UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

CULTIVARES DE SOJA E MILHO SEMEADAS EM SOLO DE VÁRZEA COM E SEM CAMALHÕES

JOSÉ ASSIS DE LARA JUNIOR

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2017

CULTIVARES DE SOJA E MILHO SEMEADAS EM SOLO DE VÁRZEA COM E SEM CAMALHÕES

JOSÉ ASSIS DE LARA JUNIOR

Mestre em Agronomia, Engenheiro Agrônomo

Orientador: PROF. DR. CRISTIANO MARCIO ALVES DE SOUZA

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

Dourados

Mato Grosso do Sul

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

L318c Lara Junior, Jose Assis De

Cultivares de soja e milho semeadas em solo de várzea com e sem camalhões / Jose Assis De Lara Junior -- Dourados: UFGD, 2018.

67f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Cristiano Marcio Alves de Souza

Co-orientadora: Gessi Ceccon; Munir Mauad

Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Camalhões. 2. Gleissolo. 3. Rotação de culturas. 4. Hipóxia. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

CULTIVARES DE SOJA E MILHO SEMEADOS EM SOLOS DE VÁRZEA COM E SEM CAMALHÕES

por

JOSÉ ASSIS DE LARA JUNIOR

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção de título de

DOUTOR EM AGRONOMIA

Aprovada: 20/10/2017.

Dr. Alex Marcel Melotto
Fundação MS

Profa. Dra. Carla Eloize Carducci
UFGD/FCA

Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza
UFGD/FCA

Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez
UFGD/FCA

Prof. Dr. Cristiano Marcio Alves de Souza
Orientador - UFGD/FCA

Aos meus pais José Assis e Magaly
A minha esposa Talitha Ramos de Araujo
Ao meu irmão, esposa e sobrinha
Gustavo, Suzi e Livia
Em memória da minha irmã
Camila Veiga de Lara

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, amparo e amor, em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Ciências Agrárias e ao Curso de Mestrado em Produção Vegetal, pela oportunidade concedida.

À Coordenadoria do Curso de Mestrado em Produção Vegetal pela forma dedicada que vem conduzindo o curso.

A Prof Dr. Cristiano Marcio Alves de Souza, pela orientação, apoio e ensinamentos transmitidos durante a condução dos trabalhos.

Ao Pesq. Dr. Gessi Ceccon e Munir Mauad, exemplo de profissionalismo, mestre e amigo pela orientação, apoio, ensinamentos, pelo acompanhamento do trabalho a campo e durante analises em laboratório, sugestões e por contribuir com sua equipe no trabalho.

À equipe de colaboradores da Fazenda Águas da Fortuna, pelo auxilio na condução do trabalho.

Á equipe de estagiários, mestrandos e doutorandos do Laboratório de Projetos de Máquinas, pelo auxilio e amizade.

Á equipe de estagiários, mestrandos e doutorandos do Laboratório de Fisiologia Vegetal, pelo auxilio e disposição.

À Comissão Examinadora pelas correções e valiosas sugestões.

Aos meus pais José Assis e Magaly, pelos ensinamentos, amor, companheirismo, dedicação, confiança, total apoio no mestrado e em todas as etapas de minha vida.

A minha esposa Talitha Ramos de Araujo, por todo amor, apoio e companheirismo.

Aos meus irmãos Camila e Gustavo, cunhada Susi, minha sobrinha Lívia, a pessoa especial na minha vida Maria do Carmo pelo apoio, companhia e alegria de cada dia.

Aos meus parentes e amigos, e a todos que direta ou indiretamente colaboraram para que esse trabalho pudesse ser concluído.

SUMÁRIO

PÁGINA

LISTA DE QUADROS viii

LISTA DE FIGURAS x

RESUMO xi

ABSTRACT xiii

1. INTRODUÇÃO GERAL 1

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 3

2.1. Caracterização do solo de várzea 3

2.2. Rotação e sucessão de culturas 5

2.3. Sistema sulco e camalhões 8

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 12

4. ARTIGO 1 17

CULTIVARES DE SOJA SEMEADOS EM SOLO DE VÁRZEA COM E SEM SISTEMA DE CAMALHÕES 17

RESUMO 17

SOYBEAN CULTIVAR SOWN IN LOWLAND SOIL WITH AND WITHOUT RIDGE SYSTEM 17

ABSTRACT 18

INTRODUÇÃO 19

MATERIAL E MÉTODOS 22

RESULTADOS E DISCUSSÃO 26

CONCLUSÕES 35

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 36

5. ARTIGO 2 41

CULTIVARES DE MILHO SEMEADOS EM SOLO DE VÁRZEA COM E SEM SISTEMA DE CAMALHÕES 41

RESUMO 41

MAIZE CULTIVARS SOWN ON LOWLAND SOIL WITH AND WITHOUT THE RIDGE SYSTEMS ..... **Erro! Indicador não definido.**

ABSTRACT 42

INTRODUÇÃO 43

MATERIAL E MÉTODOS 46

RESULTADOS E DISCUSSÃO 48

CONCLUSÕES 61

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 61

6. CONCLUSÕES GERAIS 67

LISTA DE QUADROS

PÁGINA

ARTIGO 1

QUADRO 1. Características agronômicas das cultivares soja utilizadas..... 24

QUADRO 2. Resumo da análise de variância dos dados de altura de planta (Alt), diâmetro de caule (Dia), massa verde (Mv) e massa seca (Ms) 27

QUADRO 3. Altura de planta da cultura da soja em função das cultivares independente do sistema de semeadura. Itaporã-MS, 2015..... 28

QUADRO 4. Diâmetro de caule da cultura da soja em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 29

QUADRO 5. Massa seca (g) de cinco plantas de soja em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 29

QUADRO 6. Resumo da análise de variância dos dados de índice de clorofila (Ic), índice de área foliar (Af), massa de 100 grãos (Mg) e Produtividade (Pro) 30

QUADRO 7. Índice de clorofila da cultura da soja em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 31

QUADRO 8. Índice de Área Foliar cultura da soja em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 31

QUADRO 9. Massa de 100 grãos, em função das cultivares e dos sistemas de semeadura. Itaporã-MS, 2015 32

QUADRO 10. Produtividade da cultura da soja em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 33

ARTIGO 2

QUADRO 1. Características agronômicas das cultivares de milho 46

QUADRO 2. Resumo da análise de variância dos dados da altura de planta (Alt), diâmetro de colmo (Dia) e índice de clorofila (Ic) 50

QUADRO 3. Altura de planta (cm) da cultura do milho em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 e 2016 50

QUADRO 4. Diâmetro de colmo (mm) da cultura do milho em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 e 2016 52

QUADRO 5. Índice de clorofila da cultura do milho em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 e 2016 53

QUADRO 6. Resumo da análise de variância dos dados diâmetro de espiga (Die), comprimento de espiga (Com) e número de grãos por espiga (Ng), massa de 100 grãos (Mg) e produtividade (Pro) 55

QUADRO 7. Diâmetro de espiga (mm), comprimento de espiga (cm) e número de grãos por espiga, da cultura do milho em função das cultivares, independente do sistema de semeadura. Itaporã-MS, 2015 e 2016 55

QUADRO 8. Massa de 100 grãos (g) da cultura do milho, em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 e 2016 56

QUADRO 9. Produtividade da cultura do milho em função das cultivares e dos sistemas de cultivo com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 e 2016 58

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

ARTIGO 1

FIGURA 1. Implemento agrícola usado na formação dos camalhões (a); área preparada sem (b1) e com os camalhões formados (b2) aguardando semeadura. Itaporã-MS, Fazenda Águas da Fortuna, 2014. 23

FIGURA 2. Semeadora-adubadora utilizada na semeadura da soja. 25

FIGURA 3. Dados de precipitação e temperatura médio da região de Itaporã no período de 01 de setembro 2015 à 30 de janeiro 2016. 26

ARTIGO 2

FIGURA 1. Semeadora-adubadora utilizada na semeadura do milho. 47

FIGURA 2. Dados de precipitação e temperatura média da região de Itaporã no período de 01 de março à 10 agosto de 2015. Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste. 49

FIGURA 3. Dados de precipitação e temperatura média da região de Itaporã no período de 01 de março à 10 agosto de 2016. 49

RESUMO

LARA JUNIOR, J. A. **Cultivares de soja e milho semeados em solo de várzea com e sem sistemas de camalhões.** Universidade Federal da Grande Dourados, outubro de 2017. 65f. Orientador: Cristiano Marcio Alves de Souza. Coorientadores: Gessi Ceccon e Munir Mauad.

A sucessão soja/milho é um sistema agrícola difundido, com grande potencial produtivo e econômico no Brasil, porém ambas as culturas não toleram períodos prolongados de inundações de solo. O sistema de camalhões é uma opção para semeadura e implantação dessa sucessão em áreas inundadas de várzeas, que normalmente são cultivadas com arroz irrigado. Assim, objetivou-se a avaliação de cultivares de soja e de milho em solo de várzea submetido ao preparo com e sem uso de camalhões. O experimento foi realizado na Fazenda Águas da Fortuna, município de Itaporã-MS. O solo é classificado como Glei Háplico, com baixa drenagem. Na experimentação da soja, o delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, arranjados em um esquema fatorial 2x5, sendo os tratamentos constituídos por dois preparo de solo, com e sem o sistema de camalhões, e cinco cultivares (BMX Ponta, COD 2728, MOS 6410, SYN 13671 e BRS 360), com quatro repetições. Na experimentação do milho, o delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 2x6, sendo os tratamentos constituídos por dois sistemas de semeadura, com e sem o sistema de camalhões, e por seis variedades de milho (Defender, Ferox, 2B604, 2B210, NEX 5617 e AS 1661), com quatro repetições. As variáveis determinadas para avaliação do desempenho do milho foram a altura de plantas, o diâmetro do colmo, o índice de clorofila, o comprimento de espiga, número de fileiras de grãos por espiga, o número de grãos por espiga, o diâmetro da espiga, a massa de cem grãos e a produtividade da cultura. Para a soja avaliou-se altura de planta, diâmetro de caule, área foliar, massa seca da parte aérea, massa de 100 grãos e produtividade da cultura. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as as médias foram comparadas por meio do teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade. As produtividades tanto de milho como da soja foram maiores com uso dos camalhões. Considerando componentes de produção, as cultivares MOS 6410 e BMX Ponta apresentaram maior produtividades e desenvolvimento. A cultivar de milho AS1661 apresentou maior adaptação a área de

várzea com maior produtividade. A soja e o milho segunda safra tem melhor desempenho quando semeados com o sistema de camalhões.

Palavras-chave: gleissolo, rotação de cultura, anoxia, leiras.

ABSTRACT

LARA JUNIOR, J. A. **Cultivars of soybean and maize sown in lowland soil with and without ridge systems** Federal University of Grande Dourados, October of 2017. 65p. Adviser: Cristiano Marcio Alves de Souza. Committee Members: Gessi Ceccon and Munir Mauad.

The succession of soybean/corn is a widespread agricultural system with great productive and economic potential in Brazil, but both crops do not tolerate extended periods of soil flooding. The ridge system is an option for sowing and implantation of this succession in flooded areas, which is usually cultivated with flooded rice. The aim of this study was to evaluate soybean and maize crops in lowland soil with and without the ridge system. The experiment was carried out at Fazenda Águas da Fortuna, in Itaporã, Mato Grosso do Sul State, Brazil. The soil in this area is classified as Haplic gleysol, with low drainage. In the soybean crop, the experimental design was a randomized block, arranged in a 2x5 factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of two soil tillage system,(with and without the ridge system) and five cultivars (BMX Ponta, COD 2728, MOS 6410, SYN 13671 and BRS 360). In the maize crop, the experimental design was a randomized block, arranged in a 2x6 factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of two soil tillage system (with and without the ridge system) and six cultivars (Defender, Ferox, 2B604, 2B210, NEX 5617 and AS 1661. Data averages were compared using the Newman-Keuls test, at 5% probability. The grain yield of corn and soybean were higher with the ridge system. The soybean cultivars MOS 6410 and BMX Ponta showed higher grain yield and the corn cultivar AS1661 presented greater adaptation to lowland area.

Keywords: gleysoils, crop rotation, anoxia, wounds.

1. INTRODUÇÃO GERAL

No estado do Mato Grosso do Sul, o cultivo em sucessão de soja e milho de segunda safra tem ocupado área em torno de 1.668.256 ha (IBGE, 2016) com produção de 8.757 mil toneladas de soja e 9.870 mil toneladas de milho (CONAB 2017), tendo relevante impacto sobre o agronegócio brasileiro. Nas áreas cultivadas com a sucessão soja/milho, tem-se incremento nos teores de matéria orgânica e melhora os atributos químicos, físicos e biológicos do solo (LOURENTE et al., 2016).

Devido à importância econômica e lucratividade, a sucessão soja/milho tem evoluído para áreas cultivadas em sequeiro ou em terras altas e também em áreas de várzea. Com baixos preços do arroz, a soja e o milho têm sido experimentados nesses solos. A disponibilidade de água e a facilidade de irrigação das várzeas tropicais, com um período seco definido, permite sua exploração intensiva, com dois a três cultivos anuais, o que abre perspectivas de consideráveis aumentos de produção e produtividade, com baixo risco e em bases sustentáveis (ADAIR et al., 2002).

Em 2005, no MS cultivava-se 42 mil hectares de área de várzea com a cultura de arroz irrigado, reduzindo para 14 mil hectares, em 2016, com recuo de 67% (FAMASUL, 2016), devido a alguns fatores, como baixo retorno econômico da cultura do arroz irrigado, alta incidência de pragas e plantas daninhas, como o arroz vermelho, doenças e baixa fertilidade dos solos. As lavouras de arroz historicamente apresentam baixa rotação com outras culturas, dessa forma os cultivos consecutivos acabam depauperando o solo, e obtendo-se produtividades menores (SCHOENFELD, 2010).

A atividade agropecuária nesse ecossistema tem como principal componente o binômio arroz irrigado por inundação - pecuária extensiva de corte. Nos últimos anos, na busca pelo aumento da rentabilidade do sistema produtivo nessas áreas, tem se incentivado a diversificação do sistema produtivo por meio da rotação de culturas com a soja e em menor escala com o milho e o sorgo. As principais vantagens da utilização de rotações de cultura no arroz irrigado são o controle do arroz vermelho, aumento da ciclagem de nutrientes, incorporação de N quando se utiliza leguminosas, quebra do ciclo de pragas e doenças (MUNARETO et al., 2010; ANGHINONI et al., 2011).

O principal limitante ao bom desempenho destas culturas em área de várzeas é a lenta drenagem natural dos solos que as constituem e que, por sua vez, ocorre devido às características como: topografia predominantemente plana, adensamento do horizonte superficial, alta relação micro/macroporosidade e condutividade hidráulica praticamente

nula no horizonte B (SILVA et al., 2006). Outros fatores, como alta sensibilidade da maioria das espécies cultivadas ao excesso de água no solo, condições físicas e químicas desfavoráveis têm impedido a expansão de culturas de sequeiro nos solos cultivados com arroz irrigado (VERNETTI et al., 2009).

A seleção de cultivares tolerantes à concentração reduzida de oxigênio é de suma importância para obtenção de altas produtividades em solos de várzea. As cultivares diferem consideravelmente em sua suscetibilidade ao estresse e adaptabilidade ao ambiente. A tolerância pode variar de somente poucas horas para muitos dias ou semanas, dos órgãos diretamente afetados, estádio de desenvolvimento e sua condição biológica.

No entanto, o uso de práticas e técnicas agrícolas adequadas ao cultivo dessas espécies em solos de terras baixas pode auxiliar na melhoria da drenagem superficial e também na disponibilidade de água para as plantas, possibilitando um sistema produtivo diversificado, técnica e economicamente viável. Dentre as técnicas agrícolas usadas nesse solos está a semeadura em camalhões. No Sul do Brasil vem-se intensificando seu uso com a denominação de microcamalhão ou camalhões. O sistema permite melhorar a drenagem superficial da área e areação do solo, por meio dos camalhões, assim como efetuar a irrigação da cultura, através dos sulcos.

Pressupõe-se que a construção de camalhões em áreas de várzeas melhore a drenagem e o escoamento de água do solo, proporcione ambientes para seleção de cultivares adaptadas, o que pode viabilizar a sucessão de culturas como soja/milho e a rotação de culturas com o arroz irrigado, oportunizando benefícios ao solo e ao produtor.

Assim, objetivou-se a avaliação de cultivares de soja (BMX Ponta, COD 2728, MOS 6410, SYN 13671 e BRS 360) e de milho (Defender, Ferox, 2B604, 2B210, NEX 5617 e AS 1661) em solo Glei Háplico de várzea, submetido ao preparo com e sem uso de camalhões, durante dois anos consecutivos.

Este trabalho contém dois artigos, realizados em Gleissolo Háplico com textura argilosa, em área que anteriormente se cultivava apenas o arroz irrigado por inundação. No primeiro é avaliado o desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja submetidas a dois sistemas de semeadura, convencional e com sistema de camalhões. O segundo artigo avalia o desenvolvimento e produtividade de cultivares de milho semeados em sucessão com soja, no mesmo sistema de semeadura com e sem camalhões.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caracterização do solo de várzea

Estima-se que haja no Brasil cerca de 28 milhões de hectares de solos aluviais e hidromórficos sujeitos ao encharcamento (MAGALHÃES et al., 2005). Grande parte dessas áreas encontra-se na região dos Cerrados e outra parcela (6,8 milhões de ha) na região Sul do Brasil.

A maioria dessas áreas é utilizada para o cultivo do arroz irrigado, tendo solos com deficiência em drenagem, pertence à classe Planossolos (BAMBERG et al., 2009). Esses solos são mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, e contrastam abruptamente com o horizonte B, ou apresentam transição abrupta conjugada com acentuada diferença de textura do horizonte A para o B, são adensados, geralmente com elevada concentração de argila, e de permeabilidade lenta ou muito lenta. Os solos de várzeas são considerados hidromórficos, com horizonte planiço e apresentam características de horizonte Glei (SANTOS et al., 2013).

Os Gleissolos expressam hidromorfia por forte gleização, resultante de processos de intensa redução de compostos de ferro, em presença de matéria orgânica, com ou sem alternância de oxidação, por efeito de flutuação de nível do lençol freático, em condições de regime de excesso de umidade permanente ou periódico. Em função da posição que ocupam nos relevo, recebem muitos sedimentos provenientes dos rios com as enchentes e, também, de regiões mais elevadas (STRECK et al., 2002). A maior limitação está na presença de lençol freático elevado, com riscos de inundação, necessitando de drenagem para seu uso (SOUSA e LOBATO, 2007). Do ponto de vista agrícola, esses solos são utilizados para a cultura do arroz irrigado e, se bem drenados, podem ser utilizados por culturas como o milho, a soja, e também pastagens.

Do ponto de visto físico, esses solos são caracterizados pela baixa porosidade total, com predominância de microporos, densidade natural elevada, camada compactada próxima à superfície, baixa estabilidade de agregados e tendência à formação de encrostamento superficial (GOMES et al., 2006). Segundo o mesmo autor, essas características fazem com que estes solos apresentem baixa condutividade hidráulica e velocidade de infiltração de água, dificultando o processo de drenagem do perfil. Além da baixa capacidade de armazenamento de água destes solos, consequência de um perfil cuja camada superficial é pouco profunda e a subsuperficial é praticamente impermeável, devido à compactação ou adensamento. Isso pode limitar o desenvolvimento de culturas

de sequeiro em períodos de estiagem, que tradicionalmente ocorrem no verão, devido à baixa disponibilidade de água às plantas (BISPO, 2011).

Quando o solo é alagado, a água substitui o ar nos espaços porosos do solo e, ao comprimir o ar remanescente dentro dos referidos espaços, leva à destruição dos agregados (SOUSA et al., 2010). A substituição do ar pela água nos espaços porosos e o estabelecimento de uma lâmina de água sobre o solo restringem as trocas gasosas com a atmosfera. Com o consumo de oxigênio pelos organismos do solo, formam-se duas camadas distintas, uma mais superficial, oxidada, e outra abaixo, reduzida (SOUSA et al., 2010).

