

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

A Cultura do Arroz no Brasil

*2ª Edição
Revisada e ampliada*

Alberto Baêta dos Santos
Luís Fernando Stone
Noris Regina de Almeida Vieira
Editores Técnicos

*Embrapa Arroz e Feijão
Santo Antônio de Goiás, GO
2006*

Exemplares desta publicação devem ser solicitados à:

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12
Caixa Postal 179
CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás , GO
Fone: (62) 3533-2110
Fax: (62) 3533-2100
sac@cnpaf.embrapa.br
www@cnpaf.embrapa.br

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB), Av. W3 Norte (final)
Fone: (61) 3340-9999
Fax: (61) 3340-2753
CEP 70770-901 - Brasília, DF
vendas@sct.embrapa.br
www.sct.embrapa.br

Supervisor Editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*

Revisor de Texto: *Noris Regina de Almeida Vieira*

Normalização Bibliográfica: *Ana Lúcia Delalibera de Faria*

Tratamento das Ilustrações: *Sebastião José de Araújo e Fabiano Severino*

Editoração Eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

1ª impressão (1999): 1.000 exemplares

2ª edição

1ª impressão (2006): 2.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Arroz e Feijão

A cultura do arroz no Brasil / editores, Alberto Baêta dos Santos, Luís Fernando Stone, Noris Regina de Almeida Vieira. - 2. ed. rev. ampl. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1000 p. : il. ; 23 cm.

ISBN 85-7437-030-4

1. Arroz - Produção. 2. Arroz - Tecnologia. 3. Arroz - Pesquisa. I. Santos, Alberto Baêta dos, *ed.* II. Stone, Luís Fernando, *ed.* III. Vieira, Noris Regina de Almeida, *ed.* IV. Embrapa Arroz e Feijão.

CDD 633.18 (21. ed.)

© Embrapa 2006

SISTEMAS DE CULTIVO

CLEBER MORAIS GUIMARÃES; ALBERTO BAÊTA DOS SANTOS;
ARIANO MARTINS DE MAGALHÃES JÚNIOR; LUÍS FERNANDO STONE

RESUMO - São considerados no Brasil dois grandes ecossistemas para a cultura do arroz, o várzeas, irrigado por inundação controlada, e o terras altas, englobando o de sequeiro e o com irrigação suplementar por aspersão. A maior parcela da produção de arroz do país é proveniente do ecossistema várzeas, onde a orizicultura irrigada é responsável por 69% da produção nacional, sendo considerada um estabilizador da safra nacional. No Brasil, há um imenso potencial de várzeas ainda não explorado que, devido à topografia e disponibilidade de água, apresenta condições propícias à produção de alimentos. O cultivo do arroz irrigado está presente em todas as regiões brasileiras, com destaque para a Região Sul que é responsável, atualmente, por 88,3% da produção de arroz irrigado e 62,8% da produção total deste cereal. O Rio Grande do Sul contribui com 75,9% da produção brasileira de arroz no ecossistema de várzeas. A orizicultura gaúcha caracteriza-se pela predominância do cultivo irrigado extensivo, dentro de um sistema empresarial, exercido principalmente por grandes e médios produtores, onde é tradicionalmente conduzida em rotação com pastagem. Além do sistema tradicional de cultivo, são empregados o cultivo mínimo, o plantio direto e o pré-germinado. Em Santa Catarina, o cultivo de arroz é realizado 98% no sistema pré-germinado, onde são alcançadas as mais altas produtividades, ocupando o estado o segundo lugar na produção de arroz irrigado. A região tropical é considerada uma das mais promissoras para a expansão da cultura do arroz irrigado, especialmente na Região Norte, devido à disponibilidade de várzeas, cujas características dos solos e condições de hidromorfismo as torna aptas à orizicultura irrigada. O ecossistema terras altas é caracterizado pela condição aeróbica de desenvolvimento radicular da planta. Nesse ecossistema, o arroz pode ser cultivado com irrigação suplementar por aspersão ou sem irrigação, ou seja, a disponibilidade de água para a cultura é totalmente dependente da precipitação pluvial. O desenvolvimento de cultivares de arroz mais produtivas e de melhor qualidade de grão, associado à utilização de técnicas adequadas de manejo, poderá permitir ao país atingir a auto-suficiência e até exportar arroz dentro de um prazo relativamente curto.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma espécie hidrófila, cujo processo evolutivo tem levado a sua adaptação às mais variadas condições ambientais. São considerados dois grandes ecossistemas para a cultura, que são o várzeas, irrigado por inundação controlada, e o terras altas, englobando o sem irrigação e o com irrigação suplementar por



aspersão. As diferenças entre ambientes destes ecossistemas têm ocasionado variações nas características da planta de arroz, conferindo adaptação aos genótipos.

Aproximadamente 90% de todo o arroz do mundo é cultivado e consumido na Ásia, cujo sistema básico de cultivo é o irrigado por inundação. Neste continente, o arroz é cultivado em mais de 250 milhões de pequenas propriedades, onde a maioria da população alimenta-se de arroz duas a três vezes ao dia.

O arroz é alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas no mundo e, segundo estimativas, até 2050, a produção mundial deverá ser dobrada para atender a demanda da população. O crescimento acelerado da população está aumentando a demanda do produto em proporções não compatíveis com o crescimento da produção, ou seja, a produção mundial de arroz não vem acompanhando o crescimento do consumo. Nos últimos seis anos, a produção mundial aumentou cerca de 1,09% ao ano, enquanto a população cresceu 1,32% e o consumo 1,27%, havendo grande preocupação em relação à estabilização da produção mundial. No entanto, a América Latina tem elevado sua produção em 4,34% ao ano e a produtividade de grãos em 3,22%. Para se atender a demanda, deverão ser adicionadas ao mercado mundial de arroz cerca de dez milhões de toneladas por ano. Segundo Pingali (1995), somente metade desse total será produzida no continente asiático, devendo a outra parte originar-se fora dessa macrorregião. Isto se deve à possibilidade de redução de área de cultivo de arroz em alguns países da Ásia em virtude das principais razões: competição da água empregada na cultura com outros fins, como usos doméstico e industrial; alta taxa de urbanização, onde áreas anteriormente cultivadas com arroz passam a ser utilizadas para habitações; e redução da disponibilidade de mão-de-obra no campo, devido ao crescente processo de industrialização e ao deslocamento da produção agrícola para áreas marginais. Com isso, a América Latina e a África destacam-se no cenário mundial como as duas únicas regiões com grande potencial, quase inexplorado, para produção de arroz e com capacidade para atender a essa demanda. Detendo 12% das terras agrícolas e 13,2% dos recursos renováveis de água, a América Latina pode, futuramente, se tornar o grande fornecedor desse cereal.

O arroz de terras altas é encontrado predominantemente no Brasil e, em menor proporção, no continente africano. É caracterizado pela condição aeróbica de desenvolvimento radicular da planta, ao passo que, sob condições de solo inundado, a conseqüente criação de uma condição anaeróbica implica uma série de transformações que



influenciam, não só o desenvolvimento da planta de arroz, como também a absorção de nutrientes e o manejo do solo.

ECOSSISTEMA VÁRZEAS

Sistema de cultivo irrigado por inundação

A maior parcela da produção de arroz do país é proveniente do ecossistema várzeas, onde a orizicultura irrigada é responsável por 69% da produção nacional, sendo considerada um estabilizador da safra nacional, uma vez que não é tão dependente das condições climáticas como no caso dos cultivos de terras altas. No Brasil, há 33 milhões de hectares de várzeas, com topografia e disponibilidade de água propícias à produção de alimentos, entretanto, apenas 3,7% dessa área são utilizados para a orizicultura.

Nesse ecossistema, a cultura do arroz pode ser encontrada sob cultivo em várzeas sistematizadas, com controle da lâmina de água, onde o agricultor coloca e retira a água quando é conveniente ao cultivo, até lavouras onde um nivelamento inadequado impede o controle da lâmina de água e a má drenagem não permite o manejo eficiente do sistema, haja vista as várzeas úmidas, não sistematizadas, irrigadas pela água da chuva ou pela elevação do lençol freático. O cultivo do arroz no sistema de várzeas úmidas caracteriza-se pelo baixo nível de insumos. Em geral, esse tipo de exploração utiliza alto índice de mão-de-obra familiar, pequenas áreas e máquinas de pequeno porte, não existindo a preocupação com a construção de sistemas de controle e eliminação de água. As cultivares normalmente usadas são tradicionais e o plantio é feito por meio de semeadura direta ou do transplante de mudas. A época de plantio é limitada pela capacidade de manejar o solo, ou seja, uma vez iniciadas as chuvas, nos meses de outubro ou novembro, inicia-se de imediato o preparo do solo e a semeadura. Este sistema, devido à pouca expressão no país, não será abordado no contexto deste livro.

Por suas características especiais, o sistema de várzeas requer solos planos e com pouca drenagem vertical a fim de garantir a manutenção de uma lâmina de água sobre a sua superfície durante todo ou parte do ciclo da cultura. Para a obtenção de êxito na implantação de um projeto de produção de arroz neste sistema, é essencial que se escolham áreas que possuam água em abundância, de fácil acesso e de baixo custo. Com isso, os cultivos de arroz irrigado por inundação são feitos em várzeas que apresentam solos planos, comumente formados em condições de excesso



de umidade ou sujeitos a inundações periódicas, o que confere condições diferentes das dos solos de terras altas, com relação aos atributos físicos, químicos, morfológicos, mineralógicos e biológicos. Por possuírem horizontes argilosos, com baixa condutividade hidráulica, são também de difícil drenagem.

As várzeas da região subtropical estão presentes nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. No Rio Grande do Sul, são encontrados cerca de 5,4 milhões de hectares de várzeas e em Santa Catarina aproximadamente 684 mil hectares. No Paraná, estima-se que existem cerca de 400 mil hectares, o que totaliza uma área de cerca de 6,5 milhões de hectares de várzeas na Região Sul do Brasil. Nessas várzeas, anualmente, são cultivados com arroz irrigado cerca de 1,1 milhão de hectares, cuja produção supre mais de 62,8% da demanda nacional (Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2002).

Uma significativa parcela da produção de arroz no ecossistema várzeas, no Brasil, é procedente do Rio Grande do Sul, que contribui com 75,9%, seguindo-se Santa Catarina 12,7%, Tocantins 3,9% e Mato Grosso do Sul 2,5%. Em escala reduzida, e de forma pulverizada, os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí, Roraima, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Mato Grosso, Maranhão, Alagoas e Sergipe, totalizam cerca de 5,0% da produção nacional neste ecossistema.

A produção total de arroz no Rio Grande do Sul oscilou entre 3,5 milhões de toneladas, em 1997/98, e 6,3 milhões de toneladas, em 2003/2004, com uma média das últimas três safras de 5,6 milhões de toneladas, sendo considerada estabilizadora da safra nacional, responsável por cerca de 52,3% da produção brasileira, a maior entre os estados da Federação. Esta produção representa 3,1% do Produto Interno Bruto (PIB) e gera R\$ 175 milhões em Imposto para Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) e 250 mil empregos no estado. A produtividade média é em torno de 6.000 kg ha⁻¹, próxima das obtidas em países tradicionais no cultivo de arroz irrigado, ficando pouco abaixo das obtidas na Califórnia, nos EUA, Austrália e Japão. Contudo, problemas como o alto custo de implantação da lavoura, a crescente infestação de arroz vermelho ou preto, a ocorrência de fatores abióticos, principalmente de frio na fase de floração na região subtropical, e calor, na região tropical, que restringem a exploração do potencial produtivo das cultivares atualmente utilizadas, que é em torno de 10.000 kg ha⁻¹, indicam que os sistemas de produção interferem diretamente na resposta dos genótipos.

Segundo Azambuja et al. (2004), a orizicultura gaúcha caracteriza-se pela predominância do cultivo irrigado extensivo, dentro de um



sistema empresarial, exercido principalmente por grandes e médios produtores, com elevada utilização de mão-de-obra assalariada, mecanização, terras arrendadas, uso de alta tecnologia e uma forte organização político-setorial. A área média cultivada com arroz foi de 108 ha, em 2000/01, e, quanto à estrutura fundiária da lavoura, cerca de 58% dos produtores cultivam em terras arrendadas, e 40% arrendam também a água. O sistema de cultivo convencional é utilizado em aproximadamente 41,4% da área, o cultivo mínimo e o plantio direto, juntos, ocupam cerca de 47,5%, e o restante da área, 11,1%, é cultivada sob outras formas, principalmente o sistema de cultivo de arroz pré-germinada e o sistema mix.

No Rio Grande do Sul, o arroz irrigado é cultivado nas seguintes regiões: Fronteira Oeste, Depressão Central, Campanha, Sul, Costa Externa da Lagoa dos Patos e Costa Interna da Lagoa dos Patos (Azambuja et al., 2004). Essas regiões apresentam diferenças quanto à topografia, ao clima, ao solos, a disponibilidade de água para irrigação, ao tamanho de lavouras, entre outros, determinando variações em termos de produção e produtividade média.

Na Fronteira Oeste, o clima e a topografia favorecem a antecipação da semeadura; as barragens são as principais fontes de água para irrigação; as lavouras são de médio e grande porte. Nessa região, lavouras com bom manejo atingem produtividades de acima de 9.000 kg ha⁻¹, sendo a principal produtora de arroz no Rio Grande do Sul, responsável pela produção de 32,68% do total, na safra 2001/02.

Na Campanha, as lavouras utilizam os rios e barragens como principais fontes para irrigação. Essa região produziu 17,65% do total do estado, na safra 2001/02.

Na Depressão Central, as lavouras são de pequeno e médio porte, com uso intensivo dos solos, localizando-se principalmente nas várzeas dos rios, sendo estes as fontes de irrigação. Os solos apresentam fertilidade de média à baixa e a produtividade é elevada devido as práticas peculiares de manejo empregadas na região. A produção desta região representou 16,31% do total, na safra 2001/02.

