

CIRCULAR TÉCNICA

94

Santo Antônio de Goiás, GO
Junho, 2021

Tecnologias para o cultivo do arroz de terras altas em sistema plantio direto na região do Cerrado

Mábio Chrisley Lacerda
Adriano Stephan Nascente



Tecnologias para o cultivo do arroz de terras altas em sistema plantio direto na região do Cerrado¹

O sistema plantio direto (SPD) tem como premissas básicas a mobilização mínima do solo, a manutenção de palha na superfície do solo e a rotação de culturas. O sistema é considerado sustentável, pois a manutenção da palha na superfície do solo proporciona maior proteção contra erosão, conserva a umidade, aumenta a atividade biológica, reduz a infestação de plantas daninhas, aumenta os teores de matéria orgânica e fornece nutrientes para a cultura devido à degradação da palha.

O arroz de terras altas é uma cultura importante para o agronegócio brasileiro, ocupando área de, aproximadamente, 400.000 ha na safra 2019/2020, na região do Cerrado. Entretanto, para obter incrementos significativos na produtividade do arroz de terras altas no SPD deve-se considerar alguns detalhes, tais como a ausência de revolvimento do solo, que pode ocasionar aumento da densidade e o arroz possui sistema radicular muito sensível à compactação do solo. Além disso, a cultura é originária de ambiente irrigado e, por isso, requer maiores quantidades de amônio no solo, principalmente no início do desenvolvimento, o que não ocorre em condições aeróbicas, como no SPD na região do Cerrado.

Vários pontos devem ser observados para obter sucesso na produção do arroz de terras altas no SPD, como escolha de espécies de plantas de cobertura, manejo adequado da palha, escolha de solo e clima apropriados, regulagem da semeadora, manejo da adubação, cultivares mais adequadas ao sistema e manejo de insetos-praga, doenças e plantas daninhas.

Este trabalho objetiva mostrar os últimos resultados de pesquisa sobre as principais técnicas de cultivo de arroz de terras altas no sistema plantio direto no Cerrado.

¹ Mábio Chrisley Lacerda, Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO; Adriano Stephan Nascente, Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO.

Introdução

O arroz é alimento básico que faz parte da dieta da metade da população mundial. A maior parte do cereal é cultivada no sistema irrigado por inundação controlada, entretanto, o aumento do consumo industrial e humano de água tem reduzido a disponibilidade dos recursos hídricos para irrigação da cultura, exigindo assim, alternativas que possibilitem a produção de arroz com maior economia de água.

Como opção, tem-se a produção de arroz em condições aeróbicas, denominado de ecossistema de terras altas, podendo ser cultivado no sistema irrigado por aspersão ou de sequeiro, dependente da água da chuva. Dentre esses, predomina o cultivo no sistema de sequeiro, o qual, nas condições do Cerrado, normalmente está sujeito à distribuição irregular de chuvas, ocasionando deficit de água nas plantas e constantes frustrações de safra. Os efeitos são mais prejudiciais quando ocorre veranico na fase reprodutiva, período de desenvolvimento da planta mais sensível à deficiência hídrica. Assim, necessário se faz o desenvolvimento de cultivares com maior tolerância à deficiência hídrica e outras tecnologias que proporcionem maior conservação da umidade do solo para atenuar os efeitos da distribuição irregular das chuvas.

Tradicionalmente, a cultura do arroz de terras altas era utilizada para abertura de áreas para a agricultura, uma vez que a cultura conseguia se desenvolver nos solos sob Cerrado, caracterizados por alta acidez e baixa fertilidade. Desse modo, o arroz era utilizado para “amansar a terra” e prepará-la para o cultivo de outras culturas, como o milho e a soja. Por esse motivo, o cultivo era no sistema convencional (PC), em que o preparo do solo se dava com arações e gradagens (Kluthcouski et al., 2000). Entretanto, esse tipo de manejo do solo pode trazer consequências graves ao ambiente, como a erosão do solo e o assoreamento dos rios. Nessa perspectiva, tem-se o SPD, no qual, devido à manutenção de palhada na superfície do solo, ocorre aumento na infiltração e no armazenamento da água, proteção do solo contra a erosão e redução da evaporação comparado ao PC. Além disso, os programas de melhoramento genético de arroz vêm lançando cultivares cada vez mais responsivas a melhores condições de fertilidade do solo, tornando a cultura uma alternativa na rotação soja e milho. No entanto, a cultura do arroz de

terras altas não experimenta bom desenvolvimento no SPD, observando-se, frequentemente, menor produtividade de grãos em relação ao cultivo no PC. Com resultados de pesquisas foi possível estimar que as principais causas para o decréscimo foram a compactação e os baixos teores de amônio do solo no início do desenvolvimento da cultura (Nascente et al., 2013). No SPD, devido ao trânsito de máquinas e implementos agrícolas e a utilização de culturas com baixa produção de palha e sistema radicular pouco agressivo, pode ocorrer redução da macroporosidade. A planta de arroz, além de mais exigente em água do que outras culturas como soja e milho, possui sistema radicular muito sensível à compactação, tendo menor capacidade de explorar o perfil de solos adensados, o que pode reduzir a absorção de água e nutrientes, acarretando menor produtividade de grãos da cultura (Guimarães et al., 2016).

Adicionalmente, constata-se que o arroz, dada a origem em ambiente inundado, reduzido e com predominância de amônio, em condições de terras altas (condições aeróbicas), se desenvolve melhor nos ambientes com maiores teores de amônio relativamente ao nitrato, no início do seu desenvolvimento. Entretanto, no SPD, devido ao armazenamento e conservação de umidade superiores, teor de nutrientes e matéria orgânica no solo, ocorre melhor desenvolvimento das bactérias nitrificadoras, proporcionando maior disponibilidade de nitrato no solo do que no PC.

Apesar das dificuldades, cresce a necessidade de desenvolvimento de tecnologias para a obtenção de maiores produtividades do arroz de terras altas no SPD visando à sustentabilidade da cultura, uma vez que, nessas áreas, as principais culturas comerciais são milho e soja e os agricultores não estão propensos a revolver o solo para cultivar o arroz. Outrossim, no Brasil, são cultivados quase 400.000 hectares da cultura de arroz de terras altas, com produção aproximada de 1 milhão de toneladas de grãos. Embora tenha sofrido perda substancial, tanto em área cultivada como em produção, nas últimas décadas (Figura 1), ainda é uma importante cultura para regular o mercado interno de arroz, principalmente na região central do Brasil (Ferreira et al., 2015). Ademais, o cultivo do arroz de terras altas pode proporcionar uma série de benefícios para a sustentabilidade da agricultura do Cerrado, que, na maioria, tem o cultivo, ano após ano, da sucessão soja no verão e milho na safrinha (Carvalho et al., 2020). A inserção do arroz como alterna-

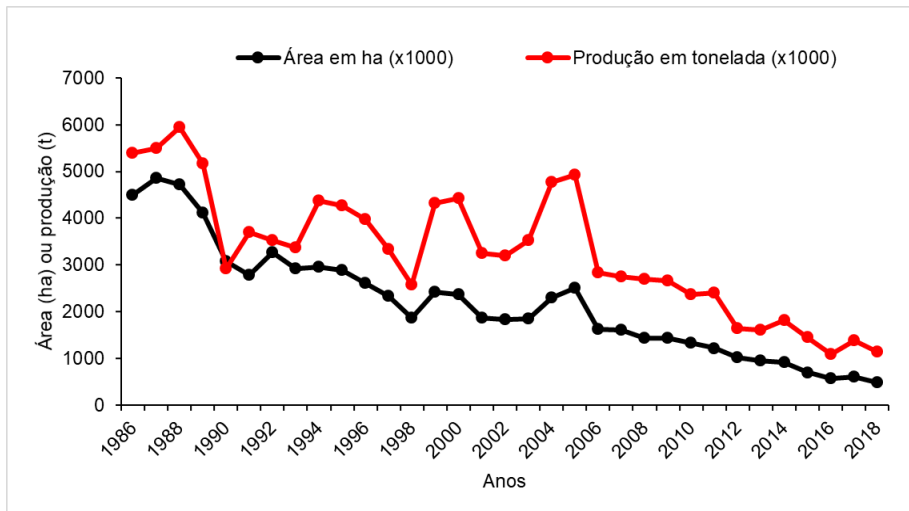


Figura 1. Evolução da área cultivada e da produção de arroz de terras altas no Brasil.

tiva na rotação de culturas proporciona manejo mais eficaz de plantas daninhas, insetos-praga e doenças, pois proporciona a rotação de princípios ativos (Goulart, 2007; Nascente et al., 2013; Castro et al., 2018). O cultivo de soja em sucessão com arroz pode proporcionar incremento de até 20% na produtividade da soja (Nascente; Stone, 2018). Adicionalmente, a biomassa produzida pela parte aérea e raízes da planta de arroz proporciona melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (Nascente; Stone, 2015; Lacerda; Nascente, 2016; Madari et al., 2018).