Além da drenagem limitada, em consequência das práticas de preparo do solo para o cultivo do arroz irrigado, parte dessas áreas apresenta camada compactada entre 7 e 17 cm de profundidade, que influencia a quantidade de macroporos (VALICHESKI et al., 2012), a porosidade total (DRESCHER et al., 2011) e as relações solo-ar-água. Em razão das características intrínsecas dessa classe de solos associada à presença de uma camada compactada, ocorrem estresses nas plantas em anos de excesso e de deficit hídrico, com efeitos negativos sobre o crescimento das plantas e a fixação biológica de nitrogênio (ABREU et al., 2004), o que pode interferir na produtividade de grãos da cultura. Assim, é fundamental identificar alternativas para a minimização desses estresses, pois o êxito de culturas como a soja e milho depende da adequação do ambiente de várzea às suas exigências agronômicas (VERNETTI JÚNIOR et al., 2009).

A compactação indica um aumento significativo na densidade do solo e ocasiona impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas (BERGAMIN et al., 2010). As raízes ficam restritas a camada superficial do solo, o que reduz o volume de solo explorado pelo sistema radicular e consequentemente a disponibilidade hídrica para a planta. O menor desenvolvimento radicular reduz a capacidade de absorção de água pelas raízes, afetando consequentemente o desenvolvimento das plantas (ORTIGARA et al., 2014).

Várzeas são extensas e contínuas, mecanizáveis, facilmente irrigadas e com baixa suscetibilidade à erosão e perdas de nutrientes por lixiviação (PAULETTO et al., 2004), mas estão sujeitas a ocorrência de compactação devido ao preparo excessivo do solo em condições de umidade elevada e ao tráfego de maquinário pesado. Para o cultivo do arroz irrigado, a compactação é vista como benéfica, pois diminui as perdas de água por percolação e o consumo de água na irrigação. Portanto, o ambiente físico dos solos

de várzea naturalmente restringe o desenvolvimento do sistema radicular das culturas de sequeiro (GOMES et al., 2006).

O sistema de produção tradicional e predominante nas várzeas são arroz inundado e pecuária de corte extensiva, com baixa rentabilidade, devido à alta infestação de plantas daninhas, especialmente arroz vermelho, e à necessidade de longos períodos de pousio. Essa situação tem demandado a necessidade de se viabilizar sistemas alternativos de produção, incluindo o uso de rotação de culturas (PINTO et al., 2004). É sabido que a rotação ou sucessão de culturas com milho, soja e sorgo, além de algumas espécies de pastagens cultivadas com o arroz irrigado apresentam, comprovadamente, grandes benefícios ao sistema produtivo (VERNETTI JÚNIOR et al., 2009).

Existe necessidade de organizar e sistematizar as áreas de várzea usualmente cultivadas com arroz irrigado para que possa ser diversificado seu uso, aumentado o potencial de produção, automatizando ao máximo as atividades da área e minimizando riscos de cultivos em rotação (MARCHESAN et al. 2013b). O manejo de solo diferenciado ao convencional onde a área é apenas sistematizada, como uma escarificação prévia, ou a semeadura em camalhões, pode melhorar o ambiente para o desenvolvimento das raízes, promovendo uma melhor aeração (MARCHESAN et al., 2013b).

Há necessidade de diversificar o uso dos solos com condições de várzea, favorecendo assim a quebra da dominância de plantas daninhas e pragas, além de contribuir para o enriquecimento do solo com o nitrogênio proveniente da fixação simbiótica (VEDELAGO et al., 2014).

2.2. Rotação e sucessão de culturas

A rotação de culturas é caracterizada como uma prática que envolve o cultivo de duas ou mais espécies na mesma área num período maior que um ano. A implantação dessa prática em áreas de cultivo do arroz irrigado envolve a rotação da cultura do arroz com culturas de sequeiro como a soja, milho e o sorgo (GOMES et al., 2002). Segundo Vernetti Júnior et al., (2009), a rotação de culturas em solos cultivados com arroz irrigado visa melhorar o uso do solo e sua qualidade, otimizar o uso das máquinas e da mão-de-obra, diversificar a renda, romper ciclos de doenças e pragas, diminuir os níveis de infestação de plantas daninhas no solo, principalmente do arroz vermelho, e aumentar a rentabilidade da área. Além disso, essa prática caracteriza-se como uma alternativa que contribui para a busca da sustentabilidade do processo produtivo em áreas várzeas.

A inundação do solo causa uma variedade de mudanças físicas, químicas e biológicas que alteram a capacidade dos solos de suportar o crescimento das plantas (KOZLOWSKI, 1997). Inundações e submergência, comuns em solos de várzea, levam à redução de trocas gasosas entre o tecido da planta e a atmosfera. O oxigênio é difundido dez mil vezes mais lentamente em água do que no ar (ARMSTRONG et al., 1994; ZABALZA et al., 2009). O desequilíbrio entre a lenta difusão do oxigênio e a velocidade com que o mesmo é consumido por micro-organismos e raízes torna o solo inundado desprovido de oxigênio nas camadas superiores, ficando os tecidos das raízes deficientes em oxigênio dentro de poucas horas (VISSER et al., 2003). Como raízes e rizomas são órgãos essencialmente aeróbicos, a consequência pode ser fatal, pois, ao cessar a respiração aeróbica os níveis de energia caem rapidamente, causando um dramático declínio em absorção e transporte de íons (HUANG et al., 2003).

Por isso, trabalhos de pesquisa vêm sendo realizados buscando viabilizar outras culturas para áreas de várzea por meio de preparo de solo, sistemas de drenagem e implantação que evite o alagamento e inundação por longo período. A Embrapa iniciou seus primeiros experimentos em áreas de arroz irrigado na década de 1970, gerando informações disponíveis em recomendações para o cultivo do milho nestas áreas. A soja nos últimos anos apresentou um avanço significativo em área cultivada, alcançando no ano agrícola 2012/2013 cerca de 300.000 hectares cultivados em áreas de arroz (IRGA, 2014).

Na rotação de culturas também são utilizadas espécies de coberturas de solo no inverno, que tem por finalidade o aporte de resíduos ao sistema e a consequente reciclagem de nutrientes, para melhorias da fertilidade do solo. Entre as mudanças que ocorrem, nesse sistema destaca-se o aumento do estoque de carbono (C) e, consequentemente, de nitrogênio (N), aumentando, com isso, o potencial produtivo de solos com baixa fertilidade (BAYER et al., 2006). Ressalta-se que esse processo de sucessão agrícola é fundamental para que a quebra no processo de multiplicação de pragas, doenças e plantas daninhas (AMBROSANO, 2012).

A rotação com o milho proporciona uma série de benefícios gerais ao sistema como a ciclagem de nutrientes, diminuição de riscos e estabilidade da atividade agrícola, melhor distribuição e uso de maquinário e mão-de-obra e diversificação de renda e produção. Além da produção de silagem ou grãos para alimentação animal em pequenas propriedades. Mais especificamente para as áreas de cultivo do arroz irrigado, o cultivo do milho em rotação com o arroz constitui-se de uma importante ferramenta para controle

de uma das principais causas de redução da produtividade do arroz, que é a alta incidência de plantas daninhas, especialmente o arroz vermelho (SILVA e SHOENFELD, 2013).

Uma evidência da potencialidade do cultivo de milho em áreas de arroz irrigado pode ser observada no estado de Arkansas, EUA, que é o maior produtor nacional de arroz irrigado. Nesse estado, em praticamente toda a área cultivada com arroz irrigado, adota-se a rotação com culturas de sequeiro, principalmente soja, milho e algodão, no verão, e em sucessão ao trigo, no inverno, com obtenção de altas produtividades (SILVA e SCHOENFELD, 2013).

O cultivo de soja em terras baixas intensificou-se em torno da safra 2009/10 e ocupa cerca de 25% da área de arroz. Isto ocorreu pela necessidade de controlar o arroz vermelho, considerada a principal planta daninha do cultivo de arroz irrigado, o que associado à disponibilidade de cultivares de soja com a tecnologia Roundup Ready®, facilitam o manejo de plantas daninhas de difícil controle. Além disso, os bons preços da soja estimularam alguns produtores a tratar o cultivo em terras baixas como outra atividade comercial, possibilitando uso mais intensivo das áreas. Um dos fatores que estimulam a busca de elevada produtividade nestas áreas é a disponibilidade de água para inundação, associada a disponibilidade de infraestrutura organizacional para irrigação do arroz na área.

Uma das principais vantagens da rotação com a soja é a fixação biológica, o alagamento do solo prejudica a fixação do nitrogênio devido ao suprimento insuficiente de O_2 aos nódulos, o que acarreta em diminuição da taxa de redução de N_2 e sua posterior incorporação pela planta (SCHÖFFEL et al., 2001), sendo específico para cada cultivar de soja e estirpe de bactéria inoculada, e podendo ser variável entre as relações estabelecidas (SCHÖFFEL e VARGAS, 2004).

Outras espécies de leguminosas que ocorrem com frequência em áreas alagadas podem servir como plantas-modelo para estudos de fixação simbiótica nesta situação. Em uma delas, *Aeschynomene fluminensis*, foram observadas conexões dos nódulos com o aerênquima do córtex, bem como o aumento do tamanho dos nódulos com a inundação e a formação de nódulos no caule, com a presença de cloroplastos (LOUREIRO et al., 1995). Essas conexões podem estar ocorrendo também em soja.

O sucesso da rotação de culturas em solos de terras baixas depende da interação de vários fatores, tais como solo (drenagem, fertilidade, condições físicas, dentre outros), tolerância do genótipo ao excesso de umidade no solo, estádio de desenvolvimento da planta em que ocorre algum estresse e a duração desse estresse,

condições meteorológicas, manejo empregado para a cultura (época de semeadura e arranjo de plantas), suplementação hídrica, entre outros (THOMAS e LANGE, 2014). As perdas em produtividade de grãos de trigo podem chegar a 10, 25 e até 65% em solos com baixo, moderado ou severo nível de encharcamento, respectivamente (MCDONALD e GARDNER, 1987).

Alguns manejos realizados previamente ou no momento da semeadura podem auxiliar na descompactação e drenagem desses solos. Neste sentido, a semeadura em sistema de camalhões pode ser uma alternativa eficiente a esse problema. Pesquisas sobre o uso de sulco/camalhão vêm sendo desenvolvidas e publicadas por entidades como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, em forma de boletins (SILVA et al., 2007), o Instituto Riograndense do Arroz - IRGA (ALBERTI et al., 2013), as universidades e os centros de pesquisas. A utilização de sulcos/camalhão surge como uma alternativa para a rotação de culturas, pois os sulcos podem servir como pequenos drenos dentro da lavoura, não deixando a água empoçada que pode causar queda de produtividade por excesso hídrico. Está técnica já está sendo utilizada no cultivo de soja em áreas de arroz irrigado e está obtendo bons resultados (TURRA et al., 2013).

Outro ponto importante é a seleção de cultivares mais tolerantes ao ambiente, com diferenças consideráveis em sua suscetibilidade ao estresse. A tolerância pode variar de somente poucas horas para muitos dias ou semanas, dependendo da espécie, dos órgãos diretamente afetados, estádio de desenvolvimento e condições de temperatura (VARTAPETIAN e JACKSON, 1997). Depois de uma ampla revisão sobre o assunto, Kawase (1981) observou que existem claras evidências de que as plantas tolerantes ao encharcamento possuem um sistema de transporte de oxigênio para as raízes bem mais desenvolvido do que as não tolerantes.

Colmer e Greenway (2011) afirmam que um fator chave que limita a tolerância ao encharcamento do solo em culturas de sequeiro como trigo, cevada e milho é o baixo desenvolvimento das raízes, principalmente no que diz respeito à absorção e ao transporte de íons. Ainda, Barret-Lennard (2003) sugere que o alagamento (hipoxia) afeta a seletividade da membrana e o transporte de nutrientes.

2.3. Sistema sulco e camalhões

A sistematização do terreno, com sistema de drenagem superficial por meio da utilização de uma rede de drenos internos na lavoura, apesar de facilitar a introdução

das culturas de sequeiro nessas áreas, na maioria das vezes, não é suficiente para retirar o excesso de água das áreas muito planas (SILVA et al., 2008).

O excesso de água predispõe o solo a permanecer com lençóis freáticos próximos à superfície, limitando o desenvolvimento normal dos sistemas radiculares das culturas. Assim, com a finalidade de se dispor de um meio adequado para o cultivo, se aplicam técnicas de drenagem com o objetivo de rebaixar o lençol freático, melhorando assim as condições de aeração do solo, o que resultará em um aumento acentuado dos rendimentos e melhor qualidade dos produtos (MILLAR, 1978).

O sistema de implantação em camalhões é indicado para solos planos, com declividades uniformes, requerendo, geralmente, a sistematização do terreno. Esse sistema é caracterizado pela estruturação da lavoura em sulcos e camalhões com reduzido espaçamento entre os mesmos, numa média de um metro (SILVA et al., 2006). Além do benefício da drenagem, a estruturação da lavoura com o sistema sulco/camalhão permite a irrigação da cultura durante períodos de déficit hídrico, evitando perdas de produtividade (JAT et al., 2011).

Para a sua construção podem ser utilizados sulcadores tipo “pé-de-pato” ou “camalhoieras” de disco para camalhões estreitos (até 1,00 m de largura) e encanteiradoras equipadas com enxada rotativa ou com discos e formatador de canteiros, para camalhões até 1,80 m de largura chamados de camalhão de base larga. A largura dos camalhões é definida em função do espaçamento utilizado para as culturas, aliado à distribuição espacial de plantas que proporcione o melhor desempenho produtivo, e das operações mecanizadas realizadas na lavoura. Esta técnica, além de favorecer a drenagem, facilita a irrigação por superfície (SILVA e DUARTE, 2006).

Além de proporcionar melhorias na drenagem das áreas (FIORIN et al., 2009) o sistema de cultivo em camalhões também pode melhorar características físicas do solo (CHOUDHARY et al., 2013), reduzir a mortalidade de plântulas durante o período de germinação e emergência e aumentar a eficiência de uso da água pelas plantas (RODRIGUES et al., 2015).

Outra maneira de se proporcionar drenagem eficiente é a utilização do sistema de microcamalhão. Neste método a cultura é semeada em cima da crista do microcamalhão para evitar que a planta fique debaixo d’água, e são formados pequenos sulcos paralelos a linha de cultivo, que deixam mais uniforme o avanço da água de irrigação na área cultivada, além de facilitar a drenagem. Uma máquina agrícola que faz

simultaneamente o microcamalhão, o sulco, a adubação e a semeadura foi desenvolvida pela empresa KF.

O sistema de implantação em camalhões é muito utilizado nos Estados Unidos, Ásia, Austrália e México, pois permite o cultivo de soja, milho, sorgo, algodão e trigo em áreas excessivamente úmidas e frias, com economia de água e excelentes produtividades. Entretanto, no Brasil, essa prática é pouco utilizada pelos agricultores, pois não há informação suficiente sobre esse sistema, assim como sobre o uso de mecanismos da semeadora (SARTORI, 2016).

O preparo de solo pode alterar bastante o espaço poroso, que é importante na movimentação do ar e da água e no crescimento das raízes. Variações de solo e clima, bem como tipos distintos de implementos e condições de umidade do solo durante o preparo, acarretam condições de porosidade (ELTZ et al., 1989). As operações para drenagem e escoamento de água das chuvas envolvem o uso de valetadoras, plainas e outras máquinas que fazem limpeza de canais e drenos externos e internos da lavoura (SILVA et al., 2007). A orientação mais importante quanto à drenagem em anos chuvosos, é que, logo após a semeadura o produtor faça os drenos e valetas internas da área (SILVA et al., 2008) para retirar o excesso de água. O sistema de camalhões garante drenagem interna da lavoura, porém o sistema de drenos coletores dos quadros e a macrodrenagem da área devem estar instalados de forma correta e mantidos limpos para terem eficiência de drenagem no tempo necessário.

Dependendo do micro relevo, os camalhões deverão ser cortados transversalmente com drenos, para esgotar possíveis pontos de alagamento. Depois de implantada a lavoura, e após a primeira chuva intensa ou irrigação, um operário, munido de pá ou enxada, deve percorrer a área e encaminhar as águas acumuladas em depressões, que por ventura persistirem, para os drenos mais próximos e, também, verificar se estes estão sendo eficientes, observando se a água escorre com facilidade para os drenos coletores (SILVA, 2008).

Segundo Thomas e Lange (2014), com microcamalhões o solo fica menos tempo saturado, pelo fato dos microcamalhões facilitarem a drenagem e a oxigenação das raízes quando a área está com excesso hídrico. Com a utilização de microcamalhões, pode-se realizar irrigação por sulcos e o fato de ter que utilizar trator com rodas de ferro para facilitar a drenagem de algumas áreas poderia ter sido evitado. Marchesan et al. (2013a) verificaram que o sistema de microcamalhão proporcionou maior acúmulo de massa seca na parte aérea da soja, fato associado à maior drenagem do solo nesse sistema.

Em estudo anterior, Fiorin et al. (2009) também observaram que o excesso de água na zona radicular de plantas de milho cultivadas sem camalhão comprometeu o desenvolvimento da parte aérea e da produção de massa fresca e seca, o que reduziu a produção de silagem. Isso comprova a eficiência e benefícios gerados pelo sistema de semeadura com camalhões.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S.L.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. v.28, n.3, p.519-531, 2004.

AMBROSANO, LUCAS. **Avaliação de plantas oleaginosas potencias para cultivo de safrinha**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG. 2012,

ADAIR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais.** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002, 26p.

ALBERTI, G.; SCHOENFELD, R.; SILVA, P.R.F.; MENEZES, G.B.; GEHLEN, C.; RICHETTI, C. Desempenho agronômico de milho em áreas de arroz irrigado. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 8, Santa Maria: UFSM. **Anais...** 2013.

ARMSTRONG, W.; STRANGE, M.E.; CRINGLE, S.; BECKETT, P.M. Microelectrode and modeling study of oxygen distribution in roots. **Annals of Botany,** v.74, p.287-299, 1994.

ANGHINONI, I.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; SOUZA, E.D.; CONTE, O.; LANG, C.R. Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto. In: FONSECA, A.F.; CAIRES, E.F.; BARTH, G. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto**. Ponta Grossa: AEACG/INPAG, 2011. p.272-309.

BAMBERG, A.L.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S.; TIMM, L.C.; PINTO, L.F.S.; LIMA, A.C.R.; SILVA, T.R. Densidade de um Planossolo sob sistemas de cultivo avaliada por meio da tomografia computadorizada de raios gama. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1079-1086, 2009.

BARRETT-LENNARD, E.G. The interaction between waterlogging and salinity in higher plants: causes, consequences and implications. **Plant and Soil**, Crawley, v.253, n.1, p.35-54, 2003.

BAYER, C.; MARTIN NETO L.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; AMADO, T. J.C. C and N stocks and the role of molecular recalcitrance and organomineral interaction in stabilizing soil organic matter in a subtropical Acrisol managed under no-tillage. **Geoderma** v.133 p.258-268, 2006.

BERGAMIN, A.C.; VITORINO, A.C.T.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, C.M.A.; SOUZA, F.R. Compactação em um Latossolo Vermelho distroférrico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.681-691, 2010.

BISPO, N.B. **Seleção de genótipos e análise da tolerância do milho (*Zea mays* L.) ao encharcamento do solo**. 2011. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

COLMER, T.D.; GREENWAY, H. Ion transport in seminal and adventitious roots of cereals during O_2 deficiency. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.62, n.1, p.39-57, 2011

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos safra 2016/2017.** Disponível em <http://www.conab.gov.br/ conabweb/download/safra>. Acesso em: 12 de setembro 2017.

DRESCHER, M.S.; ELTZ, F.L.F.; DENARDIN, J.E.; FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.5, p.1713-1722, 2011.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v.13, n.2, p.259-267, 1989.

FAMASUL – Federação de Agricultura e Pecuária do Mato Grosso do Sul. **Levantamento da Produtividade da Cultura da Soja para Safra 2015/2016.** Disponível em <http://famasul.com.br/public/download-pdf/663-arquivo.pdf>. Acesso em 21 de junho de 2016.

FIORIN, T.T.; SPOHR, R.B.; CARLESSO, R.; MICHELON, C.J.; SANTA, C.D.; DE DAVID, G. Produção de silagem de milho sobre camalhões em solos de várzea. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.2, p.147, 2009.

