

MINIMIZAÇÃO DO RISCO POR DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM ARROZ DE SEQUEIRO NA REGIÃO DOS CERRADOS



MINIMIZAÇÃO DO RISCO POR DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM ARROZ DE SEQUEIRO NA REGIÃO DOS CERRADOS

**Beatriz da Silveira Pinheiro
Luís Fernando Stone
Silvando Carlos da Silva**

Embrapa Arroz e Feijão
Santo Antônio de Goiás, GO
novembro/2000

Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 36.

Comitê de Publicações

Carlos A. Rava (Presidente)

Emílio da Maia de Castro

Flavio Breseghello

Luiz Roberto Rocha da Silva (Secretário)

Edição

Área de Comunicação Empresarial - ACE

Revisão gramatical:

Vera Maria Tietzma Silva

Diagramação

Fabiano Severino

Capa:

Rejane Martins de Oliveira

Normatização Bibliográfica

Ana Lúcia D. de Faria

Tiragem: 1000 exemplares.

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Arroz e Feijão.

Pinheiro, Beatriz da Silveira.

Minimização do risco por deficiência hídrica em arroz de sequeiro na região dos cerrados / Beatriz da Silveira Pinheiro, Luís Fernando Stone. Silvando Carlos da Silva. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2000.

39 p. - (Circular Técnica / Embrapa Arroz e Feijão. ISSN 1516-8476 ; 36)

1. Arroz - Deficiência Hídrica. 2. Cerrado. I. Stone, Luís Fernando. II. Silva, Silvando Carlos da. III. Título. IV. Série.

CDD 633.17991 - 21. ed.

© Embrapa 2000

APRESENTAÇÃO

Devido à sua rusticidade e tolerância a solos ácidos, o arroz de sequeiro desempenhou um papel estratégico nas décadas de 60 e 70, durante a abertura dos cerrados, atuando como cultura pioneira. Contudo, a alta probabilidade de ocorrência de veranicos na região, associada à baixa adoção de tecnologias, gerou muitas perdas de lavouras e solicitações de seguro agrícola, criando um conceito negativo para a cultura.

A redução de áreas por desbravar na região dos cerrados e a competição com culturas mais atrativas sob o ponto de vista comercial provocaram a redução gradual da área ocupada com arroz de sequeiro de 4,5 milhões de ha para menos de 2 milhões. Concomitantemente, com a migração da orizicultura para regiões mais favorecidas quanto ao risco climático, ocorreram acréscimos de produtividade, contribuindo para a melhoria da imagem da cultura perante os produtores, que passou então a ser referida por "arroz de terras altas", terminologia mais condizente com a sua nova situação.

Contudo, deve ser considerado que, mesmo nesse novo contexto, o risco para a cultura não foi de todo excluído e que áreas sujeitas a risco moderado no passado podem ser novamente incorporadas para cultivo com arroz, com maior segurança de obtenção de boas safras, desde que sejam observadas as devidas recomendações técnicas. Com isso em mente, o presente documento procurou reunir e disponibilizar ao público interessado os principais resultados da pesquisa com arroz de terras altas desenvolvida pela Embrapa Arroz e Feijão, incluindo a caracterização da resposta de cultivares à deficiência hídrica, as práticas de manejo da cultura e a caracterização do risco climático nas diversas regiões produtoras no país. Esperamos que as informações e recomendações aqui contidas sejam utilizadas para embasar e nortear essa atividade agrícola tornando-a um empreendimento rentável e competitivo, minimizando riscos e elevando os níveis de produtividade e qualidade do produto.

Pedro A. Arraes Pereira
Chefe da Embrapa Arroz e Feijão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	ELEMENTOS CLIMÁTICOS.....	10
2.1	Padrão de chuvas anterior à estiagem	10
2.2	Radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar .	10
3	CONDIÇÕES FÍSICAS DO SOLO	13
4	FATORES DA PLANTA.....	16
4.1	Resistência à seca	16
4.2	Fases de desenvolvimento da planta	19
4.3	Nível de crescimento da cultura	23
	4.3.1 Parte aérea	23
	4.3.2 Sistema radicular	24
5	MANEJO DA CULTURA	26
5.1	Efeito do preparo do solo	26
5.2	Adubação	29
	5.2.1 Profundidade de aplicação de adubo e de cal- cário	29
	5.2.2 Adubação NPK	30
5.3	Época de plantio	32
5.4	Espaçamento e densidade de plantio	36
6	CONCLUSÕES	36
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

MINIMIZAÇÃO DO RISCO POR DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM ARROZ DE SEQUEIRO NA REGIÃO DOS CERRADOS

Beatriz da Silveira Pinheiro¹, Luís Fernando Stone¹ e Silvando Carlos da Silva²

1 INTRODUÇÃO

Na Região Centro-Oeste do Brasil, o comportamento de chuvas é monomodal, com uma média de 1543 mm/ano, distribuídas, principalmente, durante os meses de outubro a abril. Apesar de essa quantidade de chuvas ser suficiente para suprir as necessidades hídricas da cultura, sua distribuição é irregular e períodos de estiagem de duração variável podem comprometer seriamente o sucesso produtivo na região.

Por outro lado, deve-se considerar que a falta de chuvas, por um período limitado de tempo durante o desenvolvimento das plantas, não significa obrigatoriamente uma situação de deficiência hídrica. Esta será observada somente quando a falta de água na planta comprometer os processos determinantes da produtividade biológica e de grãos.

A suspensão das chuvas ocasiona um forte aumento da demanda evaporativa da atmosfera, pela associação com o incremento da radiação solar, da temperatura do ar e do déficit de pressão de vapor. No início da estiagem, a planta consegue fazer frente à nova demanda transpirativa pelo incremento na absorção de água do solo. Se o solo estiver sem impedimentos físicos e bem suprido de água e se a planta possuir um sistema radicular capaz de explorá-lo de forma adequada, um período curto sem chuvas pode não ser suficiente para induzir deficiência hídrica.

Por outro lado, em uma situação em que a camada de solo explorada é pequena, devido a impedimentos no perfil, ou ao limitado

¹ Pesquisador, Dr., Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO.

² Pesquisador, M.Sc., Embrapa Arroz e Feijão.

desenvolvimento do sistema radicular, a planta muito rapidamente vai deprimir a reserva útil de água do solo e entrar em déficit, comprometendo os processos fisiológicos básicos. Portanto, no estabelecimento de deficiência hídrica, interação, além da falta de chuvas propriamente dita, elementos climáticos e do solo, além de características da própria planta. Dessa forma, é pouco eficiente estimar-se a perda de produtividade com base apenas no número de dias sem chuva. Os fatores que irão mediar a resposta da planta são discutidos a seguir.

2 ELEMENTOS CLIMÁTICOS

2.1 Padrão de chuvas anterior à estiagem

O efeito deste fator sobre a velocidade de instalação da deficiência hídrica é bastante óbvio. Locais e anos em que a distribuição de chuvas é homogênea e constante, permitindo o carregamento do perfil do solo e o estabelecimento de uma grande reserva útil de água no período que antecede ao veranico, apresentam uma nítida vantagem em relação a situações em que as chuvas são de pequena intensidade e menos constantes.

2.2 Radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar

Os dois primeiros elementos, que são intensamente relacionados, determinam juntamente com a umidade relativa do ar, a evapotranspiração potencial, isto é, o máximo volume de água que pode ser perdido por evaporação e transpiração conjugadas.

Normalmente, durante um período de estiagem na região dos cerrados, a radiação solar e a temperatura do ar alcançam valores expressivos, podendo atingir até $600 \text{ cal/cm}^2/\text{dia}$ e 40°C , respectivamente. Por sua vez, a umidade relativa do ar pode reduzir-se até valores próximos dos observados na estação seca, qual seja, em torno de 45%.

Nessa situação extrema, a evapotranspiração da planta de arroz pode atingir valores de 9 a 10 mm/dia. Em condições de campo, esta informação é difícil de ser obtida. Normalmente é utilizado o tanque Classe "A" para sua estimativa. Apesar de esse tanque ser um equipamento de baixo custo, sua instalação deve ser feita em condições especiais, em posto meteorológico, e a leitura realizada por observador

meteorológico com treinamento adequado. Para o cálculo da evapotranspiração máxima do arroz, multiplica-se a evaporação no tanque Classe "A" pelo coeficiente do tanque (K_p) e pelo coeficiente de cultura (K_c). O K_p varia em função do tamanho e do tipo da bordadura (grama ou solo nu), da velocidade do vento e da umidade relativa do ar. Valores de K_p para diferentes situações podem ser encontrados em publicações específicas (Doorenbos & Kassan, 1979; Stone & Silveira, 1995).

