

Tolerância Relativa de Híbridos de *Brachiaria decumbens* ao Alagamento do Solo



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

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
127**

**Tolerância Relativa de Híbridos de *Brachiaria
decumbens* ao Alagamento do Solo**

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

**Embrapa Amazônia Oriental
Belém, PA
2018**

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
Ana Vânia Carvalho

Membros
Alfredo Kingo Oyama Homma, Alysson Roberto Baizi e Silva, Andréa Liliane Pereira da Silva, Luciana Gatto Brito, Michelliny Pinheiro de Matos Bentes, Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana, Patrícia de Paula Ledoux Ruy de Souza

Supervisão editorial e revisão de texto
Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana

Normalização bibliográfica
Andréa Liliane Pereira da Silva

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Tratamento das ilustrações e editoração eletrônica
Vitor Trindade Lôbo

Foto da capa
Moacyr Bernardino Dias-Filho

1ª edição
Publicação digitalizada (2018)

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)

Nome da unidade catalogadora

Tolerância relativa de híbridos de *Brachiaria decumbens* ao alagamento do solo / Moacyr Bernardino Dias-Filho ... [et al.]. – Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2018.
23 p. ; 16 cm x 22 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0483 ; 127).

1. *Brachiaria decumbens*. 2. Gramínea forrageira. 3. Solo. 4. Solo inundado. 5. Relação solo-planta. I. Dias-Filho, Moacyr Bernardino. II. Série.

CDD 21 ed 633.2

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução.....	8
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	11
Conclusões.....	21
Agradecimentos.....	21
Referências	21

Tolerância Relativa de Híbridos de *Brachiaria decumbens* ao Alagamento do Solo

Moacyr Bernardino Dias-Filho¹

Mayane Vilhena de Freitas²

Monyck Jeane dos Santos Lopes³

Eniel David Cruz⁴

Sanzio Carvalho Lima Barrios⁵

Cacilda Borges do Valle⁶

Resumo – O comportamento de dez híbridos de *Brachiaria decumbens* (B001, R041, R120, S013, S016, T016, X009, X019, X044 e X079) ao excesso de água no solo foi comparado, durante 30 dias, em plantas cultivadas em vasos, sob alagamento ou em solo bem drenado. A redução percentual média na taxa de alongamento foliar, nas plantas alagadas, foi máxima nos híbridos X009 e S016. O decréscimo no índice SPAD, em resposta ao alagamento do solo, foi maior nos híbridos B001, X019, S013 e X009 e menor no híbrido R120. A produção de massa seca da parte aérea, em plantas alagadas, foi menor nos híbridos S013, S016, T016, X044 e X079, não tendo sido possível encontrar diferenças entre tratamentos na produção de massa seca dos demais híbridos. A redução de vigor da planta, em resposta ao alagamento, foi maior nos híbridos S013 e S016. Apenas nos híbridos R041, T016 e X019 não foi possível encontrar diferença de vigor entre plantas alagadas e não alagadas. Em todos os híbridos avaliados foi observada a produção de raízes adventícias, no entanto, nos híbridos S013 e S016 houve tendência de menor produção dessas raízes. Os híbridos avaliados diferem quanto à tolerância relativa ao alagamento do solo: R041 e X019 são os mais tolerantes; T016

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

² Engenheira-agrônoma, Belém, PA

³ Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, Belém, PA

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

⁵ Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

⁶ Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Melhoramento de Plantas, pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

e R120 apresentam tolerância média; B001 e X009 têm tolerância baixa e X044, X079, S013 e S016 apresentam tolerância muito baixa ao alagamento do solo.

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

Relative Tolerance of *Brachiaria decumbens* Hybrids to Soil Flooding

Abstract – The behavior of ten hybrids of *Brachiaria decumbens* (B001, R041, R120, S013, S016, T016, X009, X019, X044 e X079) to root zone flooding was compared, during 30 days, in plants grown in pots, under flooded or in well-drained conditions. The average percentage reduction in leaf elongation rate in flooded plants was highest in hybrids X009 and S016. The decrease in the SPAD index, in response to soil flooding, was higher in B001, X019, S013 and X009 and lower in R120. Shoot dry mass production in flooded plants was lower in S013, S016, T016, X044 and X079. It was not possible to find differences between treatments in the dry mass production of the other hybrids. Reduction in plant vigor, in response to flooding, was higher in S013 and S016. Only in R041, T016 and X019 it was not possible to find differences in vigor between treatments. All hybrids produced adventitious roots in response to flooding, however, in hybrids S013 and S016 there was a trend of lower production of these roots. The evaluated hybrids differ in their relative tolerance to soil flooding: R041 and X019 are the most tolerant hybrids; T016 and R120 are intermediate in flooding tolerance; B001 and X009 have poor tolerance and X044, X079, S013 and S016 have very poor tolerance to soil flooding.

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

Introdução

A busca de genótipos de plantas forrageiras que sejam mais tolerantes ao excesso de água no solo tem tido uma demanda crescente no Brasil (Dias-Filho, 2013). Dentre os motivos para esse aumento de interesse, está o fato de que muitas áreas de pastagens estão situadas em terras marginais, nem sempre apropriadas para a agricultura, de modo que alguns desses locais têm problemas decorrentes da drenagem deficiente do solo, principalmente durante o pico da época chuvosa. Outro motivo importante é a ocorrência, no bioma Amazônia, do problema conhecido como a “síndrome da morte do braquiário” (SMB), cuja severidade está diretamente relacionada à baixa tolerância de alguns capins ao excesso de água no solo (Dias-Filho; Carvalho, 2000; Teixeira Neto et al., 2000; Dias-Filho, 2006).