A Região Sul, responsável por cerca de 13% da produção estadual, se caracteriza por apresentar uma grande disponibilidade de água para irrigação, já que se encontra entre as Lagoas dos Patos e Mirim. No entanto, a água geralmente tem de ser conduzida a grandes



distâncias, encarecendo assim o custo de irrigação. A semeadura e colheita são realizadas em períodos curtos e bem definidos, requerendo maior investimento em máquinas e equipamentos. A produtividade média muitas vezes se encontra comprometida por problemas de frio na fase reprodutiva da cultura, devido a ocorrência de temperaturas abaixo de 15°C.

Na Costa Externa da Lagoa dos Patos o sistema pré-germinado está em franco desenvolvimento, devido à forte influência da orizicultura catarinense. A média de produtividade na região é de 5.500 kg ha⁻¹. Na Costa Interna da Lagoa dos Patos, as lavouras são de porte médio a pequeno, os solos de fertilidade média, apresenta elevada infestação de arroz vermelho.

Em relação à áreas de plantio, na safra 2003/04 a Fronteira Oeste foi a que mais contribuiu, com cerca de 27,14% do total do Estado do Rio Grande do Sul, sendo seguida pelas regiões Sul, com 16,73%, e pela Campanha, com 16,65%. A Depressão Central, caracterizada por pequenas propriedades, sendo 80% destas até 10 ha, contribuiu, com cerca de 15,46% da área semeada do RS. Essa região, devido às peculiaridades locais, tem como principal produto agrícola o arroz irrigado, seguido pelo fumo, milho, feijão e morango. Encontra-se na Fig. 3.1 um panorama geral da topografia da Depressão Central, sendo o arroz cultivado nos vales entre os morros da região.

Foto: José Francisco da Silva Martins



Fig. 3.1. Vista geral de lavouras de arroz irrigado, na região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, município de Agudo.

As áreas da Planície Costeira Externa e Interna, contribuíram com cerca de 12,25 e 11,77% do total da área cultivada no RS, na safra 2003/04.

Tradicionalmente, após a colheita do arroz, é colocado gado na área para aproveitamento da palhada do arroz e da flora de sucessão. Os animais permanecem na área até o momento de preparação do solo para o próximo cultivo de arroz, o que pode acontecer no ano seguinte ou até três anos mais tarde (Guimarães & Sant'Ana, 1999).

Com relação aos itens que compõem o custo de produção da lavoura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, destacam-se, em ordem decrescente, a irrigação, o preparo do solo, a terra de cultivo, o controle de plantas daninhas, pragas e doenças, e a adubação (Azambuja et al., 2004).

O sistema tradicional de cultivo tem contribuído para a degradação das condições físicas e químicas dos solos hidromórficos, além de facilitar a disseminação de plantas daninhas, principalmente do arroz vermelho e preto, que representam um dos principais problemas da cultura. O cultivo mínimo, o plantio direto e, principalmente, o pré-germinado ajudam no controle das plantas daninhas e permitem maior integração lavoura e pecuária (Guimarães & Sant'Ana, 1999).

Para possibilitar a coincidência das fases críticas da planta de arroz com períodos em que a temperatura e luminosidade sejam as mais favoráveis para a cultura, os períodos recomendados de semeadura de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul variam de 21 de setembro a 20 de novembro para as cultivares de ciclo médio e de 11 de outubro a 10 de dezembro para as cultivares de ciclo curto, dependendo das sub-regiões agroecológicas (Desenvolvimento..., 2003).

Com a monocultura contínua nas várzeas surgem problemas com pragas, doenças e plantas daninhas, comprometendo a segurança ambiental do ecossistema, afetando a economicidade da atividade. Com isso, a rotação do arroz com outras espécies é uma alternativa para tornar intensivo o aproveitamento das várzeas, auxiliando no controle desses fatores bióticos. No Rio Grande do Sul o sistema de cultivo de arroz é caracterizado pelo binômio arroz X pecuária.

A geração de tecnologias para a recuperação e melhoria produtiva de solos do ecossistema várzeas, visa minimizar os problemas hoje enfrentados no sistema produtivo da cultura do arroz irrigado. Dentre alguns problemas, pode-se citar como o mais importante a presença



do arroz vermelho e preto nas lavouras. Atualmente é a planta daninha mais importante economicamente, tendo inviabilizado áreas de várzea para o cultivo do arroz irrigado. No Rio Grande do Sul, por exemplo, estima-se uma perda de 20% na produção do arroz, ocasionando um prejuízo anual de 800 mil toneladas de arroz. Considerando-se o valor comercial médio de R\$ 35,00 por saco de 50 kg, este prejuízo equivale a R\$ 560 milhões.

O cultivo de arroz no Estado de Santa Catarina concentra-se no baixo e médio vale do Itajaí e no litoral norte. As épocas recomendadas de semeadura no estado variam de 21 de agosto a 10 de janeiro para as cultivares de ciclo curto, de 11 de agosto a 20 de dezembro para as de ciclo médio e de 11 de agosto a 10 de dezembro para as de ciclo longo, dependendo das sub-regiões agroecológicas (Desenvolvimento..., 2003). O cultivo de arroz é realizado 98% no sistema pré-germinado, alcançando uma produtividade ao redor de 7.000 kg ha⁻¹, em uma área de 128 mil hectares. O estado ocupa o segundo lugar na produção de arroz irrigado, com cerca de 900 mil toneladas em 2002.

O sistema de plantio com sementes pré-germinadas foi introduzido pelos imigrantes italianos no vale do Itajaí, no começo do século XX, e surgiu, provavelmente, em decorrência do próprio ambiente da região, caracterizado pela predominância de solos argilosos mal drenados e pela inexistência de uma estação seca, dificultando o preparo convencional do solo (Epagri, 2002). Contrária à orizicultura gaúcha, a catarinense caracteriza-se pela presença de pequenas propriedades, além do sistema de plantio com sementes pré-germinadas, que apresenta como vantagens: preparo do solo e a semeadura mesmo em dias chuvosos; controle do arroz vermelho; menor requerimento de herbicidas devido ao melhor controle das plantas daninhas; maior eficiência no uso de máquinas; e redução dos tratos culturais pela sistematização e nivelamento do solo. Quase que na totalidade das áreas, cultiva-se arroz após arroz.

A quase totalidade do arroz produzido no Rio Grande do Sul e Santa Catarina apresenta tipo de grão longo-fino de alta qualidade de cocção, características exigidas no mercado brasileiro, principalmente nas Regiões Sul e Sudeste. Cerca de 12% do arroz produzido no Rio Grande do Sul e 30% da produção de Santa Catarina são consumidos nos respectivos estados, sendo o restante exportado para os demais centros consumidores.

No Paraná, a área de cultivo é de 14,4 mil hectares, produz cerca de 65 mil toneladas e apresenta uma produtividade de 4.200 kg ha⁻¹.



Na região tropical, a área cultivada com arroz irrigado é ao redor de 13% apenas, proporcionando cerca de 11% da produção total brasileira nesse ecossistema. No entanto, esta região é considerada uma das mais promissoras para a expansão da cultura do arroz irrigado, devido à disponibilidade de várzeas, cujas características dos solos e condições de hidromorfismo as torna aptas à orizicultura irrigada. No Estado do Tocantins, na Região Norte, a presença de um período seco com a possibilidade de manejo da água dos canais e do lençol freático por subirrigação viabilizou, na entressafra do arroz irrigado, o cultivo de soja, sorgo, algodão, melancia, milho, feijão, melão e abóbora, superando a expressão econômica do arroz. Portanto, em regiões tropicais, a utilização das várzeas pode ser feita de forma sustentável, pois permite o cultivo de duas a três safras por ano na mesma área. Conseqüentemente, uma segunda colheita de arroz, mediante o cultivo da soca, pode ser uma das primeiras alternativas viáveis para aumentar a produtividade de grãos (Santos, 1999, 2001). Devido à menor incidência de doenças nas espécies cultivadas na entressafra de arroz, nas várzeas da região tropical, a produção de grãos, como o feijão, por exemplo, é obtida com menor uso de defensivos, portanto, considerados cultivos pouco poluentes. Isto possibilita a produção de sementes com menor incidência de patógenos, por conseguinte, com valor agregado, para abastecimento das regiões produtoras tradicionais. Esta utilização intensiva das várzeas favorece o cultivo do arroz irrigado.

Tem-se verificado que a produtividade de grãos da cultura de arroz irrigado na região tropical é menor que a obtida na região temperada. Isto normalmente é resultante dos efeitos prejudiciais de determinados fatores bióticos e abióticos sobre a cultura. Como fatores bióticos, consideram-se as incidências extremamente elevadas de doenças, como a brusone causada pelo fungo *Pyricularia grisea*, e de pragas, como o percevejo-das-panículas – *Oebalus* spp. Como fatores abióticos, os estresses térmicos podem estar afetando negativamente a produtividade do arroz, devido à elevação da temperatura da água de irrigação que em determinadas épocas atinge valores extremamente altos. Ademais, a menor produtividade de grãos em condições tropicais também pode ser atribuída à redução do ciclo da cultura e menor resposta aos fertilizantes, especialmente, ao nitrogênio. Com isso, é necessário desenvolver sistemas de produção que possibilitam minimizar estes efeitos e fazer com que a planta de arroz possa conviver de forma sustentada com esta situação, com danos mínimos ao ecossistema várzeas. Por outro lado, as condições climáticas das várzeas da região tropical permitem o seu cultivo durante todo ano com o arroz, o cultivo da soca ou arroz seguido



de outras espécies, tendo, portanto, maior produção anual de fitomassa que nas várzeas da região subtropical.

O cultivo da soca, que é a capacidade das plantas de arroz em regenerar novos perfilhos férteis após o corte dos colmos na colheita, tem se mostrado como uma alternativa viável para aumentar a produtividade de grãos na região tropical (Santos, 1999, 2001). Mais recentemente esta prática de cultivo tem sido usada em várzeas tropicais, onde tem despertado grande interesse em decorrência da obtenção de relação benefício:custo mais favorável; em áreas melhor conduzidas têm-se obtido produtividade ao redor de 1.500 kg ha⁻¹, com custo de produção equivalente a cinco sacas. No entanto, resultados de pesquisa têm mostrado que com o uso de tecnologia é possível obter produtividades mais expressivas, o que tem estimulado o uso desta prática em áreas extensivas. Assim, o cultivo da soca possibilita aumentar a produtividade das várzeas tropicais com qualidade de produção, reduzir a sazonalidade do uso de máquinas e implementos, aumentar a ocupação da mão-de-obra rural e incrementar a renda líquida dos produtores.

A soca é obtida com menor uso de defensivos, comparativamente ao cultivo principal, pois não se empregam herbicidas e raramente é necessário o uso de fungicidas, com isso pode ser considerada um cultivo pouco poluente, de baixo impacto ambiental, o que contribui para o equilíbrio ecológico.

Outra alternativa que tem se mostrado interessante na região tropical é a utilização de cultivares de arroz de terras altas, especialmente, em áreas novas, ainda não sistematizadas ou de mais difícil manejo da lâmina de água de irrigação. Essas cultivares possibilitam o plantio e a colheita mais cedo, não necessitam da lâmina de água para o seu cultivo, apenas banhos ou a umidade natural. Outras vantagens dessas cultivares são: a excelente qualidade dos grãos, que atendem a exigência do mercado consumidor de arroz; a possibilidade de venda imediata do produto, pois não necessitam de longo período de maturação pós colheita; e a possibilidade de obtenção de melhor preço na comercialização em virtude de serem colhidas antes das cultivares de arroz irrigado, portanto antes da queda dos preços do arroz com a maior concentração da colheita nas principais regiões produtoras.

Nas Regiões Norte e Centro-Oeste, região dos Cerrados, há cerca de 12 milhões de ha de várzeas, sendo a maior parte ainda sob mata ou pastagem nativa (Rassini et al., 1984). A planície sedimentar da Bacia do



Araguaia, no Tocantins, ocupa cerca de 1,2 milhão de hectares e, atualmente, a área cultivada com arroz irrigado é de apenas 72 mil hectares, evidenciando o grande potencial para a expansão da cultura irrigada no estado, compreendendo os municípios de Cristalândia, Dueré, Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão e Pium. Como exemplo da região tropical com potencial produtivo para a cultura, tem-se o vale do Javaés, uma imensa área de várzea entre os rios Araguaia e seus afluentes, Urubu, Javaés e Formoso, com mais de 500 mil hectares, considerada a maior área contínua para irrigação por gravidade do mundo (Vale do Javaés..., 2003). Nesta área, estão instalados os projetos Rio Formoso, no Formoso do Araguaia, e o projeto Javaés, na Lagoa da Confusão. Ambos os projetos ocupam apenas 50 mil hectares com a cultura do arroz, no período chuvoso, e outras espécies, na entressafra do arroz. A altitude da área está em torno de 200 m e o relevo com inclinação menor que 0,05%, o que favorece as inundações periódicas, dando origem a solos mal drenados (Aidar et al., 1992).

Além do Estado do Tocantins, o cultivo de arroz irrigado é importante em vários estados da Região Norte, como Amapá, Roraima e, mais recentemente, no Pará. Tomando os dados do Amapá, veremos que existem aproximadamente 680 mil hectares de áreas de várzeas passíveis de aproveitamento, sendo boa opção para o estado tornar-se auto-suficiente na produção de cereais, como milho e arroz, cuja importação representa 90%. O Estado de Roraima possui 250 mil hectares de várzeas inundáveis que podem ser incorporadas ao sistema produtivo. Deste potencial, apenas 6% da área estão sendo cultivados com arroz irrigado, ou seja, cerca de 15 mil hectares. Medeiros et al. (1995) mencionam que a cultura do arroz irrigado é uma das mais importantes atividades econômicas do estado. A região orizícola de Roraima tem acesso tanto ao mercado nacional como internacional, pois está ligada ao eixo de integração Arco Norte com saídas para a Venezuela, Guiana Inglesa, Manaus e para o corredor de exportação Madeira-Amazonas. O cultivo de arroz na região caracteriza-se pela semeadura em condições de várzea com irrigação contínua, por meio de bombeamento da água com moto-bomba. O sistema de semeadura é a lanço, com semente e solo secos. As inundações ocorrem na época chuvosa, que vai de maio a setembro, quando são plantados 30% da área total; o restante da área é cultivado com irrigação, no período que vai de outubro a março. As várzeas altas, que não inundam no período chuvoso, permitem o cultivo de arroz nos períodos das chuvas e seco, com produtividade média de grãos de 12 t ha⁻¹ ano⁻¹. A cultura do arroz é de ciclo curto, de alta qualidade



de grãos e é colhida no período de entressafra das principais regiões produtoras do Brasil.