O uso de plantas de cobertura no SPD pode ser importante ferramenta para viabilizar o arroz no sistema. As plantas de cobertura podem ser utilizadas para romper camadas compactadas e a palha contribui para reduzir a evaporação de água e conservar a umidade do solo por mais tempo, aumentar a ciclagem de nutrientes e matéria orgânica do solo, alterar o balanço nitrato/amônio e, portanto, propiciar melhores condições para o desenvolvimento das plantas de arroz (Nascente et al., 2013).

Pesquisas recentes demonstraram que utilizando as técnicas adequadas, obtém-se altas produtividades do arroz de terras altas no SPD, superando 6.000 kg ha⁻¹ (Nascente et al., 2014a; Carvalho et al., 2020), podendo ser

atrativo para os produtores utilizarem como opção na rotação com soja e milho. Entretanto, para obtenção de altas produtividades na produção do arroz de terras altas no SPD, vários pontos devem ser observados, tais como escolha de espécies de plantas de cobertura, manejo adequado da palha, escolha de solo e clima apropriados, regulação da semeadora, manejo da adubação, cultivares de arroz adequadas ao sistema e manejo de insetos-praga, de doenças e de plantas daninhas. Portanto, este trabalho objetiva mostrar os recentes resultados de pesquisa sobre as principais técnicas de cultivo do arroz de terras altas no sistema plantio direto na região do Cerrado.

Uso de plantas de cobertura e manejo da palha

A formação da camada de palha na superfície do solo, antes da implantação da cultura principal, é requisito fundamental no SPD. Entretanto, os resíduos das culturas comerciais, geralmente, são insuficientes para boa cobertura do solo, necessitando-se introduzir plantas com potencial de produzir quantidade de matéria seca suficiente para o solo permanecer coberto o maior tempo possível para a implantação da próxima cultura de verão. Assim, a qualidade e a quantidade de palha sobre o solo são essenciais para criar ambiente favorável ao desenvolvimento das culturas nos sistemas agrícolas, como maior conservação de umidade, incremento dos teores de matéria orgânica e nutrientes e redução da erosão, pois favorece a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo também para o controle de plantas daninhas, a estabilização da produção e a recuperação ou manutenção da qualidade do solo (Nascente et al., 2013). Vale ressaltar que essa conservação de água do solo é, geralmente, uma das maiores vantagens do SPD, porque os restos culturais na superfície do solo promovem o aumento da rugosidade superficial e atuam como barreira física, reduzindo a incidência de radiação solar e, conseqüentemente da perda de água por evaporação e a velocidade e o volume do escoamento superficial, favorecendo a infiltração e o aumento da água disponível para as plantas.

A escolha da planta de cobertura que antecede a cultura principal deve levar em consideração alguns preceitos básicos, tais como alta produtividade de fitomassa; lenta decomposição; habilidade de crescer em ambientes menos favoráveis, principalmente sendo tolerantes a deficit hídrico; disponibilidade e

qualidade das sementes; possibilidade de utilização comercial; não suscetíveis para hospedar insetos-praga e doenças; adaptação à região e às condições do solo; e alta capacidade de extrair nutrientes do solo para favorecer a ciclagem de nutrientes do sistema (Silveira; Stone; 2010).

As culturas de cobertura como *Urochloa ruziziensis* (Pacheco et al., 2011), milho (Nascente et al., 2016) e guandu (Cazetta et al., 2008) são opções recomendadas para cultivo prévio à semeadura do arroz de terras altas, no SPD, dentre as quais se destaca o milho, como recomendado por diversos autores (Cazetta et al., 2008; Moro et al., 2013; Nascente et al., 2013, 2016). Os pesquisadores atribuíram a maior produtividade do arroz sobre a palhada de milho ao crescimento acelerado dessa planta de cobertura, com produção de palha superior a 5 t ha⁻¹; rompimento de camadas compactadas; e rápida degradação e liberação de nutrientes para as plantas da cultura. Constata-se que a utilização de plantas de cobertura pode proporcionar aumento de produtividade do arroz, além de melhorar as condições do solo. Outra opção é o plantio após o cultivo da soja, proporcionando incrementos significativos na produtividade do arroz que se beneficia do nitrogênio (N) fixado pela leguminosa (Nascente et al., 2013).

A garantia de bons resultados da cultura do arroz, em sucessão às plantas utilizadas para cobertura do solo em SPD, depende também do manejo das espécies para transformá-las em palha. Assim, o adequado controle químico das plantas de cobertura é uma das práticas de maior importância visando à alta produtividade de grãos (Nascente et al., 2013). O controle dessas plantas de cobertura antes da semeadura é chamado de manejo, realizado, normalmente, com o herbicida glifosato.

Uma das formas de utilizar o glifosato é no sistema denominado “aplique-plante”, em que a semeadura da cultura e a aplicação do herbicida nas plantas de cobertura ocorrem no mesmo dia. Entretanto, devido à natureza sistêmica desse herbicida, o efeito sobre as plantas é lento e a cobertura demora alguns dias para morrer completamente. Dessa forma, quando há dessecação de grande volume de cobertura vegetal no momento da semeadura, a presença das plantas ainda eretas e não completamente dessecadas ou da palha, pode dificultar a operação de semeadura, causando embuchamento da máquina ou prejudicando o corte da palha. Tal situação pode causar, após a semeadura, sombreamento inicial, estiolamento e amarelecimento das plân-

tulas, redução no desenvolvimento, maior suscetibilidade à competição com as plantas daninhas e diminuição da produtividade de grãos do arroz. Além disso, a época de dessecação das plantas de cobertura pode alterar as formas de N do solo, com variações consideráveis nas concentrações de nitrato e amônio. Por exemplo, os teores de amônio no solo são maiores quando a dessecação das plantas de cobertura é realizada com 20 dias ou mais, antes da semeadura do arroz, provavelmente devido à liberação de nutrientes, entre os quais compostos nitrogenados e palha para o solo logo após a dessecação (Nascente et al., 2014b). Isso ocorre porque, logo após a dessecação, começa a degradação da palha e a liberação de nutrientes, os quais poderão estar disponíveis para a cultura sucedânea se a dessecação for realizada antecipadamente em relação à semeadura da cultura principal (Kliemann et al., 2006). Plantas dessecadas no dia da semeadura da cultura demoram mais tempo para liberar os nutrientes (Pacheco et al., 2011). Durante a degradação da palha o amônio é o primeiro composto nitrogenado a ser liberado para o solo, depois transformado em nitrato. Caso haja liberação constante e em grandes quantidades desse composto, é provável que ocorra aumento dos teores no solo, podendo beneficiar o desenvolvimento das plantas de arroz. De acordo com Nascente et al. (2013), o cultivo de milho como planta de cobertura antecedendo o cultivo do arroz de terras altas, no SPD, proporcionou aumentos significativos nos teores de amônio no solo.

A planta de arroz, devido à origem de ambiente inundado, requer maior quantidade de amônio do que a maioria das outras culturas no início do desenvolvimento (Moro et al., 2013). De acordo com Malavolta (1980) e Araújo et al. (2012), isso acontece porque as plantas de arroz, nessa fase, apresentam baixa atividade da enzima nitrato redutase, que transforma o amônio em nitrato para ser assimilado pelas cadeias proteicas da planta. Os autores relatam também que o arroz de terras altas, nas duas ou três primeiras semanas do ciclo, quando cultivado em solução contendo N-NO_3^- , se desenvolveu muito pouco, apresentando sintomas típicos de deficiência de N, o que não aconteceu quando a fonte foi o N-NH_4^+ . Após esse período, a planta começou a se desenvolver e as folhas, antes amareladas pela deficiência de N, tornaram-se verdes, indicando síntese e funcionamento da enzima nitrato redutase. Observou-se que a quantidade de nitrato no solo foi superior à de amônio em quase todas as semanas, característica dos solos bem drenados, como os do Cerrado (Epstein; Bloom, 2006). Assim, o uso de plantas de cobertura que

disponibilizem maiores quantidades de $N-NH_4^+$, após o manejo e no início do desenvolvimento da cultura de arroz, ou que propiciem menor relação nitrato/amônio, podem ser estratégias importantes para inserir o arroz de terras altas no ambiente do SPD.

Outra vantagem de preceder a dessecação prévia da planta de cobertura é a melhor operacionalidade das máquinas e implementos na operação de semeadura da cultura do arroz. A dessecação do milho e de *U. ruziziensis* e *Urochloa brizantha*, realizadas dez dias e 30 dias, respectivamente, precedentes à semeadura do arroz, favoreceu as ações de semeadura, degradação e ciclagem de nutrientes das palhas e a conservação da umidade do solo, pesando em maiores produtividades de grãos da cultura (Nascente et al., 2014b).