O padrão de crescimento do rebanho bovino brasileiro (Pesquisa..., 2016) tem indicado que a região amazônica deverá ter papel cada vez mais importante na pecuária do País. Assim, é necessário que sejam disponibilizados, para essa região, capins com maior tolerância ao alagamento do solo, para atender a essa demanda crítica. Ademais, o avanço da agricultura sobre áreas originalmente sob pecuária deverá, cada vez mais, deslocar a pecuária, em todo o Brasil, para terras menos apropriadas para o plantio de culturas, muitas delas com problemas de drenagem do solo.

O excesso de água no solo é um estresse complexo que diminui as taxas de respiração aeróbica e fotossíntese das plantas terrestres. Reduz os níveis de carboidrato e energia celular, limitando o crescimento e alterando o desenvolvimento, a capacidade competitiva e a sobrevivência (Dias-Filho, 2013; Voesenek; Bailey-Serres, 2013; Loreti et al., 2016).

A forma com que uma planta responde ao excesso de água no solo é definida pela duração e pela intensidade do estresse, pela fase de desenvolvimento da planta no momento da imposição do estresse e, principalmente, pelo genótipo da planta (revisado por Bailey-Serres; Voesenek, 2008; Colmer; Voesenek, 2009; Bailey-Serres et al., 2012; Dias-Filho, 2013; Loreti et al., 2016).

A capacidade de um determinado genótipo vegetal tolerar o alagamento ou o encharcamento do solo está diretamente relacionada à plasticidade para

ajustar a sua fisiologia. Esse ajuste resulta em uma aclimatação metabólica, morfológica e anatômica que visa à manutenção do crescimento ou, no mínimo, à manutenção de funções vitais para a sobrevivência, sob condições de anoxia ou de hipoxia (Insausti et al., 2001; Mollard et al., 2008; Sairam et al., 2008; Colmer; Voesenek, 2009; Yin et al., 2009; Voesenek; Bailey-Serres, 2013; Loreti et al., 2016). Existe, portanto, a necessidade de se investigar a variação genética natural dentre e entre espécies para a tolerância ao excesso de água no solo.

Embora já se saiba que *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk é considerada uma espécie medianamente tolerante ao alagamento do solo, quando comparada a outras espécies desse gênero (Dias-Filho; Carvalho, 2000), é possível hipotetizar que híbridos dessa espécie apresentem diferenças no grau de tolerância ao alagamento do solo. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar e comparar o comportamento de dez híbridos de *B. decumbens* ao excesso de água no solo, visando subsidiar o programa de lançamento de cultivares de forrageiras desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) para essa espécie (Mateus et al., 2015; Matias et al., 2016).

Material e Métodos

Material vegetal e modo de cultivo

Mudas dos híbridos de *B. decumbens* B001, R041, R120, S013, S016, T016, X009, X019, X044 e X079, fornecidas pela 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 esterco de carneiro na proporção de 3:2.

Cinquenta dias após o plantio, as plantas (uma planta por vaso) sofreram um corte de uniformização, a 8 cm acima do nível do solo, e receberam adubação equivalente a 6 mg dm⁻³ de N, 14 mg dm⁻³ de P₂O₅, e 10 mg dm⁻³ de K₂O. Quinze dias após o corte de uniformização, as plantas receberam uma nova adubação equivalente a 6 mg dm⁻³ de N. O alagamento foi iniciado 20 dias após o corte de uniformização, inundando-se os vasos a até 3 cm

acima do nível do solo, por meio da vedação do dreno do vaso. As plantas não alagadas permaneceram nos vasos com drenagem livre e eram irrigadas diariamente. O alagamento durou 30 dias.

Durante o período de estabelecimento (50 dias) e experimental (30 dias), as plantas foram cultivadas sob uma tela de polipropileno, a qual interceptava cerca de 20% da radiação solar direta.

Medições

O comprimento de uma lâmina foliar em expansão (com a lígula ainda não exposta), em um perfilho vegetativo de cada planta, era medido diariamente, aproximadamente no mesmo horário. As medições iniciaram imediatamente após o alagamento do solo. 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 dois dias consecutivos.

O índice *Soil plant analysis development* (SPAD) é uma medida indireta do teor relativo de clorofila a+b no tecido foliar de plantas (Yadava, 1986). Neste estudo, o índice SPAD foi estimado por um medidor portátil de clorofila (SPAD – Konica Minolta Sensing, INC. Japão). A medição foi feita aos 28 dias após o início do alagamento do solo. Cada valor do índice SPAD por planta foi resultado de uma média de pelo menos quatro medições feitas em folhas diferentes, em cada planta. As folhas usadas para as medições do índice SPAD eram folhas em expansão, ou recentemente expandidas.

A produção de massa seca da parte aérea foi avaliada, ao final do ensaio (30 dias após a imposição do alagamento), cortando-se as plantas rente ao solo. A massa seca foi determinada após secagem em estufa, a 60 °C, por 48 horas.