Na Região Centro-Oeste, a área e a produção de arroz irrigado representam 3,6% e 3,2% do total, respectivamente, e no Estado do Mato Grosso do Sul concentram 77% e 79% da área cultivada e da produção da região. Nesse Estado, a maioria dos agricultores é oriunda do Sul e, naturalmente, utilizam a mesma tecnologia e cultivares recomendados para a Região Sul do país. No Estado de Goiás, dois empreendimentos de irrigação em várzeas encontram-se em implantação para incorporação ao sistema produtivo de áreas com potencial agrícola: os projetos Luís Alves e Flores de Goiás. O projeto Luís Alves encontra-se na planície do médio Araguaia, na divisa de Goiás com o Mato Grosso. Previsto para ocupar 30 mil ha, sendo a metade como reserva ambiental, de um total de três etapas, a primeira, com 2 mil ha sistematizados, já foi concluída, com estrutura de diques, sistema de captação de água por bombas adutoras e canais de irrigação e de drenagem. O projeto Flores de Goiás localizado no nordeste do Estado irá alcançar uma área total de irrigação de 25 mil ha, compreendendo a faixa que vai do rio Paranã até o rio Macacão, passando por várias propriedades, entre elas, quatro assentamentos.

A Região Sudeste participa com apenas 1,1% da produção brasileira de arroz, sendo cultivado em pequenas áreas em todos os estados, principalmente no vale do Paraíba, no Estado de São Paulo. Na década de 80, o estado plantava cerca de 21.000 ha de arroz irrigado, utilizando a semeadura direta com semente e solo secos e o transplântio, para contornar um fator limitante que era o arroz vermelho. Embora as produtividades fossem altas, ao redor de 5.000 kg ha⁻¹, os custos de produção e da terra, a baixa qualidade de grão das cultivares disponíveis, a contaminação da água de irrigação e o problema das plantas daninhas, além do arroz vermelho, causaram a redução da área cultivada que atualmente está ao redor de 15 mil ha. Situação similar à paulista ocorreu no Estado do Espírito Santo que, em 1986, a área plantada com arroz atingiu cerca de 40 mil ha, e hoje não aparece nas estatísticas de arroz irrigado.

Como exemplos da Região Nordeste com potencial produtivo para a cultura, têm-se o Ceará, Pernambuco, os perímetros irrigados em Sergipe e Alagoas e os Estados do Maranhão e Piauí. A área de cultivo de arroz irrigado no Ceará é de 21 mil ha, sendo a área média ao redor de 3 ha e Iguatu, Ico e Quixelô os principais municípios produtores. Empregam-se a semeadura com semente seca, pré-germinada e o transplântio (Fig. 3.2).





Fig. 3.2. Cultivo de arroz irrigado por transplântio na vazante do Açude de Orós, no Ceará.

A lavoura orizícola encontra na região do vale do São Francisco, no Estado de Pernambuco, condições edafoclimáticas propícias ao seu desenvolvimento. O potencial agrícola dos solos aluviais da região do submédio São Francisco, compreendendo os municípios de Cabrobó, Santa Maria da Boa Vista, Belém do São Francisco e Orocó, pode alcançar 40 mil ha, com possibilidade de cultivo intensivo durante todo o ano. Os sistemas de plantio de arroz mais empregados nesta região são a semeadura direta com semente seca em solo seco, a lanço ou em linha, e o transplântio. É comum a sucessão da cultura de cebola com o arroz irrigado. A importância econômica, social e alimentar do arroz para a região do baixo São Francisco, nos Estados de Sergipe e Alagoas, é extremamente relevante, em virtude de ser cultivado em pequenas áreas, em média 4 ha, com mão-de-obra familiar, visando principalmente a subsistência do agricultor e sua família. O potencial para o cultivo de arroz nesta região é de 20 mil ha, apenas para arroz irrigado não se considerando o sistema de vazantes. Deste total, apenas 8.300 ha acham-se incorporados ao processo produtivo, em áreas da Coordenadoria de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF). Atualmente, a produção de arroz na região não atende a demanda local. Segundo Fonseca et al. (1988), no final da década de 80, havia 8.348 ha irrigados nos perímetros da CODEVASF, distribuídos entre 2.071 irrigantes. Ademais, o arroz era cultivado na região pelo sistema de vazante e de irrigação privada em cerca de 3 mil hectares. O cultivo de vazante consiste no aproveitamento das áreas inundadas temporariamente



pelo rio São Francisco e seus afluentes. Antes das cheias, que se iniciam normalmente em novembro ou dezembro, a área é lavrada e gradeada. Após a inundação, em meados de abril, inicia-se o transplântio, cujas sementeiras são feitas nas partes mais altas, e à medida que as águas vão baixando, as mudas vão sendo transplantadas na lama.

O Maranhão, reconhecido produtor de arroz de terras altas, tem um potencial de cerca de 3,5 milhões de hectares de terras irrigáveis. A microrregião Baixada Maranhense tem relevante importância para a cultura, possuindo cerca de 2.000 ha de arroz irrigado, principalmente nos municípios de Arari e São Mateus, no centro do estado. Nesta microrregião, predominam associações de produtores que utilizam mão-de-obra familiar em pequenas áreas, de 1,5 a 4 ha, e também a presença de médios produtores com lavouras particulares em áreas de 40 ha que atingem produtividade de até 7.200 kg ha⁻¹, demonstrando, assim, a potencialidade para a cultura (Méndez del Villar et al., 2001). O preparo do solo e a construção das taipas para irrigação e o plantio são feitos por tração motora com tratores pertencentes às associações. Já no caso dos médios produtores, estas operações são feitas por maquinaria própria. A exploração é feita na maioria por arrendatários ou posseiros. O custo de produção do arroz irrigado é maior que o de outros sistemas praticados no estado, entretanto é colhido em janeiro, na entressafra, ao passo que na maioria dos outros sistemas a colheita é realizada em março. Com isso, nesta época em que a oferta é mais baixa, os preços são os mais altos. Nos sistema irrigado, as etapas mais caras são preparo do solo e aplicação de defensivos e colheita (Méndez del Villar et al., 2001). Na Baixada Maranhense encontram-se condições favoráveis de solo, topografia, disponibilidade de água e assistência técnica que está proporcionando aos produtores alta produtividade e boa qualidade de grãos, quando comparados a outras regiões do Maranhão.

Ademais, no Piauí, no baixo Parnaíba, existem mais de 77 mil ha de várzeas, sendo a área cultivada de apenas 10% do potencial das terras disponíveis. É grande a importância econômica e alimentar da cultura do arroz para a Região Nordeste, que assume maior relevância pelas condições excepcionais que o clima apresenta para esse cultivo, possibilitando duas colheitas anuais, mediante a irrigação.

ECOSSISTEMA TERRAS ALTAS

Sistema de cultivo de sequeiro

Em terras altas, o arroz pode ser cultivado com irrigação suplementar por aspersão ou sem irrigação, ou seja, a disponibilidade de água para a cultura é totalmente dependente da precipitação pluvial.



Esse sistema de cultivo predomina nos Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Bahia, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Quando a irrigação suplementar é utilizada no arroz plantado sob condições de Cerrados, o aumento da produtividade de grãos é da ordem de 70 % (Manzan, 1984; Pinheiro et al., 1985; Sant'Ana, 1989).

O sistema de cultivo de arroz com irrigação por aspersão caracteriza-se pelo intenso uso do solo, com rotação de culturas e elevado uso de tecnologia. Os plantios feitos na estação chuvosa, durante os meses de outubro a maio, fazem uso da irrigação de forma suplementar. No início do período "da águas", a ocorrência de precipitações pluviais é errática e em janeiro e fevereiro podem acontecer períodos de estiagem, denominados veranicos, principalmente no sul da Região Centro-Oeste.

De um modo geral, o agricultor que usa irrigação pelo sistema de pivô central cultiva, durante o inverno, o feijoeiro ou o trigo, em sucessão com o milho, arroz ou soja, durante o verão. O milho representa cerca de 80% da rotação de culturas nas áreas sob pivô. O arroz, embora pouco utilizado, é a cultura de maior potencial. Sob essas condições, as cultivares de arroz utilizadas no sistema produzem entre 3.500 e 5.000 kg ha⁻¹. Contudo, para que o arroz seja um componente rentável nesse sistema, a cultivar deve apresentar tipo de planta intermediário entre o sequeiro tradicional e o irrigado (Pinheiro et al., 1985), e possuir características, como: ciclo curto; resistência ao acamamento; elevado potencial produtivo; e boa qualidade de grão.

Em curto prazo, as expectativas para o incremento da área com irrigação utilizando o pivô central são limitadas, visto ser este um sistema que requer elevado investimento inicial para sua implantação. Considerando a área hoje disponível no país para a prática de agricultura sob pivô central, é possível antever a possibilidade de crescimento da área plantada com arroz dentro desse sistema, já que a cultura, nos últimos anos, vem apresentando vantagens comparativa com outras culturas.

A Região Centro-Oeste é a mais importante no cultivo de arroz de terras altas. Nessa região, predominam os Latossolos, que apresentam boas características físicas, mas de baixa fertilidade natural. A precipitação pluvial anual está ao redor dos 1.500 mm, distribuídos ao longo dos meses de outubro e maio.

Na região dos Cerrados, as propriedades agrícolas caracterizam-se por serem bastante extensas. Uma amostragem feita por Teixeira



et al. (1987) em 200 fazendas da Região Centro-Oeste, indicou que, no Mato Grosso do Sul, 50% das propriedades possuíam área maior que 1.000 ha e, no Estado de Goiás, existiam 31% nesse grupo e 33% entre 500 e 1.000 ha. Ainda que exista um significativo número de pequenos produtores de arroz, como apontado por Martiniano et al. (1996) e Santos et al. (1996), sua importância, em termos de produção total, é pouco relevante.

O sistema tradicional de cultivo do arroz de sequeiro vem sendo utilizado desde o início da década de 70, quando as políticas governamentais, por meio de créditos diferenciados e assistência técnica, estimularam a utilização dos Cerrados para a produção de alimentos. O arroz, por sua rusticidade e tolerância à acidez (Sarkarung, 1986), foi utilizado nessa região como elemento de abertura de áreas para a implantação de pastagens e outras culturas como o milho e a soja (Embrapa, 1981).

Nessa região, o sistema de produção do arroz de sequeiro caracteriza-se pela utilização de máquinas em todas as operações agrícolas. Portanto, a utilização de mão-de-obra é baixa e requer especialização.

A instabilidade climática durante o período de cultivo e a ocorrência de doenças, especialmente brusone, e de pragas, como cupins, contribuem para a sua baixa produtividade e o rótulo de "cultura de alto risco". Por outro lado, quando manejada adequadamente é capaz de apresentar produtividades de grãos de até 5.000 kg ha⁻¹ (Guimarães et al., 2001).

Na década dos anos 80, devido à importância crescente da cultura da soja, à necessidade de abertura de áreas nas regiões climaticamente mais favoráveis, à rotação de culturas e à presença de agricultores mais tecnificados, o arroz passou a ser visto como uma alternativa economicamente rentável para o sistema agrícola da região.

Como a condição básica para a existência desse sistema é a disponibilidade de água de chuva, o cultivo é feito no período de verão, entre os meses de outubro e abril. Há casos em que o período de plantio se estende até o início de fevereiro, aumentando assim os riscos de ocorrência de veranicos na fase reprodutiva da cultura, levando a decréscimos significativos da produtividade.

Como regiões climaticamente favorecidas, destacam-se parte do Maranhão e do Mato Grosso, Rondônia e Pará.



No Estado do Maranhão, segundo maior produtor do país, o arroz é cultivado geralmente em consórcio com milho e mandioca. O sistema baseia-se na utilização de áreas que estão em pousio por vários anos. Teixeira et al. (1991) descreveram as operações utilizadas no cultivo do arroz como: roçada; retirada de tocos e raízes; queimada; limpeza e plantio. Quase que na totalidade, essa estrutura de produção utiliza a participação de mão-de-obra familiar, com práticas culturais e de colheita tradicionais. O uso de insumos é baixo. Maluf (1977) ressalta ainda que as condições climáticas contribuíram de maneira decisiva para que o arroz fosse escolhido como a cultura principal do sistema consorciado. A crescente presença da pecuária substituindo as áreas de lavoura fez com que, cada vez mais, a produção de grãos fosse deslocada para áreas marginais e deixada na mão de pequenos agricultores. A evolução da cultura do arroz criou, no Estado do Maranhão, uma estrutura única de produção dessa gramínea no país. Ainda hoje, o consórcio e a participação de um grande número de pequenos produtores são as principais características do cultivo de arroz nesse estado.

Recentemente, vem ocorrendo uma evolução rápida nos sistemas agrícolas, acompanhada de uma demanda crescente por tecnologias mais eficientes. No sul do Maranhão, todavia, encontram-se propriedades que cultivam o arroz de maneira empresarial. Essa região apresenta um grande potencial agrícola para o estado, principalmente pela presença de agricultores imigrantes de regiões com tradição e experiência em agricultura empresarial. Além disso, apresenta possibilidades de escoar a safra pelo porto de São Luís, utilizando o transporte ferroviário para levar o produto até o terminal marítimo.

Na Região Sudeste do país, destacam-se o sudeste de Minas Gerais e o nordeste de São Paulo, ambas as regiões apresentando boa disponibilidade total de chuvas, entre 1.200 e 1.500 mm ano⁻¹, entretanto com distribuição irregular. Condições climáticas desfavoráveis, como a distribuição irregular de chuvas, associadas à baixa adoção de tecnologias, especialmente no que se refere ao manejo do solo, ao uso de insumos e à adoção da monocultura contínua, têm contribuído para a baixa produtividade do arroz de terras altas, desestimulando a produção e, conseqüentemente, provocando decréscimos na área plantada com arroz nesses estados.