Solo e clima

O arroz de terras altas é cultivado em praticamente todos os estados brasileiros, entretanto é predominante em áreas de Cerrado e, em menor extensão, sob Floresta Amazônica. Os solos do Cerrado possuem, de maneira geral, elevada acidez, baixa capacidade de troca de cátions e de armazenamento de água, baixa fertilidade natural, traduzida pela deficiência generalizada de nutrientes, particularmente de fósforo (P), associada a teores elevados de alumínio (Al). Esses fatores limitam o crescimento das raízes aos primeiros centímetros do solo, na maioria das vezes, menos de 10 cm. Em consequência, ocorre redução do volume de solo explorado pelas raízes, impossibilitando que as plantas desenvolvam todo o potencial produtivo, além de mais sujeitas aos estresses causados pela deficiência de chuva.

Destacam-se como aspectos positivos dos solos do Cerrado: a) facilidade de mecanização, correção e construção da fertilidade; b) possibilidade de irrigação; e c) elevada profundidade, friabilidade, porosidade e boa drenagem interna dos solos. Nesse sentido, a cultura do arroz de terras altas, desde que o solo seja corrigido quanto às restrições químicas e físicas, tem bom desenvolvimento na maioria dos solos brasileiros, pois sem esses impedimentos proporcionam melhor desenvolvimento das raízes em profundidade e tornam a planta menos suscetível a estresses por déficit hídrico. De acordo com Pacheco et al. (2011) e Nascente et al. (2016), as plantas de cobertura pro-

porcionam alterações significativas nos teores de nutrientes do solo, podendo beneficiar o desenvolvimento das plantas de arroz. Plantas de cobertura com grande produção de biomassa de raízes, como as forrageiras perenes e o milheto, contribuem significativamente para a redução da compactação do solo e da melhoria das características físicas.

Assim, também tem-se utilizado no equipamento de semeadura direta a haste metálica, também chamada de 'botinha', logo atrás dos discos de corte, que proporciona rompimento de eventuais camadas compactadas do solo. Entretanto, nas operações se recomenda cuidados no controle de cupins (Ferreira et al., 2007), pois a utilização da haste cria condições que facilitam a movimentação dos insetos no solo. Outra prática recomendada para cultivo do arroz no SPD é a compactação da linha de plantio, logo após a semeadura, aumentando o contato entre o solo e a semente, principalmente em locais com maiores teores de palha (Pinheiro et al., 2016c). A compactação sobre o sulco de plantio feita pela roda compactadora da semeadora adubadora melhora o contato do solo com as sementes, permitindo a absorção de água mais cedo e a germinação mais rápida (Modolo et al., 2007; Pinheiro et al., 2018). O uso da prática proporcionou aumento de 40% no estande de plantas e de 15% na produtividade do arroz cultivado em várzea (Soares; Carrão, 1993). Portugal et al. (2013), ao compactarem o solo sobre o sulco de plantio com passagem de trator com massa de 1.600 kg, constataram acréscimo de 17% na produtividade do arroz de terras altas no SPD, em relação à não-compactação. Pinheiro et al. (2016a) mostraram que no SPD, o aumento da pressão de compactação do solo no sulco de semeadura proporciona aumento no rendimento de grãos das cultivares de arroz de terras altas Serra Dourada, Esmeralda, Cambará e Sertaneja, e do genótipo AB072044, resultados que comprovam o uso da tecnologia no aumento da produtividade da cultura no ambiente SPD.

Quanto à época de plantio, considerando-se a distribuição de chuvas e os efeitos negativos decorrentes da redução da pluviosidade, torna-se necessário semear em períodos nos quais as fases de florescimento e enchimento de grãos coincidam com maior índice. Para isso, o estudo sobre balanço hídrico do solo possibilita caracterizar os períodos de maior e menor volumes de chuva, oferecendo subsídios para a caracterização do zoneamento de risco climático. Assim, a época de plantio pode variar conforme a localidade e o

regime pluvial da região, realizado, geralmente, no início do período chuvoso. O Portal do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa) disponibiliza lista com todas as janelas de plantio para cada localidade e a reserva de água no solo para todas as regiões brasileiras (<http://indicadores.agricultura.gov.br/zarc/index.htm>).

Outro fator a ser considerado sobre a época de semeadura do arroz de terras altas em SPD é a implantação em locais suscetíveis a baixas temperaturas. Para as épocas recomendadas pelo Mapa para a semeadura do arroz no Brasil, em princípio, não ocorre influência negativa acentuada de baixas temperaturas, pois as recomendações consideram o zoneamento climático regional. Na maioria das localidades, a temperatura mínima média nos meses de janeiro e fevereiro, período que geralmente coincide com a fase reprodutiva, é superior a 17 °C. Entretanto, nas localidades de maior altitude é possível que haja alguma influência dessa variável, principalmente se ocorrer temperaturas abaixo de 15 °C durante o desenvolvimento da cultura. Consequentemente, semeaduras fora da época recomendada, principalmente em sistemas irrigados por aspersão, devem considerar a ocorrência de baixas temperaturas, evitando redução significativa na produtividade devido ao excesso de esterilidade das panículas.

Para o arroz de terras altas, dependente da água da chuva, particularmente na região do Cerrado, a deficiência hídrica é o principal fator da baixa produtividade e instabilidade da produção, causada por estiagens prolongadas e veranicos, correlacionados aos baixos níveis de fertilidade e compactação do solo no SPD (Santos et al., 2006). O zoneamento agroclimático é considerado importante ferramenta para minimizar o problema, por identificar as regiões e/ou épocas de semeadura com menores riscos de ocorrência de deficiência hídrica (Heinemann et al., 2015).

Manejo da adubação

O uso de adubação adequada é um fator importante para o aumento da produtividade e, para melhor aproveitamento da cultura do arroz, os fertilizantes merecem atenção especial quanto ao uso. Os solos do Cerrado, além de apresentarem baixos valores de pH (solos ácidos), têm baixa fertilidade natural, limitados na quantidade dos nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio

(K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e zinco (Zn). Entre os nutrientes essenciais, N, P e K são os que a planta necessita em maior quantidade (Fageria, 2014).

A cultura do arroz tolera satisfatoriamente solos com baixo valor de pH (entre 5 e 5,5) (Santos et al., 2006, Fageria, 2014). Contudo, atualmente a maioria dos solos sob SPD são corrigidos para valores mais elevados, com alguns chegando a patamares acima de pH 6, principalmente em áreas de produção de soja, nas quais a saturação de bases deve ser alta para o bom desenvolvimento da leguminosa. Com o lançamento de cultivares mais modernas e responsivas à melhoria da fertilidade do solo e à adubação, a cultura do arroz se desenvolve bem em solos com valores mais elevados de fertilidade e pH. O agricultor deve atentar para o risco de deficiência de micronutrientes, em especial Zn, os quais ficam menos disponíveis de acordo com o aumento do pH do solo, o que será aprofundado posteriormente.

A seguir, relaciona-se a peculiaridade dos principais nutrientes demandados para cultivo do arroz e procedimentos com as respectivas recomendações para o melhor aproveitamento pela cultura e diminuição do risco de perdas para o sistema produtivo.

Nitrogênio (N)

Um dos principais nutrientes para atingir altas produtividades de arroz na maioria dos solos brasileiros, o papel do N na produtividade de grãos está associado com o aumento da fotossíntese que influencia diretamente o perfilhamento, a produção de biomassa e os componentes de produção (número de panículas m^{-2} , número de grãos panícula⁻¹ e massa de mil grãos). A fertilização com esse nutriente melhora o desenvolvimento das raízes e, consequentemente, a absorção de água e nutrientes. Por ser móvel nas plantas, o sintoma de deficiência de N surge primeiro nas folhas mais velhas, causando amarelecimento típico, além da redução da altura da planta, do perfilhamento e da área foliar. O suprimento de N às plantas na semeadura, no SPD, dependendo da quantidade de palha na superfície do solo, deve ser superior ao recomendado para o sistema convencional, por causa da menor velocidade de decomposição dos restos culturais, do aumento da taxa de volatilização de amônia e da maior imobilização microbiana (Cazetta et al., 2008).

A recomendação de N para o arroz de terras altas deve considerar o teor de matéria orgânica do solo (MOS), a cultura anterior, a massa de matéria seca na superfície do solo e o nível tecnológico empregado pelo agricultor. Se houver mais do que 5 t ha⁻¹ de matéria seca de planta de cobertura, recomenda-se aumentar a dose de N em 50%, no momento da semeadura. Apesar de algumas cultivares de arroz responderem de forma diferenciada à adubação nitrogenada (Figura 2), geralmente, durante todo o ciclo da cultura, pode-se utilizar entre 75 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹ de N, de acordo com a quantidade de MOS. Quanto maior o teor de MOS, menor a quantidade de N requerida na adubação de cobertura, portanto, se o arroz é semeado após soja, pode haver redução de até 30 kg ha⁻¹ da quantidade recomendada. A época de aplicação também varia de acordo com o total exigido pela cultura, podendo o N ser aplicado na semeadura ou dividido em duas ou até três aplicações durante o ciclo de crescimento. No entanto, os resultados mais adequados e econômicos têm sido demonstrados quando metade do N exigido é aplicado na semeadura e o restante na fase de perfilhamento do arroz. A antecipação da adubação nitrogenada reduz o ataque de brusone, diminui os sintomas de deficiência de N em locais com grande quantidade de palha sobre o solo, além de proporcionar bons rendimentos à lavoura de arroz. Pinheiro et al. (2016b), ao anteciparem a aplicação de todo o N no momento da semeadura do arroz em SPD, obtiveram maior produtividade (3.678 kg ha⁻¹) em comparação à aplicação da mesma quantidade de N aos 20 dias após a emergência da cultura (3.446 kg ha⁻¹), considerando a média de cinco cultivares.