A presença de raízes adventícias foi avaliada, subjetivamente, 28 dias após o início do alagamento. Foram atribuídas as seguintes notas: 1 – sem raízes adventícias; 2 – baixa produção; 3 – abundante produção. O vigor das plantas foi avaliado subjetivamente, 28 dias após o início do alagamento, atribuindo-se notas: 1 – ruim; 2 – regular; 3 – bom; 4 – excelente. A avaliação de vigor integrou aspectos agrônômicos de características como coloração e

quantidade de folhas, 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. Os dados referentes à abundância de raízes adventícias, nas plantas alagadas, foram analisados por Anova, com genótipos como efeito principal. Os requisitos de homogeneidade de variâncias e normalidade 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.

Análise de componentes principais foi usada com o objetivo de agrupar (ou seja, classificar) os genótipos com a maior similaridade na tolerância relativa ao alagamento do solo. Os dados para a análise de componentes principais foram obtidos por meio da diferença percentual média entre as plantas do tratamento não alagado e alagado de um mesmo genótipo, para taxa de alongamento foliar, índice SPAD, produção de massa seca, altura e vigor. Considerou-se que genótipos mais tolerantes ao alagamento apresentam menor percentual de variação entre as plantas não alagadas e alagadas.

O software Statistica para Windows, versão 7.0 (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 híbridos x tratamentos para alongamento foliar ($F_{1,9} = 12,14$; $P < 0,001$). O alagamento do solo reduziu a taxa média de alongamento foliar para todos os híbridos avaliados,

com exceção do híbrido T016 (Figura 1). A redução percentual média na taxa de alongamento foliar foi máxima nos híbridos X009 (63,8%; $F_{1,410} = 132,5$, $P < 0,001$) e S016 (62,2%; $F_{1,410} = 98,2$, $P < 0,001$). Estudos anteriores também têm encontrado sensibilidade do alongamento foliar em gramíneas forrageiras tropicais sob alagamento do solo, em especial, no gênero *Brachiaria* (Dias-Filho, 2002; Mattos et al., 2005; Caetano; Dias-Filho, 2008; Beloni et al., 2017). Em um dos primeiros estudos científicos publicados no Brasil sobre o comportamento de espécies de *Brachiaria* ao alagamento do solo, Dias-Filho e Carvalho (2000) relatam que em *B. decumbens* cv. Basilisk o alongamento foliar não foi significativamente afetado, durante 14 dias de alagamento do solo. No presente estudo, apenas o híbrido T016 não apresentou redução significativa do alongamento foliar em resposta ao alagamento do solo, embora uma tendência de menor alongamento foliar também tenha sido observada nesse híbrido.

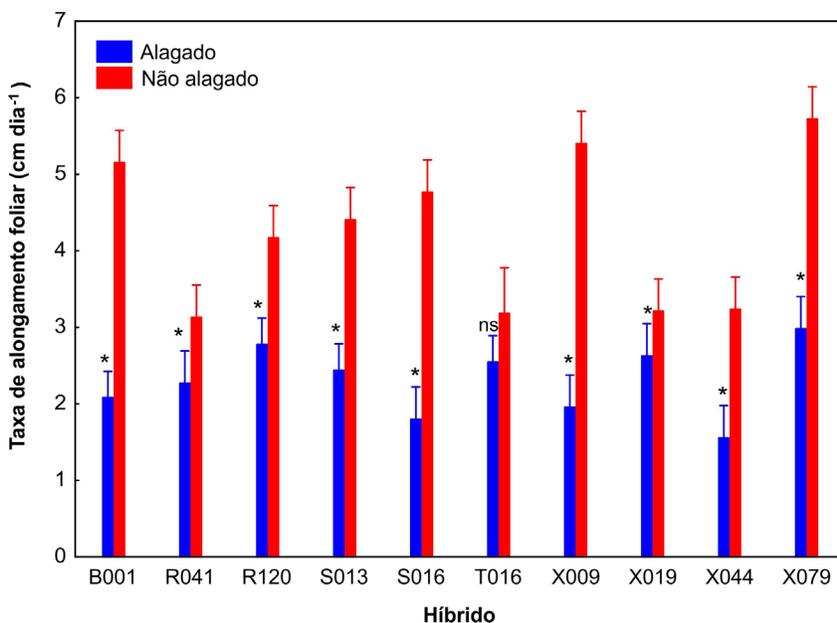


Figura 1. Taxa de alongamento foliar para híbridos de *Brachiaria decumbens* cultivados em solo alagado e não alagado.

Os valores são média \pm intervalo de confiança de 95% para a média. Um asterisco indica diferença significativa (contraste ortogonal; $P < 0,05$) entre tratamentos, para um determinado híbrido. NS indica que não foi possível detectar diferença entre tratamentos para aquele híbrido

Índice SPAD

Contrastes ortogonais da diferença entre tratamentos, dentro do mesmo híbrido, indicam que o alagamento do solo reduziu o índice SPAD em todos os híbridos avaliados (Figura 2). Essa redução foi maior nos híbridos B001 (34,1%, $F_{1,23} = 30,2$; $P < 0,0001$), X019 (28,6%, $F_{1,23} = 18,9$; $P < 0,001$), S013 (27,4%, $F_{1,23} = 17,3$; $P < 0,001$) e X009 (27,3%; $F_{1,23} = 17,8$; $P < 0,001$) e menor no híbrido R120 (19,6%; $F_{1,23} = 19,2$, $P = 0,003$).