A qualidade de grão é uma característica capaz de fazer com que a cultura do arroz de terras altas se torne economicamente mais atrativa ao agricultor e participe de maneira significativa nos sistemas de produção atuais.



FATORES QUE AFETAM A CULTURA NO ECOSISTEMA TERRAS ALTAS

Monocultura contínua

A monocultura contínua reduz a capacidade do solo em manter a produtividade de várias culturas, dentre elas o arroz, milho, trigo, algodão e o feijoeiro (Chou & Lin, 1976; Crookston & Kurle, 1989; Hicks et al., 1989; Hedge & Miller, 1990).

No caso específico do arroz de terras altas tem sido observado que a sua produtividade decresce à medida que são feitos plantios sucessivos na mesma área a partir do segundo ano (Guimarães et al., 2001). Dessa forma os agricultores procuram novas áreas para implantar a cultura a cada dois ou três anos. Esse fato acarreta, na maioria das vezes, um ciclo que envolve o desmatamento, a queimada e o plantio de arroz, em operações que se repetem com grave agressão à natureza.

A redução da produtividade, muitas vezes pela metade, é conseqüência de diversos fatores isolados ou em conjunto. Atualmente, sabe-se que um desses fatores diz respeito a produtos excretados pelas raízes do arroz que permanecem no solo, prejudicando o seu próprio desenvolvimento. A associação entre exsudatos das raízes e microrganismos causa efeitos inibitórios ao crescimento do arroz de terras altas. Tais efeitos autotóxicos, designados genericamente como alelopáticos, são específicos, porque desaparecem após a rotação de culturas, e duradouros, porque permanecem no solo durante o período de entressafra (Nishio & Kusano, 1977).

Efeitos alelopáticos

A autoxicidade, segundo Crookston (1984), decorre do acúmulo de microrganismos antagônicos, os quais são responsáveis pelas reduções do sistema radicular e, conseqüentemente, pelo decréscimo da produtividade de uma determinada espécie cultivada sucessivamente na mesma área. Os compostos tóxicos, no caso particular do arroz, são liberados para o ambiente tanto pela decomposição dos restos culturais (Chou et al., 1992), como pela exsudação das raízes (Fujii, 1993).

Os sintomas dos efeitos autotóxicos do arroz mais citados na literatura são: redução na germinação; falta de vigor vegetativo ou morte das plântulas; amarelecimento ou clorose das folhas; redução do perfilhamento; atrofiamento ou deformação das raízes e da parte aérea;



raiz de coloração marrom; redução do crescimento; e decréscimo da produtividade (Almeida, 1988; Yamazadi 1957, citado por Nishio & Kusano, 1977). Estes efeitos tem sido atribuídos a algumas fitotoxinas. Por meio de cromatografia, essas toxinas foram identificadas como sendo ácido ferúlico, ácido *p*-cumárico, ácido vanílico, ácido *p*-hidróxidobenzoico, ácido *o*-hidróxidofenilacético e muitos outros compostos desconhecidos. Segundo Blum (1995), para atingir níveis inibitórios, os ácidos fenólicos devem ser continuamente liberados durante um certo período de tempo e na presença de um determinado volume radicular. Se o período de tempo ou a proporção do sistema radicular em contato não forem suficientes, as plântulas não serão afetadas ou terão oportunidade de restabelecerem-se plenamente, uma vez que os ácidos fenólicos tornam-se suficientemente esgotados na rizosfera. Este esgotamento ocorre via absorção e fixação do solo e atividade microbiológica. Ademais, a planta deve apresentar sensibilidade à ação dos ácidos fenólicos.

Apesar dos anos de pesquisa sobre alelopatia em arroz e também em outras culturas, existem dúvidas nesta área. Não se pode afirmar ainda quais são os compostos químicos envolvidos nesse processo. Muitos são os entraves que dificultam a pesquisa em alelopatia, podendo-se citar, por exemplo, a dificuldade de reproduzir em laboratório o que acontece no campo.

Incidência de cupins

Tem sido observado aumento da incidência de cupins em áreas exploradas com arroz, principalmente nas monoculturas contínuas. Moraes (1990) verificou forte ataque de *Syntermes* spp. no segundo ano de condução de experimentos na mesma área, resultando em redução da produtividade do arroz. Segundo o autor, o ataque intensificou-se ainda mais no terceiro ano de cultivo.

Levantamentos efetuados por Czepak (1995), em áreas experimentais utilizadas com a cultura de arroz, indicaram que a incidência de cupins fitófagos foi praticamente duas vezes maior que a de cupins geófagos. Esta é uma situação perfeitamente previsível, uma vez que o arroz cultivado anteriormente na área serve como forte atrativo para cupins fitófagos. Dentre as espécies fitófagas presentes na área destacam-se a *Aparatermes* spp., *Procornitermes triacifer* e *Syntermes* sp., num total respectivo de 124, 101 e 8 espécimes coletados. As espécies geófagas identificadas pertencem aos gêneros *Anoplotermes*, *Grigiotermes*, e *Ruptitermes*, num total respectivo de 79, 33 e 1 espécimes coletados.



A ocorrência de cupins geófagos e fitófagos na monocultura contínua arroz/arroz e nas rotações soja/milho e arroz/soja conduzidos na Embrapa Arroz e Feijão, é apresentada na Fig. 3.3. Observa-se maior incidência das espécies fitófagas no sistema arroz/arroz em relação aos demais e também em relação às espécies geófagas que, por sinal, estiveram ausentes na monocultura contínua de arroz. Isto demonstra que o plantio sucessivo de arroz na mesma área favorece a colonização de cupins de hábitos fitófagos, ao mesmo tempo em que limita os geófagos. Czepak (1995) sugere também que, com o passar dos anos, a população dessas espécies danosas tende a aumentar ainda mais e com maior prejuízo para o solo, já que as espécies geófagas responsáveis pela destruição dos restos culturais provavelmente estariam ausentes ou em número reduzido em situações de monocultura contínua.

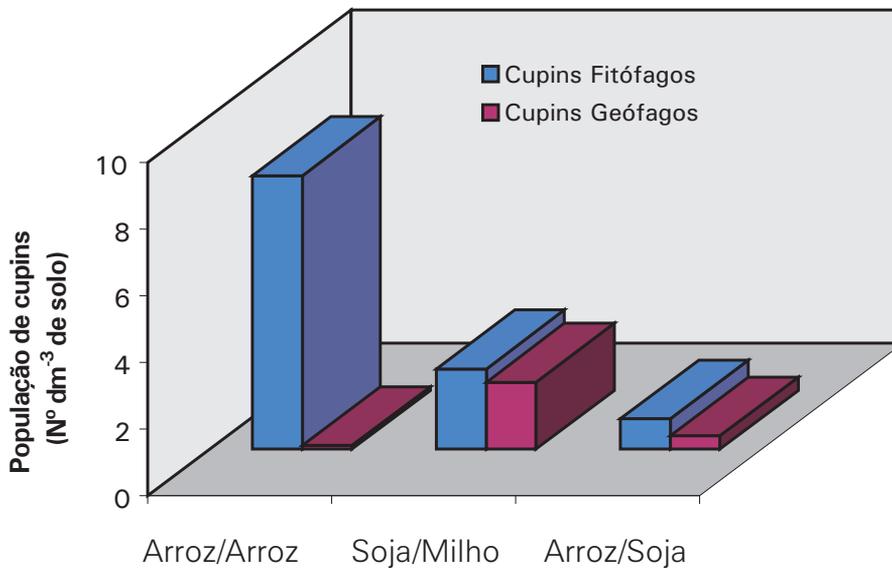


Fig. 3.3. Incidência de cupins geófagos e fitófagos em diferentes sistemas de rotação de culturas. A primeira cultura foi conduzida no verão de 1993 e a segunda no verão de 1994.

Fonte: Adaptada de Czepak (1995).

A determinação de sistemas agrícolas adequados para diferentes condições edafoclimáticas regionais é, sem dúvida,



importante para a manutenção da capacidade produtiva dos solos e para a redução do uso de fertilizantes minerais, com a consequente redução dos custos de produção. O uso de leguminosas nos sistemas de rotação de culturas é indispensável, principalmente aquelas que apresentam sistema radicular profundo (Tisdale et al., 1985). Moraes (1990) verificou que a cultura do arroz após arroz produziu 2.472 kg ha⁻¹ com uma adubação de manutenção com 300 kg ha⁻¹ da fórmula 5-30-15 aplicados no sulco, enquanto, sob as mesmas condições de adubação, porém cultivada após o guandú (*Cajanus cajan* L.), a produtividade do arroz atingiu 4.332 kg ha⁻¹, representando um aumento de 75,2%.

Doenças e pragas

A rotação de culturas é um dos métodos mais antigos e eficientes usados para o controle de pragas do solo, principalmente os nematóides (Barker, 1991), tendo, porém, pouca importância no controle de doenças provocadas por vírus e bactérias.

Tem sido observado que a prática da monocultura contínua de trigo ou cevada, em áreas livres de doenças do sistema radicular, tem causado decréscimos de produtividade, especialmente a partir do terceiro ou quarto anos de cultivo, mesmo em plantio direto. Isto se deve ao aumento gradativo das doenças que atacam o sistema radicular desses cereais (Santos et al., 1991; Windels & Wiersma, 1992).

A rotação de culturas pode diminuir a população de alguns fungos que atacam a parte aérea dos cereais de inverno (Shaner, 1981). Reis et al. (1983) indicam que os efeitos positivos da rotação de culturas sobre o controle de doenças tornam-se mais evidentes em anos de altas precipitações pluviais. Nos períodos de baixa precipitação, Santos et al. (1991) observaram maior incidência de doenças no sistema radicular da cevada em monocultura contínua, em comparação com as rotações.

No sistema de rotação soja-arroz, uma importante contribuição do arroz refere-se à redução da ocorrência do cisto da soja, provocado pelo nematóide, *Heterodera glycines*. Edwards et al. (1988) e Weaver et al. (1988) verificaram que a ocorrência deste nematóide na cultura da soja é também menor quando a cultura do milho é utilizada em rotação (Tabela 3.1).



Tabela 3.1. Efeitos da cultura anterior sobre a produtividade da soja e o número de larvas do nematóide (*Heterodera glycines*) causador do cisto da soja.

Cultura anterior	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Larvas (nº 100 cm ⁻¹ de solo)
Milho	2.359 a	23 b
Soja	1.764 b	94 a

Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de F, a 5% de probabilidade.
Fonte: Weaver et al. (1988).

Características físicas e químicas do solo

A introdução de leguminosas na rotação de culturas determina o aumento total de nitrogênio no solo, registrando-se incrementos de alguns compostos aminados, como o ácido aspártico, e redução de outros, como a arginina e a leucina (Campbell et al., 1991). Tem sido também observado que existe variabilidade entre as culturas quanto ao efeito sobre a estruturação do solo. Raimbault & Vyn (1991) verificaram efeitos positivos de leguminosas na estabilidade dos agregados, sob base úmida, quando presentes em sistemas de produção do milho. Por outro lado, Alberts & Wendt (1985) observaram que a soja diminuiu o tamanho dos agregados e sua estabilidade ao fim de quatro anos em monocultura contínua, comparativamente ao milho. A estabilidade dos agregados do solo é associada, freqüentemente, com o aumento dos teores de matéria orgânica causado pelos restos de culturas (Reid & Goss, 1981), o que explica o comportamento residual diferenciado da soja e do milho sobre o solo (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 Efeitos das culturas da soja e do milho sobre a estabilidade dos agregados, avaliada pelo diâmetro médio ponderado (DMP), após quatro anos de monocultura contínua.

Profundidade do solo (cm)	DMP (mm)	
	Soja	Milho
0 - 2,5	2,35	2,03
10 - 12,5	1,38	2,34

Textura do solo: areia: 52%; silte: 28%; argila: 20%.
Fonte: Alberts & Wendt (1985).

Barber & Martin (1976) relataram a importância do sistema radicular das plantas na agregação do solo, pois verificaram que os compostos orgânicos liberados pelas raízes podem representar 40 - 70% da sua



matéria seca e, portanto, uma grande parte dos materiais orgânicos responsáveis pela estabilização do solo pode ter origem a partir da rizosfera.

A rotação de culturas favorece o comportamento das plantas e, conseqüentemente, a produção da matéria seca total. A melhor eficiência produtiva das plantas, por sua vez, tem resultado em aumento dos restos culturais incorporados no solo, tanto da parte aérea das plantas como das raízes.

A monocultura contínua da soja, seja em solo preparado com arado de aiveca ou grade, tem resultado em baixo teor de matéria orgânica no solo, quando comparado com sistemas de rotação de culturas. A rotação soja-arroz resulta em melhor produção de matéria orgânica no solo comparativa à rotação soja-milho, quando as culturas são conduzidas em solo preparado com arado de aiveca. O sistema de rotação soja-arroz somente foi inferior ao sistema soja-milho, cultivado sob plantio direto (Tabela 3.3).

Tabela 3.3. Efeitos do preparo do solo e da rotação de culturas sobre o teor de matéria orgânica no solo.

Sistema de cultivo	Preparo do solo	Profundidade (cm)		
		0 - 10	10 - 20	20 - 30
		M.O. (%)		
Monocultura contínua de soja	Gradagem	1,0	1,0	1,0
Monocultura contínua de soja	Aração	1,0	0,9	0,7
Rotação soja-milho	Aração	1,5	1,3	1,3
Rotação soja-arroz	Aração	1,7	1,3	1,3
Rotação soja-milho	Plantio direto	2,0	3,4	3,8

Fonte: Seguy et al. (1993).

As diferentes espécies de plantas apresentam capacidade diferenciada no suprimento de resíduos culturais ao solo. O milho, por exemplo, pode fornecer até 17.000 kg ha⁻¹ de restos de cultura provenientes da parte aérea e 5.000 kg ha⁻¹ das raízes. Espécies diferentes determinam também o teor de nitrogênio nos resíduos e, por conseguinte, o acúmulo deste nutriente no solo (Tisdale et al., 1985). Em regiões com temperatura média anual alta, a decomposição da



matéria orgânica é contínua durante a maior parte do ano, tornando difícil a manutenção da matéria orgânica nos solos.