GOMES, A.D.S.; SOUSA, R.O.; PAULETTO, E.A. Plantio direto e cultivo mínimo em solos de várzea, com ênfase ao arroz irrigado. In: MARCHEZAN, E. (Ed.). **Arroz irrigado**: uso intensivo e sustentável de várzeas. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2002. p.19-41.

GOMES, A.S.; SILVA, C.A.S.; PARFIT, J.M.B.; PAULETTO, E.A.; PINTO, L.F.S. **Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase as áreas de várzea do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 40p.

HUANG, S.; GREENWAY, H.; COLMER, T. D. Responses by coleoptiles of intact rice seedlings to anoxia: K+ net uptake from the external solution and translocation from the caryopses. **Annals of Botany**, Oxford, v.91, n.2, p.271- 278, 2003.

IBGE. LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA: **pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro: IBGE, v.29, n.1, p.1-78, 2016.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Serviços e informações:** soja na várzea safra 2013/14. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/upload/ 20140326151503soja_area_efetiva_safra_13_14.pdf.>. Acesso em: 10 dez. 2014.

JAT, M. L.; GUPTA, R.; SAHARAWAT, Y.S.; KHOSLA, R. Layering precision land leveling and furrow irrigated raised bed planting: Productivity and input use efficiency of irrigated bread wheat in indo-gangetic plains. **American Journal of Plant Sciences**, v.2, n.1, p.578-588, 2011.

KAWASE, M. Anatomical and morphological adaptation of plants to waterlogging. **Hortscience**, Alexandria, v.16, n.1, p.30-34, 1981.

KOZLOWSKI, T.T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, Victoria, n.1, p.1-29, 1997.

LOUREIRO, M.F.; JAMES, E.K.; SPRENT, J.I.; FRANCO, A.A. Stem and root nodules on the tropical wetland legume *Aeschynomene fluminensis*. **New Phytologist**, Cambridge, v.130, p.531-544, 1995.

LOURENTE, E.R.P.; SILVA, E.F.; MERCANTE, F.M.; SERRA, A.P.; PEIXOTO, P.P.P.; SEREIA, R.C.; ENSINAS, S.C.; NETO NETO, A.L.; ALOVISI, A.M.T.; MARCHETTI, M.E.; CORTEZ, J.W. Agricultural management systems affect on physical, chemical and microbial soil properties. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, p.683-692, 2016.

MAGALHÃES, M.M.; PURCINO, A.A.C. Calcium partially relieves the deleterius effects of hypoxia on a maize cultivar selected for waterlogging tolerance. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, p.381-389, 2005.

MARCHESAN, E.; ARAMBURU, B.B.; VIZZOTTO, V.R.; OLIVEIRA, M.L; CASTRO, I.A.; TONETTO, F.; GIACOMELI, R. **Sistemas de implantação na resistência mecânica do solo a penetração e na produtividade de soja em área de várzea**. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, VIII, Santa Maria, RS, 2013a.

MARCHESAN, E.; TONETTO, E.; OLIVEIRA, M.L.; COELHO, L.L.; HANSEL, D.S.S.; CASTRO, I.A. **Subsolagem, aplicação de gesso agrícola e de enxofre elementar em soja em área de várzea**. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, VIII, Santa Maria, RS, 2013b.

MCDONALD, G.K.; GARDNER, W.K. Effect of waterlogging on the grain-yield response of wheat to sowing date in southwestern victoria. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Gatton, v.27, n.5, p.661-670, 1987.

MILLAR, A.A. **Drenagem de terras agrícolas.** São Paulo: McGraw-Hill, 1978. 276p.

MUNARETO J.D.; BEUTLER A.N.; RAMÃO C.J.; DIAS N.P.; RAMOS P.V.; POZZEBON B.C.; ALBERTO C.M.; HERNANDES G.C. Propriedades físicas do solo e produtividade de arroz irrigado por inundação no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.12, p.1499-1506, 2010.

ORTIGARA, C.; KOPPE, E.; LUZ, F.B.; BERTOLLO, A.M.; KAISER, D.R.; SILVA, V.R. Uso do solo e propriedades físico-mecânicas de Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.2, p.619-626, 2014.

PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S.; PINTO, L.F.S. Física de solos de várzea cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR., A.M. **Arroz irrigado no sul do Brasil.** Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.119-142.

PINTO, L.F.S.; LAUS NETO, J.A.; PAULETTO, E.A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR.; A.M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil.** Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.75-95.

RODRIGUES, J.F.; **Manejo da água na cultura do milho em gleissolo háplico distrófico típico**. (Dissertação de Mestrado). Porto Alegre, RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2015.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ed., Brasília: Embrapa, 2013. 353p

SARTORI, G.M.S. **Sistemas de implantação de soja em áreas de arroz irrigado e efeitos em atributos físicos do solo e em características agronômicas e fisiológicas da planta.** (Dissertação Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2016.

SCHOENFELD, R. **Sistemas de rotação arroz e soja em sucessão a plantas de cobertura em Planossolo Háplico**. (Dissertação de Mestrado). Porto Alegre, RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.

SCHÖFFEL, E.R.; SACCOL, A.V.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P. Excesso hídrico sobre os componentes do rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.1, p.7-12, 2001.

SCHÖFFEL, E.R; VARGAS, L.K. Viabilidade da inoculação de soja com estirpes de *Bradyrhizobium* em solo inundado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Viçosa, v.28, n.4, p.973-979, 2004.

SILVA, W.C.J.; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.23-30, 2006.

SILVA, C.A.S.; PARFITT, J.M.B.; THIESEN, G.; SILVA, J.J.C.; POHLMANN, N. F.; CARVALHO, E.N.; SEGABINAZI, D.R**. Sistema sulco/camalhão para irrigação e drenagem em áreas de várzea**. Comunicado técnico. Pelotas, RS. Dezembro, 2007.

SILVA, C.A.; PARFITT, J.M.B.; SILVA, J.J.C.; THEISEN, G. **Drenagem superficial para cultivos rotacionados em solos de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 22p.

SILVA, P.R.F.; SHOENFELD, R.E. **Desafios e perspectivas de rotação com milho**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013, Santa Maria, **Anais...** Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2013. p.1628-1637

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Gleissolo Háplico**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2007. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_95_1011200510 1956.html> Acesso em: 20 janeiro 2016.

SOUSA, R.; CAMARGO, F.A.O.; VAHL, L.C. Solos alagados: (reações de redox). In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p. 171-195.

STRECK, E.V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHINEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS: UFRGS, 2002. 107p.

THOMAS, A.L.; LANGE, C.E. **Soja em solos de várzea do sul do Brasil**. Porto Alegre: Evangraf, 2014. 128p.

TURRA, M.A.; LOPES, F.B.; FERRARI, L.E.; VEDELAGO, A.; LANGE, C.E.; KALSING, A. Redução da infestação de gramíneas anuais em soja cultivada em área arrozeira com herbicidas residuais - análise das safras 2011/12 e 2012/13. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 8, Santa Maria: UFSM. **Anais ...**, 2013.

VALICHESKI, R.R.; GROSSKLAUS, F.; STÜRMER, S.L.K.; TRAMONTIN, A.L.; BAADE, E.S.A.S., Growth of cover crops and soybean yield according to physical attributes in compacted soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v.16, n.9, p.969-977, 2012.

VARTAPETIAN, B. B.; JACKSON, M. B. Plant adaptations to anaerobic stress. **Annals of Botany**, Oxford, v.79, p.3-20, 1997.

VEDELAGO, A. **Adubação para a soja em terras baixas drenadas no Rio Grande do Sul.** (Dissertação de Mestrado). Porto Alegre, RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2014.

VERNETTI JR, F.J.; GOMES, A.S.; SCHUCH, L.O.B. Sucessão de cultura em solos de várzea implantadas nos sistemas plantio direto e convencional. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.15, n.1-4, p.37-42, 2009.

VISSER, E.J.W.; VOESENEK, L.A.C.J.; VARTAPETIAN, B.B.; JACKSON, M.B. Flooding and plant growth. **Annals of Botany**, Oxford, v.91, n.2, p.107-109, 2003.

ZABALZA, A.; VAN DONGEN, J.T.; FROEHLICH, A.; OLIVER, S.N.; FAIX, B.; GUPTA, K.J.; SCHMÄZLIN, E.; IGAL, M.; ORCARAY, L.; ROYUELA, M.; GEIGENBERGER, P. Regulation of respiration and fermentation to control the plant internal oxygen concentration. **Plant Physiology**, v.149, p.1087-1098, 2009.

4. ARTIGO 1

CULTIVARES DE SOJA SEMEADOS EM SOLO DE VÁRZEA COM E SEM SISTEMA DE CAMALHÕES

RESUMO

O sistema de camalhões é uma opção para semeadura e implantação da soja em áreas inundadas de várzeas, que normalmente são cultivadas com arroz irrigado. Com esse trabalho objetivou-se avaliação do cultivo de soja em solo de várzea, com e sem o sistema de camalhões. O experimento foi realizado na Fazenda Águas da Fortuna, município de Itaporã-MS. O solo é classificado como Gleissolo Háplico, com baixa drenagem. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, arranjados em um esquema fatorial 2x5, sendo os tratamentos constituídos por dois sistemas de semeadura, com e sem o sistema de camalhões, e cinco cultivares (BMX Ponta, COD 2728, MOS 6410, SYN 13671 e BRS 360), com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância para as cultivares dentro de cada sistema de semeadura. Posteriormente, foi realizado a análise de variância no esquema fatorial, analisando-se a interação entre as cultivares e os sistemas de semeadura. As médias dos dados foram comparadas por meio do teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade. As produtividades da soja foram maiores com uso dos camalhões. Considerando componentes de produção, as cultivares MOS 6410 e BMX Ponta apresentaram maior produtividades e desenvolvimento. A soja tem melhor desempenho quando semeada com sistema de semeadura em camalhões.

Palavras-chave: *Glycine max* L. Merril, sucessão de cultura, hipóxia, leiras.

SOYBEAN CULTIVAR SOWN IN LOWLAND SOIL WITH AND WITHOUT RIDGE SYSTEM

ABSTRACT

The ridge system is an option for sowing and soybean implantation in flooded areas, which is usually cultivated with flooded rice. The objective of this study was to evaluate the development of soybean cultivars in lowland soils with and without theridge system. The experiment was carried out at Fazenda Águas da Fortuna, in Itaporã, Mato Grosso do Sul State, Brazil. The soil is classified as Haplic gleysol, with low drainage. The experimental design was a randomized block , arranged in a 2x5 factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of two soil tillage systema (with and without the ridge system) and five cultivars (BMX Ponta, COD 2728, MOS 6410, SYN 13671 and BRS 360). Data averages were compared using the Newman-Keuls test, at 5% probability. Soybean yields were higher when it was sownin the ridge system.The soybean cultivarss MOS 6410 and BMX Ponta showed higher grain yield and better development. Soybeans performed better when it was sown in the ridge system.

Keywords: Glycine max L. Merril, culture succession, hypoxia, wounds.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merril) é uma das principais culturas com grande importância econômica para o Brasil. De acordo com dados da CONAB (2017), Mato Grosso do Sul (MS) teve 2.552.000 hectares cultivados com soja na safra 2016/17. A produção total foi de 8.575 mil Mg, equivalendo à produtividade da cultura de 3.400 kg ha^{-1}. Dois fatores foram fundamentais para o crescimento da oleaginosa em Mato Grosso do Sul. O primeiro diz respeito à expansão da área semeada que cresceu aproximadamente 247% desde 1977 e, o segundo refere-se aos aumentos de produtividade das lavouras.

Os ganhos de área e produtividade da cultura refletem num aumento de 19,5% na produção total do país. (CONAB, 2017). Esses ganhos de área e produtividade ocorrem também devido ao aumento da produção de soja em áreas de várzea, houve um aumento relativamente alto de áreas cultivadas com soja em rotação ao arroz irrigado em terras baixas (aproximadamente 300.000 hectares) no Brasil (VEDELAGO et al., 2012).

A Fundação MS, com pesquisa em várzeas húmidas de Rio Brilhante obteve produtividades de 3.138 kg ha^{-1} com a cultivar BMX Ícone, e 3.138 kg ha^{-1} com a cultivar BMX Potência no ano safra 2015/2016, mostrando o potencial produtivo dessas áreas e possíveis melhorias nas condições das várzeas.

No Brasil os primeiros trabalhos realizados com soja na várzea são do início de 1970. Resultados publicados pelo Instituto de Pesquisa Agropecuárias do Sul mostraram que a soja apresentava elevado potencial produtivo nessas áreas, cujos rendimentos foram, na média de cinco locais, em torno de 4.000 kg ha^{-1} (GOMES e MAGALHÃES JÚNIOR, 2004).

A soja vem sendo estudada como alternativa para rotação de culturas em áreas de terras baixas, pois é uma espécie originária de áreas alagadas do norte da China e apresenta variabilidade genética em relação à tolerância ao excesso de umidade no solo (THOMAS e COSTA, 2010). Apesar desta variabilidade, a soja é sensível ao excesso hídrico, sendo que períodos de alagamento do solo causam alterações anatômicas, morfológicas e fisiológicas nas plantas que, na maioria dos casos, levam à redução no potencial produtivo da cultura, sendo o estresse causado pelo excesso hídrico o maior responsável pelas oscilações de produtividade de grãos (THOMAS e LANGE, 2014).

A produtividade de grãos de soja é afetada por diversos estresses abióticos, como temperaturas extremas do ar, salinidade, metais pesados, seca e inundações, entre

outros (WANG et al., 2003). Em áreas alagadas ou sujeitas ao alagamento temporário, devido ao excesso de chuvas e inundações, a difusão de gases da atmosfera até o solo é fortemente afetada (DENNIS et al., 2000) e as trocas gasosas reduzidas a níveis extremamente baixos (JACKSON e COLMER, 2005), tornando o ambiente radicial hipóxico.

Com a respiração dos órgãos submersos da planta e de microorganismos, o oxigênio (O_2) é esgotado, tornando esse ambiente anóxico (FRIES et al., 2007). A hipoxia ou a anoxia sofrida pelo sistema radicial altera o metabolismo celular, provocando queda imediata na respiração das raízes das plantas (LIAO e LIN, 2001). Quando o solo torna-se hipóxico, devido ao alagamento, as raízes são submetidas a uma condição de estresse e, desse modo, as plantas respondem com maior ou menor eficiência, permitindo a distinção de espécies e/ou cultivares tolerantes e intolerantes (BATISTA et al., 2008).

O excesso hídrico é prejudicial para o crescimento das raízes, formação dos nódulos para fixação de nitrogênio atmosférico e assimilação de carbono (CHO e YAMAKAWA, 2004). Os processos entre a planta de soja e o bacterióide responsável pela fixação biológica de nitrogênio, também são influenciados pelo alagamento, apesar de ocorrerem diferentes interações entre estirpes e cultivares (ZENZEN et al., 2006).

Além disso, ocorre a redução na taxa fotossintética das folhas, atribuída parcialmente à diminuição da condutância estomática (DAVANSO et al., 2002). A diminuição das taxas de assimilação líquida e a expansão foliar provocam a redução da taxa de crescimento da cultura de soja e, consequentemente, proporcionam menor produtividade de grãos (ALMEIDA et al., 2003).

A seleção de genótipos mais adaptados é essencial para o sucesso da cultura. Badinelli et al. (2016) avaliando genótipos de soja em áreas orizícolas do estado do RS observaram cultivares com produtividades acima da média estadual. A linhagem mais produtiva foi a CEPs 11260. O local com a maior média de produtividade foi Cachoeirinha, onde os materiais mais produtivos foram BMX Potencia RR e a linhagem CEPs 11345. Por isso, escolher a cultivar correta para ser semeada no local adequado pode ajudar a assegurar o sucesso e a lucratividade para a próxima safra (SILVA NETO et al., 2016).

Lange (2010), avaliou 60 genótipos de soja e observou diferenças na tolerância ao excesso hídrico entre eles, e matérias com capacidade elevadas produtividades de grãos em solo de várzea. Entre os critérios usados para avaliação da tolerância ao encharcamento em soja, é possível citar a sobrevivência, coloração da folha,

estatura de planta, biomassa de raiz e parte aérea, conteúdo de clorofila e rendimento de grãos (VANTOAI et al., 2001). Entretanto, Zhou (2010) afirma que entre os diferentes critérios de seleção de genótipos que podem ser utilizados, a clorose da folha tem sido um dos melhores índices usados para diversas culturas. Essa seleção deve ser somada ao uso de sistema de manejo do solo que favorece o estabelecimento, o crescimento e o desenvolvimento das culturas, reduzindo as perdas de produtividade causadas pelos fatores ambientais adversos (SOUTO, 2001).

A semeadura sobre camalhões é uma alternativa que auxilia na drenagem superficial da água e pode viabilizar o desenvolvimento de culturas de sequeiro em áreas anteriormente cultivadas apenas com a cultura do arroz (FIORIN et al., 2009). Pilon et al. (2014) obtiveram maior produtividade com uso do microcamalhão, tendo a cultivar BRS Tordilha o maior incremento de produtividade, mostrando ser uma opção viável para áreas de terras baixas, proporcionando médias superiores na produtividade, no estande e na altura de plantas de soja. Vernetti Junior (2009) avaliou o preparo do solo com o sistema de camalhão e o convencional para cultura da soja, em áreas de várzeas sistematizadas, observando que as maiores produtividades de grãos foram atingidos utilizando os camalhões.

O IRGA lançou em 2015 um projeto chamado Soja 6000, que visa buscar produção de 6000 kg de soja por hectare. O projeto faz parte do programa de manejo de soja em áreas de arroz irrigado para alta produtividade. Os objetivos principais são desenvolver práticas de cultivo para a obtenção de altas produtividades de soja; operacionalizar um sistema de transferências de informações; e gerar e difundir tecnologias nesta área (IRGA, 2016). No Encontro de Produção de Soja em Terras Baixas, o projeto apresentou produtividades obtidas em áreas comerciais de 4.410 a 5.274 kg ha^{-1}, enquanto a média do estado foi 2.900 kg ha^{-1} na safra 2015/16. Mostrando o alto potencial produtivo dessas áreas.

Para o aumento de produtividade também estão sendo realizadas pesquisas com irrigação da soja por inundação utilizando sistema de camalhões nessas áreas. Segundo Sartori et al. (2016), a irrigação de 55 mm, realizada em V4, resultou em aumento de 10% no rendimento de grãos, na safra de 2013/2014, e 8% na safra de 2014/2015 quando foram aplicadas duas irrigações, de 41 mm e de 46 mm, nos estádios R3 e R5, respectivamente. Isso mostra o grande potencial produtivo e a necessidade de mais pesquisas sobre o manejo, sistemas de semeadura e irrigação na cultura da soja em solos de várzea.

Portanto objetivou-se avaliar os parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produtividade de grãos de diferentes cultivares de soja, com e sem camalhões em solos de várzea do município de Itaporã, Mato Grosso do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016, na Fazenda Águas da Fortuna, no município de Itaporã-MS, localizada entre as coordenadas geográficas 22°2'37,27" de latitude Sul e 54°51'28,36" de longitude Oeste, no datum WGS 84. O solo é classificado como Gleissolo Háplico (EMBRAPA, 2006). Os solos deste tipo são minerais, hidromórficos, geralmente encontrados em áreas de várzea, sendo mal drenados. O clima tem inverno seco, temperatura média anual de 22°C e precipitação média anual próxima de 1.500 mm, que segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am, monçônico (ALVARES et al., 2013).

O solo foi amostrado à profundidade de 0 - 20 m, e sua caracterização química e física foi realizada segundo metodologia proposta por Claessen et al. (1997). O solo apresentou granulometria e químico: 500 g kg^{-1} de areia, 300 g kg^{-1} de silte, e 200 g kg^{-1} de argila, pH ($CaCl_2$) = 4,6; MO = 17,72 g dm^{-3}; P (Mehlich I) = 9,55 mg dm^{-3}; K = 0,08 $cmol_c$ dm^{-3}; Al = 0,15 $cmol_c$ dm^{-3}; Ca = 5,93 $cmol_c$ dm^{-3}; Mg = 1,61 $cmol_c$ dm^{-3}; H+Al = 6,21 $cmol_c$ dm^{-3}; SB = 7,63 $cmol_c$ dm^{-3}; T = 13,83 $cmol_c$ dm^{-3}; S = 18,60 mg dm^{-3}; V = 55,10%. Os micronutrientes também foram analisados apresentando 214,36 mg dm^{-3} de Fe, 23,10 mg dm^{-3} de Mn, 11,85 mg dm^{-3} de Cu, 2,25 mg dm^{-3} de Zn e 0,42 mg dm^{-3} de B. As correções do solo e adubação seguindo as recomendações de IRGA (2001) para cultura da soja.