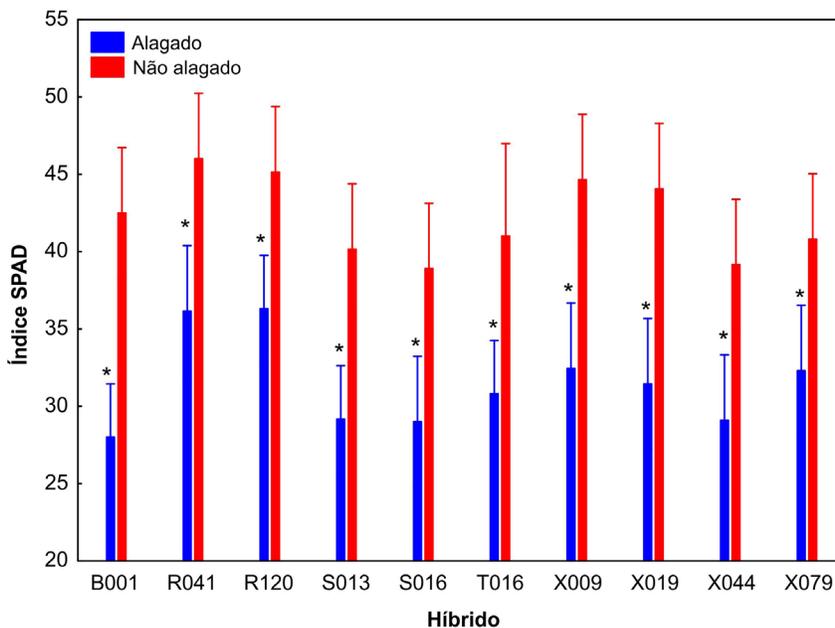


Figura 2. Índice SPAD de híbridos de *Brachiaria decumbens* cultivados em solo alagado e não alagado.

Os valores são média \pm intervalo de confiança de 95% para a média. Um asterisco indica diferença significativa (contraste ortogonal; $P < 0,05$) entre tratamentos, para um determinado híbrido.

Ao avaliar a tolerância ao alagamento do solo de três espécies de *Brachiaria*, Dias-Filho e Carvalho (2000) encontraram que esse estresse diminuiu o teor de clorofila total em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, mas não em *B. decumbens* e *Brachiaria humidicola*. Da mesma forma, ao comparar o teor de clorofila de *Brachiaria ruzizensis*, uma espécie considerada pouco tolerante ao excesso de água no solo (Caetano; Dias-Filho, 2008), com *B. humidicola*, espécie relativamente tolerante ao excesso de água no solo (Dias-Filho; Carvalho, 2000), Jiménez et al. (2015) observaram decréscimo significativo do teor de clorofila em *B. ruzizensis*, sob alagamento do solo, mas nenhum decréscimo em *B. humidicola*.

No entanto, Beloni et al. (2017) não encontraram diferença no índice SPAD entre plantas alagadas (28 dias) e não alagadas de *B. brizantha* cv. Marandu, assim como também não encontraram diferença nesse índice entre plantas alagadas e não alagadas em cinco genótipos de *Paspalum*. Como o índice SPAD pode estar positivamente correlacionado com o conteúdo de nitrogênio da folha (Guimarães et al., 2011; Silva Júnior et al., 2013; Salman et al., 2016) e, conseqüentemente, com a disponibilidade de nitrogênio do solo, é possível que, em situações em que o conteúdo de nitrogênio do solo seja relativamente baixo, haja menor potencial para que se evidencie diferença neste índice entre plantas alagadas e não alagadas. No presente estudo, o índice SPAD médio das plantas não alagadas foi de 42,3, enquanto nas plantas não alagadas foi de 31,4.

Produção de massa seca da parte aérea

O alagamento do solo reduziu a produção de massa seca da parte aérea nos híbridos S013, S016, T016, X044 e X079 (Figura 3). Não foi possível encontrar diferenças na produção de massa seca entre os tratamentos alagado e não alagado nos híbridos B001, R041, R120, X009 e X019. No entanto, uma clara tendência de menor produção de massa seca foi sempre observada no tratamento alagado, para todos os híbridos avaliados.

