias após o início do alagamento do solo.

Da mesma forma, no grupo classificado como tendo baixa tolerância ao alagamento do solo observa-se, tanto na análise de agrupamento (Figura 10), como na análise de escalonamento multidimensional (Figura 11), que o genótipo 74-10 (4) (Figura 12) se destacou por apresentar tolerância ao alagamento do solo ainda mais baixa do que a dos demais componentes desse grupo (Figuras 13 a 15).

Esses resultados sugerem que, dentre os 12 híbridos interespecíficos avaliados, existe variabilidade genética para a tolerância ao alagamento do solo.

Conclusões

Os genótipos de *Brachiaria* spp. estudados diferem quanto a tolerância ao alagamento do solo. A cultivar Xaraés foi o genótipo relativamente mais tolerante ao alagamento do solo. Os genótipos 1242-10, 392-10, 628-10 e 74-10 apresentam baixa tolerância, enquanto o genótipo 992-10 tem tolerância muito baixa ao alagamento do solo. Os demais genótipos avaliados apresentam tolerância relativa regular ao alagamento do solo.

Agradecimentos

À Associação para o Fomento à Pesquisa de Melhoramento de Forrageiras Tropicais (Unipasto), pelo suporte financeiro para a condução deste estudo.

Referências

- ALDENDERFER, M. S.; BLASHFIELD, R. K. **Cluster analysis**: paper series on quantitative applications in the social sciences. Newbury Park: Sage University, 1984. 87 p.
- ARMSTRONG, W.; BRÄNDLE, R.; JACKSON, M. B. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 43, n. 4, p. 307-358, 1994.
- BELONI, T.; PEZZOPANE, C. G.; ROVADOSCKI, G. A.; FÁVERO, A. P.; DIAS-FILHO, M. B.; SANTOS, P. M. Morphological and physiological responses and the recovery ability of *Paspalum* accessions to water deficit and waterlogging. **Grass Forage Science**, v. 72, p. 840-850, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12281>. Acesso em: 2 maio 2020.
- CAETANO, L. P. S.; DIAS-FILHO, M. B. Responses of six *Brachiaria* spp. accessions to root zone flooding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 795-801, 2008.
- COLMER, T. D.; VOESENEK, L. A. C. J. Flooding tolerance: suites of plant traits in variable environments. **Functional Plant Biology**, v. 36, n. 8, p. 665-681, 2009
- COSTA, K. A. de P.; OLIVEIRA, I. P. de; FAQUIN, V.; SILVA, G. P.; SEVERIANO, E. da C. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 6, p. 1578-1585, dez. 2009. Disponível em: <https://bit.ly/2ToEoQi>. Acesso em: 19 maio 2020. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000600017>.
- COSTA, M. N. X. da. **Desempenho de duas gramíneas forrageiras tropicais tolerantes ao estresse hídrico por alagamento em dois solos glei húmicos**. 2004. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- DIAS-FILHO, M. B. Características morfoanatômicas e fisiológicas de gramíneas associadas à tolerância a alagamento e encharcamento. In: SOUZA, F. H. D. de; MATTA, F. de P.; FÁVERO, A. P. (Ed.) **Construção de ideótipos de gramíneas para uso diversos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. cap. 6, p. 125-150.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 4. ed. rev. atual. e amp. Belém, PA: [s.n.], 2011. 215 p.
- DIAS-FILHO, M. B.; CARVALHO C. J. R. de. Physiological and morphological responses of *Brachiaria* spp. to flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.10, p. 1959-1966, 2000.
- DIAS-FILHO, M. B.; FREITAS, M. V. de; LOPES, M. J. dos S.; CRUZ, E. D.; BARRIOS, S. C. L.; VALLE, C. B. do. **Tolerância relativa de híbridos de *Brachiaria decumbens* ao alagamento do solo**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2018. 23 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 127). Disponível em: <https://bit.ly/2LLML4s>. Acesso em: 20 maio 2020.