A palhada do arroz tem apresentado resultados promissores como cobertura protetora do solo. Lal et al. (1980) verificaram que a cobertura morta, resultante de 6 a 12 t ha⁻¹ por época de produção, diminuiu a taxa de degradação física e química do solo desmatado. O efeito benéfico da cobertura morta na movimentação da água no perfil e na estrutura do solo deve-se ao aumento da atividade biológica e à proteção contra o impacto das gotículas da chuva, que causam a pulverização da camada superficial. O decréscimo da densidade volumétrica e o aumento da condutividade hidráulica saturada relacionam-se diretamente com a quantidade de cobertura morta (Tabela 3.4) e com o aumento da atividade de minhocas.

Tabela 3.4. Condutividade hidráulica e densidade volumétrica do solo a 0 - 5 cm de profundidade em função da quantidade de palha de arroz aplicada na superfície do solo, como camada de proteção, em diferentes períodos após o desmatamento.

Palha de arroz (t ha ⁻¹)	Meses após o desmatamento		
	6	12	18
	Condutividade hidráulica saturada (cm h ⁻¹)		
0	55a	54a	30a
2	57a	72b	45a
4	128b	96c	70b
6	122b	130c	132c
12	167d	182d	129c
	Densidade do solo (g cm ⁻³)		
0	1,22a	1,32a	1,31a
2	1,21a	1,20b	1,27ab
4	1,19ab	1,17bc	1,18bc
6	1,13ab	1,09cd	1,20bc
12	1,05b	1,04d	1,13c

Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente.

Fonte: Lal et al. (1980).

A ação protetora da palha de arroz determina, também, a redução da temperatura do solo (Fig. 3.4). Com a aplicação de 2, 4, 6 e 12 t ha⁻¹ de cobertura morta, a redução da temperatura máxima foi, respectivamente, de 3,3, 4,1, 4,5, e 5,4°C, em comparação com os valores verificados na testemunha sem cobertura (Lal et al., 1980).



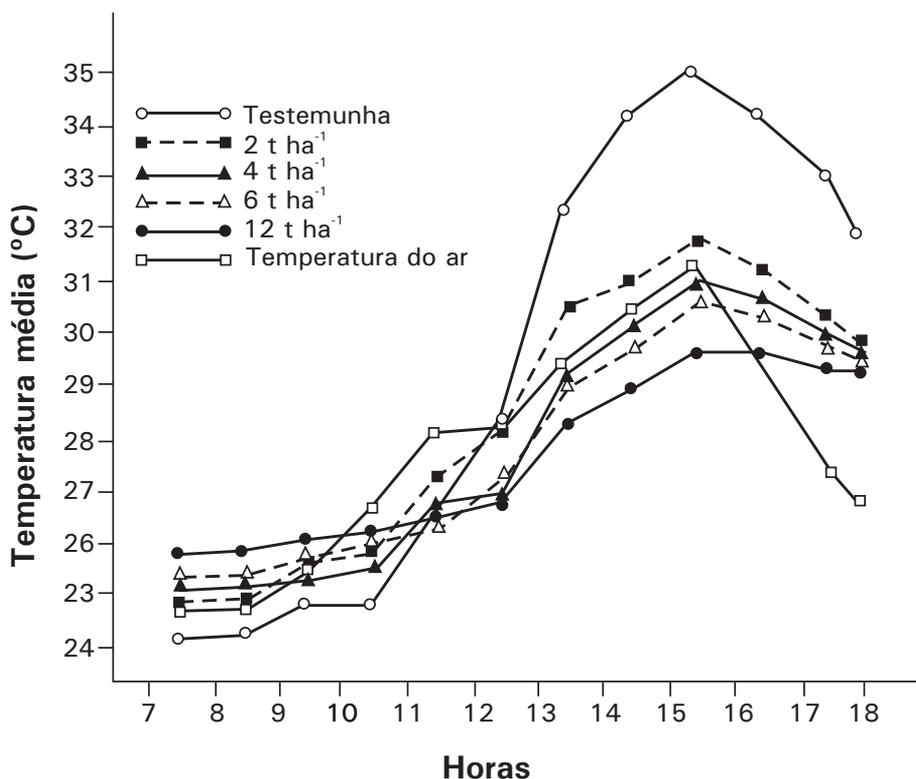


Fig. 3.4. Efeito da cobertura morta sobre a temperatura do solo.

Fonte: Adaptada de Lal et al. (1980).

Plantio convencional de arroz após soja

Em virtude das altas aplicações de calcário para a cultura da soja, não são raras as vezes que os solos apresentam saturações por bases acima do recomendado para a cultura do arroz. Nestas circunstâncias, é comum ocorrências de deficiências de micronutrientes, como Zn e Fe. Esta situação pode ser contornada pelo preparo do solo, trazendo à superfície o horizonte mais profundo, geralmente mais ácido em comparação ao superficial, ou pela adubação com micronutrientes. Trabalhos conduzidos com arroz após soja confirmam parcialmente tais sugestões, pois as aplicações de macro e micronutrientes não resultaram em aumento significativo da produtividade do arroz em rotação com soja (Tabela 3.5). Entretanto, verificou-se que os sistemas de preparo do solo usados afetaram significativamente a produtividade do arroz. O preparo do solo com arado de aiveca proporcionou produtividade de 3.077 kg ha⁻¹ (Fig. 3.5), superior significativamente em 8,6 e 26%, às obtidas com arado escarificador e com grade aradora, respectivamente (Tabela 3.5).



Foto: Cleber Moraes Guimarães



Fig. 3.5. Arroz após soja, no Sistema Plantio Convencional. Rondonópolis, MT. Fazenda São Carlos.

As arações com arado de aiveca e com arado escarificador, por romper o solo a maiores profundidades, provavelmente, influenciaram os fatores ambientais associados ao comportamento radicular que resultaram no aumento da produtividade. O preparo efetuado com grade aradora foi superficial, e não favoreceu o crescimento radicular. A superioridade da aração com arado de aiveca em relação à escarificação certamente se deve à melhor incorporação dos restos de cultura pelo mesmo. Entretanto, o preparo excessivo do solo pode degradar intensivamente a matéria orgânica e induzir balanço negativo de carbono no solo, causando degradação da sua estrutura, aumento da erosão e finalmente perda da sua capacidade produtiva. Por outro lado, quando o solo se apresenta compactado, as plantas podem desenvolver sistemas radiculares menores, incapazes de suprir adequadamente as plantas com água durante períodos de veranicos ou mesmo durante as horas do dia com maior demanda atmosférica, em solo com boa disponibilidade hídrica (Kramer, 1969). Entretanto, Stone & Moreira (1996) observaram maiores produtividades de arroz, quando o preparo do solo foi efetuado na camada do solo de 0 - 15 cm de profundidade. Os autores atribuíram esta resposta à ausência de estresse hídrico, à maior disponibilidade de nutrientes nessa camada do solo, área de atuação da grade aradora, de maior concentração de nutrientes, e à inexistência de camadas de compactação que oferecessem resistência ao crescimento radicular.



Tabela 3.5. Produtividade do arroz de terras altas, cv. Caiapó, após soja, submetido a doses de macro e micronutrientes e a três sistemas de preparo do solo.

Macronutrientes (kg ha ⁻¹)			Sistemas de preparo do solo		
			Produtividade (kg ha ⁻¹)		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Arado de aiveca	Arado escarificador	Grade aradora
0	0	0	2.935a	2.786a	2.370a
4	30	16	3.230a	2.984a	2.442a
12	90	48	3.066a	2.700a	2.506a
Micronutrientes					
Com			3.090a	2.870a	2.493a
Sem			3.065a	2.776a	2.387a
Médias			3.077A	2.823B	2.440C
CV (%)				14,29	

Observações: (1) Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na mesma coluna, por tratamento, e maiúsculas para comparação entre colunas; (2) Análise química do solo: pH 5,6; Ca⁺⁺ 3,2*; Mg⁺⁺ 1,7*.; Al⁺⁺⁺ 0,1*; P 8,2**.; K 106**.; Cu 0,8**.; Zn 1,9**.; Fe 80**.; Mn 11**.; 24***(*cmol_c dm⁻³, ** mg dm⁻³, g dm⁻³); e (3) Os tratamentos com micronutrientes receberam, no plantio, 20 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco, 50 kg ha⁻¹ de FTE BR12 e 50 kg ha⁻¹ de sulfato ferroso.
Fonte: Guimarães & Stone (2004).

Sistema plantio direto de arroz após soja

Os adensamentos geralmente observados nas áreas de Sistema Plantio Direto (SPD), em virtude do não revolvimento do solo e da movimentação das máquinas e implementos agrícolas usados nas várias etapas do processo produtivo (Derpsch et al., 1991; Urchei, 1996; Stone & Silveira, 2001), podem comprometer o desenvolvimento do arroz. Não são raras as citações relatando produtividades inferiores do arroz no SPD, quando comparado aos sistemas de preparo que revolvem o solo (Kluthcouski et al., 2000; Bastos et al., 2002; Lima et al., 2002; Guimarães et al., 2003c). O arroz cultivado nesse ambiente, se por um lado é favorecido pelo nitrogênio fixado pela leguminosa e armazenado no solo, por outro tem que conviver com uma camada de solo mais compactada. Isto tem sido decisivo na adaptação do arroz de terras altas ao SPD, por ser uma planta com sistema radicular muito sensível à compactação do solo (Guimarães & Moreira, 2001). Nesse ambiente, suas raízes são menos profundas, o que não acarreta grandes problemas à planta quando há boa disponibilidade hídrica no solo, porém, pode agravar os efeitos dos veranicos, pela menor capacidade da planta em absorver água. Por outro lado, um sistema radicular superficial não absorve os



nutrientes que se movimentam para as camadas mais profundas do solo. Isso é particularmente importante nas regiões com alta precipitação pluvial e em solos arenosos, como na pré-amazônia.

Semeadoras de SPD equipadas com dispositivos para romper mais eficientemente as camadas compactadas têm apresentado resultados positivos na indução do aprofundamento do sistema radicular do arroz de terras altas, constituindo-se, ao lado da própria capacidade de adaptação das cultivares, numa ferramenta importante para o cultivo do arroz em áreas de plantio direto de soja. A adoção dessa semeadora, equipada com disco de corte e haste escarificadora, induz aumento considerável das raízes, tanto na camada superficial quanto nas mais profundas comparativamente ao sistema onde se adotou a mesma semeadora porém equipada com apenas disco de corte (Fig. 3.6). Este último dispositivo, portanto, é eficiente em aprofundar a zona efetiva do sistema radicular. A produtividade, entretanto, pode não ser afetada significativamente pelo sistema de semeadura. Observou-se 3.977 kg ha⁻¹ no plantio direto efetuado com a semeadora equipada com disco de corte e haste escarificadora e de 3.860 kg ha⁻¹ no efetuado com a semeadora equipada com disco de corte apenas, um aumento não significativo de 3%.

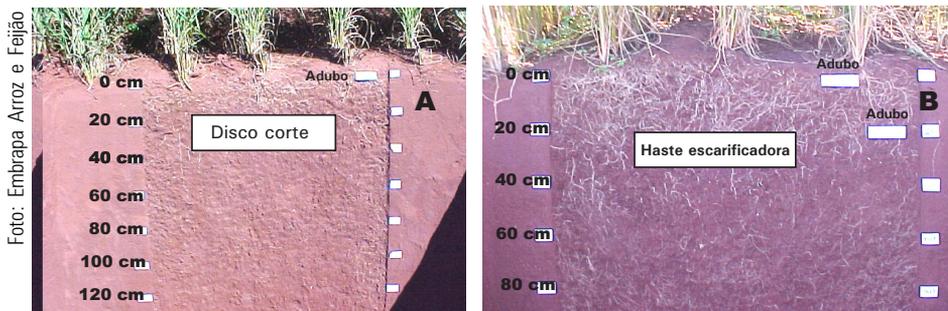


Fig. 3.6. Sistema radicular do arroz de terras altas, cv. Canastra, no plantio direto com semeadora equipada com apenas disco de corte (A) e com disco de corte e haste escarificadora (B).

Quando a disponibilidade hídrica é adequada e a fertilidade do solo é satisfatória, o uso da semeadora equipada com haste escarificadora não apresenta vantagem em relação ao uso da equipada apenas com disco de corte, que é a normalmente usada no SPD. A haste escarificadora, entretanto, pode amenizar os efeitos da deficiência hídrica sobre a produtividade quando a cultura é submetida a períodos de distribuição irregular de chuvas, por propiciar o aprofundamento da zona efetiva do sistema radicular. Isto confere à planta maior capacidade de absorção da água mais profunda no solo, melhorando, conseqüentemente, sua condição hídrica durante os períodos de falta de chuvas.

Adubação nitrogenada no planto direto do arroz de terras altas

A maior consequência da adoção do SPD é a modificação do comportamento do solo pela alteração da dinâmica da matéria orgânica e da atividade biológica do solo, principalmente em decorrência da manutenção do solo coberto pela palhada. A taxa de decomposição dos resíduos é menor quando eles são mantidos na superfície do solo do que quando são incorporados (Bortoluzzi & Eltz, 2000). Em solos sob SPD pode ocorrer menor disponibilidade de nitrogênio para as plantas, devido à maior imobilização microbiana deste nutriente (Kitur et al., 1984; Heinrichs et al., 2001).

A recomendação atual de adubação nitrogenada para o arroz de terras altas, no Sistema Plantio Convencional (SPC), varia de 15 a 60 kg ha⁻¹ de N (Fageria, 1998; Stone & Silva, 1998). Entretanto, como a magnitude em que a imobilização afeta a disponibilidade do N depende da relação C:N, da composição e da quantidade de resíduos produzidos pela cultura anterior, a resposta do arroz de terras altas à adubação nitrogenada no SPD é, geralmente, diferente à do SPC e deverá ser diferente após uma leguminosa ou uma gramínea.