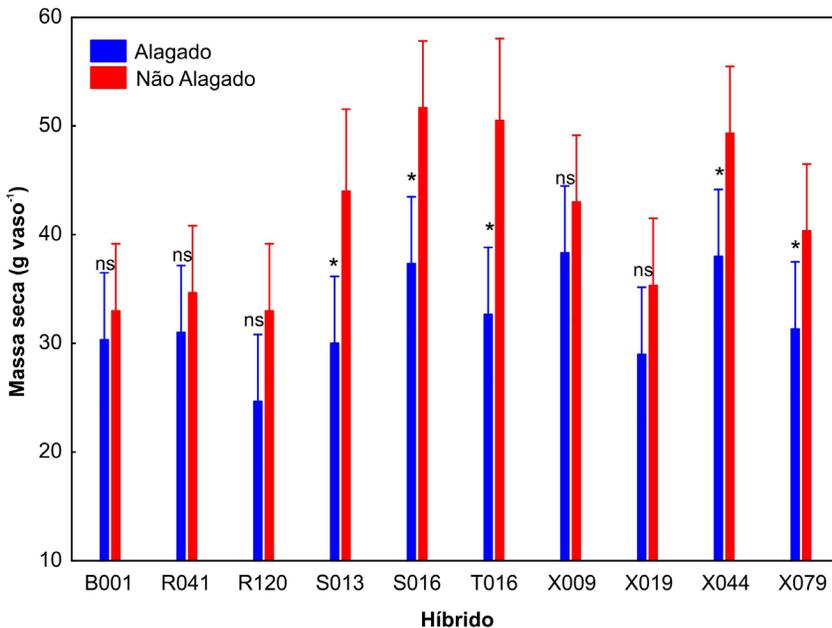


Figura 3. Produção de massa seca da parte aérea para híbridos de *Brachiaria decumbens* cultivados em solo alagado e não alagado.

Os valores são média \pm intervalo de confiança de 95% para a média. Um asterisco indica diferença significativa (contraste ortogonal; $P < 0,05$) entre tratamentos, para um determinado híbrido. NS indica que não foi possível detectar diferença entre tratamentos para aquele híbrido.

O excesso de água no solo, em geral, reduz a produção de biomassa em gramíneas forrageiras, mesmo naquelas não anfíbias, mas tidas como relativamente tolerantes a esse estresse (Dias-Filho, 2002; Beloni et al., 2017). Dentre os motivos para essa queda de produção, destaca-se o fato de o excesso de água, na zona das raízes, inibir a respiração aeróbica, levando à perda da síntese mitocondrial de adenosina trifosfato (ATP). Esse evento reduz os níveis de energia da planta e, conseqüentemente, a capacidade de absorção e transporte de água e nutrientes para a parte aérea (Liao; Lin, 2001), acarretando em menor produção de massa seca.

É importante observar que, mesmo em gramíneas reconhecidamente tolerantes ao excesso de água no solo, esse estresse pode diminuir o desempenho das plantas. Por exemplo, capim-angola (*Brachiaria mutica*) e canarana-verdadeira (*Echinochloa polystachya*), sob alagamento do solo, têm reduções na área foliar, produção de massa seca da parte aérea, relação folha:colmo e número de perfilhos, quando comparados a plantas cultivadas sob capacidade de campo (Costa, 2004).

Altura da parte aérea

A altura da parte aérea não foi um parâmetro consistente para avaliar a tolerância ao alagamento nos híbridos de *B. decumbens*. Apenas nos híbridos X044 e R120 foi possível detectar diferença entre tratamentos. No híbrido X044, o alagamento do solo reduziu ($F_{1,23} = 5$; $P = 0,035$) a altura das plantas, enquanto, no híbrido R120, plantas alagadas foram mais altas ($F_{1,23} = 8,5$; $P < 0,008$). A maior altura das plantas alagadas, no híbrido R120, pode ser interpretada como uma estratégia de tolerância ao alagamento do solo, visando restabelecer o contato das folhas com a atmosfera (Bailey-Serres; Voesenek, 2008; Banach et al., 2009; Sakagami et al., 2009). Essa estratégia, contudo, só seria particularmente benéfica em casos de submergência da planta. No entanto, é possível observar que, em geral, houve tendência de menor altura nos híbridos de *B. decumbens* sob alagamento do solo (Figura 4), sugerindo uma provável falta de adaptação dessa espécie a um evento temporário de submergência.

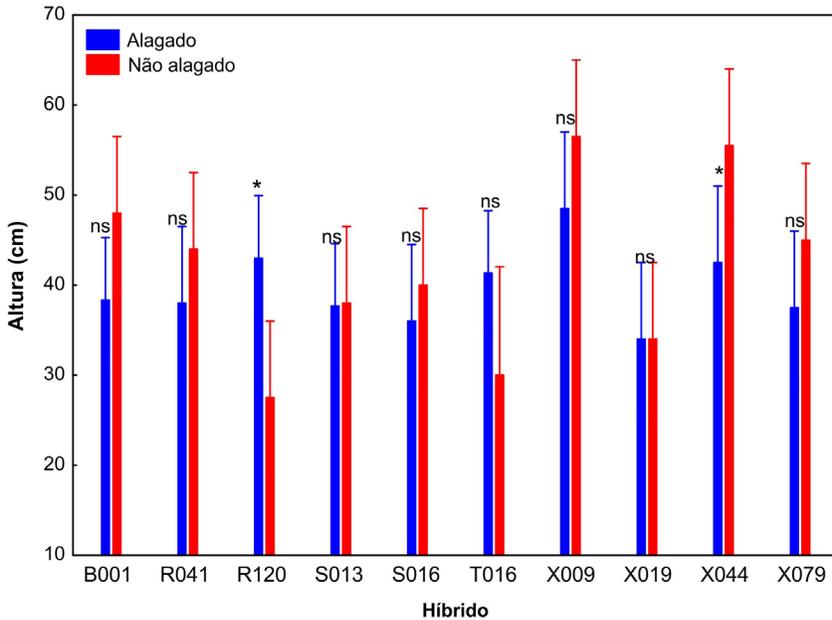


Figura 4. Altura da parte aérea para híbridos de *Brachiaria decumbens* cultivados em solo alagado e não alagado.