O K_c varia em função da fase de desenvolvimento da cultura do arroz (Figura 1), mas em cada fase pode ser considerado constante, para um dado tipo de planta, sob determinadas práticas culturais (Stone & Pereira, 1994; Stone & Silva, 1999). Entretanto, quando o tipo de planta é modificado, como no caso das novas cultivares de arroz de sequeiro de tipo de planta moderno (arroz de terras altas), que apresentam menor porte e folhas mais eretas do que as cultivares de tipo de planta tradicional, e as práticas culturais são modificadas com a redução no espaçamento, de 50 cm para 20 cm entre linhas e aumento na adubação, o índice de área foliar aumenta e o K_c é alterado (Figura 2). Isto tem como consequência maior requerimento de água e, portanto, maior suscetibilidade à deficiência hídrica.

Utilizando os valores de K_c apresentados nas Figuras 1 e 2, e os dados de precipitação para duas localidades da região dos cerrados, aplicou-se modelo de simulação do balanço hídrico para estimar o requerimento de água e o número de dias de déficit hídrico a que estariam submetidas três cultivares de arroz de sequeiro, duas de tipo de planta tradicional (ciclo médio e ciclo curto) e uma de tipo de planta moderno. De acordo com os dados gerados pela aplicação do modelo de simulação, apresentados na Tabela 1, há menor risco de deficiência hídrica para a cultivar tradicional de ciclo curto, devido ao seu menor requerimento hídrico. Para a cultivar de tipo de planta moderno, desenvolvida para cultivo sob irrigação suplementar ou para regiões favorecidas quanto à distribuição de chuvas, existe alto risco de deficiência hídrica quando cultivada fora destas condições, por causa do seu alto consumo de água.

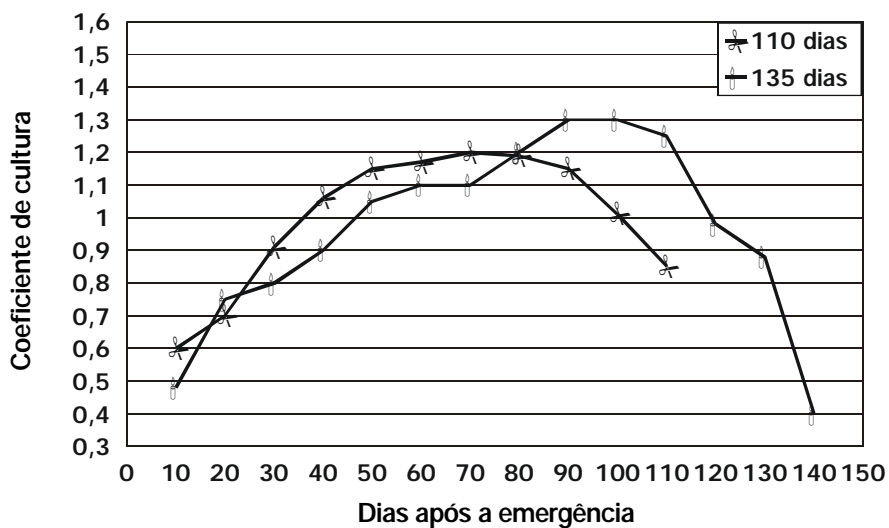


Fig. 1 Coeficientes de cultura (Kc) durante o ciclo de desenvolvimento de dois genótipos de arroz de sequeiro de tipo de planta tradicional, de ciclo médio (135 dias) e de ciclo curto (110 dias).

Fonte: Steinmetz et al. (1985).

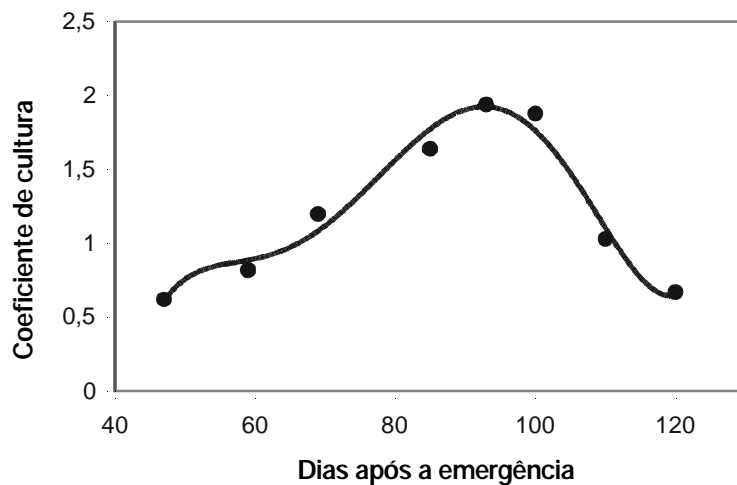


Fig. 2 Coeficiente de cultura (Kc) durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar de arroz Maravilha, de tipo de planta moderno, semeada no espaçamento de 20 cm entre linhas.

Fonte: Stone & Silva (1999).

Tabela 1 Requerimento de água, obtido por aplicação de modelo de simulação do balanço hídrico, de cultivares de tipo de planta tradicional de sequeiro, de ciclo curto e ciclo médio, em comparação com a cultivar Maravilha, de tipo de planta moderno, considerando a data de semeadura de 15 de novembro, em duas localidades na região dos cerrados.

Cultivar/ciclo	Requerimento de água (mm)	Precipitação pluvial (mm)	Déficit hídrico	
			dias	mm
(Rio Verde, GO)				
Ciclo curto ¹	462,9	887,3	4	20,2
Ciclo médio ²	590,4	1063,4	6	49,8
Maravilha ³	834,7	1063,4	20	251,0
(Ituiutaba, MG)				
Ciclo curto ¹	497,8	738,4	2	28,2
Ciclo médio ²	669,1	894,1	7	108,4
Maravilha ³	1028,7	894,1	30	462,0

¹Ciclo de 110 dias, espaçamento de 40 cm; ²Ciclo de 135 dias, espaçamento de 40 cm; ³Ciclo de 135 dias, espaçamento de 20 cm.

3 CONDIÇÕES FÍSICAS DO SOLO

Os solos de cerrado possuem normalmente boas características físicas, em termos de porosidade, permeabilidade e profundidade, não limitando, em condições normais, o desenvolvimento do sistema radicular. Mas, por outro lado, mesmo os solos de cerrado com maior teor de argila possuem uma baixa capacidade de armazenamento de água. Chuvas abundantes, além de resultar em excessivo escoamento superficial e percolação profunda, podem também causar lixiviação de nutrientes.

A estimativa do conteúdo de água do solo pode ser obtida pelo método gravimétrico. Apesar de ser um método bastante simples, requer trado para amostragem do solo, latas herméticas para acondicionamento das amostras, balança de precisão e estufa para secagem. Além disso, é requerido um bom conhecimento da variabilidade do solo da lavoura para determinar os locais a serem amostrados, o número de amostragens e as profundidades do perfil a serem considerados. Já o estabelecimento da curva de retenção de água do solo, que relaciona o conteúdo de água do solo com a força (tensão) com que ela está retida (Figura 3),

só pode ser feito em laboratório. A curva é determinada a partir de amostras indeformadas, coletadas com anéis apropriados, submetidos a diferentes tensões, com auxílio de placas porosas, em câmaras de pressão. A avaliação da curva de retenção permite uma estimativa rápida da disponibilidade de água no solo para as plantas, na profundidade de solo considerada. Assim, pode-se determinar a quantidade máxima de armazenamento de água (capacidade de campo) ou o armazenamento em qualquer tensão de água do solo.

A Tabela 2 apresenta o conteúdo de água, retido em solos representativos da região dos cerrados, ao longo do gradiente de tensões. Para os três primeiros, de textura argilosa, considerando-se um perfil de solo de 50 cm, a tensão de 8 kPa como capacidade de campo (CC) e 30 kPa como a tensão adequada para irrigação, a água disponível para a planta de arroz seria igual a 13,0 mm, 14,5 mm e 30,0 mm, respectivamente. Para os dois últimos, de textura arenosa, considerando-se 6 kPa como CC, a água disponível seria igual a 1,5 mm e 9,0 mm, respectivamente. Considerando uma demanda atmosférica de 6 mm/dia, a água armazenada seria suficiente, para atender de 0,3 a 1,5 dia, nos solos arenosos e de 2 a 5 dias nos argilosos.

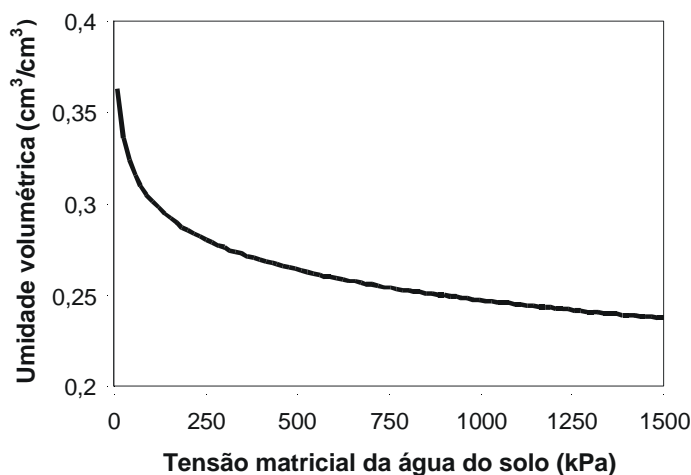


Fig. 3 Curva característica de retenção da água para solos típicos dos cerrados.