Observou-se que a aplicação total do nitrogênio no arroz de terras altas após pastagem induziu aumento de produtividade até a dose de 118 kg ha⁻¹ de N, obtendo-se 2.754 kg ha⁻¹, superior em 153% à produtividade estimada no tratamento sem N. Entretanto, quando as doses de N foram parceladas não foi observado ponto de máxima produtividade, dentro da amplitude de variabilidade das doses de N usadas (Fig. 3.7). Quando se fez a aplicação total de N na semeadura, obteve-se a máxima eficiência econômica com 100 kg ha⁻¹ de N para uma produtividade de 2.713 kg ha⁻¹, situando-se acima da faixa de valores recomendados para o SPC (Fageria, 1998; Stone & Silva, 1998).

Ehlers & Claupein (1992) observaram que nos anos iniciais do SPD foi necessário aplicar mais N para atingir os níveis de produtividade do sistema convencional de preparo do solo. Entretanto, após alguns anos de SPD, com adubações extras de N ou com a introdução de leguminosas no sistema, a demanda e a eficiência da adubação nitrogenada nos dois sistemas aproximavam-se. Isto é devido à maior demanda de N na fase de implantação da cultura no SPD, em função da imobilização microbiana do nitrogênio (Kitur et al., 1984; Heinrichs et al., 2001).



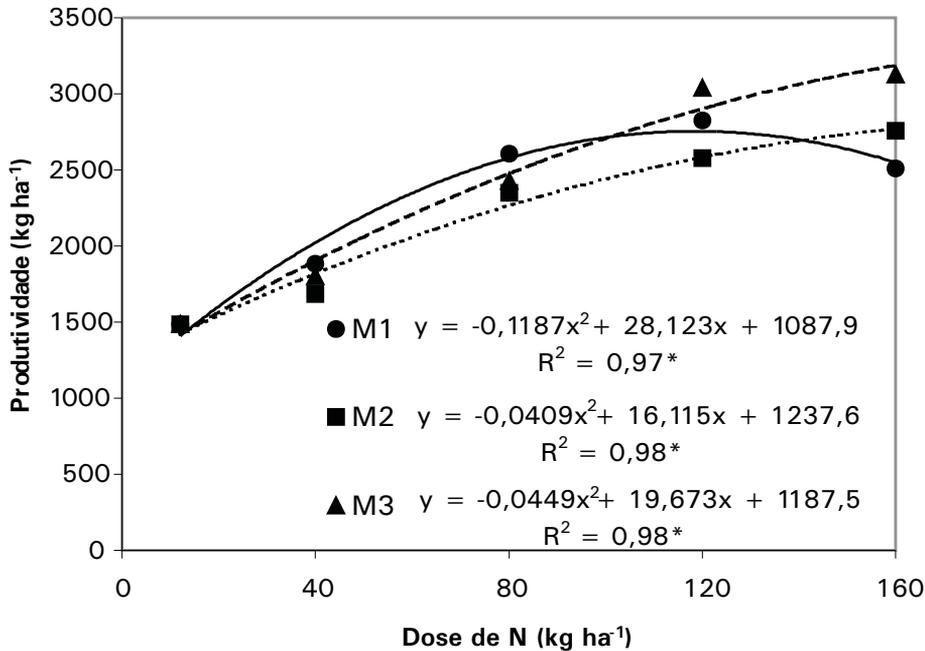


Fig. 3.7. Produtividade do arroz de terras altas sob plantio direto após pastagem, em função de doses de N aplicadas totalmente na semeadura (M1), ½ na semeadura e ½ em cobertura (M2) e 2/3 na semeadura e 1/3 em cobertura (M3).

Fonte: Guimarães & Stone (2003).

Observou-se também que a esterilidade de espiguetas apresentou resposta linear positiva às doses de N, segundo a equação $Y = 16,8 + 0,048X$, $r^2 = 0,74^*$. Isto foi devido à maior ocorrência de brusone nas panículas. As infecções ocasionadas pela doença geralmente ocorrem no primeiro nó abaixo da panícula, necrosando os tecidos e estrangulando o fluxo de carboidratos, o que compromete o enchimento dos grãos (Prabhu et al., 1986). O nitrogênio em doses elevadas intensifica a severidade da brusone (Santos et al., 1986). Estes autores afirmam também que a aplicação da totalidade do N no sulco, por ocasião da semeadura, aumenta a severidade da brusone quando comparada com a aplicação parcelada. Entretanto, no trabalho de Guimarães & Stone (2003) foi observado que a aplicação de todo o N na semeadura resultou em menor severidade da doença, comparativamente com as aplicações parceladas na semeadura e em cobertura. A aplicação de todo o N na semeadura propiciou menor esterilidade de espiguetas, 18,2%, em relação aos outros métodos de aplicação (M2 e M3), 22,5% e 21,4%, respectivamente.



A maior imobilização microbiana de N em solos com resíduos de alta relação C:N na superfície, como na área de SPD após pastagem de *Brachiaria*, C:N ≥ 70 (Rezende et al., 1999), pode ter contribuído para a redução na esterilidade de espiguetas, uma vez que a reciclagem de nutrientes é mais vagarosa (Fernandes et al., 1999). Isto pode explicar a menor ocorrência de brusone quando a adubação nitrogenada foi aplicada totalmente na semeadura.

O arroz cultivado após soja apresenta maiores produtividade que após pastagem, entretanto responde com menor intensidade à adubação nitrogenada. Para esta condição, a produtividade máxima foi de 3.441 kg ha⁻¹, para uma dose de 107 kg ha⁻¹ de N (Fig. 3.8), um aumento de produtividade de apenas 23% em relação à estimada para a dose zero de N. O máximo econômico foi de 68 kg ha⁻¹ de N para uma produtividade de 3.353 kg ha⁻¹. A demanda por N foi menor em virtude do cultivo ter sido conduzido em área de soja, em que ocorre maior mineralização do nitrogênio. Segundo Wienhold & Halvorson (1999), o aumento na taxa de mineralização de N representa um aumento do estoque deste nutriente no solo na fórmula orgânica lábil. Solos com grande estoque de N lábil são capazes de suprir a maior parte da demanda da planta por N. Além do mais, este N não se perde por lixiviação, o que explica a maior resposta da adubação aplicada totalmente na semeadura.

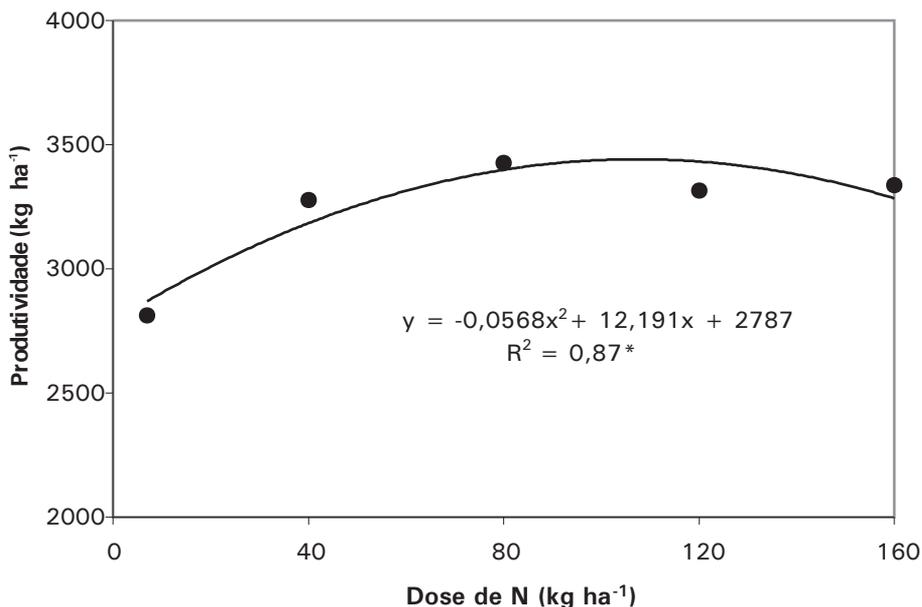


Fig. 3.8. Produtividade do arroz de terras altas sob Sistema Plantio Direto após soja, em função de doses de N.

Fonte: Guimarães & Stone (2003).



Espaçamento entre linhas e densidade de semeadura

O plantio do arroz, empregando-se populações adequadas de plantas, dentro da época mais favorável ao seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, constitui medida indispensável à maximização de sua produtividade (Yoshida, 1977; Morais et al., 1989). Esta aumenta com o número de plantas por unidade de área até o ponto em que a competição intraespecífica por nutrientes, água, luz e outros fatores de produção limitam o processo produtivo (Galvão et al., 1969; Andrade et al., 1971; Yoshida, 1977). O maior número de plantas por unidade de área também aumenta a competitividade com as plantas daninhas. As cultivares tradicionais, por apresentarem folhas decumbentes, demandavam espaçamentos de 40 a 60 cm entrelinhas. Entretanto, Santos (1990) observou que a 'Guarani', com arquitetura tradicional, maximizou sua produtividade com uma densidade de 40 sementes m^{-1} em linhas espaçadas de 30 cm, enquanto que a 'Araguaia', também de arquitetura tradicional, no espaçamento de 40 cm, não respondeu às densidades de semeadura.

Desconsiderando-se o aspecto fitossanitário associado à susceptibilidade diferenciada às doenças, as cultivares menos perfilhadoras requerem mais sementes no plantio, enquanto que as mais perfilhadoras demandam menos sementes. Maior população de plantas acarreta maior auto-sobreamento, induzindo a um menor aproveitamento da luz solar, maior possibilidade de acamamento e susceptibilidade às doenças (Gastal, 1974; Mendes, 1978). Por outro lado, as populações aquém da adequada induzem também o subaproveitamento do solo e a emissão de perfilhos tardios e improdutivos, portanto indesejáveis na lavoura (Gastal, 1974; Soares et al., 1979). Populações mais elevadas propiciam microclima mais úmido, que favorece o desenvolvimento de doenças, como brusone (Silva et al., 2003), o aumento da demanda da cultura por água (Soares et al., 1979) e o risco de perda pela ocorrência de veranicos.

Em estudos conduzidos em Santo Antônio de Goiás, GO, na Fazenda Lorena, no ano agrícola 2002-2003, no SPC após pastagem (Fig. 3.9), observou-se que os genótipos de arroz de terras altas, com arquitetura moderna, CNA 8557, BRS Talento, BRS Bonança, BRS Primavera e BRS Soberana foram mais produtivos no espaçamento de 30 cm entrelinhas, comparativamente aos espaçamentos de 20, 40 e 50 cm. A cultivar Caiapó, com arquitetura tradicional, lançada no início da década de 90, além de ter apresentado potencial produtivo menor, comparativamente à média dos demais genótipos desenvolvidos mais recentemente, não foi influenciada significativamente pelos espaçamentos (Fig. 3.10).



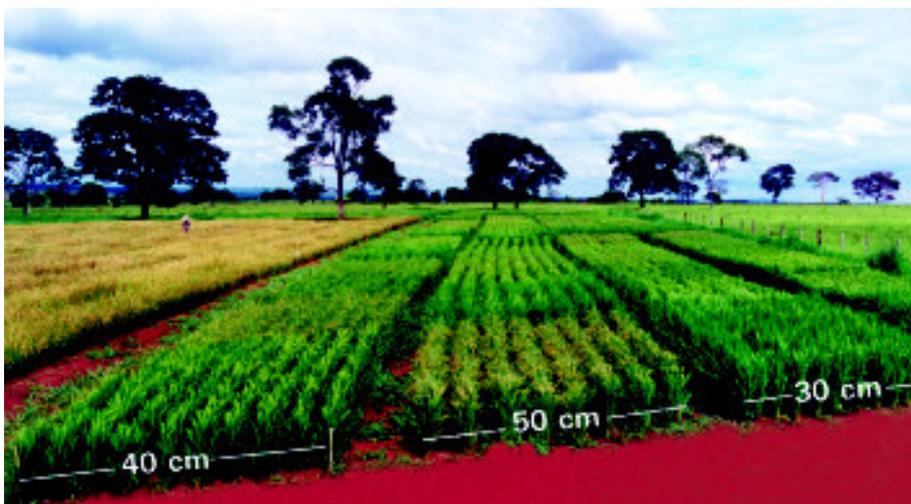


Fig. 3.9. Comportamento do arroz de terras altas aos espaçamentos entrelinhas. Fazenda Lorena, Santo Antônio de Goiás, GO. Ano agrícola 2002-2003.

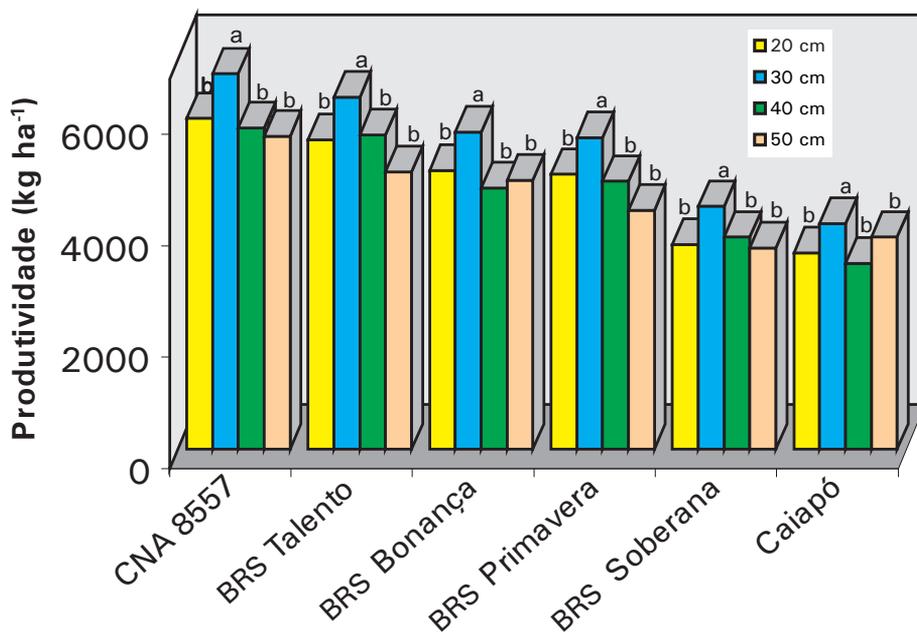


Fig. 3.10. Produtividade do arroz de terras altas no SPC após pastagem, nos espaçamentos de 20, 30, 40 e 50 cm entrelinhas. Fazenda Lorena, Santo Antônio de Goiás, GO. Ano agrícola 2002-2003.