Os valores são média \pm intervalo de confiança de 95% para a média. Um asterisco indica diferença significativa (contraste ortogonal; $P < 0,05$) entre tratamentos, para um determinado híbrido. NS indica que não foi possível detectar diferença entre tratamentos para aquele híbrido.

Vigor

Foi possível observar interação significativa entre híbridos e tratamentos para vigor ($F_{1,23} = 4,39$; $P = 0,002$). Contrastes ortogonais da diferença entre tratamentos, para o mesmo híbrido, mostraram que a redução de vigor foi maior nos híbridos S013 (57%, $F_{1,23} = 27,1$; $P < 0,001$) e S016 (50%, $F_{1,23} = 32,5$; $P < 0,001$). Apenas nos híbridos R041, T016 e X019 não foi possível encontrar diferença de vigor entre plantas alagadas e não alagadas. Ou seja, nesses híbridos, plantas submetidas ao alagamento do solo não apresentavam características agrônômicas, visualmente perceptíveis, que as diferenciavam das plantas não alagadas. Isto é, o alagamento do solo, aparentemente, não afetou, de forma marcante, o desempenho dessas plantas. Nos demais híbridos avaliados, o vigor da planta foi sempre significativamente reduzido pelo alagamento do solo (Figura 5).

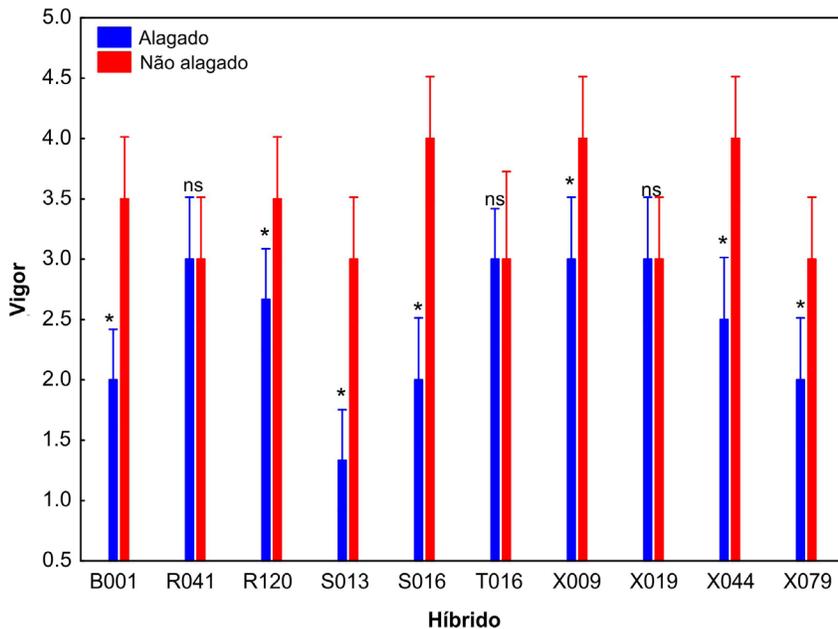


Figura 5. Vigor de híbridos de *Brachiaria decumbens* cultivados em solo alagado e não alagado.

Os valores são média \pm intervalo de confiança de 95% para a média. Um asterisco indica diferença significativa (contraste ortogonal; $P < 0,05$) entre tratamentos, para um determinado híbrido. NS indica que não foi possível detectar diferença entre tratamentos para aquele híbrido.

Raízes adventícias

A presença de raízes adventícias nas plantas alagadas foi observada em todos os híbridos avaliados (Figura 6). Embora não tenha sido possível detectar diferenças significativas entre híbridos, para esse atributo, é possível observar tendência de menor produção de raízes adventícias nos híbridos S013 e S016.

A formação de raízes adventícias normalmente está relacionada a períodos relativamente longos de alagamento ou encharcamento do solo. As raízes adventícias visam à captura e ao transporte de oxigênio para os tecidos submersos (Armstrong et al., 1994). A formação de raízes adventícias está diretamente relacionada ao acúmulo de etileno na planta, como resposta adaptativa ao excesso de água no solo (Yin et al., 2009).

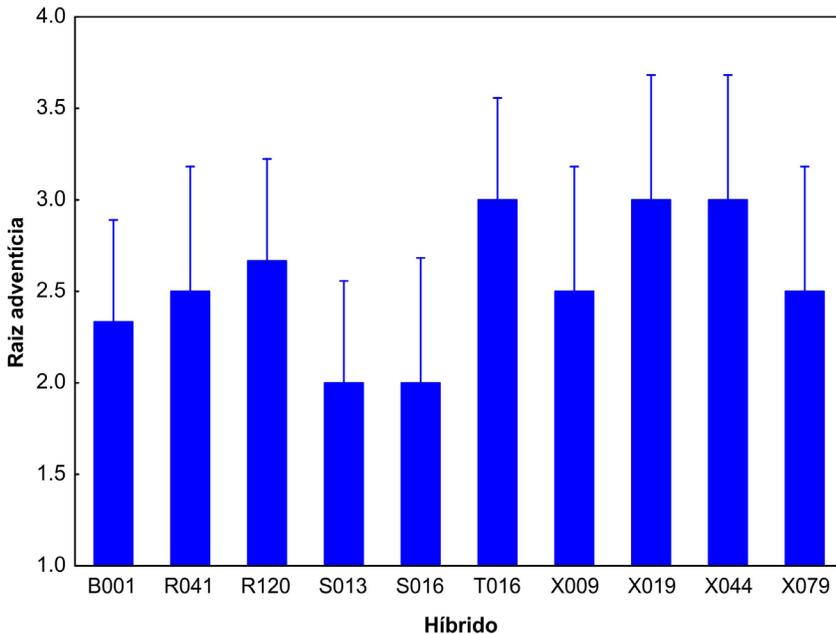


Figura 6. Escore visual da presença de raízes adventícias em híbridos de *Brachiaria decumbens* cultivados em solo alagado.