O solo da área onde foi implantado o experimento havia sido cultivado anteriormente com arroz irrigado por inundação. O preparo do solo foi realizado utilizando grade pesada com diâmetro de disco de 30 polegadas objetivando revolver o solo, picar e incorporar a palha de arroz. A seguir foi feita uma gradagem com grade leve para nivelar a superfície do solo. Posteriormente foi utilizado uma plaina para uniformizar a superfície do solo.

Após o preparo do solo foi realizado uma calagem aplicando-se 2 Mg ha^{-1} de calcário por hectare, objetivando a elevação do pH e neutralização do alumínio. Foi realizado gessagem aplicando-se 1 Mg ha^{-1} de gesso por hectare. Após as aplicações

realizou-se a incorporação do calcário e do gesso com grade de 56 discos de 22 polegadas, tipo Tandem, largura de corte 4,82 m.

Para a construção do sistema de semeadura em camalhões, foi utilizado um implemento agrícola que possui chassi porta-ferramenta, com oito pares de discos de 20 e 18 polegadas disposto entre si com espaçamento de 1,0 m de distância e largura de corte de 4,0 m, formando quatro camalhões de um metro cada por passada (Figura 1). O trator utilizado para na construção do sistema de camalhões foi New Holand TL 75, com potência do motor de 78 cv (57,3 kW), versão cabinada, peso de 4.130 kg.

Para destruir torrões, uniformizar a superfície para semeadura e homogeneizar a parte superior do terreno, promovendo igualdade na sua densidade e na umidade, foi utilizado um rolo homogeneizador, modelo RDC 3450, com massa de 1200 kg e largura de trabalho de 4,5 m. O camalhão tem formato trapezoidal com altura de 15 cm, base inferior 100 cm e base superior 50 cm.

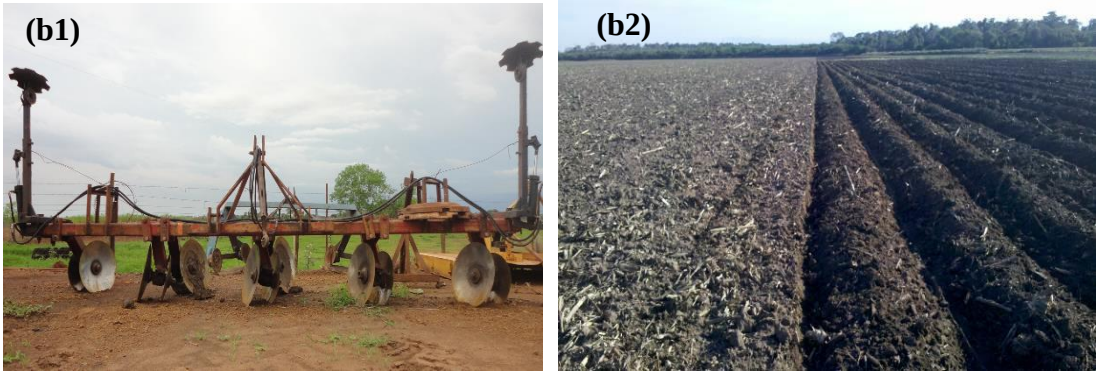


FIGURA 1. Implemento agrícola usado na formação dos camalhões (a); área preparada sem (b1) e com os camalhões formados (b2) aguardando semeadura. Itaporã-MS, Fazenda Águas da Fortuna, 2014.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, arranjados em um esquema fatorial 2x5, sendo os tratamentos constituídos por dois sistemas de semeadura, com e sem o sistema de camalhões, e cinco cultivares (Quadro 1), com quatro repetições.

Cada parcela possuiu 32 m², sendo 8 m de comprimento e 4 m de largura, perfazendo um total de oito 8 linhas espaçadas de 0,5 m entre si, sendo consideradas como área útil as quatro linhas centrais (16 m^2).

A soja foi semeada em duas safras, 2014/15 e 2015/16, sendo que na safra 2014/15, devido ao alto índice pluviométrico na área experimental, não houve

estabelecimento da cultura no tratamentos sem camalhões. A área foi semeada por quatro vezes entre o período de 15/10/2014 a 15/11/214 não tendo êxito no processo.

QUADRO 1. Características agronômicas das cultivares soja utilizadas

Cultivar	Tipo transgenia	Hábito crescimento	Grupo matura.	Porte	Nível fertilidade
BMX Ponta	Intacta RR2 PRO	Indeterminado	6.6	Alto	Med/Alto
COD 2728	Intacta RR2 PRO	Indeterminado	6.2	Médio	Med/Alto
M 6410	Intacta RR2 PRO	Indeterminado	6.4	Médio	Med/Alto
SYN 13671	Intacta RR2 PRO	Indeterminado	6.3	Alto	Médio
BRS 360	RR	Indeterminado	6.2	Médio	Médio

Fonte: Sementes Roos (2015).

Em agosto de 2015, a área experimental foi nivelada e novamente construído os camalhões, sobre o resto da cultura do milho safrinha. Na safra 2015/16, a soja foi semeada no dia 25/09/2015. Para a semeadura da cultura da soja foi utilizado uma semeadora PS-MASTER 102, com oito linhas de semeadura, linhas duplas espaçadas entre si com 38 cm. O espaçamento entre cada linha dupla foi de 62 cm, que acompanha a abertura dos sulcos entre os camalhões (Figura 2).

Antes da semeadura foi realizada uma aplicação de herbicidas na área. A adubação utilizada foi de 150 kg ha^{-1} de Cloreto de Potássio (00-00-60), aplicado a lanço em toda a área antes da elevação dos camalhões, e 150 kg ha^{-1} de adubo químico MAP (11-54-00) na semeadura.

As sementes foram tratadas com 200 mL pc. ha^{-1} de Fipronil+Vitavax-Thiram e 80 mL ha^{-1} de CoMo. As sementes de soja foram inoculadas 45 minutos antes da semeadura com inoculante à base de turfa, contendo as bactérias *Bradyrizhobium elkani* (Estirpe Semia 5019) e *Bradyrhizobium japonicum* (Estirpe Semia 5079), com concentração mínima de $5x10^9$ células viáveis por grama de inoculante, na dosagem de 100 g de inoculante em 50 kg de semente de soja.

FIGURA 2. Semeadora-adubadora utilizada na semeadura da soja.

No estádio R1 foram feitas as leituras de clorofila, utilizando-se de um clorofilômetro modelo CCM-200, sendo, as leituras realizadas no terceiro trifólio do terço superior da planta. As leituras efetuadas com medidor portátil de clorofila correspondem ao teor relativo de clorofila presente na folha da planta. Os valores são calculados pelo equipamento com base na quantidade de luz transmitida pela folha, em dois comprimentos de ondas, com diferentes absorbâncias da clorofila (MINOLTA, 1989).

No estádio R2 foram realizadas as seguintes avaliações:

Altura de planta: com auxílio de uma trena, foram determinadas em 10 plantas dentro das quatro linhas centrais e feitas as medições, da superfície do solo até a última vagem.

Diâmetro de caule: com auxílio de um paquímetro digital, foram determinadas em 10 plantas dentro das quatro linhas centrais, e feitas as medições próximo à primeira inserção de vagens.

Área foliar: foram coletadas cinco plantas das linhas centrais das parcelas, separadas as folhas dos caules e utilizando medidor de bancada, modelo LI-3100C (LI-COR, 2012) foi determinada a área foliar.

Massa seca da parte aérea: cinco plantas o material foi colocado em estufa com circulação forçada de ar a 65ºC por 72 h, sendo o material pesado em seguida, determinando-se a massa seca da parte aérea.

No estágio R8 foram realizadas as seguintes determinações após a colheita:

Massa de 100 grãos: foi determinada segundo metodologia das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

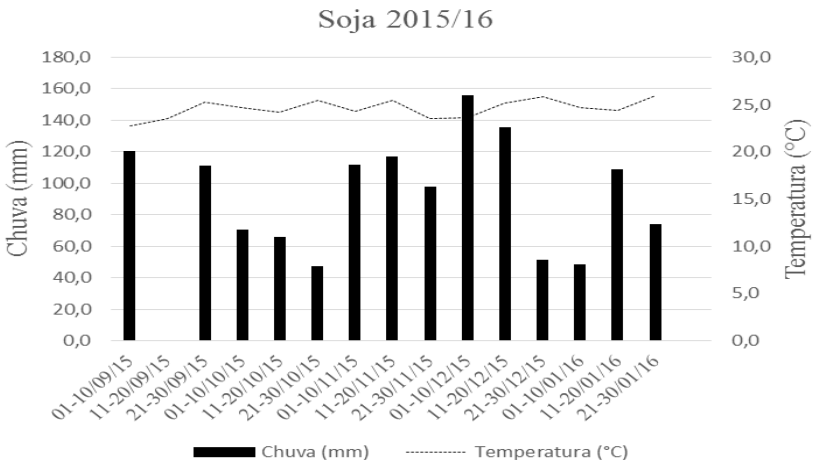
Produtividade da cultura: foi determinada colhendo-se a massa de grãos contidos em 3,0 m de duas linhas centrais, sendo a produtividade calculada pelo relação entre a massa colhida e a área correspondente, sendo seus valores expressos em kg ha^{-1} e corrigidos para uma umidade de 13%.

Para as análises estatísticas os dados foram submetidos a análise de variância no esquema fatorial, analisando-se a interação entre as cultivares e os dois preparos do solo, posteriormente foi realizado a análise de variância dos dados das cultivares dentro de cada preparo do solo.

As médias dos dados obtidos foram comparadas por meio do teste de Newman-Keuls, (ABDI e WILLIAMS, 2010). Todas as análises foram feitas considerando nível de significância a $p<0,05$. As análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional SAEG, versão 9.1 (EUCLYDES, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra de 2015/2016, teve acumulo de precipitação de 1122 mm durante a safra (EMBRAPA, 2015), esse acumulado está bem acima da média para região pois foi um ano de alta precipitação (Figura 3). Segundo a Embrapa (2015), a necessidade hídrica da cultura da soja é de 490 mm por safra, e de 2001 à 2013 a média da região é de 613 mm, mostrando o alto volume de chuvas ocorrido na safra atual.



Fonte: Embrapa (2016).

FIGURA 3. Dados de precipitação e temperatura médio da região de Itaporã no período de 01 de setembro 2015 à 30 de janeiro 2016.

A massa seca apresentou diferença significativa entre sistema de semeadura e cultivares, altura de planta e diâmetro apesentaram diferença significativa apenas para cultivares (Quadro 2).

QUADRO 2. Resumo da análise de variância dos dados de altura de planta (Alt), diâmetro de caule (Dia), massa verde (Mv) e massa seca (Ms)

FV	GL	Quadrados médios		
		Alt	Dia	Ms
Cultivar (C)	4	211,11*	5,7810*	240,589*
Preparo (P)	1	196,544	0,56201*	1494,14*
C x P	4	80,511	0,9864	39,4849
Resíduo	30	47,429	1,1935	5,9821

* Significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste F.

A altura de plantas é uma característica que se diferencia de acordo com a cultivar, pois cada uma tem sua estrutura e porte definidos geneticamente, pode ser influenciada pelo ambiente.

Entre as cultivares, as que apresentaram maiores alturas foram BMX Ponta e M6410, não diferindo da COD2728 e SYN 13671 (Quadro 3). A cultivar BRS 360 apresentou a menor altura, mostrando sensibilidade e baixa adaptação aos sistemas de semeadura em várzea. Esses resultados concordam com os obtidos por Heatherly e Spurlock (2000), que encontraram diferenças significativas entre altura de planta em diferentes genótipos de soja, sob condições de inundação. Entretanto, os mesmos autores não consideram que esta variável tenha influenciado no produtividade de grãos dos cultivares.

Com os camalhões, a média das alturas foram maiores mas não diferiram estatisticamente das sem camalhões. Essa diferença não significativa pode ter ocorrido devido ao elevado volume de chuva 1.122 mm, tornando apenas os camalhões insuficientes para drenar a área de forma mais rápida para não afetar o desenvolvimento das cultivares.

Diferente dos resultados encontrados, Lara Junior (2013), trabalhando com diferentes cultivares de soja semeadas com e sem camalhões na mesma região, encontrou diferença significativa entre cultivares e sistemas de semeadura, sendo que o sistema com camalhões obteve os melhores resultados. Isso mostra que com os camalhões as cultivares obtiveram melhor crescimento e desenvolvimento, evidenciando melhor adaptação ao ambiente de várzea com a construção desse sistema. Devido ao déficit hídrico ocorrido

na safra 2012/13, as cultivares tiveram alturas menores com média de 53,9 cm com camalhões e média de 46,1 sem.

QUADRO 3. Altura de planta da cultura da soja em função das cultivares independente do sistema de semeadura. Itaporã-MS, 2015

Cultivar	Altura (cm)
BMX Ponta	68,8 a
COD 2728	61,8 ab
M 6410	64,7 a
SYN 13671	60,7 ab
BRS 360	54,9 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

O diâmetro de caule teve maiores resultados nas cultivares SYN 13671 e COD 2728, que não diferiram entre si, enquanto a BRS 360 teve o menor valor, mas não diferiu da BMX Ponta e M6410 com os camalhões (Quadro 4). Sem os camalhões não houve diferença significativa.

A cultivar SYN 13671 apresentou diferença significativa entre os sistemas de semeadura, com melhor desenvolvimento com o sistema de camalhões. BRS 360 apresentou os menores resultados em ambos sistemas. Trabalhos indicam que a hipertrofia do caule pode estar associada com o espaço intercelular, quebra de células para formar aerênquima e subsequente formação de raízes adventícias (JACKSON, 1985).

O mesmo foi concluído por Pires et al. (2002), trabalhando com inundação de soja observou que a hipertrofia do caule, representada pelo diâmetro do caule sob a lâmina de água, foi bastante superior à observada nas plantas sem inundação, em ambas as cultivares. Essa foi a característica mais evidente na diferenciação da tolerância à inundação entre as cultivares. Portanto, os resultados obtidos podem indicar formação de maior quantidade de tecido aerenquimatoso, o que pode, em parte, explicar o melhor crescimento em condições de inundação do solo.

As cultivares BMX Ponta e M 6410 apresentaram as maiores massas, e BRS 360 e COD 2728 as menores, com os camalhões. Sem os camalhões COD 2728 apresentou a menor massa diferindo das demais, e BMX Ponta M 6410 e SYN 16371 não diferiram com as maiores massas (Quadro 5).

QUADRO 4. Diâmetro de caule da cultura da soja em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015

Cultivar	Com Camalhões (mm)	Sem Camalhões (mm)
BMX Ponta	5,70 bA	5,76 aA
COD 2728	7,31 aA	6,82 aA
M 6410	5,72 bA	6,51 aA
SYN 13671	7,61 aA	6,51 aB
BRS 360	5,34 bA	4,89 aA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

O acúmulo de matéria seca é resultado do mecanismo fotossintético, o qual incorpora matéria orgânica na planta. Assim sendo, todo e qualquer fator que interfira na fotossíntese irá afetar o acúmulo de matéria seca. Fatores como nutrição mineral, radiação e disponibilidade hídrica, interferem significativamente na fotossíntese.

QUADRO 5. Massa seca (g) de cinco plantas de soja em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015

Cultivar	Com Camalhões	Sem Camalhões
BMX Ponta	65,9 aA	50,9 aB
COD 2728	52,6 cA	39,8 cB
M 6410	66,5 aA	49,2 abB
SYN 13671	59,2 bA	48,8 abB
BRS 360	51,4 cA	45,7 bB

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

Para matéria seca verificou diferença significativa entre os sistemas de semeadura, sendo que o sistema com camalhões apresentou maiores médias de produção de massa seca, devido ao maior desenvolvimento de diâmetro de caule, matéria verde e área foliar que também foram maiores com esse sistema de semeadura.

O principal fator a ser considerado na avaliação do nível de tolerância da soja à inundação do solo é representado pela produção de matéria seca (PIRES, 2002). A diminuição da massa seca é, em parte, reflexo do efeito negativo da hipóxia sobre vias metabólicas. Plântulas de soja sob estresse hídrico por alagamento tiveram redução da estatura com o aumento no estresse, especialmente com decréscimo da parte aérea das plântulas (MACHADO NETO et al., 2004).

Trabalhando com e sem sistema de microcamalhão, Marchesan et al. (2013), verificaram que o sistema com camalhões proporcionou maior acúmulo de massa seca na parte aérea, o que pode ser explicado pelo efeito positivo desse sistema quanto à drenagem

do solo, pois o excesso de água prejudica o desenvolvimento das plantas. Em trabalho semelhante, porém com a utilização da cultura do milho, Fiorin et al. (2009), observaram que o excesso de água na zona radicular de plantas de milho cultivadas sem camalhão comprometeu o desenvolvimento da parte aérea. O encharcamento do solo causa diminuição na produção de matéria seca da parte aérea da planta de feijoeiro em relação ao solo mantido com umidade na capacidade de campo (DUTRA et al., 1995).

Avaliando cultivares de soja sob condições de várzea, Corrêa et al. (2006) constataram que o excesso hídrico causou uma redução na massa seca de plantas de soja em todos os genótipos testados. Essa diferença também foi constatada por Bacanamwo e Purcell (1999), que observaram diminuição na produção de massa seca total de plantas de soja com 14 dias de alagamento, em relação às sem estresse hídrico.

Nos parâmetros índice de clorofila, índice de área foliar e produtividade apresentaram interação significativa entre os sistemas de semeadura e cultivares ($p<0,05$). Índice de área foliar apresentou diferença significativa para sistemas de semeadura e todos os parâmetros foram significativos para cultivares (Quadro 6).

Para o índice de clorofila houve diferença significativa entre sistemas de semeadura, onde BMX Ponta e COD 2728 não diferiram entre os sistemas. M6410 apresentou melhor índice sem camalhões, enquanto BRS 360 e SYN 13671 apresentaram melhores índices com o sistema de camalhões (Quadro 7).

QUADRO 6. Resumo da análise de variância dos dados de índice de clorofila (Ic), índice de área foliar (Af), massa de 100 grãos (Mg) e Produtividade (Pro)

FV	GL	Quadrados médios			
		Ic	Af	Mg	Pro
Cultivar (C)	6	58,687*	326061,5*	4,0716*	671,70*
Preparo (P)	4	0,6502	4644422*	0,5843	19,899
C x P	4	19,308*	485887,4*	0,2982	256,46*
Resíduo	24	2,8583	80749,8	0,2886	7,1890

* Significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste F.

O índice de clorofila reflete o ambiente sob o qual a raiz da planta está submetida, e se a mesma encontra algum fator limitante para seu desenvolvimento (AMARANTE et al., 2007), o teor de clorofila está diretamente relacionado a disponibilidade de nitrogênio, para a soja o N é disponibilizado através da fixação biológica pelos rizóbios, em ambientes alagados essa fixação pode ser reduzida prejudicando o desenvolvimento da cultura.

QUADRO 7. Índice de clorofila da cultura da soja em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015

Cultivar	Com Camalhões	Sem Camalhões
BMX Ponta	44,7 aA	45,6 aA
COD 2728	44,2 aA	44,5 aA
MOS 6410	40,6 bcB	44,6 aA
SYN 13671	42,7 abA	39,3 bB
BRS 360	34,9 cA	36,8 bB

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

A falta de O_2 no sistema radicular pode inibir a fixação simbiótica e a absorção do nitrogênio e outros minerais, o que pode diminuir o crescimento das raízes e a nodulação, provavelmente, em virtude da exigência de oxigênio no processo de fixação (AMARANTE et al., 2007). Takahashi et al. (2006), relatam que o manejo do solo que possibilite à planta de soja maior aeração na região do sistema radicular durante o período chuvoso, permite maior absorção de nitrogênio no início da floração, tanto via simbiose como pelas raízes. Neste sentido, Rhine et al. (2010) observaram que o alagamento do solo reduziu a concentração foliar de nitrogênio, fósforo e potássio em soja. Nogueira et. al. (2010), citam que o aumento do índice de clorofila proporciona elevação na taxa fotossintética, o que resulta em maior acúmulo de massa seca e maior rendimento de grãos.

