

AVANÇOS TECNOLÓGICOS NO MANEJO DO SOLO E DA ÁGUA VISANDO O CULTIVO DE SOJA EM ROTAÇÃO AO ARROZ IRRIGADO

José Maria Barbat Parfitt¹; Walkyria Bueno Scivittaro²; Maria Laura Turino Mattos²;
Antony Severo Winkler³; Gustavo Mack Teló⁴

Palavras-chave: drenagem superficial, irrigação, várzea, sistematização.

INTRODUÇÃO

As áreas de terras baixas no Sul do Brasil situam-se, majoritariamente, no Rio Grande do Sul, onde ocupam aproximadamente 5,4 milhões de hectares. Os solos mais comumente encontrados nesse ambiente são Planossolos e Gleissolos, que apresentam como característica marcante a drenagem deficiente (PINTO et al., 2004), condição que favorece o cultivo de arroz no sistema irrigado por inundação contínua.

Anualmente, cultivam-se nas terras baixas do Rio Grande do Sul cerca de 1,1 milhão de hectares com arroz, contribuindo com mais de 60% da produção nacional do cereal (IBGE, 2015). Tradicionalmente, o restante da área é utilizado com pecuária de corte extensiva, atividade que, em geral, apresenta níveis baixos de produtividade.

Nos últimos anos, porém, cresceu consideravelmente o cultivo de soja em rotação ao arroz irrigado, ocupando, na safra 2013/2014, área próxima a 300 mil hectares (IRGA, 2014). Essa área ainda é relativamente pequena, considerando-se o potencial e a disponibilidade de terras baixas no Estado. A expansão no cultivo de soja em terras baixas deve-se ao aumento do potencial produtivo da cultura e, particularmente, ao cenário favorável de valorização da oleaginosa no mercado internacional. O cultivo de soja em rotação ao arroz irrigado em terras baixas vai além dos benefícios econômicos, destacando-se a melhoria no controle de plantas daninhas, pela utilização de herbicidas não seletivos, como o glifosato, a interrupção no ciclo de pragas e doenças, a possibilidade de implantação do arroz em sistema plantio direto e a incorporação de nitrogênio (N) ao sistema, pela fixação biológica de N₂. Da mesma forma, a cultura do milho apresenta potencial considerável de inserção nesse sistema de produção, dado ao alto potencial de produtividade, sob manejo adequado, representando, pois, uma possibilidade de redução na dependência de importação do cereal no Rio Grande do Sul (SILVA et al., 2013).

Muito embora nos últimos anos tenham sido disponibilizadas no mercado cultivares de soja com potencial produtivo elevado e mais adaptadas ao ambiente de terras baixas, a produção sustentável dessa oleaginosa e de outras espécies de sequeiro ainda requer avanços tecnológicos, especialmente no que se refere ao manejo do solo e da água, com destaque para o estabelecimento de sistema de drenagem superficial mais eficiente, a melhoria de atributos físicos do solo, a correção da fertilidade do solo e o incremento na fixação biológica de nitrogênio (N). Em algumas regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul, há necessidade, também, de adoção de irrigação por superfície, pelas técnicas de sulco/camalhão ou de aspersão.

Nesse sentido, o presente texto tem por objetivo apresentar e discutir avanços tecnológicos relacionados ao manejo do solo e da água para o cultivo de soja e outras espécies de sequeiro em rotação ao arroz irrigado no agroecossistema de terras baixas no Sul do Brasil. Reúne informações consolidadas sobre o tema geradas ao longo de mais de

¹Engenheiro Agrícola, Dr., Embrapa Clima Temperado, jose.parfitt@embrapa.br

²Engenheira Agrônoma, Dra., Embrapa Clima Temperado.

³Engenheiro Agrícola, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Manejo do Solo e da Água da UFPel.

⁴Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador Visitante, CAPES/Embrapa Clima Temperado.

duas décadas de pesquisas, realizadas pela Embrapa Clima Temperado em colaboração com instituições parceiras.