Os valores são média \pm intervalo de confiança de 95% para a média.

Embora o desenvolvimento de raízes adventícias seja considerado um atributo que pode indicar a tolerância ao excesso de água no solo (Sauter, 2013), essa característica per se pode não ser suficiente para tornar a planta tolerante (Dias-Filho, 2013). Por exemplo, em *B. brizantha* cv. Marandu, capim reconhecidamente pouco tolerante ao alagamento do solo (Dias-Filho; Carvalho, 2000), plantas sob excesso de água no solo são capazes de desenvolver raízes adventícias em abundância (Dias-Filho, 2002). Tal característica em um capim relativamente pouco tolerante ao alagamento indica que outras estratégias adaptativas a esse estresse também seriam necessárias para tornar a planta tolerante.

No presente estudo, com exceção do híbrido X044, que apresentou alta produção de raízes adventícias, mas que nas demais avaliações mostrou-se relativamente menos tolerante ao excesso de água no solo, houve tendência de correlação positiva entre a produção de raízes adventícias e o grau de tolerância a esse estresse.

Classificação da tolerância relativa

O gráfico gerado pela análise de componentes principais confirmou a hipótese de que os híbridos avaliados têm, entre si, diferentes graus de tolerância ao alagamento do solo (Figura 7).

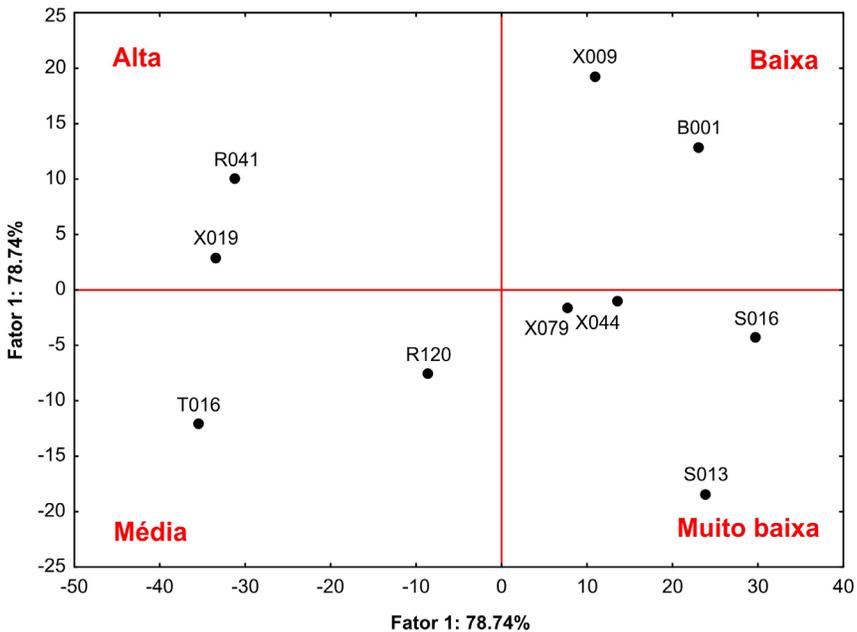


Figura 7. Classificação da tolerância relativa ao alagamento do solo de híbridos de *Brachiaria decumbens*, com base na análise de componentes principais.

É importante enfatizar que a escala de classificação da tolerância ao alagamento se baseou em um conceito de relatividade, ou seja, cada híbrido foi comparado consigo mesmo. Portanto, considerando que *B. decumbens* é classificada como medianamente tolerante ao alagamento do solo (Dias-Filho; Carvalho, 2000), no presente ensaio, os híbridos que foram classificados como de muito baixa tolerância relativa a esse estresse sobreviveram e tiveram crescimento ativo (i.e., produziram e alongaram folhas) durante a fase de alagamento do solo. Assim, é possível supor que o fato de serem considerados com muito baixa tolerância ao excesso de água no solo não indicaria que seriam capins de baixa tolerância a esse estresse, quando comparados a outras espécies mais suscetíveis. Ou seja, a presente

classificação de tolerância deve preferencialmente se restringir à espécie *B. decumbens*.