A prática de antecipação do N na semeadura deve ser realizada com cautela em solos arenosos e/ou com pouca matéria orgânica ou locais com alta precipitação pluvial. Assim, o melhor é parcelar a adubação nitrogenada, dividindo a quantidade a ser aplicada entre o início do perfilhamento (cerca de 20 dias após a emergência) e o início da diferenciação floral, ou seja, metade do ciclo da cultura (até 60 dias após a emergência). Outra opção é a aplicação de todo o N em cobertura na época do perfilhamento ativo (aproximadamente 40 dias após a emergência da cultura). Nesses casos, deve-se considerar o ataque da brusone em cultivares suscetíveis a esse patógeno, pois há maior probabilidade de ocorrência da doença após adubações com grandes quantidade de N no período. Outro fator a ser observado é a previsão de chuvas logo após a aplicação do fertilizante nitrogenado que, na maioria dos casos, é feita a lanço e com ureia e, caso não ocorram as chuvas, pode haver eleva-

das perdas de N, sobretudo em densas camadas de palha. Alternativamente, pode-se utilizar adubadoras para a incorporação do fertilizante no solo.

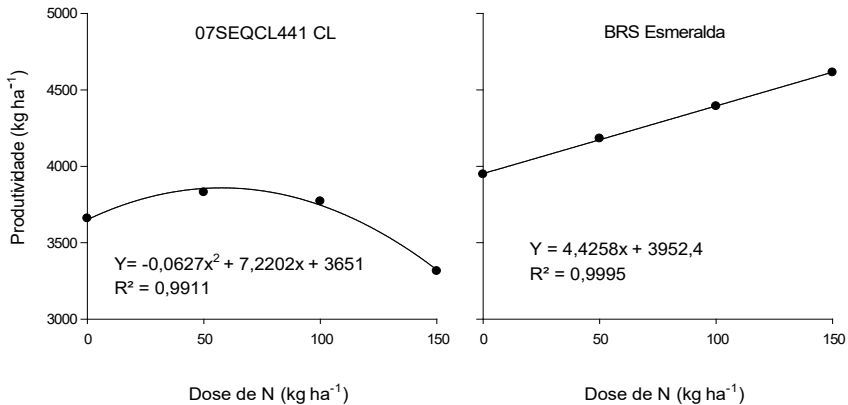


Figura 2. Produtividade do arroz de terras altas dos genótipos 07SEQCL441 CL e BRS Esmeralda, no SPD, em função de doses de N. Santo Antônio de Goiás, GO, safras 2012/2013 e 2013/2014.

Fósforo (P) e potássio (K)

Ocorre maior rendimento do arroz de terras altas quando boas práticas de gestão de P são adotadas, incluindo aplicação da quantidade adequada, fonte apropriada e métodos e épocas de aplicação. A taxa adequada de P deve ser determinada com base na análise do solo (Tabela 1). Caracterizado como nutriente com baixa mobilidade no solo, o P deve ser aplicado, preferencialmente, no momento da semeadura, no sulco próximo às sementes para que haja maior interceptação pelas raízes e menor fixação do nutriente. Sendo elemento móvel na planta, a deficiência aparece primeiramente nas folhas velhas, as quais ficam estreitas com coloração bronze nas pontas, ocorrendo também baixo perfilhamento, maturação atrasada e alta porcentagem de grãos chochos.

Tabela 1. Adubação de base para o arroz de terras altas (P).

P no solo (mg dm ⁻³)	Interpretação	Recomendação ¹ (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ ha ⁻¹)
< 3	Baixo	70
3,1 a 6	Médio	60
6,1 a 9	Alto	50
> 9	Muito alto	40

¹ Fonte: Santos et al. (2006).

O K desempenha papel importante em muitos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, sendo igualmente responsável pela redução de doenças e melhoria do crescimento da raiz. O nutriente é altamente móvel nas plantas, por isso, sintomas de deficiência aparecem inicialmente nas folhas mais velhas, originando-se com uma clorose na ponta, que, à medida que se desenvolve, o tecido necrótico tem forma parecida com a da letra V invertida, partindo da ponta para as margens da folha. Quando o teor de K é maior que 50 mg kg⁻¹, recomenda-se a aplicação de 50 kg K₂O ha⁻¹ como adubação de manutenção. A adubação com K deve ser feita baseada na análise do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Adubação de base para o arroz de terras altas (K).

K no solo (mg dm ⁻³)	Interpretação	Recomendação ¹ (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
< 31	Baixo	70
31 a 60	Médio	45
> 60	Alto	20

¹ Fonte: Ribeiro et al. (1999).

Micronutrientes

Relativamente aos micronutrientes, a deficiência de Zn é a mais comumente observada em arroz de terras altas e pode ser suprida com a aplicação de 5 kg ha⁻¹ a 10 kg ha⁻¹ de Zn (Fageria, 2014). Em solos com pH mais alto (acima de 6), pode haver indisponibilidade de micronutrientes para a cultura do arroz, dentre eles ferro (Fe), manganês (Mn) e cobre (Cu), principalmente em

rotação com soja. Ainda não existem recomendações precisas para suprir a deficiência desses micronutrientes. Apesar de alguns agricultores utilizarem adubações foliares para contornar o problema, os resultados não são conclusivos (Barbosa Filho et al., 2008).

Outros nutrientes

A deficiência de enxofre (S) também é relatada para a cultura de arroz de terras altas, mas o elemento pode ser suprido utilizando-se sulfato de amônio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ como fonte de N na adubação de cobertura.

Cultivares

A escolha da cultivar é determinante para o sucesso da lavoura de arroz, a qual influencia, indiretamente, todo o manejo adotado. Novas cultivares de arroz de terras altas foram desenvolvidas por empresas de pesquisa, procurando incorporar características que proporcionem maior produtividade, alta qualidade de grãos e menor custo de produção, principalmente devido à maior resistência a doenças. Dentre as características incorporadas, está a adaptabilidade da cultura ao SPD. Assim, ao escolher a cultivar de arroz é necessário analisar as características, visando otimizar o uso no sistema agrícola desejado. As principais características de uma cultivar de arroz são: ciclo, altura de planta, resistência às doenças, tolerância ao acamamento, qualidade de grãos e produtividade.

A produtividade é o resultado do desempenho da cultivar nas condições dadas na lavoura. Portanto, para escolher a cultivar, é mais importante verificar a adaptação à região e ao sistema de manejo do que o suposto potencial produtivo absoluto. Um dos fatores de manejo relacionados diretamente com a produtividade da cultura de arroz é o espaçamento entre as linhas de cultivo (Arf et al., 2015). Espaçamentos menores entre linhas proporcionam maior produtividade por área, pois gera maior número de panículas por m^2 , característica que determina o rendimento da lavoura de arroz (Tabela 3). Portanto, desde que o equipamento de semeadura permita reduzir o espaçamento entre linhas, recomenda-se a utilização de espaçamentos meno-

res, porque aumenta a produtividade do arroz no SPD, no entanto, muitas vezes o agricultor não quer alterar o espaçamento da semeadora utilizada para plantio da soja ou milho, em que o espaçamento está em torno de 50 cm. Nesse caso, recomenda-se uma semeadora específica para o arroz em espaçamentos menores, pois propiciam maiores produtividades, como é feito atualmente por diversos produtores dos estados de Mato Grosso e Rondônia.

Tabela 3. Número de panículas por m² (PAN) e produtividade de grãos (PROD) do genótipo de arroz de terras altas BRS Esmeralda e da linhagem 07SEQCL441 CL, em sistema de semeadura direta, em função do espaçamento entre linhas. Santo Antônio de Goiás, GO, safras 2012/2013 e 2013/2014.

Espaçamento entre linhas	BRS Esmeralda		07SEQCL441 CL	
	PAN (nº m ⁻²)	PROD (kg ha ⁻¹)	PAN (nº m ⁻²)	PROD (kg ha ⁻¹)
22,5 cm	314 a	4.697 a	364 a	4.129 a
35 cm	265 b	4.215 b	310 b	3.431 b
45 cm	241 bc	3.961 c	274 c	3.374 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$.