Para índice de área foliar houve diferença significativa entre os sistemas de semeadura, e interação com as cultivares, onde o sistema de semeadura com camalhões apresentou maior resultado (Quadro 8).

QUADRO 8. Índice de Área Foliar cultura da soja em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015

Cultivar	Com Camalhões	Sem Camalhões
BMX Ponta	3.776a A	2.984 aB
COD 2728	3.768 aA	2.286 bB
MOS 6410	3.438 aA	3.222 aA
SYN 13671	3.707 aA	3.216 aB
BRS 360	3.250 aA	2.824 aB

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

Com os camalhões as cultivares não diferiram, já sem os camalhões a cultivar COD 2728 apresentou diferença estatística com menor índice de área foliar, mostrando

novamente sua dificuldade de desenvolvimento em áreas de várzea sem o sistema. A razão de massa foliar ser reduzida pelo aumento do teor de água no solo, indicativo de que em solo com alta umidade, houve menor alocação de matéria seca nas folhas. Assim sendo, a maior parte dos assimilados foi destinada à formação de outros órgãos do vegetal (AUMONDE et al., 2011b).

O alagamento do solo pode causar redução na taxa de translocação de carboidratos das folhas para as raízes, diminuição do crescimento e das atividades metabólicas as quais passam a demandar menor quantidade de carboidratos. Assim, segundo esses autores, tais transformações podem provocar acúmulo de fotoassintatos nas folhas, na forma de amido (LIAO e LIN, 2001). Segundo Van Dongen et al., (2003) as respostas metabólicas a privação de O_2 são mediadas ainda, pela disponibilidade e mobilização de carboidratos.

A redução da área foliar é indicativo da diminuição da área útil à fotossíntese (AUMONDE et al., 2011a), podendo influenciar no montante de assimilados produzidos por meio do processo de captura e conversão de energia radiante em química. Similaridade foi observado quanto a área foliar entre plântulas de solo inundado em comparação àquelas sob capacidade de campo (PIRES et al., 2002).

Para massa de 100 grãos houve diferença significativa apenas entre cultivares ($p<0,05$). As cultivares BMX Ponta, SYN 13671 e BRS 360 apresentaram maiores massa de grãos. A COD 2728 apresentou a menor massa entre as cultivares (Quadro 9). Lara Junior (2013) apresentou diferença significativa para cultivares, mas diferente desse estudo obteve diferença também entre os sistemas de semeadura obtendo maior média com os camalhões.

QUADRO 9. Massa de 100 grãos, em função das cultivares e dos sistemas de semeadura. Itaporã-MS, 2015

Cultivar	Massa de 100 grãos (g)
BMX Ponta	17,1 ab
COD 2728	15,5 c
MOS 6410	16,5 b
SYN 13671	17,2 a
BRS 360	16,9 ab

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

O componente peso do grão é uma característica determinada geneticamente, mas pode apresentar variações em função do ambiente (THOMAS, 2008). Heatherly e

Spurlock (2000) num período de três anos estudando diferentes cultivares de soja, não constataram variação significativa no peso de 100 grãos no primeiro e segundo anos, entretanto, no último ano de ensaio foram observadas diferenças significativas no peso em relação aos tratamentos com inundação, obtendo menores pesos nos tratamentos com inundação.

Avaliando produtividade com os camalhões as cultivares M6410 e BMX Ponta apresentaram as maiores produtividades, não diferindo significativamente entre si. Sem os camalhões novamente as cultivares com melhores produtividades foram M6410 e BMX Ponta (Quadro 10).

QUADRO 10. Produtividade da cultura da soja em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015

Cultivar	Com Camalhões ($kg\ ha^{-1}$)	Sem Camalhões ($kg\ ha^{-1}$)
BMX Ponta	3.531 aA	3.220 aB
COD 2728	2.845 bA	2.671 cA
MOS 6410	3.540 aA	3.423 aA
SYN 13671	2.473 cB	2.975 bA
BRS 360	2.292 cA	1.969 dB

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

Trabalhando com cultivares de soja, relacionando resistência ao alagamento, Reyna et al. (2003) observaram que para as cultivares avaliadas houve diferenças no rendimento de grãos, mostrando que alguns genótipos são mais tolerantes ao excesso de água. Para esses autores, esta diferença está relacionada à presença de genes que permitem uma melhor adaptação desses genótipos.

As cultivares apresentaram melhor desenvolvimento no sistema de semeadura com camalhão, com destaque para MOS 6410 e BMX Ponta que obtiveram melhores desenvolvimento e produtividade em ambos os sistemas. Com o sistema de camalhões a drenagem é mais rápida, reduzindo assim, o período de hipóxia sofrido pelas raízes. Segundo Scott et al. (1989), quando o excesso hídrico ocorre no período vegetativo, o crescimento das plantas é mais afetado do que quando o estresse ocorre no período reprodutivo, quando o rendimento de grãos é mais afetado. Entretanto, a planta de soja é considerada sensível ao estresse causado pelo excesso hídrico em todas as fases de desenvolvimento (GITHIRI et al., 2006).

Para produtividade verificou-se diferença significativa entre cultivares e sistema de semeadura. MOS 6410 não apresentou diferença significativa entre os

sistemas. Resultado semelhante foi obtido por Marchesan et al. (2013), que trabalhando com diferentes sistemas de preparo, não encontrou diferença significativa para produtividade entre o sistema convencional com 2.734 kg ha^{-1} e sistema de microcamalhões com 2.702 kg ha^{-1}, porém com produtividades mais baixas. Outra cultivar que não apresentou diferença entre os sistemas foi a COD 2728, porém com baixas produtividades entre as cultivares.

BMX Ponta e BRS 360 apresentaram diferença entre os sistemas tendo maior produtividade com os camalhões, isso se deve ao melhor ambiente gerado pelo sistema. Nesse contexto, uma das possíveis explicações para a maior produção, dos sistemas com camalhões, é que esse sistema tenha proporcionado maior conteúdo de oxigênio no solo na linha de semeadura, em consequência do aumento da macroporosidade do solo, que auxilia a drenagem, a aeração do solo e incrementam o rendimento de grãos de soja (SARTORI et al., 2016).

Resultados semelhantes foram obtidos por Lara Junior (2013), trabalhando com cultivares de soja com e sem sistema de camalhões no MS na mesma região, onde as cultivares apresentaram diferença significativa entre os sistemas, sendo também que a semeadura com camalhões obteve as melhores produtividades com média de 3.185 kg ha^{-1}, e sem camalhões 3.020 kg ha^{-1}, com um acréscimo de 5,2% na produtividade com o sistema.

Donato et al. (2016) trabalhando com os tratamentos semeadura direta, microcamalhão construído meses antes da semeadura e microcamalhão durante a semeadura obteve produtividades de 4.332, 4.880 e 5.006 kg ha^{-1}, respectivamente. A semeadura sobre microcamalhão teve um acréscimo de 13% na produtividade em comparação a semeadura direta. A mesma conclusão teve Pilon et al. (2014) constataram que a produtividade do sistema de cultivo com microcamalhão foi superior ao sistema sem microcamalhão.

Entre as cultivares MOS 6410 e BMX Ponta apresentaram as melhores produtividades. Sichmann et al. (2016) trabalhando com a cultivar BMX Ponta em solo de várzea com sistema convencional obteve produtividades de 2.771 kg ha^{-1} safra 14/15 e 1.087 kg ha^{-1} safra 15/16, no sistema com microcamalhões testados no trabalho a cultivar conseguiu expressar melhor seu potencial produtivo com 3.531 kg ha^{-1}. Para Silva et al. (2007), os rendimentos médios de grãos, proporcionado pelos camalhões foram em geral semelhantes ou superiores em relação aos obtidos nos sistemas convencionais irrigados.

Os piores resultados de produtividade foram apresentados pela cultivar BRS 360 em ambos os sistemas, que mostrou maior sensibilidade ao ambiente e baixa adaptação. Essa baixa produtividade é o somatório de outros parâmetros analisados aos quais a cultivar também apresentou os piores resultados como altura, diâmetro, massa verde, massa seca e índice de clorofila. Esse comportamento também foi influenciado pelo alto volume de chuvas e estresse hídrico sofrido pela cultura. Thomas e Costa (2010) trabalhando com duas cultivares de soja sob diferentes períodos de excesso hídrico tiveram redução no rendimento de grãos, com diferente comportamento entre as cultivares. Após 4 dias inundadas a cultivar TEC IRGA 6070 reduziu em 10% o rendimento de grãos, enquanto a cultivar TEC 5936 reduziu 30%. Apesar de haver variabilidade entre os genótipos na tolerância ao estresse causado pelo excesso hídrico, o potencial de rendimento de grãos é restringido nestas condições.

A SYN 13671 foi a única que obteve maior produtividade no sistema de semeadura sem camalhões. Muller et al. (2015) trabalhando com preparo de solo escarificado e escarificaçado com microcamalhões obteve resultado semelhante, onde no tratamento sem camalhões obteve maior produtividade, segundo ele a combinação dos dois tratamentos teve drenagem rápida gerando deficiência hídrica. Essa cultivar se destacou no parâmetro diâmetro de colmo com o maior valor confirmando o que Pires et al. (2002) concluiu que a formação de maior quantidade de tecido aerenquimatoso, pode em parte, explicar o melhor crescimento em condições de inundação do solo.

Mesmo com o excesso hídrico sofrido, o que foi prejudicial para produtividade, as médias de produtividade da soja no trabalho ficaram próximas a média estadual na safra que foi de 2.980 kg ha^{-1}. Com o sistema de camalhões a média foi de 2.936 kg ha^{-1}, 3% acima da média do sistema de semeadura sem camalhões que foi 2.851 kg ha^{-1}. Mostrando que o cultivo de soja na várzea é viável para a rotação de cultura e se manteve na média do estado mesmo em uma safra desfavorável para o sistema.

CONCLUSÕES

1. A adoção do sistema de semeadura em camalhões favorece a implantação e produtividade de soja em áreas de várzea.

2. As cultivares com maior produtividade foram MOS 6410 e BMX Ponta quando semeadas no sistema de camalhões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, H.; WILLIAMS, L.J. Newman-Keuls Test and Tukey Test. In: SALKIND, N. **Encyclopedia of research design**. Thousand Oaks: Sage. 2010. 1-11p.

ALMEIDA, A.M.R.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; TORRES, E.; FARIAS, J R.B.; BENATO, L.C.; PIINTO, M.C.; VALENTIN, N. Progress of soybean charcoal rot under tillage and no-tillage systems in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v.28, n.2, p.131-135, 2003.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

AMARANTE, L; COLARES, D.S.; OLIVEIRA, M. L; ZENZEN, I. L.; BADINELLI, P. G; BERNARDI, E. Teores de clorofilas em soja associada simbioticamente com diferentes estirpes de Bradyrhizobium sob alagamento **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.906-908, 2007.

AUMONDE, T.Z.; LOPES, N.F.; MORAES, D.M.; PEIL, R.M.N.; PEDÓ, T. Analise de crescimento do híbrido de mini melancia Smile® enxertada e não enxertada. **Interciencia**, v.36, n.9, p.677-681, 2011a

AUMONDE, T.Z.; PEDÓ, T.; LOPES, N.F.; MORAES, D.M.; PEIL, R.M.N. Partição de matéria seca em plantas do híbrido de mini melancia Smile® enxertada e não enxertada. **Revista Brasileira de Biociências**, v.9, n.3, p.387-391, 2011b. http://www6.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1829/1060

BACANAMWO, M.; PURCELL, L.C. Soybean root morphological and anatomical traits associated with acclimation to flooding. **Crop Science**, Madison, v.39, n.1, p.143-149, 1999.

BADINELLI, P.G.; STECKLING, C.; ROVERSI, T.; ZANON, A.J.; QUEVEDO, J.B.; WALDOW, D.A.G.; WOLTER, R.C.; UHRY JR, D.F.; TERRA, C.R.; VEBER, E.T.; PINTANEL, J.B.A.; CEREZA, T.V.; SOUZA, E. **Resultados das pesquisas demandadas do Projeto Soja 6000 - Safra 2015/16 IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz 2016.** Disponível em <http://www.fundacaoirga.com/projeto-soja-6000 >. Acesso em 01 janeiro de 2017.

BATISTA, C.U.N.; MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; MEDRI, C.; PIMENTA, J.A. Tolerância à inundação de Cecropia pachystachya Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. **Acta Botânica Brasileira**, v.22, p.91-98, 2008.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes.** Brasília, 399p. 2009.

CHO, W.; YAMAKAWA, T. Effects on growth and seed yield of small seed soybean cultivars of flooding conditions in paddy field. **Journal of Faculty of Agriculture**, Fukuoka, v.51, n.2, p.189-193, 2006.

CLAESSEN, M.E.C. BARRETO, W.O.; PAULA, J.L.; DUARTE, M.N. **Manual de métodos de análises de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA CNPS, 1997. 212p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos safra 2016/2017.** Disponível em <http://www.conab.gov.br/ conabweb/download/safra>. Acesso em: 12 de setembro 2017.

CORRÊA, M.F.; ZENZEN, I.L.; JUNIOR, A.A.A.B.; BADINELLI, P.G.; COLARES, D.; AMARENTE, L. Diferentes Genótipos de Soja Nodulada sob Influência do Alagamento no Acúmulo de Massa Seca. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 8, 2006, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Editora da UFPel, 2006.

DAVANSO, V.M.; SOUZA, L.A.; MEDRI, M.E.; PIMENTA, J.A.; BIANCHINI, E. Photosynthesis, growth and development of Tabebuia avellanedae Lor. Ex Griseb. (Bignoniaceae) in flooded soil. **Brazilian archives of Biology and Technology**, v.45, p.375-384, 2002.

DENNIS, E.S.; DOLFERUS, R.; ELLIS, M.; RAHMAN, M.; WU, Y.; HOEREN, F.U.; GROVER, A.; ISMOND, K.P.; GOOD, A.G.; PEACOCK, W.J. Molecular strategies for improving waterlogging tolerance in plants. **Journal Experimental Botany,** v.51, n.342, p.89-97, 2000.

DUTRA, L.F.; TAVARES, S.W.; SARTORETTO, L.M.; VAHL, L.C. Resposta do feijoeiro ao fósforo em dois níveis de umidade no solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.1, n.2, p.91-96, 1995. http://www.ufpel.tche.br/ faem/agrociencia/v1n2/v1n26.htm

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Necessidade de Irrigação Complementar da Soja na Região Sul de Mato Grosso do Sul.** Dourados, 2015. p.7.

EUCLYDES, R.F. **Sistema para Análises Estatísticas - SAEG**. versão 9.1. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes, 2007. 59p.

FIORIN, T.T.; SPOHR, R.B.; CARLESSO, R.; MICHELON, C.J.; SANTA, C.D.; DE DAVID, G. Produção de silagem de milho sobre camalhões em solos de várzea. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.2, p.147, 2009.

FRIES, D.D.; ALVES, J.D.; DELÚ FILHO, N.; MAGALHÃES, P.C.; GOULART, P. F.P. Crescimento de plântulas do milho “saracura” e atividade de a-amilase e invertases

associados ao aumento da tolerância ao alagamento exercido pelo cálcio exógeno. **Bragantia**, v.66, p.1-9, 2007.

FUNDAÇÃO MS, **Tecnologia de Produção Soja 2015/2016.** Disponível em: < http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/221/221/58347fe3c46889c1b0f4e460785ee52f84f96356dc147_04-resultados-de-experimentac-a-o.pdf>. Acesso em: 20 de setembro 2017

GITHIRI, S.M.; WATANABE, S.; HARADA, K.; TAKAHASHI, R. QTL analysis of flooding tolerance in soybean at an early vegetative growth stage; **Plant Breeding** v.125, p.613-618, 2006.

GOMES, A.S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.75-95.

HEATHERLY, L.G.; SPURLOCK, S.R. Furrow and Flood Irrigation of Early- Planted, Early-Maturing Soybean Rotated with Rice. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, p.785-791, 2000.

IRGA - INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre, 2001. 128p.

IRGA - INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Resultados das pesquisas demandadas do Projeto Soja 6.000 - Safra 2015/16**. Disponível em: <http:// http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/6628/projeto-soja-6.000>. Acesso em: 10 jun. 2016.

LARA JUNIOR, J.A. **Avaliação de cultivares de soja semeadas em solos de várzea com e sem sistema de camalhões.** (Dissertação Mestrado). Dourados-MS. Universidade Federal da Grande Dourados. 2013.

JACKSON, M.B. Ethylene and responses of plants to soil waterlogging and submergence. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.36, p.145-174, 1985.

JACKSON, M.B.; COLMER, T.D. Response and adaptation by plants to flooding stress. **Annals of Botany**, v.96, p.501-505, 2005.

LANGE, C. Avaliação de desempenho agronômico de cultivares comerciais de soja cultivados em solo de várzea. In: RELATÓRIO ANUAL DE PESQUISA, 8, Cachoeirinha, 2010. **Relatório Técnico 8.** Cachoeirinha: IRGA, 2010. p.541-562.

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

LI-COR. **Instruction Manual:** Li-1800 Postable Spectroradiometer. Lincoln, Nebraska, 2012.

MACHADO NETO, N.B.; SATURNINO, S.M.; BOMFIM, D.C.; CUSTÓDIO, C.C. Water stress induced by manitol and sodium chloride in soybean cultivars. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n.4, p.521-529, 2004.

MARCHESAN, E.; ARAMBURU, B.B.; VIZZOTTO, V.R.; OLIVEIRA, M.L; CASTRO, I.A.; TONETTO, F.; GIACOMELI, R. **Sistemas de implantação na resistência mecânica do solo a penetração e na produtividade de soja em área de várzea**. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, VIII, Santa Maria, RS, 2013.

MINOLTA CAMERA Co., Ltda. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka: Minolta. Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22p.

MULLER, E.A.; **Capacidade de preparos de solo reduzirem limitações físicas naturais de áreas de várzea para o cultivo de soja.** (Dissertação de Mestrado). Ciência do Solo. Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2015.

PILON, M.; ZUGE, E.; FERREIRA, J.L. **Avaliação de cultivares de soja semeadas com e sem microcamalhão em rotação com arroz irrigado.** Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/965328/1/trab5613448.pdf> 2014, acesso: 15 março 2017.

PIRES, J.L.F.; SOPRANO, E.; CASSOL, B. Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.1, p.41-50, 2002.

REYNA, N.; CORNELIOUS, B.; SHANNON, J.G.; SNELLER, C.H. Evaluation of QTL for Waterlogging Tolerance Insouthern Soybean Germplasm. **Crop Science**, Madison, v.43, p.2077-2082, 2003.

RHINE, M.; GROVER, G.S.; ALLEN, S.; SLEPER, W.D. Yield and nutritional responses to waterlogging of soybean cultivars. **Irrigation Science,** Nova Iorque, v.28, n.2, p.135-142, 2010.

SCOTT, H.D., DeANGULO, J., DANIELS, M.B. Flood duration effects on soybean growth and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, p.631-636, 1989.

SILVA, C.A.S.; PARFITT, J.M.B.; THIESEN, G.; SILVA, J.J.C.; POHLMANN, N. F.; CARVALHO, E.N.; SEGABINAZI, D.R**. Sistema sulco/camalhão para irrigação e drenagem em áreas de várzea**. Comunicado técnico. Pelotas, RS. Dezembro, 2007.

SARTORI, G.M.S. **Sistemas de implantação de soja em áreas de arroz irrigado e efeitos em atributos físicos do solo e em características agronômicas e fisiológicas da planta.** (Dissertação Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2016.

SOUTO, S.M. **Levantamento de arvores em pastagens nos municípios das Regiões Norte, Noroeste e Serrana do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 69p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 135) 2001.