Tabela 2 Caracterização de solos de cerrado de cinco localidades e diferentes texturas, quanto ao teor de água retido nas tensões compreendidas entre 6 e 1500 kPa. (8 kPa: capacidade de campo; 30 kPa: necessidade de irrigação; 1500 kPa: ponto de murcha permanente)

Localidade	Tensão do solo (kPa)					Textura (g/kg)			Classificação
	6	8	30	100	1500	Argila	Silte	Areia	
	----- Teor de água (% de volume) -----								
Nerópolis-GO	35	33,2	30,6	26,6	26,5	395	290	315	Franco-Argiloso
Santa Fé de Goiás	25,5	24,5	21,6	16,9	16,9	285	100	615	Franco-Argiloso-Arenoso
Dourados-MT	42,5	40,8	34,8	31,1	30,2	535	340	125	Argila
Barreiras-BA	15,9	15,6	15,6	15,0	14,5	170	90	740	Franco-Arenoso
Jussara-GO	17,1	15,3	15,3	13,8	13,2	160	40	800	Franco-Arenoso

4 FATORES DA PLANTA

A planta de arroz é considerada como uma espécie semi-aquática e sua evolução para terras altas é relativamente recente na escala evolutiva. Talvez por essa razão ela possua uma menor resistência à seca, em relação a espécies adaptadas a essa condição, como milho, sorgo, soja e milheto, dentre outras.

Vários fatores intrínsecos à planta de arroz atuam, juntamente com os fatores de solo e de clima, na determinação da resposta à seca.

4.1 Resistência à seca

A Figura 4 apresenta a comparação de quatro grupos de cultivares, submetidos à deficiência hídrica por 20 dias no período reprodutivo. As cultivares nacionais melhoradas, de tipo de planta tradicional de sequeiro (grupo *Japonica*), apresentam nota inferior e, portanto, uma maior resistência à seca do que cultivares melhoradas de tipo de planta moderno (resultantes do cruzamento entre *Japonica* e *Indica*) e do grupo irrigado (grupo *Indica*), sendo mais similares às cultivares africanas (grupo *Japonica*). Esses grupos varietais e tipos de planta são descritos por Pinheiro (1999).

A grande maioria das cultivares recomendadas para cultivo na região dos cerrados, lançadas no período 1986-1993, possui o tipo de planta tradicional de sequeiro (porte alto, perfilhamento baixo, folhas longas e decumbentes). São, em sua maioria, oriundas de cruzamentos no grupo *Japonica*, envolvendo cultivares nacionais melhoradas, como a IAC 47 e a IAC 25, e cultivares africanas, como a 63-83 e a IRAT13. Da mesma forma que seus progenitores, classificam-se como moderadamente resistentes à seca (Tabela 3). Por outro lado, os lançamentos a partir de 1996 são predominantemente cultivares de tipo de planta moderno (porte e perfilhamento intermediário, folhas eretas), provenientes de cruzamento entre os grupos *Japonica* e *Indica*, visando a melhoria do tipo de planta e da aparência dos grãos (grão longo-fino ou "agulhinha"). Tais cultivares, mais adaptadas ao cultivo em regiões favorecidas quanto à distribuição pluvial, ou sob irrigação suplementar por aspersão, classificam-se em grande parte como

moderadamente suscetíveis à seca (Tabela 3). Cultivares como Maravilha e Primavera possuem resistência à seca inferior às cultivares tradicionais de sequeiro. Por outro lado, algumas cultivares, como a Canastra, assim como muitas novas linhagens do Programa de Melhoramento da Embrapa Arroz e Feijão, apresentam um grau de resistência superior ao dos primeiros lançamentos de tipo de planta moderno. Portanto, as características desejáveis dos dois tipos de planta são passíveis de recombinação em um único genótipo.

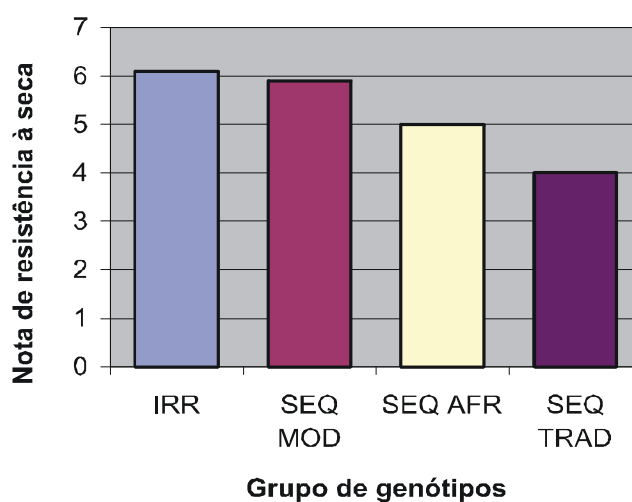


Fig. 4 Notas de resistência à seca (menores notas representam maior resistência) obtidas por cinco grupos de 18 genótipos de arroz, submetidos à deficiência hídrica por 20 dias, no período reprodutivo. (IRR: Irrigado; SEQ MOD: Sequeiro de tipo de planta moderno; SEQ AFR: Sequeiro africano; SEQ TRAD: Sequeiro de tipo de planta tradicional).
Fonte: Adaptada de Ricci Sartori (1996).

Tabela 3 Ano de lançamento, Estado da Federação, tipo de planta, ciclo, classe do grão e grau de resistência à seca, de cultivares de arroz recomendadas para a região dos cerrados.

Cultivar	Ano de lançamento	Estado	Tipo de planta	Ciclo	Classe do Grão	Resistência à seca ¹
IAC 47	1971	TO,SP,MT,BA	Tradicional	Médio	Longo	MR
IAC 25	1971	SP, MT, BA	Tradicional	Curto	Longo	R
IAC 165	1974	SP, MT, BA	Tradicional	Curto	Longo	R
CUIABANA	1985	MT	Tradicional	Médio	Longo	MS
GUARANI	1986	TO,MG,MS,MT,MA,GO,BA,RR	Tradicional	Curto	Longo	R
RIO PARANAÍBA	1986	TO, SP, RR, PI, MS,MT,MA,GO,BA,DF,MG,RO,RJ	Tradicional	Médio	Longo	MR
ARAGUAIA	1986	TO, RR, PI, PA, MT,MA,GO,RO	Tradicional	Médio	Longo	MS
C. AMÉRICA	1987	MT	Tradicional	Curto	Longo	MR
RIO PARAGUAI	1992	MT	Tradicional	Médio	Longo	MR
RIO VERDE	1992	MT, MG	Tradicional	Médio	Longo	MR
PROGRESSO	1993	MT	Moderno	Médio	Longo Fino	MR
CAIAPÓ	1994	TO, RR, PI, MG, MS,MT,MA,GO,AM, RO	Tradicional	Médio	Longo	MR
CARAJÁS	1994	TO,PI,MT,MA,GO, BA, DF	Tradicional	Curto	Longo	R
MARAVILHA	1996	TO,RO,PA,AP,MT,GO,AC,DF,AM	Moderno	Médio	Longo Fino	S
PRIMAVERA	1996	TO,PI,MS,MT,GO, BA	Moderno	Curto	Longo Fino	MS
CANASTRA	1996	TO,PI,MG,MA,GO,BA,CE,DF	Moderno	Médio	Longo Fino	MR
CONFIANÇA	1996	MG,AP,RR,TO	Moderno	Médio	Longo Fino	MS
CARISMA	2000	GO, MS, MG	Moderno	Curto	Longo Fino	MS

¹R-resistente; MR: moderadamente resistente; MS: moderadamente suscetível; S: suscetível.

4.2 Fases de desenvolvimento da planta

O desenvolvimento da planta de arroz pode ser dividido em três etapas distintas: fase vegetativa, fase reprodutiva e fase de maturação.

Fase vegetativa é o período compreendido entre a germinação da semente e a iniciação da panícula. Diferenças varietais na duração do crescimento devem-se basicamente a diferenças na duração desta fase, em que ocorre a emissão de perfilhos e a diferenciação das folhas. Em cultivares de ciclo curto, como Guarani e Primavera, a duração da fase vegetativa é de aproximadamente 40 dias, enquanto em cultivares de ciclo médio, como Rio Paranaíba e Maravilha, a duração é de cerca de 60 dias.