Fonte: Lacerda e Nascente (2016).

A qualidade de grãos é preocupação constante da cadeia produtiva do arroz, ligada à mudança da preferência do consumidor pelos grãos longos e finos, característica já observada nos programas de melhoramento (Tabelas 4 e 5).

Cultivares mais eficientes na absorção de nutrientes, com sistema radicular mais profundo e tolerantes ao déficit hídrico são importantes características para minimizar os principais problemas da produção de arroz em muitos ambientes. Ressalta-se que isso não depende apenas da cultivar, mas também de um bom perfil de solo, sem impedimentos físicos, corrigido e adubado, permitindo que as raízes tenham pleno desenvolvimento, explorando maior volume de solo, principalmente em

profundidade, como verificado em lavoura de arroz de terras altas no SPD, em solo sob integração lavoura-pecuária (ILP), cujo teor de matéria orgânica está acima de 3% na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade (Figura 3).

Foto: Mábio Chrisley Lacerda



Figura 3. Desenvolvimento das raízes de arroz de terras altas no SPD, em solo sob integração lavoura-pecuária.

Na sequência estão relacionadas as principais características das cultivares de arroz de terras altas desenvolvidas pela Agro Norte Pesquisa e Sementes (Tabela 4) e pela Embrapa (Tabela 5).

Além das citadas na Tabela 5, a Embrapa tem desenvolvido outras cultivares com características superiores, principalmente tolerância ao acamamento e melhor adequação aos sistemas de cultivo, especialmente da safrinha e de pivô central.

Tabela 4. Cultivares de arroz de terras altas recomendadas pela empresa Agro Norte Pesquisa e Sementes.

Características das cultivares	Cultivares		
	AN Cambará	AN 5015	AN 6005
Potencial produtivo	5.500 kg ha ⁻¹	5.000 kg ha ⁻¹	6.000 kg ha ⁻¹
Porte	Médio	Médio	Médio
Espaçamento de plantio	17 cm a 25 cm	25 cm a 45 cm	17 cm a 45 cm
Massa de mil grãos	24,5 g	28 g	27,28 g
População de plantas	1.800.000	1.800.000	1.800.000
Ciclo	105 dias	92 dias	108 dias
Florescimento	75 dias	63 dias	78 dias
Umidade de colheita	18%-20%	20%-22%	20%-22%
Claase de grãos	Longo fino	Longo fino	Longo fino
Rendimento de inteiros	56%	59%	61%
Resistência ao acamamento	MR	MR	MR
Brusone foliar	MR	MR	MR
Brusone do pescoço	MS	MR	MR
Escaldadura	MR	MR	MR
Complexo de manchas foliares	MR	MR	MR
Manchas dos grãos	MR	MR	MR

MS = moderadamente suscetível; MR = moderadamente resistente.

Fonte: <http://www.agronorte.com.br/Produtos>

Tabela 5. Cultivares de arroz de terras altas recomendadas pela Embrapa.

Características das cultivares	Cultivares			
	BRS Esmeralda	BRSGO Serra Dourada	BRS Sertaneja	BRS A501 CL ¹
Potencial produtivo (kg ha ⁻¹)	9.206	6.001	7.898	8.158
Espaçamento de plantio (cm)	25 a 35	25 a 30	25 a 35	25 a 35
Sementes viáveis	70 Kg ha ⁻¹	70 Kg ha ⁻¹	70 Kg ha ⁻¹	70 Kg ha ⁻¹
Ciclo (dias)	110	107	110	110
Classes de grãos	Longo fino	Longo fino	Longo fino	Longo fino
Rendimento de inteiros (%)	62	57	57	68
Massa de mil grãos (g)	27,8	27,8	26,7	27,1
Resistência ao acamamento	I	I	S	S
Brusone foliar	S	S	M	M
Brusone do pescoço	M	M	S	M
Mancha-parda	M	M	M	M
Manchas dos grãos	M	M	M	M

M = Moderadamente resistente; S = Suscetível; I = Intermediário. ¹Cultivar de arroz de terras altas com a tecnologia Clearfield (CL), desenvolvida pela Embrapa e pela Basf, com tolerância ao herbicida Kiflix* (Imazapir 525 g kg⁻¹ + Imazapir 175 g kg⁻¹), com boa adaptação ao sistema plantio direto e indicada para áreas com plantas daninhas ou em consórcio com forrageiras, visando a recuperação de pastagens degradadas. *O herbicida Kiflix é recomendado apenas para a cultivar com a tecnologia Clearfield e não pode ser utilizado, em hipótese nenhuma, para o manejo de plantas daninhas em culturas não CL. *A menção a esta marca é apenas para fins comparativos e descritivos, não havendo, por parte da Embrapa e autores desta publicação, qualquer tipo de conotação comercial ou de recomendação de uso.

Fonte: <https://embrapa.br/cultivar/arroz>

Manejo de plantas daninhas

A planta de arroz no SPD tem crescimento inicial mais lento do que no PC, fazendo com que a cultura fique mais sujeita à competição com as plantas daninhas. Além disso, a cultura do arroz de terras altas, geralmente, é predisposta à baixa capacidade de competição com plantas daninhas, principalmente se utilizados espaçamentos mais amplos entre as linhas de semeadura (Cobucci et al., 2001), constituindo-se num dos principais problemas para a introdução da cultura nos sistemas agrícolas atuais, devendo ser observadas várias técnicas que amenizam a interferência das plantas daninhas.

Controlar as plantas daninhas significa favorecer o desenvolvimento das plantas de arroz e desfavorecer as invasoras, objetivando evitar perdas de produção pela competição. A associação de métodos de controle deve ser utilizada sempre que possível, porém é conveniente que a estratégia de controle seja adequada às condições locais de infraestrutura, disponibilidade de mão de obra, implementos e análise de custos, implicando no emprego de vários métodos de controle: preventivo, cultural, físico ou mecânico, biológico e químico (Cobucci et al., 2001). O emprego de um método isoladamente ou em combinação com outros, depende de fatores como o hábito e o número de espécies de plantas daninhas presentes na área, a densidade populacional, as condições do ambiente, o estágio de desenvolvimento da cultura e os custos operacionais para a adoção dos métodos escolhidos.

Outro mecanismo importante para prevenir a disseminação de sementes de plantas daninhas é a limpeza das máquinas e implementos agrícolas após o trabalho em áreas infestadas. O “roguing” ou arranquio das plantas daninhas que escapam dos métodos utilizados é prática importante de controle e redução do banco de sementes de invasoras no solo.

O controle químico através do emprego de herbicidas é um dos métodos mais utilizados para o controle de plantas daninhas na cultura do arroz, devido à praticidade e eficiência. Os herbicidas registrados para a cultura do arroz no Brasil são: 2,4-D, bentazona, cialofope-butílico, clomazona, dicloreto de paraquate, fenoxaprope-P-etílico, glifosato, imazapique + imazapir, imazapique + imazetapir, metsulfurom-metílico, orthosulfamuron, oxadiazona, paraquate, pendimetalin, penoxsulam, profoxidim, propanil e saflufenacil (Brasil, 2019). Para a escolha do herbicida devem ser consideradas as espécies infestantes

na área, a época em que se pretende fazer as aplicações, as características físico-químicas do solo, o tipo de preparo do solo, a disponibilidade do produto no mercado e o custo. Além disso, considerar que o arroz faz parte de um sistema de rotação de culturas, e alguns herbicidas podem deixar resíduos no solo que interferem no desenvolvimento da cultura subsequente (Mancuso et al., 2011), portanto, é importante verificar a bula e observar as ressalvas de utilização nos esquemas de rotação propostos. O período de interferência de plantas daninhas na cultura do arroz vai até trinta dias após a emergência, devendo-se atentar para o aparecimento de espécies invasoras nesse período. Recomenda-se a utilização de herbicidas seletivos pós-emergentes e a aplicação de acordo com o tipo de planta presente, identificadas como folhas largas ou estreitas e consultar um engenheiro-agrônomo para a prescrição correta dos produtos indicados.

Manejo de plantas daninhas em arroz no sistema Clearfield de terras altas

Com a criação das cultivares de arroz com resistência genética a herbicidas (BRS A501 CL), um dos componentes do sistema Clearfield (CL) (Rangel et al., 2010; Marchesan et al., 2011), as possibilidades aumentaram para o aperfeiçoamento do manejo de plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. Nas cultivares CL, provenientes de uma mutação, pode-se aplicar o herbicida Kifix (525 g i.a. Imazapir + 175 g i.a. de Imazapique), do grupo químico imidazolinona, que é seletivo e tem ação sistêmica, o qual pode ser aplicado em pós-emergência na cultura do arroz CL sem prejudicá-la. As principais plantas daninhas controladas por esse herbicida, no sistema de terras altas, são: *Pennisetum setosum* (capim-custódio), *Brachiaria decumbens* (capim braquiária), *Digitaria insularis* (capim-amargoso), *Panicum maximum* (capim-colonião), *Acanthospermum australe* (carrapicho-de-carneiro), *Commelina benghalensis* (trapoeraba), *Euphorbia heterophylla* (leiteiro) e *Ipomoea grandifolia* (corda-de-viola). Há relato da possível resistência de *Bidens* sp. (picão-preto) ao herbicida e o controle pode ser comprometido em algumas ocasiões. Assim, constata-se que o herbicida possui amplo espectro de ação no controle de plantas daninhas de folhas estreitas e folhas largas e pode se tornar um excelente aliado para o manejo na cultura de arroz de terras altas.