TAKAHASHI, T.; HOSOKAWA, H.; MATSUZAK, M. N_2 fixation of nodules and N absorption by soybean roots associated with ridge tillage on poorly drained upland fields converted from rice paddy fields. **Soil Science and Plant Nutrition,** Tokyo, v.52, n.3, p.291-299, 2006.

THOMAS, A. L. Modificações morfológicas na planta de soja como indicadoras da tolerância à inundação. In: REUNIÃO DA PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 36. 2008, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FEPAGRO, 2008. P.75.

THOMAS, A. L., COSTA, J. A. **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. 248 p.

THOMAS, A.L.; LANGE, C.E. **Soja em solos de várzea do sul do Brasil**. Porto Alegre: Evangraf, 2014. 128p.

VEDELAGO, A.; CARMONA, F.C.; BOENI, M.; LANGE, C. E.; ANGHINONI, I. **Fertilidade e aptidão de uso dos solos para cultivo da soja nas regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul.** Cachoeirinha: IRGA, 2012. p.56.

ZENZEN, I.L.; FONSECA, C.S.; OLIVEIRA, M.; BERNARDI, E; AMARANTE, L.; COLARES, D. Influência do alagamento no acúmulo de matéria seca em plantas de soja inoculadas com diferentes estirpes de *bradyrhizobium.* In*:* CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA, 15, **Anais…**, 2006.

VAN DONGEN, J.T.; SCHURR, U.; PFISTER, M.; GEIGENBERGER, P. Phloem metabolism and function have to cope with low internal oxygen. **Plant Physiology**, v. 131, p. 1529-1543, 2003.

VANTOAI, T.T.; MARTINB, S.K.; CHASED, K.; BORUB, G.; SCHNIPKEA, V.; SCHMITTHENNERC, A.F.; LARK, K.G. Identification of a QTL associated with tolerance of soybean to soil waterlogging. **Crop Science**, Madison, v.41, n.4, p. 1247-1252, 2001.

VERNETTI JÚNIOR, F.J.; GOMES, A.S.; SCHUCH, L.O.B. Sucessão de cultura em solos de várzea implantadas nos sistemas plantio direto e convencional. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.15, n.1-4, p.37-42, 2009.

ZHOU, M. Improvement of plant waterlogging tolerance. In: MANCUSO, S.; SHABALA, S. (Ed.). **Waterlogging signalling and tolerance in plants**. Berlin: Springer, 2010. p. 267-285.

WANG, K.; BIAN, S.; JIANG, Y. Anaerobic metabolism in roots of *Kentucky bluegrass* in response to short-term waterlogging alone and in combination with high temperatures. **Plant Soil,** v.314, p.221-229, 2009.

5. ARTIGO 2

CULTIVARES DE MILHO SEMEADOS EM SOLO DE VÁRZEA COM E SEM SISTEMA DE CAMALHÕES

RESUMO

O sistema de semeadura com camalhão pode ser uma prática importante para o aumento da eficiência no processo de drenagem e garantir o estabelecimento adequado e produtividade da cultura do milho no sistema de rotação em áreas de arroz irrigado. A realização deste trabalho teve como objetivo a avaliação de crescimento e produção de grãos de milho em dois sistemas de semeadura, com e sem o sistema de camalhões, nos solos de várzea de Mato Grosso do Sul. O experimento foi realizado na Fazenda Águas da Fortuna, município de Itaporã-MS. O solo é classificado como Gleissolo Háplico, com baixa drenagem. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 2x6, sendo os tratamentos constituídos por dois sistemas de semeadura, com e sem o sistema de camalhões, e por seis variedades de milho (Defender, Ferox, 2B604, 2B210, NEX 5617 e AS 1661), com quatro repetições. As produtividades de milho foram maiores com uso dos camalhões. A cultivar de milho AS1661 apresentou maior adaptação a área de várzea, por apresentar maior produtividade.

Palavras-chave: *Zea mays* L., gleissolo, drenagem, cultivar.

MAIZE CULTIVARS SOWN ON LOWLAND SOIL WITH AND WITHOUT THE RIDGE SYSTEMS

ABSTRACT

The sowing system with ridge can be an important practice to increase the efficiency of the drainage process and ensure the adequate establishment and productivity of the maize crop in the rotation system in areas of irrigated rice. The objective of this work was to evaluate the growth and yield of maize grains in two sowing systems, with and without the ridge system, in the lowland soils of Mato Grosso do Sul. The experiment was carried out at Fazenda Águas da Fortuna , municipality of Itaporã-MS. The soil is classified as Gleissolo Háplico, with low drainage. The experimental design was a randomized complete block design, arranged in a 2x6 factorial scheme. The treatments were two sowing systems, with and without the ridge system, and six corn varieties (Defender, Ferox, 2B604, 2B210, NEX 5617 and AS 1661) with four replicates. Maize yields were higher with the use of ridges. The corn cultivar AS1661 showed greater adaptation to the várzea area with higher productivity. The second maize crop has better performance when sowed with ridge system.

Keywords: Zea mays L., gleysol, drainage, cultivar.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) está entre as principais culturas com grande importância econômica para o Brasil. De acordo com dados da CONAB (2017), Mato Grosso do Sul teve 1.787 mil hectares cultivados com milho primeira e segunda safra 2016/17. A produção total foi de 9.870 mil toneladas, equivalendo à produtividade da cultura de 5.221 kg ha^{-1}.

A segunda safra ou safrinha representa cerca de 69% da produção total de milho do Brasil (CONAB, 2017). Devido à viabilidade econômica e aos benefícios agronômicos associados à rotação de culturas, como aumento da palhada, redução de pragas e doenças, além de permitir melhor aproveitamento dos insumos agrícolas, os produtores têm investido em tecnologias para o cultivo do milho safrinha (PEREIRA et al., 2009).

A introdução da cultura do milho em áreas várzea vem sendo estudada pela Embrapa Clima Temperado desde 1986, por meio de testes de desempenho de híbridos comerciais e publicações referentes ao manejo do solo, da área e da cultura para viabilizar seu cultivo nessas áreas (THEISEN et al., 2010).

Apesar de existirem trabalhos mostrando que é possível obter-se produtividades entre 10.000 e 12.000 kg ha^{-1} para milho cultivado em áreas tradicionalmente cultivadas com arroz irrigado, ainda existe a necessidade de pesquisa sobre a viabilidade econômica da introdução do milho nessas áreas. A cultura do milho apresenta dificuldades de adaptação às condições físicas dos solos de terras baixas, devido às características de elevada densidade do solo, baixa condutividade hidráulica, reduzida declividade e baixa capacidade de armazenamento de água (PINTO et al., 2004).

A extensão de danos decorrentes do encharcamento do solo nas plantas de milho depende de vários fatores, incluindo a duração do período de saturação, o estágio de desenvolvimento da planta e as condições ambientais no momento do estresse (SHAH et al., 2011). O milho caracteriza-se como uma cultura muito suscetível ao excesso hídrico no solo em todas as suas fases de desenvolvimento (MUKHTER et al., 1990). Zaidi et al. (2007) observaram que em condições de excesso de umidade no solo houve uma grande mortalidade das plantas de milho, além de crescimento atrofiado, reduzida área foliar e produção de biomassa em todos os estádios fisiológicos estudados.

Os danos causados pelo excesso hídrico são mais evidenciados quando este ocorre durante o período vegetativo da cultura. Estresses decorrentes ao excesso hídrico

neste estádio resultam em severas reduções no crescimento e no desenvolvimento das plantas de milho e no seu rendimento de grãos, causando prejuízos irrecuperáveis para o potencial produtivo da cultura (LONE e WARSI, 2009).

As plantas em condições de alagamento podem produzir o aerênquima, que é um tecido especializado em armazenamento de oxigênio, produzido pela apoptose celular desencadeada pelo etileno (DREW, 1997). Outro parâmetro radicular que pode ser alterado com o alagamento é a porosidade das raízes, que está relacionada à difusão de gases pelos tecidos (INSAUSTI et al., 2001).

A formação de aerênquima em raízes de milho ocorre em resposta ao estresse por hipoxia (VASELLATI et al., 2001). O desenvolvimento do aerênquima leva à formação de espaços intercelulares, conectados ao longo do eixo da raiz, que facilitam a difusão de gases (GUNAWARDENA, 2008) e, consequentemente, permitem melhor distribuição do O_2 nos tecidos das plantas.

O insucesso do desenvolvimento da cultura do milho em solos com excesso de água está relacionado à alta sensibilidade dessa cultura à hipoxia. Nesse contexto, a Embrapa Milho e Sorgo lançou, em 1997, a variedade de milho Saracura (BRS 4154), tolerante ao alagamento. Após vários ciclos de seleção massal sob condições de alta umidade do solo, essa variedade revelou-se uma das mais adequadas para o cultivo em áreas sujeitas ao encharcamento (ALVES et al., 2002). Apesar de o solo com deficiência de oxigênio apresentar condições desfavoráveis à vida das plantas, o milho 'Saracura' desenvolveu mecanismos para sobreviver e produzir sob essas condições. Entre as alterações que permitem a essa variedade tolerar baixa concentração de oxigênio no ambiente radicular, encontram-se as de natureza metabólica e molecular, que incluem o desvio da respiração aeróbica para a via anaeróbica (ALVES et al., 2002).

Entretanto, apenas a utilização de variedades adaptadas e drenagem eficiente não é o suficiente para que altas produtividades sejam atingidas. É necessária a união de várias práticas de manejo, como o uso de adubação adequada (CANCELLIER et al., 2011), a escolha do método de cultivo, o controle de pragas (FIGUEIREDO et al., 2006), a escolha da época preferencial de semeadura (FORSTHOFER et al., 2006), visando obter o melhor aproveitamento da radiação solar, além é claro de um bom manejo de irrigação (BERGAMASCHI et al., 2006).

Forsthofer et al. (2006) demonstraram que o aumento do uso das práticas de manejo está ligado às maiores produtividades. Apesar de apresentar um custo elevado, a receita obtida também é maior quando se eleva o nível de tecnologia aplicado, gerando

assim uma maior rentabilidade. Sangoi et al. (2006) também associam a adoção de maiores investimentos em insumos e tecnologia na lavoura, como aspectos fundamentais para o acréscimo da produtividade de grãos, logo, melhoria do retorno econômico na cultura do milho.

Trabalhando com sistematização de solo, Bonow et al. (2013) destaca a tendência de crescimento constante da produtividade ao longo do tempo, nas áreas conduzidas em camalhão de base larga. Na última safra obteve-se 7.567 kg ha^{-1}, valor superior à produtividade regional estimada pela Emater (próxima a 3.000 kg ha^{-1}) e às médias estaduais dadas pelo IBGE e pela Emater, que foram próximas a 7.000 kg ha^{-1} de grãos. Essa tendência de crescimento na produtividade pode ser oriunda dos benefícios do sistema de produção conduzido em plantio direto, com rotação de culturas no verão (milho-soja) e com uso de plantas de cobertura de solo e leve pastoreio no período de inverno, com cobertura mista de azevém, aveia-preta e ervilhaca.

A sistematização do solo com camalhões de base larga proporciona condições adequadas para o cultivo de milho em áreas de terras baixas com solo hidromórfico, e favorece a rotação de culturas com o arroz irrigado.

Rodrigues (2015) trabalhando com diferentes manejos de irrigação e drenagem observou que houve interação entre os tratamentos com e sem irrigação e a presença ou ausência de microcamalhão, foi obtido 10,25 Mg ha^{-1} de rendimento de grãos com a utilização de irrigação e microcamalhão de forma simultânea. Quando retirado o uso de microcamalhão e mantida a irrigação, o rendimento apresenta uma queda de 1,5 Mg ha^{-1}. Sem o uso da irrigação, as produtividades apresentaram quedas de 5,71 Mg ha^{-1} com a utilização de microcamalhão, e de 3,21 Mg ha^{-1} sem a utilização de microcamalhão.

Esses resultados são muito próximos aos obtidos por Silva et al. (2007), em outra área experimental do IRGA em Cachoeirinha-RS, alcançando 10,2 Mg ha^{-1} com o uso de microcamalhão e irrigação por sulcos, associado à sistematização em declividade de 0,08% e de 9,4 Mg ha^{-1} com o uso de irrigação por banhos (sem microcamalhão) e mantendo a sistematização em declividade. Por outro lado, quando não irrigado a produtividade obtida por esses autores caiu para 3,2 Mg ha^{-1}.

É possível se obter alta produtividade do milho no tratamento irrigado e com microcamalhão (superior a 11 Mg ha^{-1}). O uso do microcamalhão mostrou-se adequado para a irrigação e para a economia de água, proporcionando maior eficiência no uso da água (RODRIGUES, 2015).

Portanto objetivou-se avaliar os parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produtividade de grãos de diferentes cultivares de milho, com e sem camalhões nos solos de várzea do município de Itaporã, estado de Mato Grosso do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016, na Fazenda Águas da Fortuna, no município de Itaporã-MS, localizada entre as coordenadas geográficas 22°2'37,27" de latitude Sul e 54°51'28,36" de longitude Oeste, no datum WGS 84. O solo é classificado como Glei Aplico (EMBRAPA, 2006). Os solos deste tipo são minerais, hidromórficos, geralmente encontrados em áreas de várzea, sendo mal drenados. O clima tem inverno seco, temperatura média anual de 22°C e precipitação média anual próxima de 1.500 mm, que segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am, monçônico (ALVARES et al., 2013).

O solo da área onde foi implantado o experimento havia sido cultivado anteriormente com soja, em sistema convencional de preparo do solo e com camalhões. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 2x6, sendo os tratamentos constituídos por dois sistemas de preparo do solo com e sem uso de camalhões, e por seis variedades de milho (Quadro 1), com 4 repetições.

QUADRO 1. Características agronômicas das cultivares de milho

Cultivar	Tipo transgenia	Tipo*	Ciclo	Graus Dias	Altura de Planta	Nível Tecnologia
Defender	Viptera	HSm	P	850	2,20	Médio
Dow 2B604	PW	HSm	P	848	2,25	Med/Alto
NEX5617	PW	HT	P	860	2,30	Med/Alto
Feroz	Viptera	HD	P	860	2,48	Baixo
Dow 2B210	PW	HT	SP	800	2,12	Alto
AS1661	PRO	HS	SP	808	2,25	Alto

* Tipo: HS – Híbrido simples; HSm – Híbrido simples modificado; HD – Híbrido duplo; HT – Híbrido triplo. Ciclo: P – Precoce; SP – Super precoce. Fonte: Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudas – APPS. 2015.

Cada unidade experimental possuiu 32 m², sendo 8 m de comprimento e 4 m de largura, perfazendo um total de quatro linhas espaçadas, em média, de 1,0 m entre si, sendo consideradas como área útil as duas linhas centrais (16 m^2).

Foram semeados dois anos com a cultura do milho na segunda safra. Em 2015, o milho foi semeado no dia 17/03/2015, e em 2016 foi semeado no dia 08/03/2016.

Para a semeadura da cultura do milho foi utilizado uma semeadora PS-MASTER 102, com quatro linhas de semeadura. O espaçamento entre linha foi de 1,0 m, visando acompanhar os camalhões (Figura 1). Após a colheita do milho 2015 o solo foi novamente preparado, com duas operações da com grade de 56 discos de 22 polegadas, tipo Tandem, modelo Baldan, largura de corte 4,82 m, e posteriormente realizada a construção dos camalhões para o soja. Após a colheita da soja 2015/2016 o milho foi semeado utilizando as mesmas áreas de semeadura com e sem camalhões.

FIGURA 1. Semeadora-adubadora utilizada na semeadura do milho.

Antes da semeadura foi realizada uma aplicação de herbicidas na área. A adubação utilizada foi de 200 kg ha^{-1} de adubo químico formulado 10-15-15 na semeadura, conforme padrão da adubação utilizada na propriedade. As sementes foram tratadas com 200 mL pc. ha^{-1} de Fipronil+Vitavax-Thiram. Após a germinação e o estabelecimento da cultura foram feitos desbastes, visando população final de 60.000 plantas ha^{-1}, nas duas safras.

Foram feitas as seguintes determinações:

Altura de plantas: correspondeu à distância, em centímetros, medida entre a superfície do solo e a folha bandeira, tomada aleatoriamente de 10 plantas da área útil de cada parcela, no florescimento.

Diâmetro do colmo: correspondeu ao diâmetro, em milímetros, medido na região central do segundo internódio a partir do colo da planta, através do uso de um paquímetro digital, modelo DIGIMESS 100.179V Plus, com resolução de 0,01 mm.

Índice de clorofila: as leituras de clorofila foram feitas na folha-índice (primeira abaixo da espiga), usando um clorofilômetro modelo CCM-200, no estádio R1 de embonecamento e polinização.

Comprimento de espiga (Com): correspondeu ao comprimento médio de 10 espigas provenientes da área útil de cada parcela, expressa em centímetros.

Número de fileiras de grãos por espiga: foi contado nas mesmas espigas a que se mediu também o comprimento d espiga, calculando-se a média para cada parcela.

Número de grãos por espiga (Ng): foi determinado multiplicando o número fileiras pelo número de grãos por fileiras.

Diâmetro da espiga (Die): correspondeu ao diâmetro, em milímetros, da porção central das espigas.

Massa de cem grãos: foi determinada segundo metodologia descrita por Brasil (2009), com teor de água dos grãos corrigido para 13%.

Produtividade: foi determinada colhendo-se todas as plantas contidas em 5 m das duas linhas centrais, e seus valores apresentados em kg ha^{-1} e tendo a umidade corrigida para 13%.

Para as análises estatísticas os dados foram submetidos a análise de variância no esquema fatorial, analisando-se a interação entre as cultivares e os dois preparos do solo, posteriormente foi realizado a análise de variância dos dados das cultivares dentro de cada preparo do solo.

As médias dos dados obtidos foram comparadas por meio do teste de Newman-Keuls, (ABDI e WILLIAMS, 2010). Todas as análises foram feitas considerando nível de significância a $p<0,05$. As análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional SAEG, versão 9.1 (EUCLYDES, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra de 2015, teve acumulo de precipitação de 572 mm durante a segunda safra (EMBRAPA, 2016), distribuição regular de chuvas, com temperatura média de 16,1°C (Figura 2).

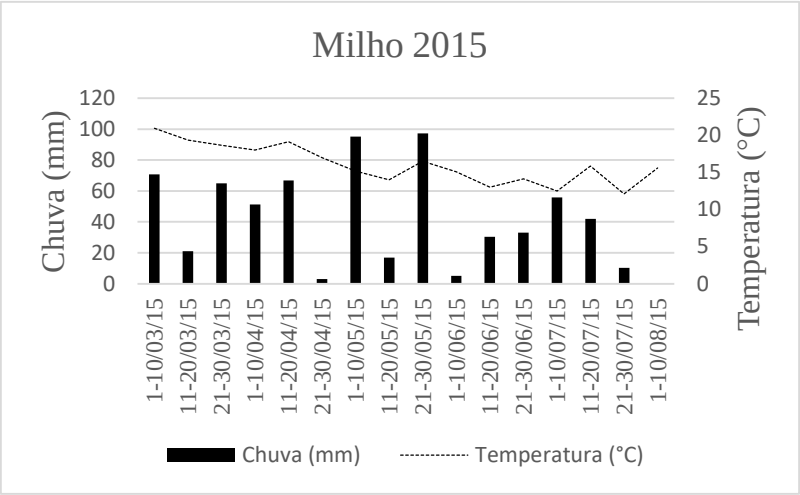


FIGURA 2. Dados de precipitação e temperatura média da região de Itaporã no período de 01 de março à 10 agosto de 2015. Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste.

Safra de 2016, teve acumulo de precipitação de 450 mm durante a segunda safra (EMBRAPA, 2016), com distribuição irregular, períodos de estiagem e com temperatura média de 15,2 °C, inverno mais intenso e períodos de temperatura baixas (Figura 3).