TÓPICOS

A seguir serão abordados os principais aspectos relacionados ao manejo do solo e da água para a inserção de soja em rotação ao arroz irrigado, em terras baixas no Rio Grande do Sul.

1. Fertilidade do solo

Na atualidade, o manejo fertilidade do solo visa suprir as demandas nutricionais do sistema de produção, desta forma as práticas de correção e adubação do solo devem ser estabelecidas considerando-se, preponderantemente, o conjunto de culturas, ao invés dessas individualmente.

Os principais componentes do sistema de produção de grãos em terras baixas são as culturas de arroz irrigado e soja. Estas requerem manejos distintos quanto à fertilidade solo e adubação, uma vez que a condição de solo inundado, estabelecida durante o período de cultivo do arroz, promove transformações físicas, químicas, eletroquímicas e biológicas no solo (SOUSA et al., 2006), alterando a disponibilidade e o equilíbrio de nutrientes e a reação do solo.

As alterações decorrentes da inundação do solo têm influência direta sobre a resposta do arroz à calagem e às adubações fosfatada e potássica, especialmente, que é menor do que a de culturas de sequeiro produzidas nas mesmas condições de solo. Em decorrência, o aporte de fertilizantes e corretivos para o arroz normalmente é menor que aquele recomendado para a soja. Tal fato, associado à fertilidade moderada a baixa dos solos arroseiros do Rio Grande do Sul (ANGHINONI et al., 2004), tornam a adequação do manejo adubação e calagem essencial para suprir a demanda nutricional dessas culturas, possibilitando-lhes alcançar rendimentos satisfatórios.

O manejo da adubação e calagem para a soja em terras baixas deve basear-se no diagnóstico da fertilidade do solo e nas exigências nutricionais da cultura inserida em sistemas de produção envolvendo rotações e sucessões de culturas.

A análise química do solo constitui-se no principal instrumento de diagnóstico da fertilidade do solo, indicando a disponibilidade de nutrientes e a presença de elementos tóxicos às plantas, devendo ser utilizada no estabelecimento de indicações de adubação e calagem.

Com relação à exigência nutricional da soja, esta varia entre cultivares e com o potencial de produtividade da cultura, o qual depende da adequação dos fatores de produção. Desta forma, lavouras com maiores potencial produtivo demandam maior aporte de nutrientes, relativamente às menos produtivas.

Em síntese, as indicações de adubação e calagem para a cultura da soja em rotação ao arroz irrigado requerem o monitoramento da fertilidade do solo, através da análise química, que deve ser realizada, pelo menos, a cada dois cultivos, visto que as indicações de adubação fosfatada e potássica para essa cultura preveem dois níveis, para o primeiro e segundo cultivos, os quais são decrescentes, por considerarem o efeito residual da adubação do primeiro cultivo. Este procedimento não é válido, porém, quando a cultura suceder imediatamente ao arroz irrigado, em razão desta receber um aporte limitado de fósforo (P) e potássio (K). Neste caso, as recomendações desses nutrientes para a soja devem corresponder àquelas indicadas para o primeiro cultivo.

Para fins práticos, o manejo da fertilidade do solo e as recomendações de adubação e de calagem para a soja em terras baixas deve fundamentar-se nas indicações do Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SOCIEDADE, 2004) e nas indicações técnicas para o cultivo de soja no Rio grande do Sul (OLIVEIRA; ROSA, 2014), cujo conteúdo deve ser utilizado de forma complementar.

2. Fixação biológica de nitrogênio

Entre os fatores limitantes para o cultivo de soja, com a tecnologia de fixação biológica do nitrogênio (FBN) em terras baixas, destaca-se a drenagem natural deficiente dos solos, motivada pelo relevo predominantemente plano, e a ocorrência de frequentes períodos de estiagem, provocando alternância entre o excesso e o déficit hídrico no solo.

A fixação biológica de nitrogênio insere-se no Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), demandando novos desafios para a pesquisa, incluindo a avaliação de resposta para a interação entre genótipos de soja adaptados ao ambiente e estirpes de rizóbios efetivas na FBN.