A fase reprodutiva, que vai da iniciação da panícula ao florescimento, tem duração relativamente constante, requerendo normalmente 35 dias em condições tropicais. O processo de desenvolvimento da panícula compreende duas etapas: a formação da panícula jovem, que vai da determinação da primeira bráctea ao estágio final de diferenciação de espiguetas; e a de gestação da panícula, que finaliza com a maturação do grão de pólen. Este último período, etapa crítica do desenvolvimento reprodutivo, é dividido em quatro subperíodos: de diferenciação da célula-mãe do pólen; de divisão da célula-mãe do pólen (meiose); de formação da exina; e de maturação do pólen (Tabela 4).

O alongamento dos entrenós normalmente tem início com a diferenciação da panícula e ocorre apenas nos quatro últimos entrenós. O alongamento do último entrenó do colmo determina a emergência da panícula, dando início ao período de florescimento, em que ocorrem os processos de abertura de flores (antese), polinização e fertilização.

A fase de maturação, etapa final do ciclo de vida da planta de arroz, vai do florescimento à maturação dos grãos, dura de 30 a 35 dias e subdivide-se em fase leitosa, pastosa e de grão maduro.

Tabela 4 Duração do processo de diferenciação da estrutura reprodutiva em plantas de arroz.

Órgão/Tecido em processo de diferenciação	Duração do processo (dias)	Número cumulativo de dias	Comprimento da panícula (cm)
Ráquis	3	3	-
Ramificações primárias	4	7	-
Ramificações secundárias	3	10	0,05-0,09
Espiguetas	8	18	0,35-1,50
Célula-mãe do pólen	2	20	1,50-5,0
Divisão de redução	2	22	4,0-20,0
Membranas do pólen	6	28	Máximo
Maturação do pólen	7	35	Máximo

Fonte: adaptada de Matsushima (1975).

No decorrer das fases de desenvolvimento, a planta de arroz apresenta variações na sua sensibilidade relativa à deficiência hídrica. Durante o processo de germinação, a sensibilidade é muito intensa e, se não houver umidade no solo, a germinação pode ser retardada ou mesmo impedida de forma irreversível. Quando a germinação já se completou, a alta demanda transpirativa da atmosfera, aliada ao secamento da camada superficial do solo, pode causar murchamento, secamento e mesmo morte da plântula. Por isso, é recomendável que a sementeira do arroz seja realizada apenas quando o regime de chuvas já se instalou e a camada superficial do solo contenha um teor de água armazenada de no mínimo 20 mm (Steinmetz et al., 1988).

Na fase vegetativa, a planta de arroz apresenta uma menor sensibilidade à seca, em comparação com as demais fases de desenvolvimento. Dependendo da intensidade da deficiência hídrica (grau x duração) a planta pode apresentar considerável amarelecimento e secamento das folhas, bem como retardamento de emissão e morte de perfilhos. Mas o retorno a uma boa condição hídrica permite que a planta emita novas folhas e perfilhos, recuperando a massa vegetativa. Dependendo da extensão do dano e da época de ocorrência, é possível que a deficiência hídrica não se traduza em decréscimo expressivo de produtividade.

Por outro lado, o dano pode ser irreversível se a seca ocorrer durante a fase reprodutiva. Nesta fase, a planta apresenta uma sensibilidade exacerbada e estiagens de curta duração resultam em deficiência hídrica de grande intensidade. A planta possui uma grande

massa vegetativa e está desenvolvendo processos críticos que requerem muita energia. De acordo com a Tabela 4, vinte dias após o início do processo de diferenciação da estrutura reprodutiva, que corresponde a aproximadamente 15 dias antes do florescimento, ocorre a divisão de redução (meiose) da célula-mãe do pólen. Nesta fase, devido à grande sensibilidade da planta, a deficiência hídrica resulta em decréscimo do número de espiguetas e da sua fertilidade, mesmo que ocorra um posterior retorno da planta a condições favoráveis de umidade do solo.

Ao final da fase reprodutiva, ocorre o período de maior sensibilidade à seca, que é o florescimento. Esta etapa do desenvolvimento necessita de aproximadamente 7-10 dias para se completar em uma lavoura, devido ao escalonamento natural de emissão de panículas do colmo principal para os secundários e terciários. Em cultivares de ciclo curto, como Guarani e Primavera, o florescimento (definido como a data em que 50% dos perfilhos apresentam panículas emitidas) ocorre aproximadamente aos 75 dias após sementeira e, em cultivares de ciclo médio, como Rio Paranaíba e Maravilha, ocorre aos 95 dias. O florescimento envolve o alongamento do último entrenó do colmo que subtende a panícula, resultando na sua emissão, a abertura das flores, a polinização e a fertilização do saco embrionário. A deficiência hídrica, ao afetar todos estes processos, resulta em panículas parcialmente emitidas, ou com alta esterilidade de espiguetas (Tabela 5), além de panículas dessecadas (brancas) e baixa massa de 100 grãos. O dano à área foliar, nesta fase, é irreversível, pois, embora a planta retorne a uma boa condição hídrica, as folhas apresentam baixa capacidade de realizar fotossíntese.

Tabela 5 Efeito de deficiência hídrica de várias intensidades sobre a emergência da panícula e a fertilidade das espiguetas, durante o período de emissão das panículas.

Deficiência hídrica	CEXP	CPAN	% EXP	% FERT
Ausente	17,18 a	19,61	94,13 a	80,42 a
Fraca	16,20 a	18,99	90,09 a	79,40 a
Moderada	13,00 b	17,85	73,31 b	44,47 b
Severa	12,44 b	18,99	66,13 b	41,92 b

CEXP: comprimento da porção exposta da panícula; CPAN: comprimento total da panícula; % EXP: % de exposição da panícula; % FERT: % de fertilidade das espiguetas.

Fonte: Pinheiro (1989).

Durante os primeiros 7-10 dias após o florescimento, em que ocorrem os processos de formação e desenvolvimento do zigoto (óvulo fecundado) e a fase inicial de enchimento de grãos (fase leitosa), a planta também apresenta uma sensibilidade muito acentuada à seca, que pode resultar em aborto do óvulo recém-fecundado e, conseqüentemente, em grãos chochos, além de baixa massa dos grãos. Esta fase é especialmente crítica em cultivares de ciclo curto, que não possuem reservas de fotoassimilados nos colmos, armazenados durante a fase vegetativa e, portanto, necessitam elaborar todo o carboidrato para encher os grãos durante a fase de maturação. Já as cultivares de ciclo médio e longo podem utilizar essas reservas como uma salvaguarda, caso a deficiência hídrica iniba o processo de fotossíntese nessa fase.

A Figura 5 exemplifica as alterações de sensibilidade à deficiência e seu reflexo sobre o rendimento de grãos, em experimento realizado com a cultivar de ciclo curto Guarani, submetida à deficiência hídrica por períodos de 20 dias, ao longo do desenvolvimento reprodutivo. Conforme pode ser observado, a quebra no rendimento foi mais intensa quando a deficiência hídrica coincidiu com a fase inicial do enchimento de grãos (1) e o florescimento pleno (2), do que o início do florescimento (3) e a meiose (4). Quando a deficiência hídrica coincidiu com os estádios mais precoces de fase reprodutiva (5 e 6), não foi observada quebra no rendimento. Assim, os 15 dias anteriores ao florescimento e os 10 dias posteriores são de particular importância no estabelecimento do dano por seca.

Com base no exposto, uma forma bastante óbvia de minimizar o risco por seca é evitar que a planta, durante tais períodos críticos de desenvolvimento, depare com períodos de estiagem prolongados. Este assunto será apresentado no item Época de Semeadura.

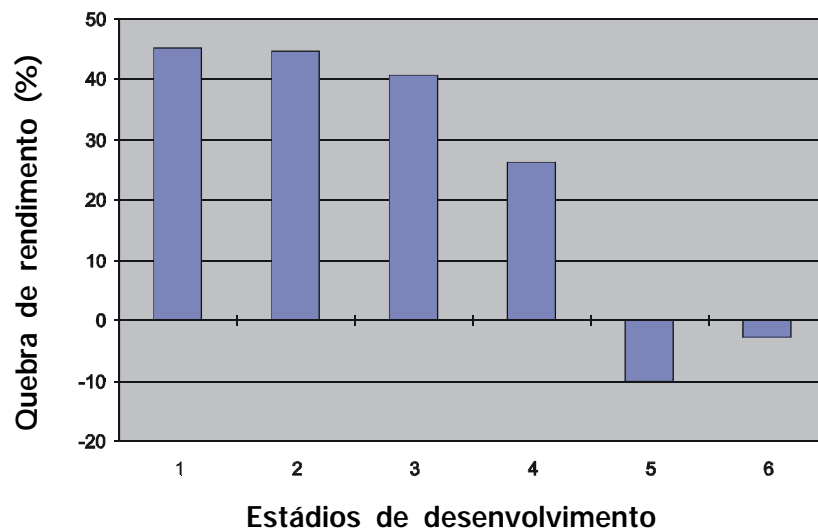


Fig. 5 Redução do rendimento (%) em relação ao controle irrigado sofrido pela cultivar Guarani, de ciclo curto, submetida à deficiência hídrica durante seis estádios da fase reprodutiva : 1- Início do enchimento de grãos; 2- Florescimento pleno; 3- Emissão de panículas; 4- Diferenciação da célula mãe de pólen; 5- Diferenciação de espiguetas; 6- Diferenciação de ráquis.
Fonte: Carmo (1997).