De maneira prática, o herbicida Kifix pode ser aplicado em qualquer estágio de desenvolvimento da cultura do arroz, desde a sementeira até a fase final de perfilhamento, por ser altamente seletivo à cultura. Além disso, possui efeito residual sobre a germinação de sementes de algumas plantas daninhas, conferindo a característica tanto de pré-emergente quanto de pós-emergente. É importante respeitar o período crítico de interferência das plantas daninhas no arroz, visando manter a cultura descontaminada até, aproximadamente, 30 dias após a emergência.

Para o manejo do referido herbicida, é recomendável verificar o grau de infestação de plantas daninhas na área, de acordo com as situações:

- 1) Alta infestação da área ou o banco de sementes de plantas daninhas muito alto, recomenda-se a aplicação sequencial, com a primeira dose entre zero e 15 dias após a emergência da cultura, e a segunda, dez a 15 dias após a primeira, ambas de 70 g ha⁻¹ a 100 g ha⁻¹ do produto comercial. A aplicação sequencial será para as situações em que haja fluxos de germinação das plantas daninhas;
- 2) Baixa infestação de plantas daninhas e o banco de sementes reduzido, pode-se realizar apenas uma aplicação, na dose de 100 g ha⁻¹ a 140 g ha⁻¹ de Kifix, entre zero e 15 dias após a emergência. Usar as doses maiores de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta daninha ou com o alvo biológico a ser controlado.

Nas duas situações deve-se aplicar o herbicida com as plantas daninhas em fase inicial de desenvolvimento, ou seja, entre duas e quatro folhas ou um perfilho. Quanto ao efeito residual do herbicida no solo, recomenda-se o estabelecimento de um período mínimo de 60 dias da última aplicação até a instalação de cultura subsequente, evitando danos por fitotoxidez. Estudos preliminares indicam que, em solo argiloso, não há resíduos do herbicida no solo após 90 dias da aplicação.

Limitações de uso

- a) Seletividade: O herbicida Kifix é específico para uso no sistema de produção da cultura do arroz no sistema Clearfield e, em hipótese alguma, poderá ser utilizado em cultivares sem a tecnologia.

- b) Precaução: Ao adquirir as sementes, certificar-se que estejam identificadas para o sistema de produção de arroz Clearfield.
- c) Manejo da resistência: A Imidazolinona é classificada no grupo químico B (inibidores da acetolactato sintase (ALS)) (HRAC-BR, 2020). Como prática de manejo da resistência de plantas daninhas aos ingredientes ativos da formulação, recomenda-se não aplicar o herbicida mais de duas vezes na mesma safra e evitar semear o arroz Clearfield mais do que duas safras consecutivas na mesma área.

Manejo de cupins

Os cupins (*Procornitermes araujoii*, *Procornitermes triacifer* e *Syntermes molestus*) são outro problema que pode causar decréscimo na produtividade do arroz sob SPD. Os insetos ocorrem na maior parte das lavouras de arroz de terras altas estabelecidas em solos de Cerrado, sendo uma das principais causas do uso de inseticidas em tratamento de sementes (Ferreira et al., 2007). No SPD o problema é agravado, devido ao acúmulo de palhada na superfície do solo, aumentando a disponibilidade de alimento para os cupins, podendo ocasionar perda total da produção (Barbosa Filho et al., 2008). No SPD não há diminuição da população de cupins por exposição, esmagamento ou destruição de galerias, como ocorre no preparo convencional, sendo uma das alternativas para minimizar o dano a compactação do solo sobre o sulco de plantio. Barrigossi et al. (2011) observaram que o ataque de cupins no arroz de terras altas cultivado em plantio direto foi menor nos tratamentos com compactação (1,9 kgf cm² e 5,5 kgf cm²) sobre o sulco, comparado aos sem compactação, com o benefício reforçado quando associado com o tratamento de sementes com inseticidas. Pinheiro et al. (2018) constataram que a compactação sobre o sulco de plantio até 340 kPa e o tratamento de sementes (fipronil + piraclostrobina + tiofanato metílico) são importantes práticas para proporcionar incrementos significativos na produtividade de grãos do arroz de terras altas no SPD. Radford e Allsopp (1987) e Pinheiro et al. (2016b) relataram que a compactação do solo com roda compactadora melhora o suprimento de água no solo e reduz os danos letais às sementes, causados por ampla gama de espécies de insetos. Assim, a compactação da linha de semeadura pode contribuir esmagando grandes insetos perto da

semente, matando-os ou ferindo-os e restringindo o movimento desses e de outros no solo; e melhorando o suprimento de água, permitindo que as plântulas evitem danos causados por pragas através da germinação e crescimento mais rápidos ou diminuindo a porosidade do solo, o que reduz a difusão de dióxido de carbono das sementes e plântulas. Os autores também relataram que o uso de inseticidas em conjunto com as rodas compactadoras, melhorou o estabelecimento das plântulas de arroz de terras altas no SPD. Pinheiro et al. (2016d) mostraram que a pressão de compactação de aproximadamente 180 kPa no sulco de semeadura proporciona maior rendimento de grãos de arroz e menos colmos mortos por cupins. Ademais, a compactação do solo na linha de semeadura junto com o tratamento de sementes, aumenta significativamente a produtividade de grãos de arroz no SPD.

Manejo da brusone

A brusone do arroz, causada pelo fungo *Magnaporthe oryzae*, é a principal doença que afeta a cultura, convertendo-se em ameaça à segurança alimentar em todo o mundo (Sperandio et al., 2017). Uma cultivar suscetível pode ser infectada por *M. oryzae* durante as fases vegetativa e reprodutiva. Na vegetativa, as lesões aumentam em tamanho e número, reduzindo a área fotossintética da planta; e na reprodutiva, as panículas também podem ser infectadas, impedindo o enchimento dos grãos e causando reduções drásticas na produtividade (Talbot, 2003). Quando as condições climáticas são favoráveis ao desenvolvimento da doença (elevada umidade relativa do ar e temperatura), as perdas causadas pela doença podem atingir 100%, mesmo em cultivares com genes de resistência (Prabhu et al., 2009). Embora a resistência genética do hospedeiro seja atualmente a forma mais prática e viável economicamente, pode deixar de ser eficaz após alguns ciclos de cultivo e rapidamente superada devido ao surgimento de novas raças do patógeno. Em um cenário sustentável para a agricultura, o controle da doença requer métodos integrados, eficazes e ambientalmente amigáveis, reduzindo o uso de agrotóxicos.

Assim, as rizobactérias benéficas são uma alternativa aos fungicidas para o cultivo do arroz e permitem a redução de riscos ambientais e à saúde. As rizobactérias agem contra patógenos produzindo compostos antimicrobianos,

competindo por espaço e nutrientes e por indução de resistência. O contato com as rizobactérias ativa a defesa da planta; resposta denominada resistência sistêmica induzida. Assim, as plantas aumentam a produção de espécies reativas de oxigênio, a atividade de proteínas relacionadas à patogênese e o acúmulo de fitoalexinas, bem como a deposição de calose e lignina na parede celular da planta. Muitas dessas respostas são reguladas pela comunicação cruzada entre hormônios da planta, como o ácido salicílico e o ácido jasmônico e seus derivados, e pelos papéis centrais que desempenham nas respostas de defesa da planta (De Vleesschauwer al., 2013). Sperandio et al. (2017), trabalhando com a rizobactéria BRM 32114 (*Serratia* spp.) no controle da brusone, verificaram que as plantas tratadas proporcionaram menor incidência da doença em relação às plantas não tratadas. Filippi et al. (2011) mostraram que as rizobactérias Rizo-55 e Rizo-46 promoveram, simultaneamente, o crescimento das plantas e a redução da severidade de brusone foliar no arroz. Os isolados induziram a defesa das plantas, aumentando a atividade enzimática de proteínas relacionadas à patogênese. Os resultados abrem caminho para o desenvolvimento de insumos biológicos para o controle da brusone na cultura do arroz.