Fonte: Guimarães et al. (2003a, 2003b).



Guimarães et al. (2003a) confirmaram o melhor comportamento das cultivares de arroz de terras altas BRS Bonança e BRS Primavera, com arquitetura moderna, nos espaçamentos mais estreitos. Observaram também que a densidade de semeadura afeta a produtividade das cultivares, diferindo do comportamento das cultivares tradicionais que, na maioria das vezes, não respondem a esta variável.

Em Santo Antônio de Goiás, GO, a produtividade da cultivar BRS Bonança aumentou com a redução do espaçamento, registrando-se produtividades máximas quando foram utilizadas 60 a 80 sementes m^{-1} , nos espaçamentos de 20 a 30 cm entrelinhas (Fig. 3.11). Esta mesma cultivar, em Barra do Corda, MA, alcançou as maiores produtividades no mesmo espaçamento, mesmo com menor quantidade de sementes (Fig. 3.12), provavelmente por perfilhar mais naquela região, que apresenta intensidade luminosa maior. A cultivar BRS Primavera, em Santo Antônio de Goiás, também aumentou sua produtividade com a redução do espaçamento até 30 cm, porém a reduziu com a diminuição da densidade de semeadura. Esta cultivar, em ambiente climático que limita a expressão do seu potencial de produtividade, pelo menor crescimento das plantas, ou pelo menor perfilhamento, requer maiores densidades de semeadura. Para as condições climáticas que prevaleceram em Santo Antônio de Goiás durante o período de condução do experimento, a produtividade da cultivar BRS Primavera foi maximizada com a adoção de 80-100 sementes m^{-1} , no espaçamento de 30-40 cm entrelinhas (Fig. 3.11). Esta mesma cultivar, em Barra do Corda, MA, que apresentou condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento das plantas, aumentou também sua produtividade com a redução do espaçamento até 30 cm, porém demandou menor densidade de semeadura, pelos mesmos motivos descritos para a 'BRS Bonança'. A quantidade demandada de sementes para maximizar a produtividade desta cultivar foi de 40 - 60 sementes m^{-1} (Fig. 3.12).

Os resultados sugerem que a 'BRS Bonança' comportou-se melhor no espaçamento de 20 - 30 cm. Se as condições de clima e solo forem favoráveis ao desenvolvimento da planta, recomenda-se a densidade de semeadura de 40 - 60 sementes m^{-1} , se não, 60 - 80 sementes m^{-1} . Por outro lado, a BRS Primavera comportou-se melhor no espaçamento de 30 - 40 cm. Assim como para a 'BRS Bonança', recomenda-se de 40 - 60 sementes m^{-1} se as condições de clima e solo forem favoráveis, se não, pelo menos, 80 sementes m^{-1} . Entretanto, é importante acrescentar que os espaçamentos muito próximos limitam as operações de controle de plantas daninhas, sejam elas manuais ou tracionadas por animais e tratores.



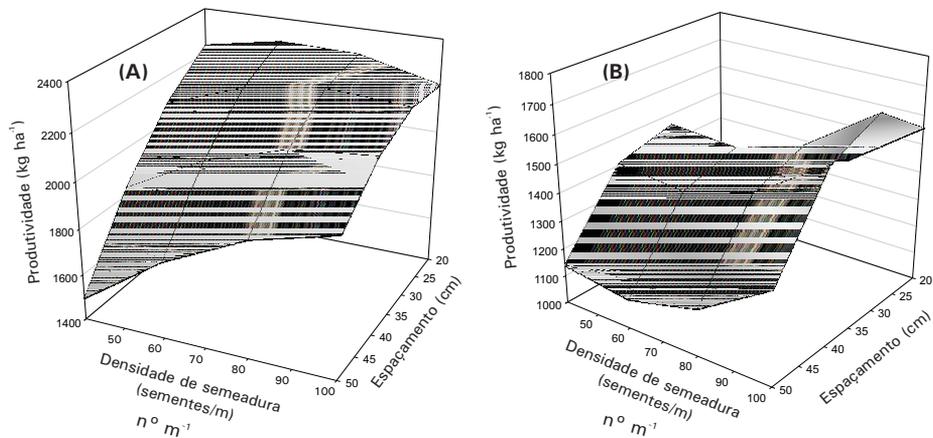


Fig. 3.11. Produtividade do arroz de terras altas, cvs. BRS Bonança (A) e BRS Primavera (B), no Sistema Plantio Convencional, nos espaçamentos de 20, 30, 40 e 50 cm entrelinhas, com 40, 60, 80 e 100 sementes m^{-1} . Santo Antônio de Goiás, GO. Ano agrícola 2000-2001. Fonte: Guimarães et al. (2003a).

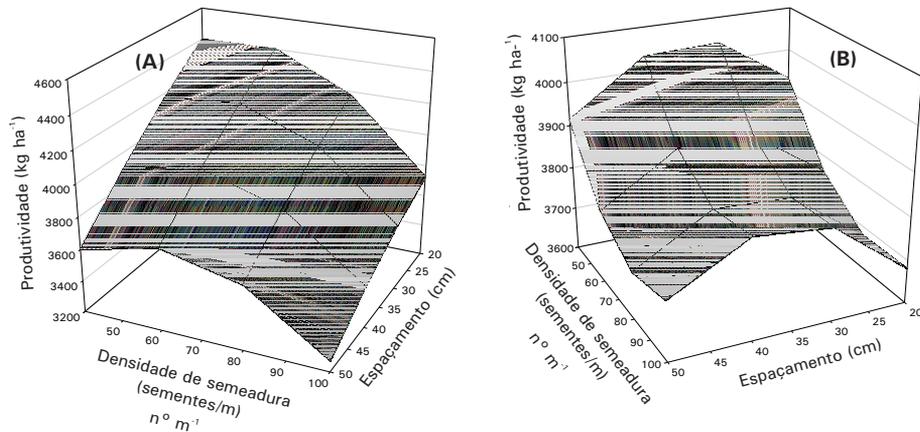


Fig. 3.12. Produtividade do arroz de terras altas, cvs. BRS Bonança (A) e BRS Primavera (B), no SPC, nos espaçamentos de 20, 30, 40 e 50 cm entrelinhas, com 40, 60, 80 e 100 sementes m^{-1} . Barra do Corda, MA. Ano agrícola 2000-2001. Fonte: Guimarães et al. (2003a).

Para as condições que não propiciam alto potencial de produtividade das cultivares, por limitações de disponibilidade de água ou nutrientes, é recomendável que não sejam adotadas altas populações de plantas, pois acirram a competitividade intraespecífica das cultivares por aqueles fatores, ou mesmo intensificam os efeitos do microclima sobre as plantas, criando condições favoráveis para o desenvolvimento de doenças. Finalmente pode-se concluir que as cultivares com arquitetura moderna, em ambientes



favoráveis de clima e solo, maximizam suas produtividades em espaçamentos ao redor de 30 cm, com 40 - 60 sementes m^{-1} . Em condições não favoráveis, deve-se aumentar o espaçamento, especialmente quando se tratar da 'BRS Primavera', por ser esta mais sensível à brusone. A densidade de semeadura, de modo geral, nessas condições, deve ser de 60-80 sementes m^{-1} , entretanto para a 'BRS Primavera', por ser pouco perfilhadora, deve ser de, pelo menos, 80 sementes m^{-1} .

Sistemas de plantio de arroz após pastagem

Um dos primeiros sistemas de plantio consorciado de arroz e capim foi divulgado pela Embrapa Arroz e Feijão e recebeu o nome de Sistema Barreirão. Este sistema tem-se mostrado eficiente, entretanto, para algumas situações, tem surgido a necessidade de procedimentos alternativos para torná-lo de uso mais abrangente. Algumas dessas situações seriam: produtores que não dispõem de equipamentos adequados ao sistema, como arado de aiveca, trator com capacidade de tração necessária, semeadoras capazes de colocar o adubo a 10 cm de profundidade; dificuldades na colheita; evolução do Sistema Plantio Direto (SPD); gramíneas forrageiras alternativas, como é o caso de cultivares do gênero *Panicum*, entre outras. Portanto, tem-se buscado novas alternativas de integração lavoura-pecuária, como a semeadura do capim após a emergência ou a colheita do arroz. Estas técnicas permitem que as cultivares de arroz expressem seu potencial produtivo (Fig. 3.13). Além do mais, diminuem o risco do sistema produtivo do arroz e tornam-se de uso mais abrangente, pois adotam a maquinaria agrícola geralmente disponível na propriedade agrícola.

Avaliações destas técnicas foram conduzidas tanto em ambiente com características favoráveis, como desfavoráveis, de solo e clima. Em Porangatu, GO, com distribuição irregular de chuvas, pH (H_2O) 5,3; Ca 0,2*; Mg 0,4*; Al 0,6*; P 0,6**; K 55**; Cu 1,1**; Zn 5,0**; Fe 110** e Mn 9** ($cmol_c dm^{-3}$, $mg dm^{-3}$), onde se usou o arado de aiveca no preparo do solo, não se obteve diferenças significativas nas produtividades de grãos de arroz, quando o plantio das forrageiras foi efetuado aos 30 DAE e na safrinha, produzindo plantio das forrageiras aos 30 DAE, produzindo, em média, 3.147 $kg ha^{-1}$ (Tabela 3.6). O Sistema Barreirão, que também adota o arado de aiveca no preparo do solo, produziu 36,9% a menos que a média dos demais tratamentos onde se adotou o arado no preparo do solo, porém não diferiu estatisticamente do sistema de preparo com grade aradora. O SPD foi o menos produtivo, com apenas 1.225 $kg ha^{-1}$. Em Santo Antônio de Goiás, com distribuição regular de chuvas, pH (H_2O) 5,8; Ca 1,1*; Mg 1,1*; Al 0,2*; P 0,5**; K 172**; Cu 3,4**; Zn 1,4**; Fe 82** e Mn 50**



($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3*}$, mg dm^{-3**}) além da similaridade das produtividades dos tratamentos onde se adotaram o arado no preparo do solo, inclusive o Sistema Barreirão, o mesmo comportamento ocorreu com relação à produtividade do tratamento onde se adotou a grade aradora no preparo do solo. O SPD, assim como em Porangatu, GO, foi o tratamento menos produtivo. A produtividade média do experimento de Santo Antônio de Goiás, GO, foi mais alta que a de Porangatu, GO. As maiores diferenças entre os dois locais foram observadas nos tratamentos onde se adotou o plantio direto e a grade aradora, pois são sistemas que têm induzido, geralmente, menores crescimentos radiculares. Esta situação não é limitante, quando as condições hídricas e químicas do solo são adequadas, o que não ocorreu em Porangatu, GO.

Foto: Cleber Morais Guimarães



Fig. 3.13. *Brachiaria brizantha*, cv. Marandú, semeado 15 DAE do arroz. Fazenda Alto da Glória, Santo Antônio de Goiás, GO. Ano agrícola 2000-2001.



Tabela 3.6 Produtividades do arroz e análise econômica dos sete sistemas de produção implantados em áreas de pastagens degradada.

Sistema de produção	Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	Santo Antônio de Goiás, GO	Porangatu, GO
A.aiveca X Tanzânia 30 DAE	4.070a	3.303a
A.aiveca X Tanzânia safrinha	3.999ab	3.232a
A.aiveca X braquiário safrinha	3.660ab	3.079a
A.aiveca X braquiário 30 DAE	3.863ab	2.975a
Sistema Barreirão	3.569bc	1.986b
G. aradora X braquiário safrinha	3.764ab	1.794b
S.P. D. X braquiário safrinha	2.569d	1.225c
CV (%)	8,83	15,14%

Fonte: Guimarães et al. (2003c).

Nas condições de solo em que existam camadas com limitação física ao crescimento radicular, como na camada superficial das áreas de pastagens, o preparo do solo com arado é indispensável, principalmente nas regiões onde ocorre distribuição irregular das chuvas. O arado rompe estas compactações, incorpora corretivos de acidez e melhora o ambiente para o crescimento radicular e, portanto, a capacidade da planta em absorver água das camadas mais profundas do solo e conviver com os períodos de veranicos, como o observado em Porangatu, GO. Em Santo Antônio de Goiás, GO, apesar do preparo do solo com arado permitir também melhor crescimento radicular, este não foi exigido em função da boa disponibilidade hídrica oferecida pelas constantes chuvas que ocorreram durante todo o ciclo da cultura. A baixa produtividade do SPD do arroz, mesmo em Santo Antônio de Goiás se deve à baixa quantidade de N oferecido, 12 + 30 kg ha⁻¹, no plantio e cobertura, respectivamente, considerando-se a alta demanda por N deste sistema de produção, conforme discutido no item “Adubação nitrogenada no plantio direto do arroz de terras altas”.

REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; YOKOYAMA, M.; SILVEIRA, P. M. da; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, C. C. da; PEREIRA, P. A. A.; LOPES, M. de A.; BALDAN FILHO, W. **Avanços da pesquisa com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em várzeas no Projeto Formoso**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1992. 20 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 38).

ALBERTS, E. E.; WENDT, R. C. Influence of soybean and corn cropping on soil aggregate size and stability. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 49, n. 6, p. 1534-1537, Nov./Dec. 1985.



ALMEIDA, F. S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. 60 p. (IAPAR. Circular, 53).

ANDRADE, D. de; GALVÃO, J. D.; BRANDÃO, S. S.; GOMES, F. R. Efeito do espaçamento entre fileiras e densidade de plantio sobre a produção do arroz "de sequeiro". **Experientiae**, Viçosa, v. 11, n. 3, p. 135-161, fev. 1971.

AZAMBUJA, I. H. V.; VERNETTI JUNIOR, F. de J.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 23-44.

BARBER, D. A.; MARTIN, J. K. The release of organic substances by cereal roots into soil. **New Phytologist**, Cambridge, v. 76, n. 1, p. 69-80, Jan. 1976.

BARKER, K. P. Rotation and cropping systems for nematode control: the North Caroline experience-introduction. **Journal of Nematology**, Lake Alfred, v. 23, n. 3, p. 342-343, Jul. 1991.