4.3 Nível de crescimento da cultura

4.3.1 Parte aérea

O nível de crescimento da cultura ao longo do ciclo pode ser avaliado pela evolução do Índice de Área Foliar (IAF). Este índice expressa a relação entre a superfície das folhas e do solo (m^2/m^2), e é função da área foliar por perfilho e do número total de perfilhos. A área foliar pode ser estimada por vários métodos, mas, para maior precisão, requer a utilização de um medidor automático. É também necessário determinar o número de perfilhos/ m^2 , através de contagens em áreas representativas da lavoura.

A Tabela 6 apresenta o nível de produtividade obtido com vários níveis de área foliar em função da disponibilidade de água para a cultura.

Tabela 6 Rendimentos obtidos pela cultivar IAC 47, em função do índice de área foliar (IAF) e do regime hídrico no período reprodutivo.

IAF Floração (m ² folha/m ² solo)	Rendimento (kg/ha)		Quebra de rendimento (%)
	Boa disponibilidade hídrica	Deficiência hídrica	
1,5	1320	1359	0
2,2	1889	1870	1
4,5	3994	1314	67
6,3	4858	2492	49

Fonte: Adaptada de Pinheiro & Guimarães (1990).

Salienta-se que uma mesma cultivar pode desenvolver qualquer valor de IAF, pois o crescimento é extremamente dependente das condições culturais e climáticas. O manejo inadequado da lavoura, envolvendo desde o mau preparo do solo, a precariedade da adubação e/ou o mau controle sanitário da cultura, ocasionam restrição ao crescimento, podendo resultar em valores de IAF entre 1 e 2 m² folha/m² solo. De acordo com a Tabela 6, baixos valores de IAF minimizam o risco por deficiência hídrica mas, ao mesmo tempo, restringem o rendimento potencial da cultura. Dessa forma, mesmo na ausência de estiagens, o rendimento obtido pode ser inferior até mesmo ao de uma lavoura bem conduzida, que sofreu dano por seca.

Num outro extremo, qual seja, um IAF superior a 4-4,5, o rendimento potencial é mais alto, mas o conseqüente maior consumo de água aumenta o risco por seca. Portanto, não é recomendável atingir tal nível de crescimento, em localidades sujeitas a estiagens prolongadas.

Já um nível moderado de crescimento, qual seja um IAF ao redor de 3, permite atingir um rendimento em torno de 2.500 a 3.000 kg/ha, sem acentuar demasiadamente o risco por seca.

4.3.2 Sistema radicular

Apesar de o arroz ser considerado como uma espécie de sistema radicular pouco desenvolvido, com grande predominância de raízes na camada superficial (0-20 cm), uma certa proporção de raízes se desenvolve nas camadas inferiores, o que pode ser de extrema relevância em condições de deficiência hídrica. A Figura 6 apresenta

dados de densidade linear radicular e conteúdo relativo de água do solo, ao início e ao final de um período de 20 dias sem irrigação, durante o período reprodutivo da cultura. Verifica-se que a densidade radicular na camada de 60-80 cm, apesar de escassa, foi muito eficiente na absorção de água, demonstrado pela considerável redução do conteúdo de água do solo nessa camada, em relação ao conteúdo inicial e ao controle irrigado. Nesse mesmo estudo, a densidade radicular na camada de 60-80 cm do perfil dos solo apresentou muita relevância na determinação da produtividade e da fertilidade das espiguetas, com coeficientes de correlação linear de, respectivamente, 0,605* e 0,735**, enquanto a densidade nas camadas mais superficiais não se mostrou relevante. Assim como a parte aérea, o sistema radicular é intensamente afetado pelo manejo da cultura.

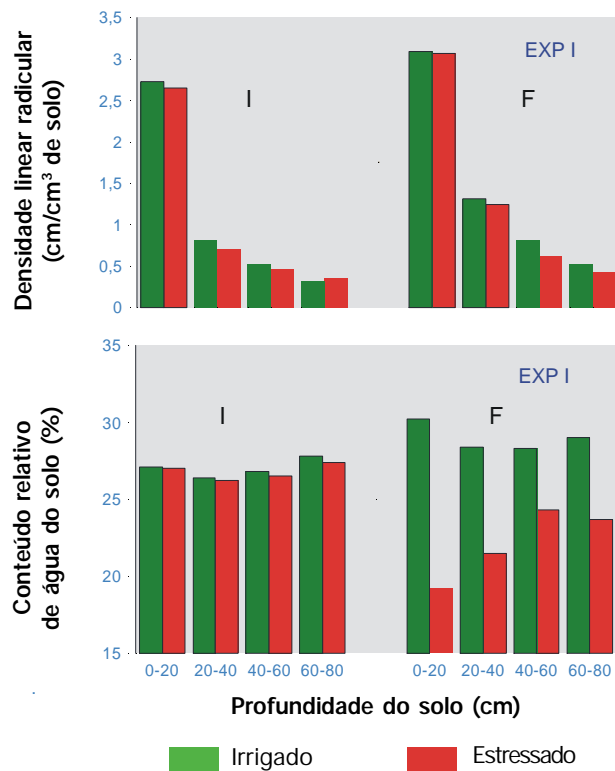


Fig. 6 Densidade linear radicular e conteúdo relativo de água do solo, ao início (I) e ao final (F) de um período de 20 dias de imposição de deficiência hídrica, no tratamento estressado e controle irrigado.

Fonte: adaptada de Pinheiro et al. (1994).

5 MANEJO DA CULTURA

O adequado manejo da cultura é o responsável pelo estabelecimento de crescimento equilibrado entre a parte aérea e o sistema radicular, permitindo à planta enfrentar períodos de estiagem sem apresentar danos irreversíveis. Numa situação de risco climático, desempenham papel relevante o preparo do solo, a adubação, a época de plantio e o espaçamento e densidade de semeadura.

5.1 Efeito do preparo do solo

Apesar de os solos de cerrado não apresentarem fatores físicos que impeçam o desenvolvimento do sistema radicular, é bastante comum serem essas propriedades alteradas pelo manejo inadequado. Um bom preparo do solo é essencial para promover um enraizamento mais profundo, o qual permitirá à planta explorar maior volume de solo e, conseqüentemente, maior quantidade de água. Além disto, ele favorece a infiltração de água no solo, reduzindo o escoamento superficial e minimizando os problemas de erosão.

A técnica convencional de preparo do solo nos cerrados utiliza grade aradora, seguida de grade niveladora. O uso constante da grade causa uma compactação do horizonte subsuperficial, criando o que é conhecido vulgarmente como pé-de-grade. Além disso, a utilização excessiva de maquinaria pesada também contribui para essa compactação.

Uma técnica de preparo do solo que tem se mostrado efetiva em condições de solo compactado, contribuindo para minimizar o risco por deficiência hídrica, consiste na pré-incorporação dos restos culturais com grade aradora, seguida, se necessário, de uma gradagem leve para diminuir a irregularidade do terreno. Depois, faz-se a aração com arado de aiveca ou de disco. Este tipo de manejo permite um preparo mais profundo do solo em relação ao preparo convencional, com melhor decomposição dos restos culturais e melhoria da porosidade. Isto possibilita um bom armazenamento de água e um enraizamento profundo (Tabela 7), fazendo com que a cultura suporte melhor um período de estiagem.

Os dados da Tabela 8 indicam que, em condições de deficiência hídrica moderada durante o período reprodutivo, o preparo profundo

do solo pode desempenhar um efeito mais relevante sobre o rendimento do que a irrigação suplementar. Nesse experimento, o efeito benéfico do preparo profundo deveu-se tanto ao maior crescimento da parte aérea, com conseqüente estabelecimento de um maior rendimento potencial em relação ao preparo convencional, quanto pelo maior aprofundamento do sistema radicular que, ao minimizar o risco por seca, permitiu a expressão desse potencial. Ainda como benefícios do preparo profundo, consideram-se a redução da erosão laminar, devido à maior infiltração da água, e da população de plantas daninhas, pela colocação do banco de sementes mais profundamente no solo.

Tabela 7 Efeito do método de preparo do solo sobre a densidade radicular da cultivar Araguaia.