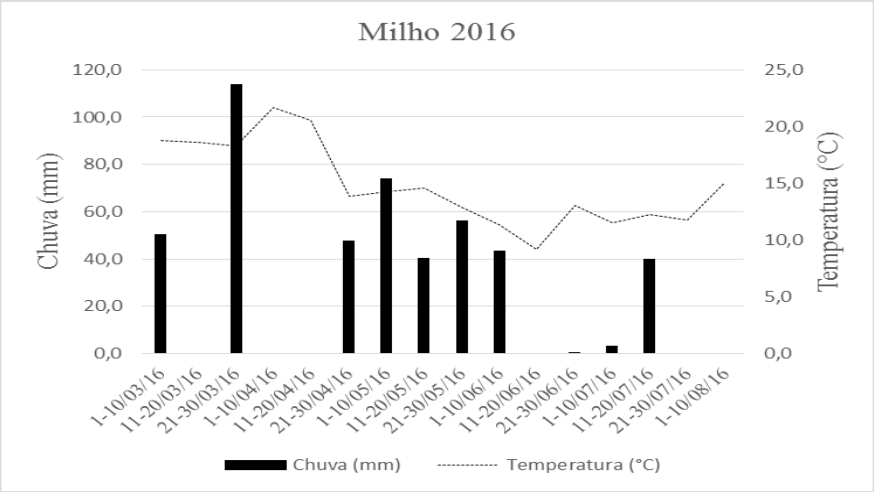


FIGURA 3. Dados de precipitação e temperatura média da região de Itaporã no período de 01 de março à 10 agosto de 2016.

Na safra 2015, os fatores altura de planta, diâmetro de colmo e índice de clorofila apresentaram influência da interação entre as cultivares e sistemas de semeadura, já na safra 2016 apresentaram influência na interação apena diâmetro e índice de clorofila (Quadro 2).

QUADRO 2. Resumo da análise de variância dos dados da altura de planta (Alt), diâmetro de colmo (Dia) e índice de clorofila (Ic)

FV	GL	2015			2016		
		Quadrados médios					
		Alt	Dia	Ic	Alt	Dia	Ic
Cultivar (C)	5	239,32*	7,881*	24,877*	244,29*	12,389*	25,062*
Preparo (P)	1	1708,4*	2,314*	174,08*	520,63*	16,763*	174,42*
C x P	5	162,09*	2,977*	12,966*	52,3647	3,9201*	12,951*
Resíduo	36	9,163	0,531	4,330	44,024	1,4349	4,3699
CV	-	1,68	4,25	5,23	4,91	8,75	5,26

* Significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste F.

A altura de plantas é uma característica que se diferencia de acordo com a cultivar, pois cada uma tem sua estrutura e porte definidos geneticamente, entretanto pode ser influenciada pelo ambiente. Com os camalhões a cultivar 2B210 apresentou maior altura de planta diferindo apenas do cultivar Defender, com a menor altura entre as cultivares. Sem os camalhões, a cultivar Feroz Nex5671 apresentou o maior valor, a cultivar Nex5671 apresentou a menor altura (Quadro 3).

QUADRO 3. Altura de planta (cm) da cultura do milho em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 e 2016

Cultivar	2015		2016
	Com Camalhões	Sem Camalhões	
Defender	183,2 bA	167,0 cB	144,4 a
Dow 2B604	187,8 abA	176,0 bB	137,5 b
NEX5617	186,5 abA	161,5 dB	135,3 b
Feroz	185,7 abA	186,7 aA	133,1 b
Dow 2B210	189,8 aA	184,4 aB	131,8 b
AS1661	187,0 abA	172,8 bcB	128,4 b

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

Apenas a cultivar Feroz manteve sua altura nos dois sistemas de semeadura, por outro lado, as outras cultivares tiveram redução de altura de planta quando foram semeadas no sistema sem camalhão. Com o sistema de camalhões houve maior adaptabilidade de desenvolvimento das cultivares, mostrando que o sistema proporcionou melhor ambiente de crescimento e desenvolvimento. Sem os camalhões, houve maior variação da altura de plantas das cultivares.

Isso ocorre devido maior período de estresse, por falta de oxigênio, na drenagem mais lenta. A ocorrência de volumes elevados de precipitações durante os estádios vegetativos do milho, associados às características do solo hidromórfico da área,

como drenagem deficiente e baixa condutibilidade hidráulica, ocasionaram períodos de excesso hídrico no solo. Esse excesso reduz a oxigenação na zona radicular das plantas de milho comprometendo seu crescimento, desenvolvimento e produção (ZAIDI et al., 2010).

Na safra 2016 não houve diferença entre os sistemas. Isso pode ter ocorrido devido o menor volume de chuvas da safra 2016, tendo diminuído o estresse hídrico sofrido pelas cultivares no sistema sem camalhões, não gerando diferença significativa na interação.

Entre as cultivares, Defender apresentou a maior altura dos dois sistemas de semeadura diferindo das demais. Comparando as médias de altura das duas safras com o sistema de camalhões, 2015 teve 25,9% maior média que 2016, isso devido a um elevado acumulo de chuva (aproximadamente 110 mm em 2 dias) no período vegetativo, com estiagem logo após, prejudicando o desenvolvimento da cultura com estresse por excesso hídrico e posteriormente escassez hídrica.

De acordo com Theisen et al. (2010), o efeito mais pronunciado da utilização de camalhões é o favorecimento da drenagem do terreno, pois, os sulcos formados entre os camalhões favorecem o escoamento do excesso de água das precipitações, possibilitando a implantação de culturas pouco adaptadas ao encharcamento temporário do solo nessas áreas.

O déficit na disponibilidade de oxigênio (hipoxia e anoxia) é o principal fator de estresse em solos sob excesso de água. Nas plantas, o impacto do excesso de água no solo é, na maioria dos casos, sentido diretamente pelas raízes e indiretamente pela parte aérea. Na parte aérea, esse excesso pode induzir à clorose, murcha prematura, queda da capacidade fotossintética, do potencial hídrico e da concentração de nutrientes nas folhas e diminuição no crescimento (VISSER et al., 2003).

Gollo (2016) trabalhando com sistemas de implantação de milho em áreas de arroz inundado obteve incremento de 16,4% na altura de plantas, 8% no diâmetro do colmo, na área que trabalhou com sistema de semeadura em camalhões, comparado a área com preparo convencional, esse aumento pode estar relacionado à melhoria de características físicas do solo, principalmente, da drenagem da área e descompactação proporcionados pelo cultivo em camalhão.

Para o diâmetro de colmo, safra 2015, a cultivar AS1661 apresentou o maior resultado não diferindo da NEX5617, e Defender apresentou o menor diâmetro não

diferindo da 2B604 com os camalhões (Quadro 4). Feroz apresentou o maior valor sem os camalhões, diferentemente do sistema com camalhões.

QUADRO 4. Diâmetro de colmo (mm) da cultura do milho em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 e 2016

Cultivar	2015		2016	
	Com Camalhões	Sem Camalhões	Com Camalhões	Sem Camalhões
Defender	15,91 cA	16,72 bcA	14,7 bA	14,4 aA
Dow 2B604	16,59 bcA	15,97 cA	14,0 bA	12,3 aA
NEX5617	18,76 aA	17,65 abB	12,7 bA	12,9 aA
Feroz	17,41 bB	18,50 aA	14,0 bA	12,9 aA
Dow 2B210	16,42 bcA	15,81 cA	12,7 bA	12,2 aA
AS1661	19,04 aA	16,85 bcB	17,6 aA	13,9 aB

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

Entre os sistemas de semeadura, as cultivares Defender, 2B604 e 2B210 não diferiram entre si para diâmetros de colmo. As cultivares AS1661 e NEX5617 tiveram maiores valores de diâmetro quando foram cultivadas com o sistema em camalhões, enquanto a Feroz teve o maior valor sem os camalhões.

Oliveira Júnior et al. (2007) avaliando diferenças fisiológicas entre genótipos de milho durante o desenvolvimento observaram que a taxa de fotossíntese líquida aumenta na fase vegetativa para que o colmo armazene fotoassimilados suficientes e que, na fase subsequente, o grão possa ter uma fonte de carbono adicional além da folha, ocorrendo assim a mobilização de carbono do colmo para a formação do grão (formação de carboidratos). Machado et al. (2004) afirmam que este não é um fenômeno atípico pois, durante o intenso enchimento do grão, somente a atividade fotossintética pode ser insuficiente para supri-lo.

Como o volume hídrico foi próximo ao exigido pela cultura do milho, a cultivar Feroz por ser híbrido duplo mais rustico expressou maior adaptação ao sistema de preparo sem os camalhões, não sofrendo com estresse hídrico. A extensão dos danos causados pelo excesso hídrico na cultura do milho depende da sua duração, estádio de desenvolvimento da planta e condições do ambiente no momento do estresse (ZAIDI et al., 2007).

Na safra 2016 ao analisar diâmetro de colmo, apenas a cultivar AS1661 apresentou diferença significativa entre as cultivares com os camalhões e na interação

cultivar e sistema de semeadura, com maiores valores no sistema de camalhões. Entre os sistemas houve diferença significativa, com maior diâmetro de colmo com os camalhões, com incremento de 8,2% no diâmetro de colmo.

Assim como aconteceu com a altura de planta, para diâmetro de colmo houve uma redução significativa dos valores apresentadas na safra 2016 comparando aos valores da safra 2015, devido ao regime de chuvas irregular apresentado na segunda safra.

Segundo Lone e Warsi (2009), o milho é muito suscetível ao excesso de umidade no solo durante o estádio vegetativo. Estresses decorrentes ao excesso hídrico neste estágio resultam em severas reduções no crescimento e desenvolvimento das plantas. Resultados de pesquisa evidenciam redução na altura de plantas (ZAIDI et al., 2007), diâmetro do colmo (ALI et al., 1999), em milho exposto a condições de excesso de umidade no solo durante o período vegetativo.

Nas duas safras quase todas as médias do índice de clorofila, com camalhões foram superiores a 40, indicando não haver deficiência de clorofila nas folhas (TORRES NETTO et al., 2005), entretanto a cultivar AS1661 pode ter passado por problemas no processo fotossintético das plantas. Sem os camalhões, apenas a Defender teve índice acima de 40 (Quadro 5).

QUADRO 5. Índice de clorofila da cultura do milho em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 e 2016

Cultivar	2015		2016	
	Com Camalhões	Sem Camalhões	Com Camalhões	Sem Camalhões
Defender	43,0 a A	41,8 a A	43,3 aA	42,0 aA
Dow 2B604	42,8a A	37,0 b B	43,1 aA	37,5 bB
NEX5617	40,1 abA	34,7 b B	40,2 abA	34,9 bB
Feroz	43,6 a A	36,6 b B	43,7 aA	36,8 bB
Dow 2B210	41,3 abA	39,5 abA	41,5 abA	39,0 abA
AS1661	39,0 b A	37,0 b A	39,5 bA	38,5 bA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

Entre os sistemas de semeadura não houve diferença significativa para as cultivares Defender, 2B210 e AS1661. Resultados semelhantes foram apresentados por Ferreira et al. (2008), onde índice de clorofila não apresentou diferença entre sistemas. Por outro lado, as cultivares 2B604, NEX5617 e Feroz apresentaram diferença significativa entre os sistemas, tendo melhores resultados com uso dos camalhões com incremento de 14,4% nos índices de clorofila.

Ferrer (2003), trabalhando com a variedade de milho ‘Saracura’ em casa de vegetação, sob condições de encharcamento, encontraram diminuição na eficiência do fotossistema II que está ligado a clorofila, com uma redução de até 17% quando comparado às plantas cultivadas sob condições normais.

Sem o uso dos camalhões a drenagem é mais lenta, por isso a raiz sofre maior período de encharcamento, diminuindo assim o índice de clorofila em algumas cultivares. Ferrera (2003) observou uma redução nos valores do teor de clorofila para todos as cultivares quando submetidos ao encharcamento, indicando que sob esse tipo de estresse hídrico há uma aceleração na senescência das folhas do milho.

Segundo Carvalho e Ishida (2002), a diminuição do teor de clorofila é consequência da inundação das raízes, além de ser um dos sinais mais frequentes citados nas observações empíricas. Este distúrbio, também observado em outras espécies, pode ser atribuído a vários fatores, tais como: o acúmulo de substâncias tóxicas, disfunção hormonal levando à senescência, ou mesmo carência de nutrientes (KOZLOWSKI, 1997). Esses fenômenos fazem com que plantas submetidas ao alagamento estejam sujeitas ao murchamento das folhas, caso não possuam bom controle estomático e baixa transpiração cuticular (CARVALHO e ISHIDA, 2002).

Na análise da interação entre as cultivares e sistemas de semeadura das características de espiga e componentes de produção, as duas safras foram semelhantes, o diâmetro de espiga apresentou diferença significativa para cultivar e sistema de semeadura (Quadro 6). Comprimento e número de grãos por espiga apresentaram diferença significativa apenas para cultivar, enquanto massa de 100 grãos e produtividade apresentaram diferença significativa para as cultivares avaliadas, sistema de semeadura e interação cultivar e sistema de semeadura.

Na safra 2015 a cultivar NEX5617 apresentou o maior diâmetro de espiga, diferindo das outras (Quadro 7). Para comprimento de espiga a 2B604 presentou maior comprimento não diferindo das Defender e NEX5617. Para números de grãos, a cultivar Feroz foi a única que diferiu das outras com o menor número. Giacomeli (2015) não observou variação do número de grãos por espiga e peso de 100 grãos em função dos fatores irrigação e uso de microcamalhão. A produtividade de grãos do milho está diretamente associada às variações no número de grãos por espiga, o qual dependerá das taxas de crescimento externadas pela cultura durante o florescimento (CANTARERO et al., 1999).

QUADRO 6. Resumo da análise de variância dos dados diâmetro de espiga (Die), comprimento de espiga (Com) e número de grãos por espiga (Ng), massa de 100 grãos (Mg) e produtividade (Pro)

FV	GL	2015				
		Quadrados médios				
		Die	Com	Ng	Mg	Pro
Cultivar (C)	5	39,2567*	7,5837*	10891,5*	26,685*	5056326*
Preparo (P)	1	0,8333	3,4347	151,656	17,927*	0,13647*
C x P	5	7,0167	1,9186	2131,78	2,1137*	1445289*
Resíduo	36	3,4431	1,7253	1756,73	0,789	311894,9
FV	GL	2106				
		Quadrados médios				
		Die	Com	Ng	Mg	Pro
Cultivar (C)	5	32,3208*	3,36190*	5815,54*	69,601*	8403359*
Preparo (P)	1	11,5110*	3,58613	7487,006	5,9618*	7464001*
C x P	5	0,98960	1,02153	766,2159	0,7572*	2657256*
Resíduo	36	1,43737	0,90697	1455,212	0,8599	57691,01

* Significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste F.

QUADRO 7. Diâmetro de espiga (mm), comprimento de espiga (cm) e número de grãos por espiga, da cultura do milho em função das cultivares, independente do sistema de semeadura. Itaporã-MS, 2015 e 2016

Cultivar	2015			2016		
	Diâm.	Comp.	N.Grãos	Diâm.	Comp.	N.Grãos
Defender	41,7 b	9,7 ab	343 a	46,49 a	9,26 a	320 a
Dow 2B604	43,4 b	11,6 a	388 a	42,88 bc	9,34 a	322 a
NEX5617	48,2 a	10,8 ab	382 a	43,49 b	8,31 ab	280 ab
Feroz	43,6 b	9,0 b	291 b	40,70 d	8,84 ab	263 b
Dow 2B210	44,1 b	9,1 b	380 a	41,45 cd	7,85 b	274 ab
AS1661	42,8 b	10,8 ab	344 a	42,76 bc	9,49 a	266 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

Na safra 2016 o diâmetro da cultivar Defender apresentou maior valor, diferindo das demais, entre os sistemas houve diferença significativa para os diâmetros tendo maior valores com camalhões. Comprimento e número de grãos que apresentaram diferença significativa entre as cultivares. AS1661 apresentou o maior comprimento de espiga, em relação as demais, já 2B210 estava entre os menores valores desde a safra 2015. Número de grãos apresentou diferença significativa entre as cultivares, Feroz e AS1661 apresentaram os menores números.

O número de grãos por espiga é resultado do número de fileiras de grãos na espiga e do número de grãos na fileira (comprimento da espiga). O número de fileiras de

grãos na espiga é, principalmente, determinado pelo genótipo, ou seja, a redução do número de grãos por espiga devido estresse hídrica deve-se, principalmente, ao decréscimo no comprimento da espiga e não à redução do número de fileiras de grãos (NIELSEN, 2007). O número de grãos por espiga também está associado à taxa de crescimento entre o pré e pós-pendoamento e à definição do número de óvulos (DIDONET et al., 2002), que é influenciado pelo ambiente.

Houve um período de déficit hídrico na safra 2016 (Figura 3). Esse déficit ocorreu no período crítico da planta (pendoamento-espigamento) e se manifesta, principalmente, nos componentes da produtividade, número de espigas por planta e o número de grãos por espiga (BERGAMASCHI et al., 2006). O nível de dano ocasionado à espiga depende da duração e da intensidade do estresse, sendo que em período de curta duração e elevada intensidade, o dano pode ocorrer em qualquer posição da espiga (MAGALHÃES e SOUZA, 2011). Segundo Magalhães et al. (2002), o número de fileiras por espiga é definido no estádio V8 que corresponde ao estádio vegetativo de plantas, dotadas de oito folhas. Logo, qualquer estresse que ocorra nesta etapa do desenvolvimento de plantas de milho, pode afetar negativamente a formação do número de fileiras por espiga.

Analisando massa de 100 grãos na safra 2015 com o sistema de semeadura em camalhões, as cultivares NEX5617 e AS1661 apresentaram as maiores massas de grãos diferindo das demais, enquanto 2B210 apresentou a menor (Quadro 8). Sem os camalhões as cultivares AS1661, NEX5617 e Feroz apresentaram as maiores massas de grãos não diferindo entre si.

QUADRO 8. Massa de 100 grãos (g) da cultura do milho, em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 e 2016

Cultivar	2015		2016	
	Com Camalhões	Sem Camalhões	Com Camalhões	Sem Camalhões
Defender	23,6 cdB	25,2 bA	28,3 bB	29,0 bA
Dow 2B604	23,5 cdA	23,4 cA	24,0 dA	23,6 eB
NEX5617	26,6 aA	27,8 aA	25,3 cB	26,4 cA
Feroz	24,6 bcB	26,8 aA	25,2 cB	25,9 cA
Dow 2B210	22,5 dA	22,5 cA	22,7 eB	24,0 dA
AS1661	25,4 abB	27,7 aA	30,5 aB	31,5 aA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

Entre os sistemas de semeadura, observou-se menores valores da massa de 100 grãos com o uso dos camalhões, para cultivares Defender, Feroz e AS1661. Para 2B604, NEX5671 e 2B210 não houve diferença entre os sistemas. Maass et al. (2016), trabalhando em um solo Gleissolo Háplico no Rio Grande do Sul, com híbridos simples não observaram variação na massa de grãos de milho cultivado com o uso de camalhões e irrigação, em áreas de arroz, diferindo dos resultados encontrados no trabalho.

Na safra 2016 a cultivar AS1661 apresentou a maior massa de grãos, diferindo das outras, em ambos sistemas de semeadura. Assim como aconteceu na safra 2015, houve diferença significativa na interação sistemas de semeadura e cultivares para massa de grãos, com os menores valores apresentados com os camalhões. A única cultivar que apresentou melhor massa com os camalhões, entre os sistemas, foi 2B604. A massa do grão é o componente menos afetado por práticas de manejo e variações ambientais (BORRÁS e OTEGUI, 2001). Entretanto, segundo Sangoi et al. (2010), com restrições hídricas severas e, consequentemente, com redução no aparato fotossintético da planta e na capacidade de remobilização dos fotoassimilados no subperíodo de enchimento de grão, a massa do grão formado na espiga é reduzido.

Vieira Junior e Dourado Neto (2008), salientam que a massa de grãos é dependente do tamanho e da duração de funcionamento do aparelho fotossintético, bem como, da eficiência de translocação de fotoassimilados, do período de enchimento dos grãos e das condições edafoclimáticas durante o desenvolvimento da planta. Neste sentido, o alagamento do solo modifica o balanço hormonal da planta de forma que em situações de excesso de água no sistema radicular reduz a difusão do etileno para fora das células, aumentando a concentração endógena e resultando na senescência e queda de folhas diminuindo a eficiência de translocação (YIN et al., 2009).