Conclusões

Dentre os híbridos de *B. decumbens* avaliados, R041 e X019 são os relativamente mais tolerantes ao alagamento do solo. T016 e R120 são híbridos com tolerância relativa média ao alagamento do solo. Os híbridos B001 e X009 têm tolerância relativa baixa, enquanto X044, X079, S013 e S016 são os híbridos de tolerância relativa muito baixa 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

- ARMSTRONG, W.; BRÄNDLE, R.; JACKSON, M. B. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 43, n. 4, p. 307-358, Dec. 1994.
- BAILEY-SERRES, J.; LEE, S. C.; BRINTON, E. Waterproofing crops: effective flooding survival strategies. **Plant Physiology**, v. 160, n. 4, p. 1698-1709, Dec. 2012.
- BAILEY-SERRES, J.; VOESENEK, L. A. C. J. Flooding stress: acclimations and genetic diversity. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 313-339, 2008.
- BANACH, K.; BANACH, A. M.; LAMERS, L. P. M.; DE KROON, H.; BENNICELLI, R. P.; SMITS, A. J. M.; VISSER, E. J. W. Differences in flooding tolerance between species from two wetland habitats with contrasting hydrology: implications for vegetation development in future floodwater retention areas. **Annals of Botany**, v. 103, n. 2, p. 341-351, Jan. 2009.
- 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 2018.
- 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, 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) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DIAS-FILHO, M. B. Tolerance to flooding in five *Brachiaria brizantha* accessions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 439-447, abr. 2002.

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, out. 2000.

DIAS-FILHO, M. B. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim-marandu. In: BARBOSA, R. A. (Ed.). **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. p. 83-101.

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.

GUIMARÃES, M. M. C.; MATSUMOTO, S. N.; FIGUEIREDO, M. P.; CRUZ, P. G.; ARAÚJO, G. S. Estimativa da composição química do Capim Braquiária cv. Marandu por meio de um clorofilômetro portátil. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 85-98, 2011.

INSAUSTI, P.; GRIMOLDI, A. A.; CHANETON, E. J.; VASELLATI, V. Flooding induces a suite of adaptive plastic responses in the grass *Paspalum dilatatum*. **New Phytologist**, v. 152, n. 2, p. 291-299, Nov. 2001.

JIMÉNEZ, J. de la C.; CARDOSO, J. A.; ARANGO-LONDOÑO, D.; FISCHER, G.; RAO, I. Influencia del suelo en la tolerancia a inundación en dos pastos de *Brachiaria*. **Agronomía Colombiana**, v. 33, n. 1, p. 20-28, Apr. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2le8fXp>>. Acesso em: 04 abr. 2018.

LIAO, C. T.; LIN, C. H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council**, v. 25, n. 3, p. 148-157, Jul. 2001.

LORETI, E.; van VEEN, H.; PERATA, P. Plant responses to flooding stress. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 33, p. 64-71, Oct. 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2qs5Vkw>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

MATEUS, R. G.; BARRIOS, S. C. L.; VALLE, C. B. do; VALÉRIO, J. R.; TORRES, F. Z. V.; MARTINS, L. B.; AMARAL, P. N. C. do. Genetic parameters and selection of *Brachiaria decumbens* hybrids for agronomic traits and resistance to spittlebugs. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, n. 4, p. 227-234, Oct./Dec. 2015.

MATIAS, F. I.; BARRIOS, S. C. L.; VALLE, C. B. do; MATEUS, R. G.; MARTINS, L. B.; MORO, G. V. Estimate of genetic parameters in *Brachiaria decumbens* hybrids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 2, p. 115-122, Apr./June 2016.

MATTOS, J. L. S.; GOMIDE, J. A.; MARTINEZ Y HUAMAN, C. A. Crescimento de espécies do gênero *Brachiaria* sob alagamento em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 765-773, maio/jun. 2005.

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, Oct. 2008.

PESQUISA pecuária municipal. In: IBGE. Sistema IBGE de recuperação automática. **Tabela 3939**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>>. Acesso em: 10 set. 2018.

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.

SAKAGAMI, J. I.; JOHO, Y.; ITO, O. Contrasting physiological responses by cultivars of *Oryza sativa* and *O. glaberrima* to prolonged submergence. **Annals of Botany**, v. 103, n. 2, p. 171-180, Jan. 2009.

SALMAN, A. K. D.; BACELAR, B. M. F. S.; ALVES, E. A.; CRUZ, P. G. da; MENDES, A. M.; CARVALHO, G. A. de. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada do capim marandu e do capim mombaça. **PUBVET**, v. 10, n. 11, p. 844-854, nov. 2016.

SAUTER, M. Root responses to flooding. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 16, n. 3, p. 282-286, June 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/2H0LkKl>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

SILVA JÚNIOR, M. C. da; PINTO, F. de A. de C.; QUEIROZ, D. M. de; SENA JÚNIOR, D. G.; SANTOS, N. T. Utilização de um clorofilômetro portátil na detecção do teor de nitrogênio em *Brachiaria decumbens*. **Engenharia na Agricultura**, v. 21, n. 4, p. 340-350, jul./ago. 2013.

TEIXEIRA NETO, J. F. T.; SIMÃO NETO, M.; COUTO, W. S.; DIAS-FILHO, M. B.; SILVA, A. de B.; DUARTE, M. de L.; ALBUQUERQUE, F. C. **Prováveis causas da morte do capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) na Amazônia Oriental**: relatório técnico. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 20 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 36).

VOESENEK, L. A. C. J.; BAILEY-SERRES, J. Flooding tolerance: O₂ sensing and survival strategies. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 16, n. 5, p. 647-653, Oct. 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/2JIKyEo>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

YADAVA, U. L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **HortScience**, v. 21, n. 6, p. 1449-1450, 1986.

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



CGPE 14885