Perfil do solo (cm)	Densidade de raízes			
	Convencional		Preparo profundo ¹	
	g/dm ³	%	g/dm ³	%
0-10	2,9781	85,0	2,2546	51
10-20	0,3214	9,0	0,9758	22
20-30	0,1207	3,0	0,6203	14
30-40	0,0544	1,5	0,2681	6
40-50	0,0303	1,0	0,2272	5
50-60	0,0186	0,5	0,1031	2

¹ Preparo envolvendo incorporação superficial da resteva e plantas daninhas com grade aradora, seguido de aração profunda.

Fonte: adaptada de Kluthcouski et al. (1991).

Tabela 8 Efeito do preparo do solo sobre o rendimento de grãos (kg/ha) da cultivar IAC 47, em resposta à disponibilidade hídrica no período reprodutivo.

Regime Hídrico	Método de preparo do solo		Incremento (%)
	Convencional	Profundo	
Deficiência hídrica	2188	3174	45
Irrigação suplementar	2642	3572	35
Incremento (%)	20	12	

A subsolagem também é uma alternativa adequada para solos compactados. Ao romper a camada impermeável, possibilita um maior aprofundamento do sistema radicular e aumenta a capacidade de armazenamento de água do solo, o que pode ser de grande importância durante um período de estiagem. De acordo com a Tabela 9, a subsolagem permitiu um acréscimo médio de 11% na produção do arroz, em comparação com o preparo convencional.

Tabela 9 Rendimento de grãos da cultivar de arroz IAC 47 em seis manejos de solo.

Tratamentos	Rendimento	
	(kg/ha)	(%)
Incorporação de calcário a 30 cm	3561	114,6
Subsolagem a 60 cm	3453	111,1
Escarificação	3116	100,3
Cobertura morta	3036	97,7
Plantio direto	2302	74,1
Preparo convencional	3107	100,0

Fonte: adaptada de Stone et al. (1980).

O plantio direto vem crescendo em importância na região dos cerrados e a inclusão do arroz em sistemas agrícolas de sequeiro, em sucessão à soja, implica a adaptação da cultura a este tipo de preparo.

A conservação da água do solo geralmente é citada como uma das maiores vantagens do plantio direto. Os restos culturais que ficam na superfície do solo servem como barreira à perda de água por evaporação. Além disto, eles aumentam a rugosidade superficial, reduzindo a velocidade e o volume do escoamento superficial e favorecendo a infiltração da água no solo. Vários pesquisadores têm observado maior conteúdo de água no solo no sistema de plantio direto do que em outros sistemas de preparo do solo (Sdiras et al., 1983; Salton & Mielniczuk, 1995). Esta maior quantidade de água armazenada no perfil do solo pode minimizar os efeitos de curtos períodos de estiagem.

Convém salientar que os restos culturais reduzem significativamente a evaporação da água do solo durante as fases iniciais de uma cultura. À medida que as plantas crescem e cobrem a superfície do solo, a evaporação torna-se um fator de menor importância, e a transpiração passa a ser o fator principal de perda de água. Neste estágio, as diferenças entre o plantio direto e o preparo convencional tendem a diminuir. O plantio direto não é uma prática que possa ser adotada de maneira indiscriminada para todo tipo de solo. As experiências com esta técnica na cultura do arroz ainda são escassas, e algumas delas indicaram decréscimos de rendimento para a cultura, em relação a outros manejos (Tabela 9). Entretanto, a experiência atual indica que o desempenho da cultura, neste manejo, melhora com o passar dos anos. Entre os requisitos para se obter sucesso com o plantio direto está o bom preparo do solo, incluindo preparo profundo e até subsolagem, se necessária, antes de começar a usar esta prática.

5.2 Adubação

No sistema tradicional de cultivo de arroz nos cerrados, em que o caráter itinerante da cultura de arroz se associava ao risco climático, era normalmente empregado um nível de adubação muito baixo. Em lavouras de primeiro ano era comum não ser utilizada nenhuma adubação, o que normalmente resultava em plantas com baixo vigor inicial e conseqüente má cobertura do terreno, situação propícia ao desenvolvimento de plantas daninhas. Mesmo na eventualidade de um controle destas, o crescimento incipiente das plantas resultava em baixo IAF e conseqüente baixo rendimento potencial.

Deve-se ressaltar que o mau estado nutricional das plantas acarreta predisposição ao ataque de pragas e doenças. Muitas vezes um baixo estande da lavoura, associado à má aparência das plantas, apresentando deficiências nutricionais e sintomas de doenças, é confundido com o efeito de deficiência hídrica.

5.2.1 Profundidade de aplicação de adubo e calcário

A concentração de nutrientes é geralmente mais elevada na camada superficial do solo, devido à acumulação de matéria orgânica

e à reciclagem de nutrientes provenientes do subsolo para a superfície, feita pelas plantas e pelos anelídeos. Os fertilizantes são aplicados na superfície do solo ou incorporados na profundidade da aração e lá permanecem, devido à adsorção às argilas e matéria orgânica. Somente os nitratos, sulfatos e cloretos são prontamente passíveis de lixiviação. Durante um período de estiagem, a planta extrai água de camadas progressivamente mais profundas, onde o suprimento de nutrientes é mais baixo, o que contribui para reduzir ainda mais sua absorção durante os períodos de deficiência hídrica. Outro aspecto a ser considerado é que, em muitos solos de cerrado com subsolo altamente ácido, deficiente em cálcio e com concentrações tóxicas de alumínio, que restringem o desenvolvimento radicular, a correção da acidez pela calagem profunda pode promover o crescimento das raízes. De acordo com os dados da Tabela 9, houve um aumento médio de 15% na produção pela incorporação de calcário até 30 cm de profundidade.

5.2.2 Adubação NPK

Estudos na Embrapa Arroz e Feijão indicam que a adequada nutrição em fósforo causa um desenvolvimento equilibrado da parte aérea e do sistema radicular, minimizando o risco por seca. Plantas que não receberam fósforo apresentaram um maior dano por seca do que plantas adubadas (Figura 7). O baixo pH, associado à alta saturação de alumínio, acarreta baixo desenvolvimento do sistema radicular.

No que se refere à adubação nitrogenada, houve resposta apenas quando a distribuição das chuvas durante a fase reprodutiva da cultura foi adequada. Em condições de deficiência hídrica, não houve resposta da produção de grãos à aplicação de nitrogênio. A aplicação de altas doses de nitrogênio aumenta o crescimento vegetativo e o índice de área foliar do arroz, causando um aumento no uso da água, podendo acentuar os efeitos de deficiência hídrica durante um período de estiagem. Assim, a aplicação total do adubo nitrogenado na base pode acarretar incrementos indesejáveis da área foliar, desde a fase vegetativa, e predispor a planta a uma maior suscetibilidade à seca e à brusone na fase reprodutiva.

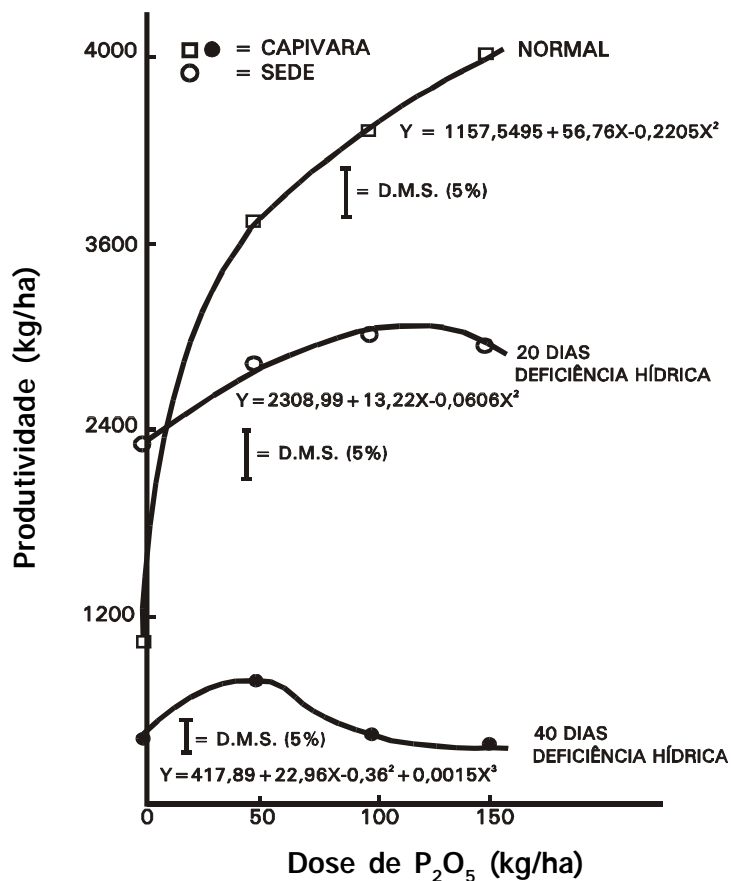


Fig. 7 Produtividade da cultura do arroz de sequeiro, sob diferentes doses de fósforo, com boa disponibilidade de água ou submetida a 20 e 40 dias de deficiência hídrica.