Em áreas de terras baixas não previamente cultivadas com soja e, portanto, que não possuem população estabelecida de rizóbios, bem como em áreas que tenham sido cultivadas com a oleaginosa e recebido inoculante, a população de rizóbios pode ser baixa ou pouco eficiente. Quatro estirpes de *Bradyrhizobium*, registradas no MAPA (SEMIA 5019, SEMIA 587, SEMIA 5079, SEMIA 5080) são recomendadas para a cultura da soja no Sul do Brasil. Essas estirpes, há muitos anos, vêm sendo utilizadas na composição de inoculantes comerciais, porém, até então, não foram avaliadas quanto à sua efetividade para a cultura da soja no ambiente de terras baixas, exposto a estresses hídricos e térmicos no solo. Mattos e Oliveira (2014) avaliaram a efetividade de estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* na nodulação de soja cultivada em rotação ao arroz irrigado no Rio Grande do Sul, constatando a sobrevivência das estirpes avaliadas frente à saturação do solo e aos estresses hídrico e térmico, bem como a efetividade das estirpes de *B. japonicum* "SEMIA 5080" e *B. elkanii* "SEMIA 5019" para a nodulação da cultivar de soja BRS Charrua RR.

Em termos de produtividade, a cultivar de soja NA 5909 RG submetida a estresse por excesso de água em terras baixas demonstrou retorno econômico da inoculação de sementes com produto comercial líquido composto por *B. japonicum* SEMIA 5079 e SEMIA 5080 e aditivos protetores de bactérias, com dois dias de pré-tratamento, sendo de 54 sacos/ha, ou seja, nove sacos a mais relativamente à ausência de inoculação. A alta concentração de células de SEMIA 5079 e SEMIA 5080 e a sua proteção em formulações comerciais resultam em melhoria na aderência do produto e estimula a multiplicação de bactérias, consequentemente, maximizando a sobrevivência e eficiência no estabelecimento da simbiose frente aos efeitos dos estresses hídricos verificados pré e pós-emergência da soja (MATTOS et al., 2015).

Outro aspecto importante quanto à tecnologia de FBN em soja cultivada em terras baixas é que essa pode ser prejudicada pela presença de agrotóxicos no solo. Há evidência de persistência no solo de herbicidas que vêm sendo usados em larga escala em arrozais irrigados no Rio Grande do Sul, inclusive em áreas com histórico de cultivo de soja em rotação ao arroz, onde o uso de inoculantes contendo bactérias fixadoras de nitrogênio é rentável ao produtor (MATTOS et al., 2013). Há também a preocupação com os tratamentos de sementes com fungicidas e inseticidas, visto que os rizóbios são sensíveis, indicando que devem ser usados com cautela e com base em informações de estudos toxicológicos realizados pela pesquisa.

Adicionalmente, em condições edafoclimáticas específicas como as terras baixas, há necessidade de avaliar continuamente o desempenho de genótipos de soja em interação com as estirpes recomendadas pelo MAPA e novas estirpes que serão liberadas especificamente para essa condição de cultivo, bem como de tecnologias de aplicação de inoculantes já consagradas para a soja em outros ambientes. Esse esforço da pesquisa possibilitará o estabelecimento de sistemas de produção sustentáveis com a contribuição da FBN e eliminação do uso de nitrogênio, visando à consolidação de uma agricultura de baixa emissão de carbono.

3. Problemas físicos e compactação do solo

Os solos de terras baixas apresentam restrições quanto à aeração, decorrente da baixa relação entre macro e microporos, que é prejudicial ao desenvolvimento adequado do

sistema radicular de espécies de sequeiro, como a soja. Essa condição natural é agravada por características do preparo adotado para o cultivo de arroz irrigado, que é superficial e envolve um número elevado de operações agrícolas. Ademais, a colheita do arroz, normalmente realizada em solo com alto teor de umidade, contribui para a compactação do solo.

A compactação do solo caracteriza-se pela formação de uma camada com maior densidade, confinando as raízes em um volume menor de solo e, portanto, restringindo seu desenvolvimento. Em decorrência, como as plantas dependem da água e nutrientes disponíveis no solo para se manter, em solo compactado, pela menor disponibilidade tornam-se mais suscetíveis às variações climáticas.