A cultivar que apresentou maior produtividade nas duas safras, com os camalhões foi a AS1661, diferindo de todas as outras, mostrando boa adaptação a esse ambiente gerado pelo sistema com camalhões (Quadro 9). AS1661 é um híbrido simples com alto potencial produtivo, mas com exigências na fertilidade e qualidade física do solo para poder expressar seu potencial, com o ambiente favorável gerado pelo sistema de camalhões, como drenagem mais rápida, descompactação do solo e outros benefícios, teve condições para expressar seu maior potencial. Por outro lado, a Feroz é um híbrido duplo com potencial produtivo menor, porém mais rustico e não conseguiu expressar seu potencial produtivo nesse ambiente.

QUADRO 9. Produtividade da cultura do milho em função das cultivares e dos sistemas de cultivo com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2015 e 2016

Cultivar	2015		2016	
	Com Camalhões	Sem Camalhões	Com Camalhões	Sem Camalhões
Defender	5.548 bcA	4.478 cdB	6376 bA	5221 aB
Dow 2B604	5.984 bcA	4.400 cdB	4919 cB	5338 aA
NEX5617	5.668 bcA	3.895 dB	4438 dA	4665 bA
Feroz	4.852 cA	5.134 bcA	3371 eA	3168 cA
Dow 2B210	6.476 bA	6.065 abA	4892 cA	3474 cB
AS1661	7.630 aA	5.788 abB	7268 aA	4668 bB

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade.

A adaptação da cultivar ao ambiente de desenvolvimento, ou seja, às condições edafoclimáticas locais, tem grande importância na produtividade de grãos, pois pode interferir em 50% da produtividade final (CRUZ et al., 2004). Os híbridos, simples são potencialmente mais produtivos em relação aos híbridos triplos, duplos e variedades de polinização aberta, desde que o manejo seja adequado (MIRANDA FILHO e VIEGAS, 1987). A magnitude da diferença de produtividade entre híbridos e variedades de polinização aberta aumenta com o incremento no nível de manejo (SILVA et al., 2004).

Na safra 2015, sem os camalhões a cultivar 2B210 apresentou maior produtividade não diferindo da AS1661. A cultivar Feroz que com o sistema de camalhões apresentou a menor produtividade, sem o camalhão não diferiu da AS1661 que foi a segunda melhor em produtividade, isso mostra que sua rusticidade manteve sua produtividade nesse sistema.

Analisando a produtividade obtida nos dois sistemas de semeadura, observou que as cultivares Defender, 2B604, NEX5617 e AS1661 apresentaram maiores produtividades com o uso de camalhões. Isso demonstra melhor adaptação ao ambiente gerado com o uso de camalhões, devido maior eficiência na drenagem de água no solo e redução no período de baixo teor de oxigênio, causado pelo excesso hídrico na região das raízes. As cultivares 2B210 e Feroz tiveram produtividades semelhantes, não sendo influenciadas pelos dois sistemas de cultivo. AS1661 teve sua produtividade reduzida sem o sistema em camalhões, enquanto a 2B210 teve menor redução na produtividade.

Durante o alagamento do solo, a fixação do carbono pelo processo fotossintético é afetada negativamente, devido a menor difusão de oxigênio e a redução das trocas gasosas entre o sistema de raízes e os espaços porosos onde as mesmas se

desenvolvem (MAGALHÃES e SOUZA, 2011), resultando na diminuição na produção de ATP e no inadequado desenvolvimento vegetal (HORCHANI et al., 2008).

Houve aumento da produtividade média de 34% maior com o uso dos camalhões, justificando sua construção. Gollo (2016), obteve resultados semelhantes, onde a utilização de camalhões proporcionou incremento de aproximadamente 27% na produtividade de grãos quando comparado ao sistema sem a utilização de camalhões. Segundo esse autor, os resultados estão relacionados principalmente, à melhor drenagem superficial da área, uma vez que ocorreram períodos de excesso hídrico no solo.

Giacomeli (2015), trabalhando com diferentes formas de implantação de milho em solos de várzea, concluiu que a produtividade de grãos aumenta em 20 a 25% quando a semeadura de milho é realizada sobre microcamalhão. As maiores produtividades de grãos foram obtidas nesse sistema devido a maior mobilização do solo que está relacionada à redução da resistência a penetração, ao aumento da macroporosidade na região de maior concentração do sistema radicular, à maior profundidade e à melhor distribuição do sistema radicular. Desta forma, a cultura apresentou menores restrições ocasionadas por estresses por deficiência ou excesso hídrico.

Na safra 2016, analisando a produtividade das cultivares dentro de cada sistema de semeadura, com camalhões a cultivar Defender teve melhor adaptação ao ambiente, melhorando significativamente sua produtividade (13% maior), ficando como a segunda melhor. Uma queda expressiva na produtividade foi observada na cultivar 2B210 comparada a safra 2015 (24,5% menor), mostrando menor adaptação aos estresses sofridos nessa safra. Novamente, a menor produtividade ficou com a cultivar Feroz, que também diferiu de todas as outras cultivares.

Sem os camalhões, as cultivares Defender e 2B604 apresentaram as maiores produtividades não diferindo estatisticamente. Esse resultado foi diferente de todos apresentados até agora, mostrando que essas cultivares tiveram melhor adaptação a esse ambiente quando o volume de chuva foi menor. Provavelmente, devido a menor concentração de chuvas, o que deve ter afetado as produtividades foi o estresse por falta de água. As menores produtividades foram apresentadas pelas Feroz e 2B210. A cultivar AS1661 apresentou sua menor produtividade nesse ambiente em todo o trabalho.

As cultivares Defender, 2B210 e AS1661 apresentaram diferenças significativas entre os sistemas, tendo maior produtividade com o uso dos camalhões. A

maior diferença foi apresentada pela AS1661, com 36% de incremento com o sistema, mostrando sua adaptação e alto potencial produtivo com camalhões.

O acréscimo na produtividade relaciona-se, principalmente, à melhoria da drenagem do terreno nesse sistema, pois, durante os estádios vegetativos da cultura ocorreram precipitações com elevados volumes resultando em excesso de água no solo, e consequentemente, no sistema radicular das plantas, fazendo com que as plantas cultivadas sem camalhões sofressem influência mais severa do excesso hídrico, devido à drenagem deficiente do solo hidromórfico da área. Estes resultados corroboram com os obtidos por Zaidi et al. (2010), onde observaram que o crescimento, desenvolvimento e produtidade do milho são comprometidos quando ocorrem períodos de excesso de água no solo, devido a redução da oxigenação na zona radicular das plantas.

A cultivar 2B604 foi a única que apresentou diferença significativa com maior produtividade no sistema sem camalhões. Na safra anterior a mesma apresentou diferença mas com maior produtividade com os camalhões. Essa cultivar é altamente responsiva a irrigação e exigente em maior quantidade de chuva acumulada, como em 2016 as chuvas foram menores e o sistema de semeadura sem camalhões apresenta uma drenagem mais lenta e maior período de permanência de umidade no solo, essa cultivar teve expressão do potencial produtivo.

As médias de produtividade dos dois sistemas foram maiores na safra 2015, onde com uso dos camalhões a média foi de 6.026 kg ha^{-1} e sem 4.960 kg ha^{-1}, enquanto na safra 2016 foi de 5.211 kg ha^{-1} e 4.422 kg ha^{-1}, respectivamente. Devido a melhor distribuição de chuvas ocorrido na primeira safra, tendo assim proporcionado melhor ambiente para o desenvolvimento e menor estresse tanto pelo excesso quanto déficit hídrico.

Segundo Bengough et al., (2006) a maior produtividade de grãos e os melhores resultados das demais variáveis da cultura do milho nos tratamentos com camalhões são resultantes da maior macroporosidade, redução da resistência a penetração e aumentou o espaço aéreo do solo, o tempo em que a planta fica sob estresse é determinante na restrição ao desenvolvimento. Dessa forma os camalhões proporcionaram menores períodos de estresses para as raízes da cultura.

Com o sistema de camalhões a média de produtividade foi 16,5% maior que sem o sistema. Com os camalhões torna-se a forma de implantação com menores riscos à cultura pois, além de facilitar a drenagem da área, melhora os parâmetros físicos do solo no ambiente radicular e viabiliza a irrigação por sulcos, caso necessário, visto que o

sistema de irrigação por superfície para a cultura do arroz encontra-se estruturado nessas áreas (GIACOMELI, 2015). Resultados encontrados por Sartori et al. (2016) evidenciam a melhoria de características físicas do solo no sistema de implantação em camalhões para soja e milho.

É possível obter alto rendimento do milho no tratamento irrigado e com microcamalhão. Rodrigues (2015), obteve médias superiores a 11.000 kg ha^{-1} primeiro e ano 13.000 kg ha^{-1} no segundo. Nesse trabalho no segundo ano (2014/2015) não ocorreu precipitações de volume e distribuição adequada, e por consequência ocorreu decréscimo de mais de 50% no rendimento do milho com valores inferiores a 3.000 kg ha^{-1} nos tratamentos não irrigados. Mostrando a importância da utilização da irrigação que é um recurso presente nas áreas de rotação com arroz irrigado (RODRIGUES, 2015).

Dever ser ressaltado que a camalhoeira demanda maior consumo de combustível e maior demanda de potência do trator (MION e BENEZ, 2008). Assim, na escolha do sistema de implantação deve ser considerado o retorno econômico.

CONCLUSÕES

1. Com a adoção do sistema de semeadura em camalhões houve incremento na produção da cultura do milho, com maior produtividade da cultivar AS1661.

2. Nas duas safras, as produtividades foram maiores com o uso do sistema de semeadura em camalhões, mostrando que é viável a construção dos sistemas de camalhões para a cultura do milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, H.; WILLIAMS, L.J. Newman-Keuls Test and Tukey Test. In: SALKIND, N. **Encyclopedia of research design**. Thousand Oaks: Sage. 2010. 1-11p.

ALI, M. Effect of water stresses on the growth features of diferente maize (*Zea mays* L.) cultivars. **Pakistan Journal of Botany**, v.31, n.2, p.455-460, 1999.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ALVES, J.D.; MAGALHÃES, M.M.; GOULART, P.F.P.; DANTAS, B.F.; GOUVÊA, J.A.; PURCINO, R.P.; MAGALHÃES, P.C.; FRIES, D.D.; LIVRAMENTO, D.E.; MEYER, L.E.; SEIFFERT, M.; SILVEIRA, T. Mecanismos de tolerância da variedade

de milho 'Saracura' (BRS 4154) ao encharcamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, p.33-40, 2002.

BENGOUGH, A.G.; BRANSBY, M.F.; HANS J.; MCKENNA, S.J.; ROBERTS, T.J.; VALENTINE, T.A. Root responses to soil physical conditions; growth dynamics from field to cell. **Journal of Experimental Botany**, v.57, p.437-447, 2006.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J.I.; MULLER, A.G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A.O.; RADIN, B.; BIANCHI, C.A.M.; PEREIRA, P.G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.2, p.243-249, 2006.

BONOW, J.F.L.; THEISEB, G.; XAVIER, F.M. **Milho cultivado em terras baixas em sistema de camalhões de base larga: resultados de seis safras.** 58ª Reunião Técnica Anual do Milho. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013.

BORRÁS, L.; OTEGUI, M.E. Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. **Crop Science**, Madison, v.41, p.1816-1822, 2001.

CANCELLIER, L.; AFFÉRRI, F.S.; DE CARVALHO, E.V.; DOTTO, M.A.; LEÃO, F.F. Eficiência no uso de nitrogênio e correlação fenotípica em populações tropicais de milho no Tocantins. **Revista Ciência Agronomica,** v.42, n.1, p.139-148, 2011.

CANTARERO, M.G.; CIRILO, A.G.; ANDRADE, F.H. Night temperature at sinking affects kernel set in Maize. **Crop Science**, Madison, v.39, p.703-710, 1999.

CARVALHO, C.J.R.; ISHIDA, F.Y. Respostas de pupunheiras (*Bactris gasipaeskunth*) jovens ao alagamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.9, p.1231-1297, 2002.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos safra 2016/2017.** Disponível em <http://www.conab.gov.br/ conabweb/download/safra>. Acesso em: 12 de setembro 2017.

CRUZ, J.C; CORRÊA, L.A.; PERREIRA FILHO, I.A.; PEREIRA, F.T.F.; GUISCEM, J.M.; VERSIANI, R.P. Semente certa. **Cultivar**, Pelotas, v.6, n.65, p.26-35, 2004.

DIDONET, A.D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J.L.; IDE, F. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.933-938, 2002.

DREW, M.C. Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia. **Annual Review of Plant Physiology Plant Molecular Biology,** v.48, p.223-250, 1997

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de Produção**, 5ªed., 2009, p.53.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa. **Necessidade de Irrigação Complementar do Milho Safrinha na Região Sul de Mato Grosso do Sul.** Dourados, 2016. (EMBRAPA. Circular Técnico 39).

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Clima MS: banco de dados**. Dourados, (2017). Disponível em: <http://www.cpao.embrapa.br/clima/> Acesso em: 17 ago. 2017.

EUCLYDES, R.F. **Sistema para Análises Estatísticas - SAEG**. versão 9.1. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes, 2007. 59p.

FERRER, J.L.R. **O cálcio na tolerância do milho (Zea mays L.) "Saracura" BRS-4154 ao alagamento do solo em condições de campo e casa de vegetação**. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

FERREIRA, J.L.; MAGALHÃES, P.C.: BORÉM, A. Avaliação de três avaliação de três características fisiológicas características fisiológicas em 4 ciclos de seleção no cultivar de milho BRS-4154 sob solo encharcado. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.32, n.6, p.1719-1723, 2008.

FIGUEIREDO, M.L.C.; MARTINS-DIAS, A.M.P.; CRUZ, I. Relação entre a lagarta-do-cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.12, p.1693-1698, 2006.

FORSTHOFER, E.L.; SILVA, P.R.F.; STRIEDER, M.L.; MINETTO, T.; RAMBO, L.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SUHRE, E.; SILVA, A.A. Desempenho agronômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.399-407, 2006.

GIACOMELI, R. **Sistemas de implantação de milho em Planossolos do Rio Grande do Sul.** (Dissertação de Mestrado). Santa Maria. RS. Universidade Federal de Santa Maria. 2015.

GOLLO, E.A. **Sistema de implantação e irrigação por superfície para o cultivo de milho em áreas de arroz irrigado**. (Dissertação de Mestrado). Santa Maria. RS. Universidade Federal de Santa Maria. 2016.

GUNAWARDENA, A.H.L.A.N. Programmed cell death and tissue remodelling in plants. **Journal of Experimental Botany**, v.59, p.445-451, 2008.

HORCHANI, F.; GALLUSCI, P.; BALDET, P. Prolonged root hypoxia induces ammonium accumulation and decreases the nutritional quality of tomato fruits Journal of plant physiology. **Journal of Plant Physiology**, v.165, p.1352-1359, 2008.

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, p.291-299, 2001.

LONE, A.A.; WARSI, M.Z.K. Response of maize (Zea mays L.) to excess soil moisture (ESM) tolerance at different stages of life cycle. **Botany Research International**, v.2, p.211-217, 2009.

MAASS, M.B. **Desempenho agronômico de híbridos de milho cultivados num Gleissolo em função do método de irrigação.** (Dissertação de Mestrado). Porto Alegre, RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2016.

MACHADO NETO, N.B.; SATURNINO, S.M.; BOMFIM, D.C.; CUSTÓDIO, C.C. Water stress induced by manitol and sodium chloride in soybean cultivars. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n.4, p.521-529, 2004.

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

MAGALHÃES, P.C.; SOUZA, T.C. **Cultivo do Milho: Ecofisiologia**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 8ªed. 2011. p.22.

MION, R.L.; BENEZ, S.H. Esforços em ferramentas rompedoras de solo de semeadoras de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia.** v.32, p.1594, 2008.

MIRANDA FILHO, J.B.; VIÉGAS, G.P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. **Melhoramento e produção do milho**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, v.1, p.277-326. 1987.

MUKHTAR, S.; BAKER, J.L.; KANWAR, R.S. Com growth as affected by excessiva soil water. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.33, n.2, p.437-442. 1990.

NIELSEN, R.L. A fast & accurate pregnancy test for corn. **Corny News Network.** Purdue University, IN., 2007. p.12.

PEREIRA, J.L.A.R; PINHO, R.G.V.; BORGES, I.D.; PEREIRA, A.M.A.R.; LIMA, T.G. Cultivares, doses de fertilizantes e densidades de semeadura no cultivo de milho safrinha. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.3, p.676-683, 2009.

PINTO, L.F.S.; LAUS NETO, J.A.; PAULETTO, E.A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR.; A.M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil.** Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.75-95.

RODRIGUES, J.F.; **Manejo da água na cultura do milho em gleissolo háplico distrófico típico**. (Dissertação de Mestrado). Porto Alegre, RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2015.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; SILVA, P.R.F.; HORN, D.; SCHIMITT, A.; SCHWEITZER, C.; MOTTER, F. Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.747-755, maio 2006.

SARTORI, G.M.S. **Sistemas de implantação de soja em áreas de arroz irrigado e efeitos em atributos físicos do solo e em características agronômicas e fisiológicas da planta.** (Dissertação Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2016.

SEMENTES ROOS, 2015 – **Soja**. Disponível em: <http://sementesroos.com.br/tipo/soja/>. Acesso em 28 de outubro de 2016.

SHAH, N.A.; SRIVASTAVA, J.P.; SILVA, J.A.T.; SHAHI, J.P. Morphological and Yield Responses of Maize (Zea mays L.) Genotypes Subjected to Root Zone Excess Soil Moisture Stress. **Plant Stress**, v.5, n.1, p.24-25, 2011.

SILVA, C.A.S.; PARFITT, J.M.B. **Drenagem Superficial para diversificação do Uso dos Solos de Várzea do Rio Grande do Sul.** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2004, 10p. (Circular Técnica, 40).

SILVA, C.A.S.; PARFITT, J.M.B.; THIESEN, G.; SILVA, J.J.C.; POHLMANN, N. F.; CARVALHO, E.N.; SEGABINAZI, D.R**. Sistema sulco/camalhão para irrigação e drenagem em áreas de várzea**. Comunicado técnico. Pelotas, RS. Dezembro, 2007.

THEISEN, G.; SILVA, J. J. C.; ANDRES, A. **Produção de Milho em Terras Baixas: Síntese de Três Anos de Estudos com Plantio Direto em Camalhões de Base Larga**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 17p.

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; SMITH, R. E. B. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v.104, n.2, p.199-209, 2005.

VASELLATI, V.; OESTERHELD, M.; MEDAN, D.; LORETI, J. Effects of flooding and drought on the anatomy of *Paspalum dilatatum*. **Annals of Botany**, v.88, p.355-360, 2001.

VIEIRA JUNIOR, P.A.; DOURADO NETO, D. Milho. In: CASTRO, P.R.C., KLUGE, R.A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos.** 1ª ed. Piracicaba, Ceres. p.130-156. 2008.

VISSER, E.J.W.; VOESENEK, L.A.C.J.; VARTAPETIAN, B.B.; JACKSON, M.B. Flooding and plant growth. **Annals of Botany**, Oxford, v.91, n.2, p.107-109, 2003.

ZAIDI, P.H.; YADAV, P.; SINGH, A.K.; SULTANA, R.; DUREJA, P.; SINGH, R.P.; SRINIVASAN, G. Stress-adaptive changes in tropical maize (Zea mays l.) under excessive soil moisture stress. **Maydica**, v.52, p.159-173, 2007.

ZAIDI, P.H.; MANISELVAN, P.; SRIVASTAVA, A.; YADAV, P.; SINGH, R.P. Genetic analysis of water-logging tolerance in tropical maize (*Zea mays* l.). **Maydica**, v.55, p.17-26, 2010.

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, p.87-93, 2009.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Analisando todos os resultados obtidos com o uso dos camalhões, conclui-se que a sucessão soja/milho é promissora e viável em áreas de várzea, compondo uma rotação de culturas com o arroz irrigado.

Com o uso do sistema de semeadura em camalhões na sucessão soja/milho obtêm maiores produtividades e melhor desenvolvimento da cultura, e as cultivares expressaram mais seu potencial produtivo, mostrando sua importância na estabilidade e segurança da produção.