Fonte: adaptada de Fageria (1984).

As pesquisas relativas ao estabelecimento de uma estratégia de manejo do N em áreas de risco climático indicam a viabilidade de realizar uma aplicação do nutriente em cobertura no florescimento, se o solo estiver bem suprido de água (Tabela 10). Nesse caso, a adubação não traria incremento indesejável da área foliar e, como o risco por seca na fase crítica estaria já superado, os recursos despendidos com a adubação nitrogenada em cobertura não seriam desperdiçados.

Tabela 10 Produtividade de arroz (média das cultivares Rio Paranaíba e Maravilha), em função de doses e parcelamento de nitrogênio (média de dois anos)¹.

Dose de N (kg/ha)	Parcelamento de N	Produtividade (kg/ha)
0	-	2429b
40	Todo na semeadura	2802a
40	1/3 na semeadura e 2/3 na diferenciação do primórdio floral	2875a
40	1/3 na semeadura e 2/3 no florescimento	2613ab
80	Todo na semeadura	2808a
80	1/3 na semeadura e 2/3 na diferenciação do primórdio floral	2772a
80	1/3 na semeadura e 2/3 no florescimento	2758a
DMS (5%)		288,5

¹Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: adaptada de Stone & Silva (1998).

Outros estudos indicaram que, em condições de estresse hídrico moderado, mesmo em solo em que o teor de potássio é classificado como alto, o aumento na adubação potássica pode aumentar a produtividade de cultivares que apresentam moderada resistência à seca (Figura 8).

5.3 Época de plantio

As quebras de rendimento são especialmente acentuadas quando o veranico ocorre no período de florescimento e na fase inicial de enchimento de grãos, resultando em esterilidade e dessecamento de espiguetas, além de baixa massa dos grãos. Assim, a época de plantio deve prever a ocorrência desses períodos críticos fora do período de maior probabilidade de ocorrência de veranicos. Visando a minimização do risco por deficiência hídrica, a tomada de decisão quanto à melhor época de plantio e ao ciclo adequado da cultivar devem ser prioritárias frente às demais, relativas à condução da lavoura.

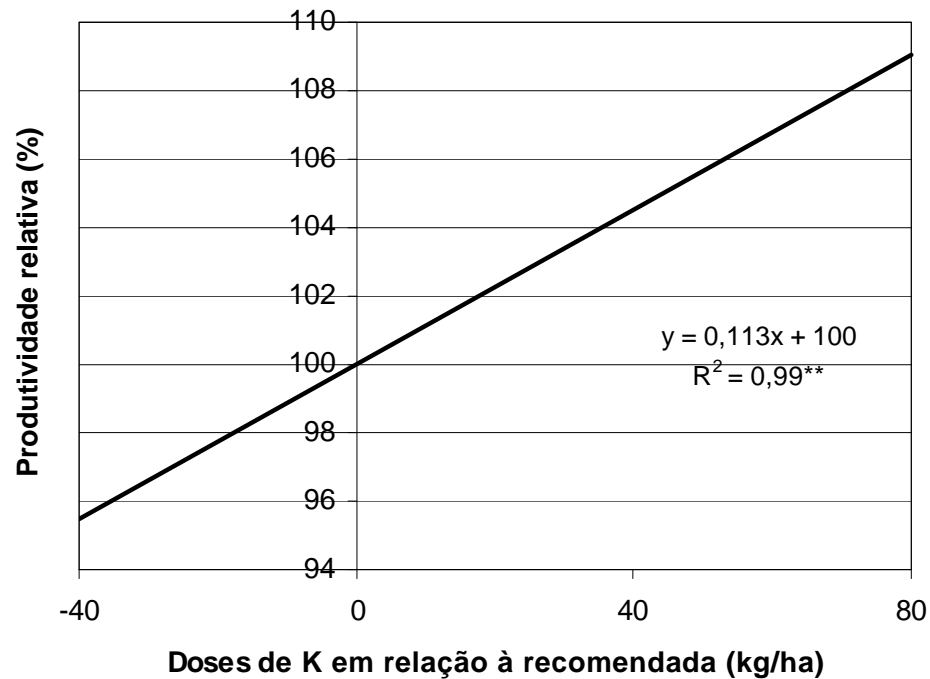


Fig. 8 Produtividade relativa da cultivar de arroz Rio Paranaíba, sob estresse hídrico, em função do acúmulo da dose de potássio em relação à dose recomendada.

Fonte: adaptada de Stone & Moreira (1996).

A área de agrometeorologia da Embrapa Arroz e Feijão vem, desde 1983, trabalhando no sentido de caracterizar o risco climático para a cultura do arroz nos cerrados, categorizando as localidades como de alto, médio e baixo risco. O cálculo do balanço hídrico da cultura através do modelo SARRAZON permite uma visão da influência da época de plantio através da relação E_{Tr}/E_{Tm} (evapotranspiração real e evapotranspiração máxima), que expressa a quantidade de água que a planta consumiria e a que seria necessária para garantir a sua máxima produtividade. Utilizou-se um valor de reserva útil (água do solo na zona radicular disponível para as plantas) igual a 50 mm e uma quantidade mínima de 20 mm de chuva por cinco dias para a semeadura. Foram utilizadas cultivares de ciclo curto (110 dias) e ciclo médio (135 dias). Considerou-se

um período crítico (floração/enchimento de grãos) de 35 dias, compreendido entre o 65° e o 100° dia após a emergência para cultivares de ciclo curto, e entre o 85° e o 120° dia para cultivares de ciclo médio.

Para cada localidade foram calculados os valores de ETr/ETm médios da fase de florescimento/enchimento de grãos para cada ano. Uma vez determinados estes valores, efetuou-se uma análise freqüencial para 80% de ocorrência.

Para a caracterização do risco climático ao cultivo do arroz de sequeiro nos cerrados, foram estabelecidas três classes de ETr/ETm: ⇒ ETr/ETm ≥ 0,65 - a cultura do arroz de sequeiro está exposta a um baixo risco climático.

⇒ 0,65 > ETr/ETm ≥ 0,55 - a cultura do arroz de sequeiro está exposta a um risco climático médio.

⇒ ETr/ETm < 0,55 - a cultura do arroz de sequeiro está exposta a um alto risco climático.

Constam na Tabela 11 as datas limites para a realização da semeadura do arroz de sequeiro em algumas localidades dos Estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Além destas informações, a Embrapa Arroz e Feijão dispõe de outras para todos os municípios do Centro-Oeste do Brasil (Silva et al., 1994; 1997; 1999).

Tabela 11 Data limite para a semeadura do arroz de sequeiro em alguns municípios dos Estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Município	UF	Ciclo da cultivar (dias)	
		110	135
Jataí	GO	30 de dezembro	20 de dezembro
Montes Claros de Goiás	GO	20 de dezembro	20 de novembro
Mineiros	GO	30 de dezembro	20 de dezembro
Rio Verde	GO	30 de dezembro	20 de dezembro
Nova Xavantina	MT	30 de dezembro	10 de dezembro
Primavera do Leste	MT	30 de dezembro	30 de novembro
Sinop	MT	30 de dezembro	30 de dezembro
Tangará da Serra	MT	30 de dezembro	30 de dezembro
Aquidauana	MS	20 de dezembro	20 de novembro
Dois Irmãos do Buriti	MS	30 de dezembro	30 de novembro
Rio Brillhante	MS	30 de dezembro	30 de novembro
São Gabriel D'Oeste	MS	20 de dezembro	30 de novembro

Os mapas de zoneamento agroclimático da cultura já disponíveis, como mostra a Figura 9, propiciam uma excelente ferramenta para reduzir os riscos de deficiência hídrica na cultura do arroz de sequeiro, contribuindo de forma muito eficiente para o aumento da produtividade média e a estabilidade de produção. Devem, pois, serem utilizados como instrumentos diretores na definição da melhor época e áreas mais indicadas para o plantio, bem como na formulação de políticas de incentivos à produção em regiões de menor risco climático.