Diversos estudos indicam benefícios de operações para a descompactação do solo, como a escarificação, sobre a produtividade de grãos de soja cultivada em terras baixas (MARCHESAN, 2013). A partir dessa constatação, pode-se inferir que é recomendável realizar a escarificação do solo sempre que for determinada resistência à penetração igual ou superior a 2,5 Mpa nos 25 cm superficiais. No entanto, é importante ressaltar que a escarificação realizada em profundidade superior a 25 cm não é recomendada, por afetar a capacidade de sustentação do solo em operações com máquinas agrícolas.

A compactação da camada superficial do solo também pode ser causada pelo revolvimento decorrente de operações agrícolas, ou ainda, pelo uso das áreas com pastejo intensivo durante o período de outono/inverno. Para amenizar esta situação, indica-se o uso de semeadeira munida de hastes sulcadoras (facão) ou de discos turbos (ondulado), que propiciam a descompactação da camada superficial e melhora o acomodamento das sementes.

4) Manejo da água

Este tópico inclui todas as tecnologias que, direta ou indiretamente, visam amenizar os problemas decorrentes do excesso ou deficiência hídrica para a soja cultivada em rotação ao arroz irrigado, os quais são extremamente relevantes no ambiente de terras baixas. Estes incluem questões relacionadas à drenagem, sistematização e irrigação.

De forma geral, como os solos das terras baixas do Sul do Brasil apresentam baixa condutividade hidráulica, a configuração da superfície do terreno assume grande importância, uma vez que define a necessidade de sistematização e a forma de ser realizada, bem como os projetos de irrigação e de drenagem para as culturas de sequeiro, como a soja. Nesse sentido, uma ferramenta básica e inovadora para o sistema de produção é a obtenção do modelo digital de elevação do terreno (MDE), obtido com *Global Position System* (GPS) e base *Real Time Kinematic* (RTK). A partir do MDE, definem-se o projeto de sistematização em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), permitindo avaliar o sistema de drenagem natural do terreno e inferir sobre a melhor forma de gestão da água na área.

A tecnologia de GPS com base RTK já se encontra disponível, devendo popularizar-se nos próximos anos para fins agrícolas. Sua aplicação após a obtenção do MDE de áreas, na drenagem, sistematização e irrigação será abordada na sequência.

4.1. Drenagem

A má drenagem no ambiente de terras baixas deve-se, basicamente, a dois fatores: a baixa condutividade hidráulica do solo e o relevo predominantemente plano. Em decorrência, o estabelecimento de sistema de drenagem superficial é a única forma viável de melhorar o escoamento de água.

De maneira geral, a macrodrenagem superficial já existe nas áreas cultivadas com arroz, sendo utilizada por essa lavoura. Entretanto, para o cultivo de soja, é necessário, ainda, estabelecer ou melhorar a microdrenagem superficial, ou seja, no interior dos talhões de cultivo. A melhoria da microdrenagem superficial, visando atender a todo o sistema de produção, requer a uniformização (sistematização) da superfície do terreno e a demarcação adequada de drenos coletores do escoamento superficial de água, especialmente após

chuvas intensas. Uma boa condição de drenagem implica em rápida eliminação da maior parte da água acumulada na superfície do terreno.

A alocação e construção de pequenos drenos deve ser realizada sempre que o solo for preparado, ou seja, após os cultivos de arroz, quando operações de preparo são necessárias para corrigir imperfeições decorrentes da colheita mecanizada em solo com conteúdo alto de água. Para que os drenos superficiais sejam eficientes, é requerida a alocação correta na lavoura, o que muitas vezes não é possível, em razão de, no momento da execução, o terreno encontrar-se seco, sendo sua localização definida visualmente pelo operador de máquinas. Poucos drenos bem localizados são mais eficientes que vários definidos sem base técnica.