Uso de microrganismos multifuncionais

Os microrganismos multifuncionais com atividades benéficas, como as rizobactérias e os fungos do gênero *Trichoderma*, podem interagir com as plantas por meio de mecanismos diretos e indiretos, proporcionando superiores desenvolvimento radicular, absorção de nutrientes, resistência a doenças, produção de biomassa, produtividade de grãos e arranque mais rápido no SPD, representando alternativa estratégica para o desenvolvimento das plantas de arroz nesse sistema. (Nascente et al., 2017, 2019, 2020). Portanto, o uso do microrganismo BRM 32114 (*Serratia* spp.) na cultura do arroz de terras altas no SPD, gerou incrementos significativos na produção de biomassa em plantas (experimento com doses de N, P e K), no número de panículas por planta (experimento com P e K) e no número de grãos por panícula e na massa de mil grãos (experimento com N) e, conseqüentemente, na produtividade de grãos (experimento com os três nutrientes) (Tabela 6). Os maiores valores dos componentes de produção e produtividade de grãos com o uso da rizobactéria podem ser explicados, ao menos em parte, por incrementos nas

trocas gasosas, nos teores de nutrientes e na produção de biomassa da parte aérea de plantas de arroz de terras altas. Com base nos resultados, observou-se também que o uso do microrganismo proporcionou maior economia nas doses de N. Desse modo, o uso do microrganismo multifuncional BRM 32114 (*Serratia* spp.) possui potencial para aumentar a produção do arroz de terras altas no SPD de forma sustentável. Estudos estão na fase final para o desenvolvimento de bioprodutos com base no microrganismo, visando a produção em larga escala para disponibilização aos agricultores.

Tabela 6. Biomassa seca da parte aérea (BSPA), número de panículas por planta (NPP), número de grãos por panícula (NGP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PG) de plantas de arroz de terras altas submetidas a diferentes doses de N, P ou K e tratadas com BRM 32114 (*Serratia* spp.). Santo Antônio de Goiás, safras 2015/2016 e 2016/2017.

BRM 32114	BSPA (g m ⁻²)	NPP (un)	NGP (un)	MMG (g)	PG (kg ha ⁻¹)
N					
Presença	198 a	81 a	138 a	23,61 a	3.643 a
Ausência	184 b	83 a	118 b	23,05 b	3.020 b
P					
Presença	197 a	80 a	134 a	23,63 a	3.691 a
Ausência	172 b	72 b	132 a	23,20 a	2.990 b
K					
Presença	222 a	81 a	121 a	23,17 a	3.792 a
Ausência	206 b	73 b	124 a	22,98 a	3.174 b

Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Fonte: Nascente et al. (2020).

Considerações finais

O cultivo do arroz de terras altas no sistema plantio direto pode proporcionar diversos benefícios e favorecer a agricultura sustentável. Portanto, em rotação com a soja, o arroz pode proporcionar a quebra dos ciclos de insetos-praga, doenças, plantas daninhas, rotação de princípios ativos dos pesticidas e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo.

Adicionalmente, constata-se que os principais benefícios da adoção do SPD são o incremento dos teores de matéria orgânica, da atividade biológica e da estruturação do solo, além de maior conservação da umidade, redução da infestação de plantas daninhas e da erosão. O SPD proporciona também aumento da fertilidade do solo, devido à degradação e à liberação de nutrientes da palha das plantas de cobertura. Dessa forma, faz-se necessária a utilização de rotação de culturas com inclusão de plantas de cobertura com sistema radicular agressivo, visando a redução da compactação do solo, a ciclagem de nutrientes, a elevação dos teores de amônio no solo e o aumento dos teores de matéria orgânica. Dentre as opções de plantas de cobertura, destaca-se o milho que proporciona incrementos significativos na produtividade de grãos da cultura. O manejo adequado dessa planta de cobertura ou de outra opção do agricultor, deve ser realizado com antecedência à semeadura do arroz, e o solo manejado adequadamente para evitar restrições químicas e físicas no desenvolvimento das plantas. Desse modo, o uso de hastes metálicas (botinhas) na semeadora, visando romper camadas compactadas e, com isso, maior necessidade de controle de cupins, deve ser avaliado caso a caso. Realizar a aplicação de maior quantidade de N na semeadura, principalmente em locais com grande volume de palha na superfície do solo, especialmente de gramíneas. Nessas condições, recomenda-se também a compactação do sulco de semeadura, objetivando maior contato da semente com o solo, além de obedecer ao zoneamento agroclimático, utilizar cultivares recomendadas para a região e realizar o controle adequado das plantas daninhas. Com tais recomendações, aumentam as chances de obter-se altas produtividades com a cultura do arroz, convertendo-se em mais uma opção na rotação de culturas no SPD. A tecnologia do plantio de arroz de terras altas no SPD está consolidada para situações específicas, quando o teor de matéria orgânica do solo e/ou restrições hídricas em fases críticas da cultura não sejam fatores limitantes.

Referências

ARAÚJO, J. L.; FAQUIN, V.; VIEIRA, N. M. B.; OLIVEIRA, V. C.; SOARES, A. A.; RODRIGUES, C. R.; MESQUITA, A. C. Crescimento e produção do arroz sob diferentes proporções de nitrato e de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 921-930, maio/jun. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300022>

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; NASCENTE, A. S.; LACERDA, M. C. Espaçamento e adubação nitrogenada afetando o desenvolvimento do arroz de terras altas sob plantio direto. **Revista Ceres**, v. 62, n. 5, p. 475-482, set./out. 2015. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562050008>

BARBOSA FILHO, M. P.; HEINEMANN, A. B.; FAGERIA, N. K.; FERREIRA, F. A. S.; LIMA, L. B. de. **Frequência de aplicação foliar de micronutrientes em arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 166). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/216274>

BARRIGOSI, J. A.; PINHEIRO, V.; SILVA, J. G. da; COBUCCI, T.; EIFERT, E. C.; SILVA, J. F. A. e; ALVES, T. M. Efeito da compactação de sulco de plantio e de tratamentos de sementes na infestação de cupins em arroz de terras altas, em plantio direto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TERMITOLOGIA, 1., 2011, Anápolis. **Anais**. Anápolis: Universidade Estadual de Goiás, 2011. p. 9. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/926351>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: Sistema de agrotóxicos fitossanitário. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em 12 set. 2019.

CARVALHO, M. T. de M.; CASTRO, A. P. de; FERREIRA, C. M.; LACERDA, M. C.; LANNA, A. C.; SILVA-LOBO, V. L.; SILVA, M. A. S. da; COLOMBARI FILHO, J. M. **O arroz de terras altas como estratégia para segurança alimentar, intensificação ecológica e adaptação à mudança do clima**: rumo aos objetivos de desenvolvimento sustentável para o milênio. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2020. 14 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 252). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1121735>

CASTRO, A. P. de; RANGEL, P. H. N.; LACERDA, M. C.; FURTINI, I. V.; FRAGOSO, D. de B.; CORDEIRO, A. C. C.; SOUSA, N. R. G.; MORAIS, O. P. de; AZEVEDO, R. de; UTUMI, M. M.; PEREIRA, J. A.; OLIVEIRA, I. J. de; CUSTODIO, D. P.; SANTOS, B. M. dos. **BRS A501 CL**: cultivar de arroz de terras altas resistente a herbicida. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2018. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 242). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1089162>

CAZETTA, D. A.; ARF, O.; BUZZETTI, S.; SÁ, M. E. de; RODRIGUES, R. A. F. Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 471-479, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000200023>

COBUCCI, T.; RABELO, R. R.; SILVA, W. da. **Manejo de plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas na região dos cerrados**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 60 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 42). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/210886>

DE VLEESSCHAUWER, D.; GHEYSEN, G.; HÖFTE, M. Hormone defense networking in rice: tales from a different world. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 10, p. 555-565, Oct. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.07.002>

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p.

FAGERIA, N. K. **Mineral nutrition of rice**. Boca Raton: CRC Press, 2014. 552 p.