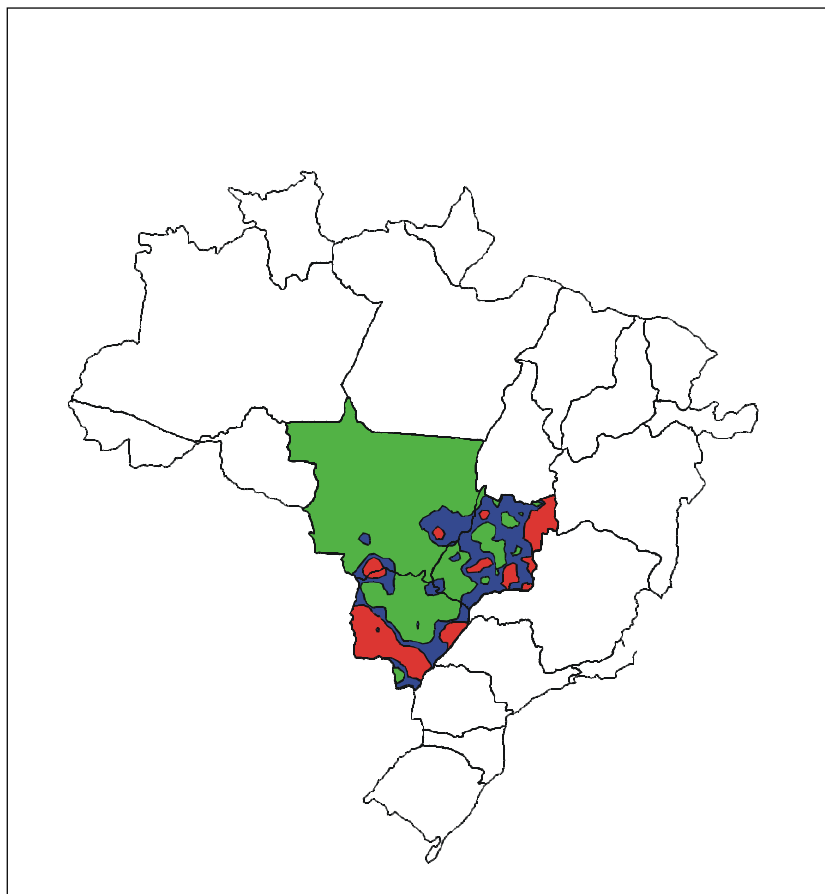


Fig. 9 Espacialização do risco climático no arroz de sequeiro para o período de semeadura de 11-20/11, considerando-se a capacidade de armazenamento de água do solo de 50 mm.

5.4 Espaçamento e densidade de plantio

É consenso que o espaçamento de 50 cm entre linhas e densidade de semeadura de 50 sementes por metro resultam em maiores produtividades para o arroz de sequeiro de tipo de planta tradicional, minimizando, inclusive, o risco por seca. Isso, contudo, é muito variável. Conforme abordado anteriormente, o IAF é função do tamanho das folhas e do número de perfilhos por unidade de área. Dependendo da germinação da semente, do seu vigor inicial e do ataque inicial de pragas, o espaçamento e a densidade recomendados podem resultar em número variável de plantas e de perfilhos por m².

Além disso, o nível de adubação e o posterior ataque de doenças vão determinar a evolução da área foliar de cada perfilho. É possível, portanto, que em lavouras com manejo inadequado ou impossibilidade de aplicar fertilizantes e controlar plantas daninhas, a redução do espaçamento e o aumento da densidade sejam uma forma prática de garantir uma maior cobertura do terreno, sem aumentar demasiado o risco por seca.

Já num outro extremo de nível tecnológico, o espaçamento e a densidade recomendados poderiam ser alterados, uma vez que o grau de risco por deficiência hídrica da localidade é e controlável através do preparo profundo do solo e da semeadura a época mais apropriada

De maneira geral, para regiões de maior risco climático, recomenda-se o uso de 60 a 70 sementes aptas por metro, espaçamento de 50 cm entre linhas para cultivares de ciclo curto. Para as de ciclo médio, 50 a 60 sementes por metro, no mesmo espaçamento

6 CONCLUSÕES

A partir do exposto, pode-se concluir que o efeito da deficiência hídrica é modulado por uma série de fatores, alguns deles controláveis pelo produtor. O conhecimento do grau do risco do município em que se localiza a propriedade, a escolha da época de semeadura e o ciclo da cultivar são fundamentais à racionalização da exploração, que, juntamente com a técnica adequada de preparo do solo e uma fertilização adequada e balanceada, garantem a minimização do risco sem perda da produtividade.

É fundamental que a lavoura apresente crescimento equilibrado da parte aérea e do sistema radicular, uma adequada cobertura do terreno pelas folhas e um bom estado sanitário e nutricional.

Prevenção à seca não pode ser confundida com impossibilidade de aplicação de insumos e com lavouras mal conduzidas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARMO, M.P. do. **Alterações fisiológicas induzidas por deficiência hídrica à cultivar de arroz de sequeiro Guarani em seis estádios de desenvolvimento.** 1997. 89 p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del agua en el rendimiento de los cultivos.** Roma: FAO, 1979. 212p. (Estudio Fao. Riego & Drenage, 33).
- FAGERIA, N.K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz.** Rio de Janeiro : Campus / Goiânia : EMBRAPA-CNPAP, 1984. 341p.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. **Renovação de pastagens de cerrado com arroz : I. Sistema Barreirão.** Goiânia : EMBRAPA-CNPAP, 1991. 20p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 33).
- MATSUSHIMA, S. **Crop Science in rice: theory of yield determination and its application.** Tokyo: Fuji, 1975. 379 p.
- PINHEIRO, B. da S. **Estudo das relações hídricas durante o processo de emissão de panículas e antese do arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.).** Campinas: UNICAMP, 1989.176 p. Tese (Doutorado).
- PINHEIRO, B.da S.; GUIMARÃES, E.P. Índice de área foliar e produtividade do arroz de sequeiro. 1. Níveis limitantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n. 6, p.863-872, 1990.
- PINHEIRO, B. da S. et al. Identificação de parâmetros de resistência à seca. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Goiânia, GO). **Reatório técnico do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão 1990/1992.** Goiânia, 1994. p.51-57. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 51).

- PINHEIRO, B. da S. Características morfofisiológicas da planta relacionadas à produtividade. In: (Eds.) Vieira, N.R. de A.; Santos, A.B. dos; Sant'Ana, E.P. **A cultura do Arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás, GO : Embrapa Arroz e Feijão, 1999, p.116-147.
- RICCI SARTORI, M.T. **Caracterização da resposta de grupos de genótipos de arroz submetidos à deficiência hídrica no período reprodutivo**. 1996. 94 p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.313-319, 1995.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento de soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.103-106, 1983.
- SILVA, S.C. da. et al. **Caracterização do risco climático para a cultura do arroz de terras altas no Estado de Mato Grosso**. Goiânia : EMBRAPA-CNPAF, 1997. 18p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 76).
- SILVA, S.C. da. et al. **Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro para o estado de Goiás**. Brasília : EMBRAPA-SPI, 1994. 80p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 43).
- SILVA, S.C. da. et al. **Zoneamento agroclimático para o cultivo do arroz de terras altas no estado de Mato Grosso do Sul**. Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 66p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 91).
- STEINMETZ, S.; REYNIERS, F.N.; FOREST, F. Evaluation of the climatic risk on upland rice in Brazil. In: COLLOQUE "RESISTANCE A LA RECHERCHES EN MILLIEN INTERTROPICAL: QUELLES RECHERCHES AND YIELD POUR LE MOYEN TERME?", 1984, Dakar. **Proceedings**. Paris : CIRAD, 1985. p.43-54.

- STEINMETZ, S.; REYNIERS, F.N.; FOREST, F. **Caracterização do regime pluviométrico e do balanço hídrico do arroz de sequeiro em distintas regiões produtoras do Brasil** : síntese e interpretação dos resultados. Goiânia : EMBRAPA-CNPAP, 1988. v.1, 66p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 23).
- 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, v.31, n.12, p.885-895, 1996.
- STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.10, p.1577-1592, 1994.
- STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos; STEINMETZ, S. Influência de práticas culturais na capacidade de retenção de água no solo e no rendimento do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.63-68, 1980.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da. **Determinação da evapotranspiração para fins de irrigação**. Goiânia : EMBRAPA-CNPAP, 1995. 49p.(EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 55).
- STONE, L.F.; SILVA, S.C. da. **Uso do tanque Classe A no controle da irrigação do arroz de terras altas**. Goiânia : Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 2p. (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em Foco, 28).
- 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, v.33, n.6, p.891-897, 1998.

LEIA TAMBÉM:

- ➔ Correção de deficiências de micronutrientes em arroz de terras altas. Documentos, 93. 21 páginas.
- ➔ Tecnologia para o arroz de terras altas. Livro, 161 páginas.
- ➔ Manual de identificação de pragas do arroz. Documentos, 90. 110 páginas.

Solicite seu exemplar à:

Embrapa Arroz e Feijão
Área de Negócios Tecnológicos – ANT
Caixa postal 179
Fone: (62) 533.2194
www.cnpaf.embrapa.br
75375-000 – Santo Antônio de Goiás, GO