Estudos recentes realizados pela Embrapa Clima Temperado geraram um método de alocação de drenos baseado no MDE. Esse permite que a alocação seja feita de forma automatizada, utilizando-se trator dotado de GPS e piloto automático (WINKLER et al., 2013). O método requer que o MDE da área apresente precisão elevada, isto é, seja estabelecido com mais de 1000 pontos por hectare, possibilitando a identificação das linhas de fluxo de drenagem natural. Tais linhas representam os drenos no campo. A decisão sobre o número de drenos utilizado cabe ao técnico que está elaborando o projeto, requerendo, portanto, boa experiência de campo. Uma vez realizado o projeto, este poderá ser utilizado quantas vezes forem necessárias, desde que a superfície do solo mantenha-se inalterada.

O método descrito ainda requer aprimoramento para que, além da perfeita alocação (x, y), seja possível controlar a profundidade do dreno (z), garantindo o escoamento integral da água de zonas encharcadas ou com deposição de água em superfície. O método atualmente disponível prevê o estabelecimento de projeto com a demarcação de pontos de controle com profundidade mínima de dreno para garantir drenagem eficiente.

4.2. Sistematização

Sistematização é o processo da adequação da superfície natural do terreno com a finalidade de transformá-la em um plano, com ou sem declividade, ou ainda, em um superfície curva organizada (PARFITT et al., 2004). As áreas sistematizadas no Rio Grande do Sul somam uma área de aproximadamente 300 mil hectares, a qual ainda é bem limitada frente ao total de área de terras baixas. Os projetos de sistematização executados visaram, principalmente, a cultura do arroz irrigado e, por essa razão, em sua maioria, foram feitos na ausência de declividade. Entretanto, se o objetivo da sistematização é melhorar o sistema produtivo como um todo, ou seja, contemplando todas as culturas, a adoção de sistematização com declividade é mais adequada, pois melhora a drenagem superficial (WINKLER et al., 2013), principal limitante para espécies de sequeiro no ambiente de terras baixas.

Um novo método de sistematização do terreno, controlado por GPS com base RTK, está sendo introduzido no Brasil. Esse permite realizar a sistematização em superfície curva, ou seja, com declividade variada, em substituição às tradicionais superfícies planas, executadas com controle *laser* ou na presença de água. O método já se encontra em uso em outras regiões do mundo como, no delta do Mississipi (EUA) e na Austrália. Essa ferramenta representa um avanço tecnológico significativo em relação ao sistema a *laser* (WINKLER et al., 2015), que permite, apenas, a sistematização em planos. A sistematização em curva adapta-se melhor à superfície natural do terreno, suavizando-a, promovendo cortes e movimentação do solo menores, com conseqüente redução no custo de execução e no impacto ambiental negativo. Este novo sistema de sistematização, além de eliminar totalmente os problemas localizados de drenagem (lagoas), facilita a irrigação por superfície para o arroz e, principalmente, para culturas de sequeiro como a soja e o milho.

4.3. Irrigação por superfície

As novas cultivares de soja apresentam elevado potencial produtivo no ambiente de terras altas e sob irrigação. Em diversas situações atingem produtividades da ordem de 6 t

ha¹. Em terras baixas, para que a cultura apresente produtividades próximas a esse patamar, é preciso não apenas disponibilizar condições nutricionais adequadas, mas também minimizar os problemas de drenagem e de deficiência hídrica do solo. Nesse sentido, o cultivo no sistema de sulco/camalhão (microcamalhão), localizado adequadamente na área, garante drenagem eficiente e possibilita a irrigação por sulco, se necessária.

O projeto e a localização dos camalhões deve seguir a mesma lógica referida para a demarcação de drenos superficiais, exceção feita para o caso de o terreno ter sido sistematizado segundo um plano, condição em que os camalhões serão locados em linha reta. A sistematização do terreno em plano ou em superfície curva propicia uma situação ideal, pois impede a ocorrência de declividade negativa no sentido dos sulcos ou de declividade transversal muito acentuada, que dificultam o êxito da atividade.

Especificamente quanto à irrigação da soja no sistema de sulco/camalhão, a distribuição de água a partir do canal e a aplicação nos sulcos é facilitada pelo uso de mangueiras plásticas atualmente disponíveis no mercado nacional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo exposto podemos verificar que há vários aspectos tecnológicos em que a cultura da soja em rotação com arroz irrigado pode e deve avançar. A adoção das essas tecnologias principalmente das geotecnologias como geração de modelos digitais de elevação do terreno, GPS com base RTK e as consequentes das mesmas possibilitarão uma melhor gestão dos recursos hídricos. Até a atualidade a falta de um adequado controle da água foi um forte limitante para a cultura de a soja atingir altos patamares de produtividade. Considerando-se que o ecossistema de terras baixas, em geral, é potencialmente rico em recursos hídricos, juntamente com outras características positivas como a topografia plana, poderá num futuro próximo se tornar pelo contrário em ponto forte pois a água na agricultura é um insumo primário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGHINONI, I.; GENRO JÚNIOR, S. A.; SILVA, L. S. da; BOHNEN, H.; RHEINHEIMER, D. S.; OSÓRIO FILHO, B. D.; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E. **Fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. Cachoeirinha: IRGA, 2004, 52 p. (IRGA. Boletim técnico, 1).

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>>. Acesso em 15 jan. 2015.

IRGA. INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. Levantamento de área semeada com soja em terras baixas no Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/upload/20141210160340soja_em_rotacao_com_arroz.pdf>. Acesso em 28 out. 2014.

MARCHESAN, E. Desafios e perspectivas de rotação com soja em áreas de arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013. Santa Maria, RS. **Palestras...** Santa Maria: SOSBAI, 2013. p. 1628-1637.

MATTOS, M. L. T.; ANDRES, A.; MARTINS, J. F. da S.; GALARZ, L. A.; FACIO, M. L. P. Residual dos herbicidas imazapir e imazapique em solo, água e sedimento de lavoura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: SOSBAI, 2013. v. 2, p. 1320-1323.

MATTOS, M. L. T.; OLIVEIRA, A. C. B. Efetividade de estirpes de *Bradyrhizobium* na nodulação da soja cultivada em terras baixas. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 40. 2014, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 1. CD-ROM.

MATTOS, M. L. T.; OLIVEIRA, A. C. B.; SCIVITTARO, W. B.; GALARZ, L. A.; MALDANER, E. T. Nodulação e rendimento de soja sob estresse hídrico no agroecossistema terras baixas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 9., 2015, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: SOSBAI, 2015. PD.

OLIVEIRA, A. C. B. de; ROSA, A. P. S. A. da (Ed.). **Indicações técnicas para cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 124 p.

PARFITT, J. M. B.; SILVA, C. A. S.; PETRINI, J. A. Estruturação e sistematização da lavoura de arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 23-44.

PINTO, L. F. S.; LAUS NETO, J. A.; PAULETTO E. A. Caracterização de solos de várzea. In: GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A. (Ed.). **Manejo de solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999, p. 11-36.

SILVA, P. R. F. da; SCHOENFELD, R. Desafios e perspectivas da rotação com milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013, Santa Maria, RS. **Palestras...** Santa Maria: SOSBAI, 2013. v. 1. p. 1638-1642.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS-CQFS, 2004. 400 p.

SOUSA, R. O.; CAMARGO, F. A. de O.; VAHL, L. C. Solos alagados: reações de redox. In: MEURER, E. J. (Org.). **Fundamentos de química do solo**. 3 ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006, p. 185-211.

WINKLER, A. S.; HENRY, C. G.; PARFITT, J. M. B.; TIMM, L. C.; SCIVITTARO, W. B.; TEIXEIRA-GANDRA, C. F. A.; SILVA, J. T. da; LONGARAY, M. B. Uso de GPS e modelos com declividade variada na sistematização em terras baixas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 9., 2015, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: SOSBAI, 2015. PD.

WINKLER, A. S.; PARFITT, J. M. B.; TIMM, L. C. Locação de drenos através da análise de modelo digital de elevação em área de várzea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: SOSBAI, 2013. v. 1. p. 1136-1139.