BASTOS, J. C. H. A. G.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E.; SOUZA, D. V.; AGUIAR, E. C.; COSTA, F. J. Preparo do solo, plantio direto e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção do arroz de terras altas. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 394-397. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

BLUM, U. The value of model plant-microbe-soil systems for understanding processes associated with allelopathic interaction: one example. In: INDERJIT; DARKSHINI, K. M. M.; EINHELLIG, F. A. (Ed.). **Allelopathy: organisms, processes and applications**. Washington: American Chemical Society, 1995. p. 127-131. (ACS. Symposium Series, 582).

BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 449-457, abr./jun. 2000.

CAMPBELL, C. A.; SHNITZER, M.; LAFOND, G. P.; ZENTNER, R. P.; KNIPFEL, J. E. Thirty-year crop rotations and management practices effects on soil and amino nitrogen. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, n. 3, p. 739-745, May/June 1991.

CHOU, C. H.; LIN, H. J. Autointoxication mechanism of *Oryza sativa*. I. Phytotoxic effects of decomposing rice residues in soil. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 2, n. 3, p. 353-367, July/Sept. 1976.

CHOU, C. H.; RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. Allelopathy in relation to agricultural productivity in Taiwan: problems and prospects. In: RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. (Ed.). **Allelopathy: basic and applied aspects**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 179-203.

CROOKSTON, R. K. The rotation effect: what causes it to boost yields? **Crops and Soils Magazine**, Madison, v. 36, n. 6, p. 12-14, Mar. 1984.

CROOKSTON, R. K.; KURLE, J. E. Corn residue effect on the yield of corn and soybean grown in rotation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 2, p. 229-232, Mar./Apr. 1989.



CZEPACK, C. **Determinação e caracterização das rotações de culturas mais eficientes, em termos técnicos e econômicos, dos sistemas de produção de arroz de sequeiro e feijão.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 7 p. (EMBRAPA. Programa 04 – Sistemas de Produção de Grãos. Subprojeto 04.0.94.421.07). Projeto concluído.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil:** sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ, 1991. 272 p.

DESENVOLVIMENTO da planta de arroz e clima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO NACIONAL DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Arroz irrigado:** recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 11-34.

EDWARDS, J. H.; THURLOW, D. L.; EASON, J. T. Influence of tillage and crop rotation on yields of corn, soybean, and wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 1, p. 76-80, Jan./Feb. 1988.

EHLERS, W.; CLAUPEIN, W. Approaches toward conservation tillage in Germany. In. CARTE, M. R. (Ed.). **Conservation tillage in temperate agroecosystems.** Boca Raton: Lewis, 1992. p. 141-165.

EMBRAPA. Departamento Técnico Científico. **Programa nacional de pesquisa de arroz.** Brasília, DF, 1981. 69 p.

EPAGRI. **Arroz irrigado:** sistema pré-germinado. Florianópolis, 2002. 273 p.

FAGERIA, N. K. Manejo da calagem e da adubação do arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. p. 67-78.

FERNANDES, L. A.; NASCENTE, C. M.; SILVA, M. L. N.; FURTINI NETO, A. E.; VASCONCELOS, C. A. Sistemas de preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 51, p. 15-16, maio/jun. 1999.

FONSECA, L.; BARBOSA FILHO, M. P.; ESPINOSA, W. **Arroz irrigado:** sistema de produção para a região do Baixo São Francisco: recomendações técnicas. Brasília, DF: PROINE, 1988. 118 p.

FUJII, Y. **The allelopathic effects to some varieties.** Taipei: Food & Fertilizer Technology Center, 1993. p. 1-6. (ASPAC. Technical Bulletin, 134).

GALVÃO, J. D.; BRANDÃO, S. S.; GOMES, F. R. Efeito da população de plantas e níveis de nitrogênio sobre a produção de grãos e sobre o peso médio das espigas de milho. **Experientiae**, Viçosa, v. 9, n. 2, p. 39-82, maio 1969.

GASTAL, F. L. C. Densidade de semeadura experimental em arroz. **A Granja**, Porto Alegre, v. 30, n. 318, p. 27-28, jul. 1974.

GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 4, p. 703-707, abr. 2001.

GUIMARÃES, E. P.; SANT'ANA, E. P. Sistemas de cultivo. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 17-35.



GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Adubação nitrogenada do arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 210-214, maio/ago. 2003.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Arroz de terras altas em rotação com soja, **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 127-132, set./dez. 2004.

GUIMARÃES, C. M.; PRABHU, A. S.; CASTRO, E. da M. de; FERREIRA, E.; COBUCCI, T.; YOKOYAMA, L. P. **Cultivo do arroz em rotação com soja**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 7 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 41).

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRESEGHELLO, F.; PEREIRA, J. A.; CASTRO, E. da M. de. **Arroz de terras altas**: espaçamento e densidade de semeadura. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003a. 6 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 61).

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; SILVA, F. X. **Cultivares de arroz de terras altas com arquitetura moderna**: crescimento e eficiência produtiva. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003b. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 61).

GUIMARÃES, C. M.; OLIVEIRA, I. P. de; YOKOYAMA, L. P. Sistemas alternativos de produção de arroz após pastagem. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003c. p. 331-343.

HEDGE, R. S.; MILLER, D. A. Allelopathy and autotoxicity in alfafa: characterization and effects of preceding crops and residue incorporation. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 6, p. 1255-1259, Nov./Dec. 1990.

HEINRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaça: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 331-340, abr./jun. 2001.

HICKS, S. K.; WENDT, C. W.; GANNAWAY, J. R.; BAKER, R. B. Allelopathic effects of wheat straw on cotton germination, emergence, and yield. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 4, p. 1057-1061, July/Aug. 1989.

KITUR, B. K.; SMITH, M. S.; BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W. Fate of 15N-depleted ammonium nitrate applied to no-tillage and conventional tillage corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 2, p. 240-242, Mar./Apr. 1984.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. F.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C. M.; FERRARO, L. A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, jan./mar. 2000.

KRAMER, P. J. **Plant and soil water relationships**: a modern synthesis. New York: McGraw-Hill, 1969. 482 p.

LAL, R.; VLEESCHAUWER, D. de; NGAMJE, R. M. Changes in properties of a newly cleared tropical alfisol as affected by mulching. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 4, p. 827-833, July/Aug. 1980.

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Rio de Janeiro: IBGE, 1986-2002.

LIMA, L. M.; SOUZA, M. A. S.; SANTOS, P. G.; MELO, L. C. Desempenho de cultivares e linhagens de arroz de terras altas sob sistema de semeadura direta e convencional. In: CONGRESSO DA CADEIRA PRODUTIVA DE ARROZ. 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 141-143. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).



MALUF, R. S. J. **A expansão do capitalismo no campo**: o arroz no Maranhão. 1977. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MANZAN, R. J. Irrigação por aspersão na cultura do arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 114, p. 38-40, jun. 1984.

MARTINIANO, A. M. S.; YOKOYAMA, L. P.; IGREJA, A. C.M.; ROCHA, M. B. Diagnóstico do perfil do produtor de arroz do Estado de Mato Grosso. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 5., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina**: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. v. 2, p. 217. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 62).

MEDEIROS, R. D. de; HOLANDA, J. S. de; COSTA, M. da C. Manejo de água em arroz irrigado no Estado de Roraima. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 48, n. 420, p. 12-14, mar./abr. 1995.

MENDES, M. C. **Espaçamento e densidades de semeadura para a cultura do arroz de sequeiro no sul do estado de Mato Grosso**. Dourados: EMBRAPA-UEPAE Dourados, 1978. 26 p. (EMBRAPA-UEPAE Dourados. Comunicado Técnico, 2).

MÉNDEZ DEL VILLAR, P.; DUCOS, A.; FERREIRA, N. L. S.; PEREIRA, J. A.; YOKOYAMA, L. P. **Cadeia produtiva do arroz no Estado do Maranhão**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. 136 p.

MORAES, J. F. V. Manejo dos solos dos cerrados: I. produção de feijão, trigo e arroz em cultivos sucessivos em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 4, p. 633-640, abr. 1990.

MORAIS, O. P. de; SILVA, J. G. da; SILVA, S. C. da. Método, espaçamento, densidade, profundidade e época de plantio. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 161, p. 25-31, 1989.

NISHIO, M.; KUSANO, S. Problems in upland rice soil sickness. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOIL ENVIRONMENT AND FERTILITY MANAGEMENT IN INTENSIVE AGRICULTURE, 1977, Tokyo, Japan. **Proceedings...** Tokyo: Japan Central Agricultural Experiment Station, 1977. p. 744-749.

PINGALI, P. L. GATT and rice: do we have our research priorities right? In: INTERNACIONAL RICE RESEARCH CONFERENCE, 1995, Los Baños, Philippines. **Fragile lives in fragile ecosystems**: proceedings. Manila: IRRI, 1995. p. 25-38.

PINHEIRO, B. da S.; STEINMETZ, S.; STONE, L. F.; GUIMARÃES, E. P. Tipo de planta, regime hídrico e produtividade do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 87-95, jan. 1985.

PRABHU, A. S.; FARIA, J. C. de; CARVALHO, J. R. P. de. Efeito da brusone sobre a matéria seca, produção de grãos e seus componentes, em arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 5, p. 495-500, maio 1986.

RAIMBAULT, B. A.; VYN, T. J. Crop rotation and tillage effects on corn growth and soil structural stability. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 6, p. 979-985, Nov./Dec. 1991.

RASSINI, J. B.; REIS, A. E. G. dos; MACEDO, J.; LEITE, J. C. **Caracterização de várzeas na região dos cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1984. 16 p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 22).



REID, J. B.; GOSS, M. J. Effect of living roots of different plant species on the aggregate stability of two arable soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 32, n. 4, p. 521-541, Dec. 1981.

REIS, E. M.; SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Rotação de culturas. I. efeito sobre doenças radiculares do trigo nos anos 1981 e 1982. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 8, n. 3, p. 431-437, out. 1983.

REZENDE, C. D.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRE, R.; MACEDO, R.; ALVES, B. J. R.; URGUAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 54, n. 2, p. 99-112, June 1999.

SANT'ANA, E. P. Cultivo do arroz irrigado por aspersão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 161, p. 71-75, 1989.

SANTOS, A. B. dos. **Comportamento de variedades de arroz de sequeiro em diferentes populações de plantas, com e sem irrigação suplementar**. 1990. 94 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANTOS, A. B. dos. Aproveitamento da soca. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 463-492.

SANTOS, A. B. dos. **Cultivo da soca de arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 40).

SANTOS, A. B. dos; PRABHU, A. S.; AQUINO, A. R. L. de; CARVALHO, J. R. P. de. Épocas, modos de aplicação e níveis de nitrogênio sobre brusone e produção de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 7, p. 697-707, jul. 1986.

SANTOS, E. de O.; YOKOYAMA, L. P.; IGREJA, A. C. M.; ROCHA, M. B. Diagnóstico do perfil do produtor de arroz do Estado do Tocantins. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 5., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. v. 2, p. 219. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 62).

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; WOBETO, C. Rotação de culturas em Guarapuava. IX. efeitos no rendimento de grãos e nas doenças do sistema radicular da cevada, em plantio direto de 1984 a 1988. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 6, p. 901-906, jun. 1991.

SARKARUNG, S. Screening upland rice for aluminum tolerance and blast resistance. In: INTERNATIONAL UPLAND RICE CONFERENCE, 2., 1985, Jakarta, Indonesia. **Progress in upland rice research: proceedings**. Manila: IRRI, 1986. p. 271-281.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.; TRENTINI, A. **Os sistemas de culturas para a região do médio norte do Mato Grosso: recomendações técnicas** 1993. [S.l.]: CIRAD, 1993. 58 p.

SHANER, G. Effect of environment on fungal leaf blights of small grains. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 19, p. 273-296, 1981.



SILVA, G. B. da; PRABHU, A. S.; ZIMMERMANN, F. J. P. Manejo integrado da brusone em arroz no plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 4, p. 481-487, abr. 2003.

SOARES, P. C.; MORAIS, O. P. de; SOUZA, A. F. de; GIUDICE, R. M. Del. Preparo do solo, época e densidade de plantio. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 5, n. 55, p. 33-39, jul. 1979.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação potássica e condições hídricas do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 12, p. 885-895, dez. 1996.

STONE, L. F.; SILVA, J. G. da. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 6, p. 891-897, jun. 1998.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, abr./jun. 2001.

TEIXEIRA, S. M.; LUZ BARBOSA, M. M. T. L.; SOARES, D. M. Tecnologia na produção de arroz por uma amostra de produtores da região Centro-Oeste. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. **Resumos...** Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1987. p. 92. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 19).

TEIXEIRA, S. M.; ROBISON, D.; ALBUQUERQUE, J. M. **Agricultura de subsistência na produção de arroz: experiência no Maranhão**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1991. 36 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 34).

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 4. ed. New York: Macmillan, 1985. 754 p.

URCHEI, M. A. **Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso no crescimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação**. 1996. 131 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

VALE do Javaés/Formoso: a mesopotâmia tocantinense. **Centro-Norte Agronegócios**, Palmas, v. 1, n. 1, p. 42-43, ago. 2003.

WEAVER, D. B.; RODRIGUEZ-KABANA, R.; ROBERTSON, D. G.; AKRIDGE, R. L.; CARDEN, E. L. Effect of crop rotation on soybean in a field infested with *Meloidogyne arenaria* and *Heterodera glycines*. **Annals of Applied Nematology**, Lawrence, v. 2, p. 106-109, Oct. 1988.

WIENHOLD, B. J.; HALVORSON, A. D. Nitrogen mineralization responses to cropping, tillage, and nitrogen rate in the Northern Great Plains. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 63, n. 1, p. 192-196, Jan./Feb. 1999.

WINDELS, C. E.; WIERSMA, J. V. Incidence of *Bipolaris* and *Fusarium* on subcrown internodes of spring barley and wheat grown in continuous conservation tillage. **Phytopathology**, St. Paul, v. 82, n. 6, p. 699-705, Jun. 1992.

YOSHIDA, S. Rice. In: ALVIN, P. T.; KOZLWSKI, T. T. (Ed.). **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic Press, 1977. p. 57-87.