FERREIRA, C. M.; STONE, L. F.; MORAES, A. da C.; OLIVEIRA, J. P. de. **O passado e o futuro da cadeia produtiva do arroz em Mato Grosso**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. 115 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 308). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1031167>

- FERREIRA, E.; BARRIGOSI, J. A. F.; SILVA, J. G. da; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Fatores influenciando o ataque de cupim rizófago em plantio direto de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 176-181, set. 2007. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/215828>
- FILIPPI, M. C. C.; SILVA, G. B. da; SILVA-LOBO, V. L.; CORTES, M. V. C. B.; MORAES, A. J. G.; PRABHU, A. S. Leaf blast (*Magnaporthe oryzae*) suppression and growth promotion by rhizobacteria on aerobic rice in Brazil. **Biological Control**, v. 58, n. 2, p. 160-166, Aug. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.04.016>
- GOULART, A. M. C. **Diversidade de nematoides em agroecossistemas e ecossistemas naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 71 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 191). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/571966>
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; SILVA, A. C. de L. Evapotranspiration and grain yield of upland rice as affected by water deficit. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 441-446. 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p441-446>
- HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. da; MORAES, A. da C. **Zoneamento da região produtora de arroz de terras altas quanto ao impacto da deficiência hídrica**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 223). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1041857>
- HRAC-BR. Comitê de Ação a Resistência aos Herbicidas. **Classificação dos herbicidas quanto aos mecanismos de ação**. 2020. 1 folder. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1oMUqR_SML6M6hHeijLx9ZpswVF9UpKz/view. Acesso em: 19 maio 2020.
- KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 21-28, jan./abr. 2006. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/193033>
- KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, J. L. da S.; SILVA, J. G. da; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 38). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/208449>
- LACERDA, M. C.; NASCENTE, A. S. Effects of row spacing and nitrogen topdressing fertilization on the yield of upland rice in a no-tillage system. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 4, p. 493-502, Oct./Dec. 2016. <https://doi.org/10.4025/actasciagr.v38i4.30855>
- MADARI, B. E.; MAGGIOTTO, S. R.; CARVALHO, M. T. de M.; CORRÊA, R. S.; OLIVEIRA, J. M.; MEDEIROS, J. C.; SILVA, M. A. S.; MACHADO, P. L. O. A. Mixed farming systems as potential carbon sinks. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEGATIVE CO2 EMISSIONS, 2018, Gothenburg. **Proceedings**. Gothenburg: Chalmers University of Technology, 2018. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1100875>
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo ("Carryover"). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, maio/ago. 2011. <https://doi.org/10.7824/rbh.v10i2.106>

MARCHESAN, E.; MASSONI, P. F. S.; GROHS, M.; VILLA, S. C. C.; AVILA, L. A.; ROSO, R. Arroz tolerante a imidazolinonas: banco de sementes de arroz-vermelho e fluxo gênico. **Planta Daninha**, v. 29, p. 1099-1105, 2011. Número especial. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000500017>

MODELO, A. J.; FERNANDES, H. C.; SCHAEFER, C. E. G.; SANTOS, N. T.; SILVEIRA, J. C. M. Efeito do teor de água do solo e da carga aplicada pela roda compactadora na velocidade de emergência da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 5, p. 587-592, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1807-86212007000500001>

MORO, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; CANTARELLA, H.; NASCENTE, A. S. Upland rice under no-tillage preceded by crops for soil cover and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1669-1677, nov./dez. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000600023>

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, A. S.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. Upland rice yield as affected by previous summer crop rotation (soybean or upland rice) and glyphosate management on cover crops. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 147-155, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000100016>

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C.; STONE, L. F. Straw degradation and nitrogen release from cover crops under no-tillage. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 166-175, abr./jun. 2014b.

NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C. de; LANNA, A. C.; SILVA, G. B. da. **Microorganismo multifuncional *Serratia* sp. e doses de macronutrientes afetando o desenvolvimento da cultura do arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2020. 20 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 55). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1121016>

NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C. de; LANNA, A. C.; SOUZA, A. C. A. de; LOBO, V. L. da S.; SILVA, G. B. da. Biomass, gas exchange, and nutrient contents in upland rice plants affected by application forms of microorganism growth promoters. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 3, p. 2956-2965, Jan. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8013-2>

NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C.; SOUSA, T. P.; CHAIBUB, A. A.; SOUZA, A. C. A.; LANNA, A. C. Upland rice gas exchange, nutrient uptake and grain yield as affected by potassium fertilization and inoculation of the diazotrophic bacteria *Serratia* spp. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 6, p. 944-953, 2019. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.06.p1689>

NASCENTE, A. S.; LACERDA, M. C.; CARVALHO, M. da C. S.; MONDO, V. H. V. Gypsum and phosphorus in the development of upland rice under a no-tillage system. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 50, p. 3645-3654, Dec. 2014a. <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.8536>

NASCENTE, A. S.; LACERDA, M. C.; LANNA, A. C.; FILIPPI, M. C. C. de; SILVA, D. M. Cover crops can affect soil attributes and yield of upland rice. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 2, p. 176-184, 2016.

NASCENTE, A. S.; STONE, L. F. Cover crops as affecting soil chemical and physical properties and development of upland rice and soybean cultivated in rotation. **Rice Science**, v. 25, n. 6, p. 340-349, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2018.10.004>

NASCENTE, A. S.; STONE, L. F. **Decomposição de palhada e liberação de nitrogênio em latossolo vermelho do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. 6 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 229). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1027054>

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. de A.; ASSIS, R. L. de; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1787-1799, set./out. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500033>

PINHEIRO, V.; NASCENTE, A. S.; STONE, L. F. Compactação sobre o sulco de plantio e tratamento de sementes na produtividade do arroz de terras altas. **Revista Agrarian**, v. 11, n. 39, p. 6-13, 2018. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v11i39.5267>

PINHEIRO, V.; NASCENTE, A. S.; STONE, L. F.; LACERDA, M. C. Seed treatment, soil compaction and nitrogen management affect upland rice. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 1, p. 72-79, jan./mar. 2016b. <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v46i38428>

PINHEIRO, V.; STONE, L. F.; BARRIGOSSO, J. A. F. Rice grain yield as affected by subsoiling, compaction on sowing furrow and seed treatment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 395-400, 2016c. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p395-400>

PINHEIRO, V.; STONE, L. F.; BARRIGOSSO, J. A. F.; NASCENTE, A. S. Grain yield and termite damage in rice by compaction on the furrow and seed treatment. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 11, p. 1813-1820, nov. 2016d. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001100003>

PINHEIRO, V.; STONE, L. F.; NASCENTE, A. S. Soil management, seed treatment and soil compaction on the sowing furrows affect grain yields of upland rice genotypes. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 8, p. 1112-1117, 2016a. <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.08.p7551>

PORTUGAL, J. R.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, G. H. S.; PERES, A. R.; SOUZA, E. Doses de nitrogênio associadas à inoculação com Azospirillum brasilense e compactação do solo na linha de semeadura em arroz de terras altas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013, Santa Maria. **Avaliando cenários para a produção sustentável de arroz: anais**. Santa Maria: UFSM; Porto Alegre: Sosbai, 2013. p. 794-797.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; SILVA, G. B.; LOBO, V. L. S.; MORAIS, O. P. An unprecedented outbreak of rice blast on a newly released cultivar BRS Colosso in Brazil. In: WANG, G.-L.; VALENT, B. (Ed.). **Advances in genetics genomics and control of rice blast disease**. New York: Springer, 2009. p. 257-266. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9500-9_26

RADFORD, B. J.; ALLSOPP, P. G. Use of insecticides and a press wheel to control soil insects affecting sorghum and sunflower establishment in southern Queensland. **Australian Journal of Entomology**, v. 26, n. 2, p. 161-167, May 1987. <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.1987.tb00279.x>

RANGEL, P. H. N.; MOURA NETO, F. P.; FAGUNDES, P. R. R.; MAGALHAES JÚNIOR, A. M. de; MORAIS, O. P. de; SCHMIDT, A. B.; MENDONÇA, J. A.; SANTIAGO, C. M.; RANGEL, P. N.; CUTRIM, V. dos A.; FERREIRA, M. E. Development of herbicide-tolerant irrigated rice cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 7, p. 701-708, jul. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000700010>

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1000 p.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. (Ed.). **Plantas de cobertura dos solos do cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz Feijão, 2010. 218 p.

SOARES, A. L. A.; CARRÃO, V. H. **Plantio direto de arroz irrigado: uma ponte entre passado e futuro**. Porto Alegre: Monsanto, 1993. 33 p.

SPERANDIO, E. M.; VALE, H. M. M. do; REIS, M. de S.; CORTES, M. V. de C. B.; LANNA, A. C.; FILIPPI, M. C. C. de. Evaluation of rhizobacteria in upland rice in Brazil: growth promotion and interaction of induced defense responses against leaf blast (*Magnaporthe oryzae*).

Acta Physiologiae Plantarum, v. 39, n. 12, p. 1-11, Dec. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2547-x>

TALBOT, N. J. On the trail of a cereal killer: exploring the biology of *Magnaporthe grisea*. **Annual Review of Microbiology**, v. 57, p. 177-202, 2003. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.57.030502.090957>

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462 Km 12 Zona Rural,
Caixa Postal 179
CEP 75375-000,
Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (62) 3533 2105
Fax: (62) 3533 2100
www.embrapa.br

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Publicação digital - PDF (2021)

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê de Publicações
da Embrapa Arroz e Feijão

Presidente

Roselene de Queiroz Chaves

Secretário-Executivo

Luiz Roberto Rocha da Silva

Membros

Ana Lúcia Delalibera de Faria, Luís Fernando

Stone, Newton Cavalcanti de Noronha Júnior,

Tereza Cristina de Oliveira Borba

Supervisão editorial

Luiz Roberto Rocha da Silva

Revisão de texto

Luiz Roberto Rocha da Silva

Normalização bibliográfica

Ana Lúcia Delalibera de Faria (CRB 1/324)

Projeto gráfico da coleção

Fabiano Severino

Editoração eletrônica

Luiz Roberto Rocha da Silva

Foto da capa

Sebastião José de Araújo

CGPE 016778