- DIAS FILHO, M. B.; LOPES, M. J. dos S.; BARRIOS, S. C. L.; VALLE, C. B. do. **Tolerância relativa de dois acessos de *Brachiaria brizantha* ao alagamento do solo**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2019. 24 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 138). Disponível em: <https://bit.ly/2WM0pur>. Acesso em: 20 maio 2020.
- DIAS FILHO, M. B.; LOPES, M. J. dos S. **Respostas de cultivares de *Brachiaria humidicola* e de *Brachiaria brizantha* 'Marandu' ao alagamento do solo**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2019. 27 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 137). Disponível em: <https://bit.ly/3bHFA7S>. Acesso em: 20 maio 2020.
- DIAS FILHO, M. B.; LOPES, M. J. dos S. Screening for tolerance to waterlogging in forage plants. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE BREEDING, 3., 2011, Bonito, MS. **Breeding forages for climate change adaptation and mitigation-eco-efficient animal production**: proceedings. [Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte], p. 333-346, 2011.
- DIAS-FILHO, M. B. Tolerance to flooding in five *Brachiaria brizantha* accessions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.439-447, 2002.
- DUARTE, C. F. D.; PROCHERA, D. L.; PAIVA, L. M.; FERNANDES, H. J.; BISERRA, T. T.; CASSARO, L. H.; FLORES, L. S.; FERNANDES, R. L. Morfogênese de braquiárias sob estresse hídrico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 71, n. 5, p. 1669-1676, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/2xET3zc>. Acesso em: 07 maio 2020.
- JIMÉNEZ, J. de la C.; CARDOSO, J. A.; LEIVA, L. F.; GIL, J.; FORERO, M. G.; WORTHINGTON, M. L.; MILES, J. W.; RAO, I. M. Non-destructive Phenotyping to Identify *Brachiaria* Hybrids Tolerant to Waterlogging Stress under Field Conditions. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00167>. Acesso em: 7 maio 2020.
- JIMÉNEZ, J. de la C.; KOTULA, L.; VENEKLAAS, E. J.; COLMER, T. D. Root-zone hypoxia reduces growth of the tropical forage grass *Urochloa humidicola* in high-nutrient but not low-nutrient conditions. **Annals of Botany**, v. 124, n. 6, p. 1019–1032, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcz071>. Acesso em: 7 maio 2020.
- LORETI, E.; VAN VEEN, H.; PERATA, P. Plant responses to flooding stress. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 33, p. 64-71, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2qs5Vkw>. Acesso em: 13 abr. 2018.
- MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. A.; CUNHA, D. de N. F. V. da. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, jul. 2009. Disponível em: <https://bit.ly/2LJEsWE>. Acesso em: 19 maio 2020. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000700004>.
- MOLLARD, F. P. O.; STRIKER, G. G.; PLOCHUK, E. L.; VEGA, A. S.; INSAUSTI, P. Flooding tolerance of *Paspalum dilatatum* (Poaceae: Paniceae) from upland and lowland positions in a natural grassland. **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 203, n. 7, p. 548-556, out. 2008.
- MUSTROPH, A. Improving flooding tolerance of crop plants. **Agronomy**, v. 8, n. 160, 2018. doi:10.3390/agronomy8090160
- PEDERSEN, O.; SAUTER, M.; COLMER, T.D.; NAKAZONO, M. Regulation of root adaptive anatomical and morphological traits during low soil oxygen. **New Phytologist**, 2020. doi. org/10.1111/nph.16375
- RAO, I. M. Advances in improving adaptation of common bean and *Brachiaria* forage grasses to abiotic stresses in the tropics. In: PESSARAKLI, M. (Ed.) **Handbook of Plant and Crop Physiology**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2014. p. 847–889.

- SAIRAM, R.; KUMUTHA, D.; EZHILMATHI, K.; DESHMUKH, P.; SRIVASTAVA, G. Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. **Biologia Plantarum**, v. 52, n. 3, p. 401-412, 2008.
- SAUTER, M. Root responses to flooding. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 16, p. 282-286, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2H0LKkL>. Acesso em: 17 abr. 2019.
- STEFFENS, B.; RASMUSSEN, A. The physiology of adventitious roots. **Plant Physiology**, v. 170, n. 2, p. 603-617, 2016.
- VOESENEK, L. A. C. J.; BAILEY-SERRES, J. Flooding tolerance: O₂ sensing and survival strategies. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 16, p. 647-653, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2JIKyEo>. Acesso em: 13 maio 2020.
- WANG, J.; SUN, H.; SHENG, J.; JIN, S.; ZHOU, F.; HU, Z.; DIAO, Y. Transcriptome, physiological and biochemical analysis of *Triarrhena sacchariflora* in response to flooding stress. **BMC Genomics**, v. 20, n. 88, 2019. <https://doi.org/10.1186/s12863-019-0790-4>
- XIAO, B.; JESPERSEN, D. Morphological and Physiological Responses of Seashore Paspalum and Bermudagrass to Waterlogging Stress. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 144, n. 5, p. 305-313, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/2xGuO3F>. Acesso em: 7 maio 2020.
- YIN, D.; CHEN, S.; CHEN, F.; GUAN, Z.; FANG, W. Morphological and physiological responses of two chrysanthemum cultivars differing in their tolerance to waterlogging. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 87-93, nov. 2009.



Amazônia Oriental

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL