

## Capítulo 3

### CLIMA

Silvio Steinmetz<sup>1</sup>

Elza Jacqueline Leite Meireles<sup>2</sup>

**RESUMO** - O arroz é plantado em praticamente todos os estados do país, em latitudes que variam desde 5° Norte até 33° Sul, sendo uma das culturas mais afetadas por condições climáticas adversas. Neste capítulo objetivou-se caracterizar a influência do fotoperíodo, da temperatura, da radiação solar, da chuva e das necessidades de água sobre o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade do arroz, sendo também destacadas algumas maneiras de minimizar o efeito adverso desses fatores. Em princípio, o fotoperíodo não é um fator limitante quando o arroz é cultivado na época normal (primavera/verão). Entretanto, pode tornar-se um problema, caso as cultivares não sejam adaptadas para semeaduras em outras épocas do ano. O mesmo princípio é válido para os efeitos da temperatura sobre o arroz de sequeiro na região dos Cerrados. Para o arroz irrigado do Rio Grande do Sul, a ocorrência de baixas temperaturas durante o período reprodutivo é um dos problemas mais importantes e o risco de ocorrência de frio é maior na região sul do estado. A quantidade de radiação solar disponível durante o ciclo da cultura, em princípio, não é um fator limitante para o arroz de sequeiro, principalmente considerando os níveis atuais de produtividade, que estão em torno de 1.500 kg/ha. Entretanto, para o arroz irrigado deve ser buscada maior eficiência de utilização da radiação solar, caso se pretenda atingir produtividades bem superiores a 5.000 kg/ha atualmente obtidos, em média, no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Para o arroz de sequeiro, particularmente na região dos Cerrados, a deficiência hídrica é o principal problema. Ela é causada pela ocorrência de estiagens prolongadas (veranicos), associada aos baixos níveis de fertilidade e às práticas inadequadas de preparo do solo. A deficiência hídrica é a principal responsável pela baixa produtividade e instabilidade de produção do arroz de sequeiro. O zoneamento agroclimático vem sendo considerado como uma importante ferramenta para minimizar esse problema, através da identificação das regiões e/ou épocas de semeadura com menores riscos de ocorrência de deficiência hídrica.

<sup>1</sup>Pesquisador, Dr., Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, 96001-970 Pelotas, RS.  
<sup>2</sup>Pesquisador, M.Sc., Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO.

## CLIMATE

**ABSTRACT** – Rice, cultivated in practically all Brazilian states from latitudes 5° North to 33° South, is one of the crops most affected by weather conditions. This Chapter describes the influence of photoperiod, temperature, solar radiation, rainfall and water requirements for growth, development and yield of the rice crop, indicating some measures to minimize the negative effects of these parameters. It seems that photoperiod is not a limiting factor when rice is grown during the usual crop season (spring/summer). However, problems may arise when using cultivars not adapted to a giving crop season. The same principle is applicable to the effects of temperature on upland rice grown in the Cerrado region. For irrigated rice cultivated in Rio Grande do Sul, the occurrence of low temperatures during the crop reproductive stage, is one of the main production constraints and risk of cold damage is higher at the southern areas of the state. The amount of solar radiation available during the growing season cannot be considered a limiting factor for upland rice specially when considering the low yields obtained under this crop system (1,500 kg/ha). For irrigated rice, however, a better use of the solar radiation should be consider if the goal is to achieve higher yields than the average commonly obtained in the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina (5,000 kg/ha). For upland rice, particularly in the Cerrado area, water deficit is considered the main problem, caused by the occurrence of dry spells (veranicos) combined to low soil fertility levels and inadequate soil preparation practices. The association of these factors is considered as the main reason for decreased yields and production instability of upland rice crop. Agroclimatic zoning has been considered an important tool to minimize the influence of water deficit on upland rice through the identification of the less risky regions and/or sowing periods.

### 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o arroz é uma das culturas mais influenciadas pelas condições climáticas. Em geral, quando as exigências da cultura são satisfeitas, obtêm-se bons níveis de produtividade. Entretanto, quando isso não ocorre, pode-se esperar frustrações de safras, que serão proporcionais à duração e à intensidade das condições meteorológicas adversas. Essa cultura é submetida a condições climáticas bastante distintas, pelo fato de ser plantada em praticamente todos os estados, em latitudes que variam desde 5° Norte até 33° Sul.

Dentre os problemas de origem climática da cultura do arroz no Brasil, destacam-se a ocorrência de baixas temperaturas durante o período reprodutivo do arroz irrigado nos estados do sul, em particular no Rio Grande do Sul, e a ocorrência de estiagens (veranicos), na região dos Cerrados, causando deficiência hídrica no arroz de sequeiro. Neste capítulo são abordados os principais elementos climáticos que afetam a produtividade da cultura do arroz, como o fotoperíodo, a temperatura, a radiação solar, a chuva e os requerimentos de água da planta de arroz. Também são destacadas as questões da deficiência hídrica e do zoneamento agroclimático. Em cada um desses tópicos, procurou-se caracterizar as exigências da cultura em função dos sistemas de cultivo em várzeas ou em terras altas,

seus efeitos sobre a produtividade e as alternativas para minimizar a influência adversa desses fatores. Será dada maior ênfase ao Rio Grande do Sul e à região dos Cerrados, pelo fato de representarem as principais regiões produtoras de arroz do país, respectivamente, em várzeas e terras altas.

Este trabalho não deve ser encarado como uma revisão bibliográfica profunda sobre o assunto, mas sim, como uma abordagem geral a respeito de alguns dos seus aspectos mais importantes.

## 2 FOTOPERÍODO

A duração do dia, definida como o intervalo entre o nascer e o pôr-do-sol, é conhecida como **fotoperíodo**. A resposta da planta ao fotoperíodo é denominada **fotoperiodismo**. Sendo o arroz uma planta de dias curtos, dias de curta duração (10 horas) encurtam o seu ciclo, antecipando a floração. Yoshida (1981) caracteriza bem os principais aspectos relacionados à sensibilidade da cultura do arroz ao fotoperíodo. Os pontos que merecem destaque são: a) a fase de desenvolvimento vegetativo do arroz pode ser dividida em **fase vegetativa básica (BVP)** e **fase sensível ao fotoperíodo (PSP)**. A PSP de cultivares insensíveis ao fotoperíodo é menor do que 30 dias; a das cultivares sensíveis ao fotoperíodo é maior do que 31 dias; b) o **fotoperíodo ótimo** é considerado o comprimento do dia no qual a duração da emergência até a floração é mínima. O fotoperíodo ótimo, para a maioria das cultivares, é entre 9 e 10 horas; c) o **fotoperíodo crítico** é o maior fotoperíodo no qual a planta irá florescer ou o fotoperíodo além do qual a planta não irá florescer; d) a reação das plantas de arroz ao fotoperíodo pode ser classificada em: d.1) **Insensível**: quando a PSP é curta (inferior a 30 dias) e a BVP varia de curta a longa; d.2) **Pouco sensível**: aumento acentuado no ciclo da planta quando o fotoperíodo é maior do que 12 horas; a duração da PSP pode exceder 30 dias mas a floração irá ocorrer em qualquer fotoperíodo longo; d.3) **Muito sensível**: grande aumento no ciclo com o incremento no fotoperíodo; não há florescimento além do fotoperíodo crítico; a BVP é, normalmente, pequena (não mais do que 40 dias).

Ainda de acordo com Yoshida (1981), dentre as principais implicações agronômicas do fotoperiodismo sob condições tropicais, destacam-se as seguintes: a) as cultivares insensíveis ao fotoperíodo podem florescer e amadurecer durante todo o ano, desde que não haja limitações quanto à temperatura e ao suprimento de água. Assim, o uso dessas cultivares permite um planejamento mais flexível de utilização da área, propiciando mais de um cultivo de arroz por ano ou a rotação com outras culturas; b) as cultivares sensíveis ao fotoperíodo podem ser úteis em determinadas situações de ambiente, como é o caso do arroz flutuante, em certos países da Ásia, em que o arroz é semeado antes das enchentes e colhido cerca de 180-200 dias após a semeadura, quando as águas baixam de nível. Essas cultivares também podem ser úteis como um mecanismo de escape, quando há o retardamento do início da estação chuvosa. Na maior parte da Ásia tropical, o início da estação chuvosa é imprevisível, variando de um ano para o outro. Assim, quando semeada tardiamente, uma cultivar sensível ao fotoperíodo permite ser colhida na época normal, desconsiderando o encurtamento dos períodos de crescimento.

Alluri & Vergara (1975) mostram que cultivares de arroz de sequeiro sensíveis ao fotoperíodo, de ciclo médio ou longo, são mais indicadas do que cultivares de ciclo curto, para localidades com regime bimodal de chuvas, como é o caso das áreas situadas no norte da Tailândia e do Sri Lanka. Nesse estudo, a cultivar brasileira IAC 1246 foi considerada insensível ao fotoperíodo.

O arroz é cultivado em praticamente todos os estados do Brasil, em latitudes que variam desde 5° Norte até 33° Sul. Naturalmente, há diferenças acentuadas na duração máxima do dia, que varia de aproximadamente 12 horas, próximo ao Equador, até mais de 14 horas, no extremo sul do País. Apesar disso, existem relativamente poucos estudos relacionados com o fotoperíodo. Aparentemente, os primeiros resultados práticos relacionados com o fotoperíodo foram relatados por Mota & Gomes (1971). Esses autores relatam que as cultivares IR 8 e IR 5, desenvolvidas no IRRI (International Rice Research Institute), nas Filipinas, quando semeadas em Pelotas - RS, mostraram ciclos excessivamente longos devido ao fotoperíodo de mais de 14 horas, característico na estação de cultivo de arroz na região. Novas cultivares, especialmente selecionadas no IRRI para estas condições fotoperiódicas, foram introduzidas na região, mostrando boa adaptabilidade e alta produtividade. Este fato motivou pesquisadores da UFPel (Universidade Federal de Pelotas), da Embrapa e do Irga (Instituto Riograndense do Arroz) a fazerem novas introduções, que resultaram no lançamento da maioria das cultivares hoje utilizadas no Rio Grande do Sul, tais como: BR-Irga 409, 410, 412, 413, 414, Embrapa 6-Chuí, Embrapa 7-Taím e Irga 416 (Mota & Zahler, 1994).

Na região central do Brasil, Bueno et al. (1981) verificaram que a necessidade ótima de luz é de 9 e 10 horas e que as cultivares em uso eram insensíveis ao fotoperíodo. Na região amazônica são utilizadas cultivares sensíveis ao fotoperíodo, devido ao período chuvoso ser muito prolongado (Fageria, 1989).

De um modo geral, pode-se dizer que, para as principais regiões produtoras do País, o fotoperíodo não chega a ser um fator limitante observando-se as épocas recomendadas de semeadura. Isso porque, no processo de adaptação e/ou criação de novas cultivares, são selecionadas aquelas que apresentam comprimentos de ciclo compatíveis com as características fotoperiódicas da região. Entretanto, o fotoperíodo pode ser um fator limitante, quando se pretende produzir arroz fora das épocas tradicionais de cultivo.

### **3 TEMPERATURA**

#### **3.1 Exigências da cultura**

A temperatura é um dos elementos climáticos de maior importância para o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura do arroz. Cada fase fenológica tem a sua temperatura crítica ótima, mínima e máxima (Tabela 1).

A temperatura ótima para o desenvolvimento do arroz situa-se entre 20 e 35°C (Yoshida, 1981). Em geral, a cultura exige temperaturas relativamente elevadas da germinação à maturação, uniformemente crescentes até a floração (antese) e decrescentes, porém sem abaixamentos bruscos, após a floração. As faixas de temperatura ótima variam de 20 a 35°C para a germinação, de 30 a 33°C para a floração e de 20 a 25°C para a maturação (Tabela 1). O arroz não tolera tempe-

raturas excessivamente baixas nem excessivamente altas. Entretanto, a sensibilidade da cultura varia, tanto para uma como para a outra, em função da fase fenológica.

Tabela 1. Temperaturas críticas mínima, máxima e ótima para o crescimento e o desenvolvimento do arroz.

Fases de Desenvolvimento	Temperatura crítica (°C) <sup>1</sup>		
	Mínima	Máxima	Ótima
Germinação	10	45	20-35
Emergência e estabelecimento da plântula	12-13	35	25-30
Desenvolvimento da raiz	16	35	25-28
Alongamento da folha	7-12	45	31
Perfilhamento	9-16	33	25-31
Iniciação do primórdio floral	15	35	25-30
Emergência da panícula	15-20	38	25-28
Antese	22	35	30-33
Maturação	12-18	30	20-25

Fonte: Yoshida (1981)

<sup>1</sup> Refere-se à temperatura média diária, com exceção para germinação.

A planta é mais sensível às baixas temperaturas na fase de pré-floração ou, mais especificamente, na microsporogênese (Satake, 1976). Para fins práticos, Yoshida (1981) sugere que o período de 14 a 7 dias antes da emissão das panículas, período esse conhecido como *emborrachamento*, seja considerado como o mais sensível às baixas temperaturas. A segunda fase mais sensível é a floração. Os dados apresentados na Figura 1 demonstram que, para uma mesma temperatura, a percentagem de esterilidade de espiguetas é mais alta durante a pré-floração do que durante a floração.

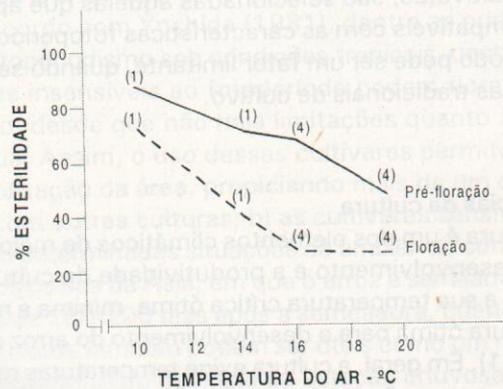


Fig. 1 Efeito da temperatura do ar a 10, 12, 14, 16 e 19,5°C, durante as fases de pré-floração e floração, sobre a fertilidade de dez genótipos de arroz irrigado. Embrapa-CPATB, RS - 1984.

Fonte: Terres & Galli (1985).

Nishiyama et al. (1969) mostram que a faixa crítica de temperatura para induzir esterilidade no arroz é de 15 a 17°C, para os genótipos altamente tolerantes ao frio e de 17°C a 19°C para os genótipos sensíveis. Com base nesses resultados, Satake (1976) infere que devem ocorrer altos índices de esterilidade para esses dois grupos de genótipos abaixo das temperaturas críticas de 15 e 20°C.

Existe uma grande diferença entre genótipos em relação à tolerância ao frio sendo que, em geral, as cultivares do grupo *Japonica* são mais tolerantes do que as do grupo *Indica*. Entretanto, trabalhos recentes têm demonstrado que algumas cultivares do grupo *Indica* são tão ou mais tolerantes às baixas temperaturas, durante o emborrachamento, que as cultivares mais tolerantes do grupo *Japonica* (Yoshida, 1981).

A ocorrência de altas temperaturas diurnas (superiores a 35°C) também pode causar esterilidade das espiguetas. A fase mais sensível do arroz a altas temperaturas é a floração. A segunda fase mais sensível é a pré-floração ou, mais especificamente, cerca de nove dias antes da emissão das panículas. Da mesma forma que para temperaturas baixas, há grandes diferenças entre genótipos quanto a tolerância a temperaturas altas (Yoshida, 1981).

Para cultivares insensíveis ao fotoperíodo, assumindo-se um suprimento adequado de água, a duração do período da emergência à floração é determinada, fundamentalmente, pela temperatura do ar. Um dos conceitos mais importantes para caracterizar o desenvolvimento da cultura do arroz é a **soma térmica** ou **graus-dia**. Esse conceito expressa a disponibilidade energética do meio e pode ser caracterizado como o acúmulo diário de temperaturas que se situam acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta (Ometto, 1981). O método utilizado para caracterizar as exigências térmicas da cultura pode ser expresso da seguinte forma:

$$GD = \sum_{i=1}^n (Tm - Tb)$$

onde: **GD** são os graus-dia acumulados no período; **Tm** é a temperatura média diária (°C); **Tb** é a temperatura base; e **n** o número de dias do período considerado.

Para cultivares de arroz de sequeiro, Souza & Costa (1992) mostraram que, na região de Uberaba-MG, a temperatura base variou de acordo com a cultivar. Os valores encontrados foram 10, 12, 14 e 15°C, respectivamente, para as cultivares IAC 47, IAC 164, IAC 165 e IAC 25. Para cultivares de arroz irrigado de ciclos curto, médio e longo, na região de Pelotas-RS, Infeld et al. (1995) encontraram, para o período compreendido entre a emergência e a diferenciação do primórdio floral, o valor de temperatura base de 11°C para os três grupos de cultivares.

Observa-se na Tabela 2 que as exigências térmicas das cultivares de arroz de sequeiro e irrigado variam de acordo com a data de semeadura, com o período considerado e com o ciclo das cultivares. A soma térmica necessária para completar o ciclo (emergência-maturação) das cultivares de arroz de sequeiro varia entre 1029,7 GD para a cultivar IAC 165 e 2021,0 GD para a cultivar IAC

47. Para a cultivar de arroz irrigado IAC 4440, a soma térmica é de 1985 GD.

No Rio Grande do Sul, a soma térmica, da emergência até a diferenciação do primórdio floral, tem sido utilizada para determinar a época de aplicação da adubação nitrogenada em cobertura (Infeld et al., 1995). Esses autores mostram que a soma térmica é de 536, 638 e 772 GD, respectivamente, para as cultivares de ciclo curto, médio e longo (Tabela 2).

Tabela 2. Exigências térmicas (Graus-dia) para cultivares de arroz irrigado e de sequeiro.

Cultivar	Períodos <sup>1</sup>			Localidades	Autores
	E-DP	E-F	E-M		
<b>Arroz Irrigado</b>					
ciclo curto <sup>2</sup>	536			Pelotas-RS	Infeld et al., 1995
ciclo médio <sup>3</sup>	638			Pelotas-RS	Infeld et al., 1995
ciclo longo <sup>4</sup>	772	1246	1985	Mococa,	Alves et al., 1995
IAC 4440				Pariquera-Açu, Pindamonhan- gaba-SP	
<b>Arroz Sequeiro</b>					
IAC 25			1099.5	Uberaba-MG	Souza & Costa, 1992
IAC 47			2021.0	Uberaba-MG	Souza & Costa, 1992
IAC 164			1467.0	Uberaba-MG	Souza & Costa, 1992
IAC 165			1029.7	Uberaba-MG	Souza & Costa, 1992
Guarani			1603.6 <sup>5</sup>	Goiânia-GO	Lobato & Silva, 1995
			1539.9 <sup>6</sup>		
Rio Paranaíba			1850.1 <sup>5</sup>	Goiânia-GO	Lobato & Silva, 1995
			1819.7 <sup>6</sup>		

<sup>1</sup> E = Emergência; DP = Diferenciação do Primórdio Floral; F = Floração; M = Maturação

<sup>2</sup> Labelle; Belle Patna; Bluebelle.

<sup>3</sup> Lebonnet, BR-Irga 409, BR-Irga 410, EEA 406, Dawn, Formosa.

<sup>4</sup> Caloro, Irga 408, Bonnet 73, CICA 9, Bluebonnet 50.

<sup>5</sup> plantio em novembro; <sup>6</sup> plantio em dezembro.

### 3.2 Influência da temperatura no ecossistema de várzeas

Dentre as distintas regiões produtoras de arroz irrigado no Brasil, o Estado do Rio Grande do Sul é, seguramente, onde a ocorrência de baixas temperaturas exerce a maior influência na produtividade da cultura. A sua influência mais marcante ocorre na germinação, na emergência das plântulas e, principalmente, durante a fase reprodutiva.

Terres (1991) relata que a ocorrência de chuvas no final de setembro ou início de outubro, além de dificultar o preparo do solo para a implantação da cultura do arroz, contribui para diminuir a temperatura do solo e do ar. Devido a isso, a germinação da semente e/ou a emergência das plântulas pode ser retardada em mais de 20 dias, notadamente nas cultivares mais sensíveis. Em geral, as folhas das plântulas tornam-se cloróticas e apresentam uma taxa de crescimento muito baixa (Terres, 1991). Esse problema pode ser agravado caso se pretenda anteci-

par a semeadura. A recomendação da pesquisa é que, na medida do possível, sejam utilizadas cultivares com um bom vigor inicial e que a semeadura não seja iniciada antes de a temperatura mostrar-se estabilizada acima de 12°C no início da primavera (Mota & Zahler, 1994).

Um dos problemas mais sérios da cultura do arroz no Rio Grande do Sul e, em particular, na região sul do estado, é a ocorrência de baixas temperaturas durante o período reprodutivo da cultura, que podem causar decréscimos superiores a 25% na produtividade, podendo chegar, em algumas lavouras, até 50% (Terres et al., 1994). Para o planejamento das atividades relacionadas com a cultura do arroz, é importante conhecer as características das massas de ar que causam o abaixamento da temperatura, a freqüência de ocorrência desses eventos e os níveis de risco nas distintas regiões produtoras.

Ávila Netto & Steinmetz (1995) relatam que a ocorrência de temperaturas mínimas inferiores a 15°C, nos meses de janeiro e fevereiro, na região de Pelotas, está associada à penetração de anticiclones polares caracterizados por massas de ar frio e seco, tempo bom e ventos de fracos a moderados com predominância das direções E e SW. Os anticiclones (alta pressão) estão associados a sistemas baroclínicos compostos por ciclones extratropicais (baixa pressão) e estes, por sua vez, estão associados às frentes frias.

O risco de ocorrência de temperaturas prejudiciais ao arroz é mais acentuado na zona sul do Rio Grande do Sul. A freqüência de quatro dias ou mais, com temperatura mínima inferior a 15°C, para a localidade de Santa Vitória do Palmar, é de 22,2 e 29,6% para os meses de janeiro e fevereiro, respectivamente (Mota, 1988). Para a localidade de Santa Maria, na região central do estado, há riscos de ocorrência de temperaturas mínimas prejudiciais à fecundação das flores de arroz, sendo que o nível de risco é menor durante o mês de fevereiro (Buriol et al., 1991).

Steinmetz et al. (1995b) determinaram a freqüência de ocorrência de temperaturas mínimas inferiores a 15 e 17°C, por decêndios, nos meses de janeiro e fevereiro, em sete localidades produtoras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul (Tabela 3). Esses resultados mostram que: a) com exceção de poucas localidades, o risco de ocorrência de temperaturas inferiores a 15 e 17°C é maior no primeiro e segundo decêndios de janeiro; b) há diferenças marcantes entre as localidades que podem ser agrupadas em três categorias: 1) alto nível de risco (Jaguarão, Santana do Livramento e Santa Vitória do Palmar); 2) nível de risco intermediário (Rio Grande, Bagé e Pelotas) e 3) baixo nível de risco (Uruguaiana). Para essas mesmas localidades, Steinmetz et al. (1995a) mostram que os riscos de ocorrência de temperaturas inferiores a 15 e 17°C são maiores em dezembro e em março, do que em janeiro e fevereiro. Esses dados sugerem riscos mais acentuados para as semeaduras feitas antes ou depois da época recomendada, caso o período crítico da planta ocorra nos meses de dezembro ou março.

Uma das práticas culturais mais recomendadas para minimizar o efeito do frio durante o período reprodutivo, é a elevação do nível da água na lavoura para 20 a 25 cm, por aproximadamente 15 dias, durante a fase mais sensível às baixas temperaturas. Essa prática, que é também conhecida por "afogamento", é recomendada para as cultivares de porte moderno de origem tropical e, principalmen-

te, quando semeadas tardiamente na zona sul do Rio Grande do Sul (Terres & Galli, 1985). A justificativa dessa prática é o efeito termo-regulador da água que, se estagnada, pode atingir até 6°C a mais do que a temperatura ambiente, durante a noite, e 1 a 2°C durante o dia (Pedroso, 1982).

**Tabela 3.** Ocorrência de temperaturas mínimas iguais ou inferiores a 15° C (a), e a 17° C (b) nos decêndios dos meses de janeiro e fevereiro, em sete localidades do Rio Grande do Sul.

(a)

LOCALIDADES	MÉDIA DE DIAS/ANO COM $T_n \leq 15^\circ \text{C}$							
	1J	2J	3J	J <sup>1</sup>	1F	2F	3F	F <sup>1</sup>
1.Sta. Vitória do Palmar	2,1	2,2	1,7	6,0	1,7	1,7	1,6	5,0
2.Jaguarão	2,4	2,2	1,9	6,5	1,6	2,3	2,1	6,0
3.Rio Grande	1,7	1,6	1,5	4,8	1,4	1,5	1,3	4,2
4.Pelotas	1,6	1,4	1,1	4,1	1,4	1,3	1,2	3,9
5.Bagé	1,6	1,5	1,3	4,4	1,6	1,2	1,5	4,3
6.Sant.ana do Livramento	2,1	2,1	2,1	6,3	2,2	1,8	1,6	5,6
7.Uruguaiana	0,6	0,5	0,4	1,5	0,5	0,5	0,4	1,4
Média	1,7	1,6	1,4	4,8	1,5	1,5	1,4	4,3

(b)

LOCALIDADES	MÉDIA DE DIAS/ANO COM $T_n \leq 17^\circ \text{C}$							
	1J	2J	3J	J <sup>1</sup>	1F	2F	3F	F <sup>1</sup>
1.Sta. Vitória do Palmar	4,0	3,5	3,6	11,1	3,5	3,2	3,2	9,9
2.Jaguarão	3,9	4,0	3,6	11,5	3,5	3,5	3,6	1,0
3.Rio Grande	3,1	2,9	2,8	8,8	2,7	2,6	2,3	7,6
4.Pelotas	3,0	3,3	2,5	8,8	2,9	2,6	2,6	8,1
5.Bagé	3,0	3,0	2,9	8,9	3,1	2,5	2,6	8,2
6.Sant.ana do Livramento	3,9	3,9	3,8	11,6	3,9	3,5	3,2	10,6
7.Uruguaiana	1,7	1,4	1,3	4,4	1,6	1,4	1,5	4,5
Média	3,2	3,1	2,9	9,3	3,0	2,8	2,7	8,5

<sup>1</sup>Total médio de dias/ano com  $T_n \leq 15^\circ \text{C}$  e  $T_n \leq 17^\circ \text{C}$  nos meses de janeiro e fevereiro.  $T_n$  = temperatura mínima.

O efeito adverso das altas temperaturas na cultura do arroz irrigado, na região de Goiânia-GO, é mostrado por Fageria (1984). Os dados obtidos por esse autor indicam que o número de perfilhos, a altura das plantas, o comprimento das raízes e a produção de matéria seca da parte aérea decresceram significativamente quando a temperatura foi superior a 40°C. Da mesma forma, o número de panículas, o peso de 100 grãos e o peso total dos grãos também foram afetados pelas altas temperaturas.

### 3.3 Influência da temperatura no ecossistema de terras altas

Existem muito poucas informações na literatura a respeito da influência adversa da temperatura no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade do arroz de sequeiro no Brasil.

Para as épocas normais de semeadura, na região dos Cerrados, em princípio, não ocorre influência negativa acentuada das baixas temperaturas. Isso porque, na maioria das localidades, a temperatura média das mínimas nos meses de janeiro e fevereiro, período que geralmente coincide com o estágio reprodutivo da cultura, é superior a 17°C. Entretanto, nas localidades de maior altitude, é possível que haja alguma influência dessa variável. Em Planaltina-GO, por exemplo, a temperatura mínima média, nos meses de janeiro e fevereiro, é de 16,6 e 17,3°C, respectivamente (Fageria, 1984). Isso sugere que, pelo menos durante algumas horas, em alguns dias, a temperatura pode atingir valores iguais ou inferiores a 15°C. Caso esses níveis de temperatura ocorram durante a fase mais crítica da planta, é provável que haja alguma influência na esterilidade das espiguetas e, conseqüentemente, na produtividade do arroz.

A influência das baixas temperaturas pode ser bastante acentuada para as semeaduras efetuadas fora da época recomendada. Os resultados obtidos por Fageria (1984) em Goiânia-GO, indicam que o final da fase reprodutiva e o início da fase de maturação não devem coincidir com os meses de maio, junho e julho e agosto, quando a temperatura mínima está abaixo da requerida pela cultura. Altos índices de esterilidade das espiguetas e, conseqüentemente, baixos níveis de produtividade de quatro cultivares de arroz de sequeiro foram registrados no plantio efetuado em 30 de abril de 1981. Para essa mesma localidade, Lobato & Silva (1995) mostram, da mesma forma, que as condições climáticas não permitem um bom desempenho da cultura do arroz de sequeiro fora da época convencional de semeadura (outubro-dezembro), mesmo contando-se com a possibilidade de se fazer irrigação suplementar. Nas semeaduras efetuadas entre fevereiro e setembro, a cultura do arroz apresentou alongamento do ciclo, diminuição do porte da planta, do índice de área foliar e da produtividade, devido à ocorrência de baixas temperaturas e à influência do fotoperíodo sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Muito pouco se conhece sobre a influência das altas temperaturas na cultura do arroz de sequeiro. Fageria (1984) sugere que a alta temperatura não é problema, porque a média das máximas, de três localidades do Estado de Goiás, não atinge os valores superiores ao requerido pela cultura. Entretanto, é de se esperar que em algumas localidades, especialmente em situações de deficiência hídrica acentuada, as plantas possam ser afetadas por altas temperaturas. Essa hipótese necessita ainda ser comprovada através de estudos específicos sobre o tema.

## 4 RADIAÇÃO SOLAR

### 4.1 Aspectos físicos

A maior parte da radiação emitida pelo sol tem comprimentos de onda entre 0,3 e 3  $\mu$ , e é conhecida como **radiação de onda curta**. A terra, por outro lado, emite radiação com comprimentos de onda entre 3 e 50  $\mu$ , chamada **radiação de onda longa**.

A radiação solar de onda curta que atinge a superfície da terra, também conhecida como **radiação global**, é formada por dois componentes: a **radiação direta** (fração da radiação global que não interagiu com a atmosfera) e a **radiação**

*difusa* (fração da radiação global que interagiu com os constituintes da atmosfera e foi re-irradiada em todas as direções). A proporção da radiação difusa em relação à global é máxima nos instantes próximos ao nascer e ao pôr do sol e nos dias completamente nublados, quando toda a radiação global é difusa.

No processo de fotossíntese, as plantas utilizam apenas uma fração da radiação incidente, no comprimento de onda entre 0,4 e 0,7  $\mu$ , denominada de radiação fotossinteticamente ativa (RFA). A RFA pode ser considerada como sendo de aproximadamente 50% da radiação global incidente (Monteith, 1972). Na região de Pelotas-RS, esse valor é de 47% (Assis & Mendez, 1989).

#### 4.2 Exigência nas distintas fases fenológicas da planta

A exigência de radiação solar pela cultura do arroz varia de uma fase fenológica para a outra (Tabela 4).

**Tabela 4.** Efeito do sombreamento na produtividade e seus componentes, da cultivar de arroz irrigado IR 747-B2-6, em diferentes fases de desenvolvimento.

Radiação Solar (%)	Produtividade (kg/ha)	Índice de Colheita	Grãos cheios (%)	Peso de 1.000 grãos (g)	n° de espiguetas (m <sup>2</sup> x 10 <sup>3</sup> )
Fase vegetativa					
100	7,11	0,49	88,9	20,0	41,6
75	6,94	0,48	89,9	19,9	40,6
50	6,36	0,51	89,5	19,9	38,3
25	6,33	0,51	84,3	19,8	38,1
Fase reprodutiva					
100	7,11	0,49	88,9	20,0	41,6
75	5,71	0,47	87,8	20,3	30,3
50	4,45	0,40	89,4	19,5	24,4
25	3,21	0,36	89,4	19,1	16,5
Fase maturação					
100	7,11	0,49	88,9	20,0	41,6
75	6,53	0,49	81,1	20,0	41,1
50	5,16	0,44	64,5	19,5	40,6
25	3,93	0,38	54,9	19,1	41,7

Fonte: Yoshida & Parao (1976)

Sombreamento durante a fase vegetativa tem pouca influência sobre a produtividade e os seus componentes. A produtividade é fortemente influenciada, contudo, quando o sombreamento ocorre durante as fases reprodutiva e de maturação, reduzindo, respectivamente, o número de espiguetas e a percentagem de grãos obtida (Yoshida & Parao, 1976).

A importância relativa da radiação solar nas distintas fases fenológicas, em termos de produção de grãos, é mostrada na Figura 2. Os maiores incrementos na produtividade, para níveis crescentes de radiação solar, são obtidos, respectivamente, durante as fase reprodutiva e de maturação. A fase vegetativa

apresenta uma baixa resposta à radiação solar. Observa-se na Figura 2 que produtividades em torno de 5.000 kg/ha podem ser alcançadas com níveis de radiação solar de aproximadamente 300  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  durante a fase reprodutiva. Durante a fase de maturação, produtividades ligeiramente superiores poderiam ser alcançadas com níveis semelhantes de radiação solar. Com base nesses resultados, Yoshida (1981) sugere que a radiação solar exerce um papel mais destacado, quando se busca produtividades superiores a 5.000 kg/ha. Isso indica que a pesquisa deve procurar alternativas que aumentem a eficiência no aproveitamento da radiação solar pela planta de arroz, caso se almeje alcançar produtividades bem superiores a 5.000 kg/ha, que é a média atual no Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

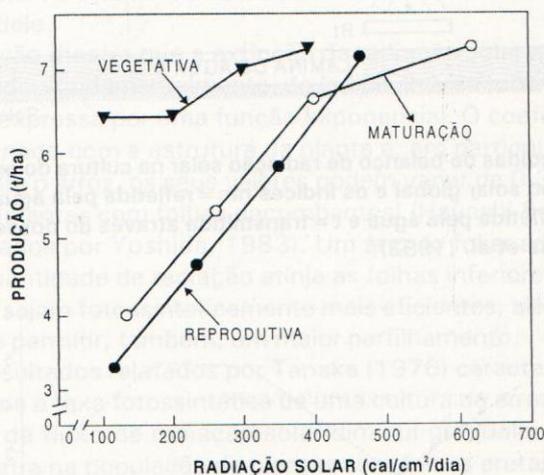


Fig. 2 Efeito da radiação solar em diferentes fases de desenvolvimento sobre a produtividade da cultivar IR 747B2-6.  
Adaptada de Yoshida & Parao (1976)

#### 4.3 Influência do tipo de planta na interceptação da radiação solar

A radiação solar que incide sobre o dossel vegetativo pode ser refletida, absorvida ou transmitida. Steinmetz et al. (1993), usando um conjunto de tubos solarímetros dispostos acima e abaixo do dossel vegetativo, conforme indicado no diagrama esquemático da Figura 3, caracterizaram a evolução dos componentes do balanço de radiação global de uma parcela de arroz irrigado (Figura 4).

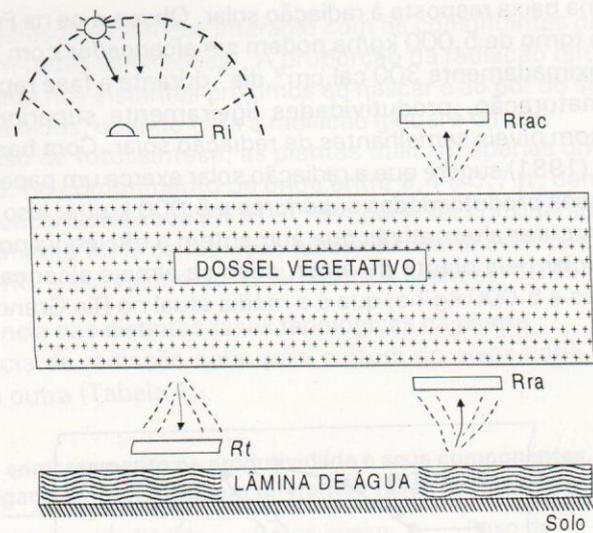


Fig. 3 Esquema de medidas do balanço de radiação solar na cultura do arroz irrigado em que: R = radiação solar global e os índices rac = refletida pela água e pela cultura (albedo), ra = refletida pela água e t = transmitida através do dossel vegetativo. Fonte: Steinmetz et al. (1993)

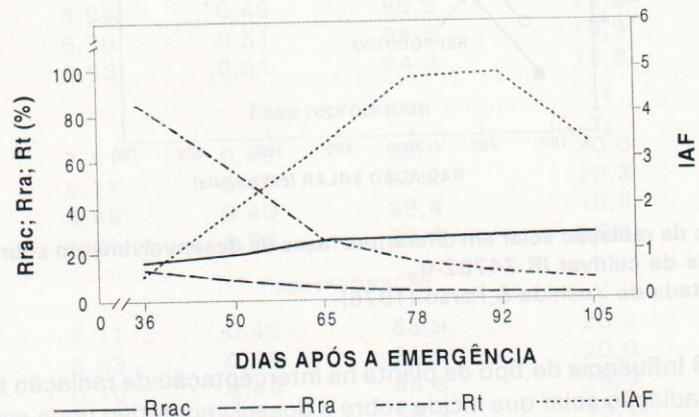


Fig. 4 Evolução do índice de área foliar (IAF) e dos componentes do balanço de radiação na cultura do arroz irrigado, cultivar BR-IRGA 414, em que: R = radiação solar global e os índices rac = refletida pela água e pela cultura (albedo), ra = refletida pela água e t = transmitida através do dossel vegetativo. Fonte: Steinmetz et al. (1993)

Esses dados mostram que: a) a radiação refletida pelo dossel (Rrac) aumentou de 15 para 28%, acompanhando, inicialmente, a evolução do índice de área foliar (IAF) e, posteriormente, o aparecimento das espiguetas e a senescência da cultura; b) a radiação refletida pela água (Rra), por sua vez, diminuiu com o

aumento do IAF; c) a radiação transmitida através do dossel ( $R_t$ ) apresentou uma relação inversa com o IAF. Essa relação entre a  $R_t$  e o IAF é semelhante à encontrada por outros autores e pode ser expressa pela seguinte equação (Monsi & Saeki, 1953):

$$I/I_0 = e^{-K \text{ IAF}} \quad \text{ou} \quad \log_e I/I_0 = -K \text{ IAF}$$

em que:  $I$  = Intensidade da radiação solar abaixo do dossel vegetativo ou de uma determinada camada do dossel onde o IAF tenha sido medido;  $I_0$  = intensidade da radiação solar acima do dossel (radiação incidente);  $K$  = coeficiente de extinção da radiação solar no interior do dossel;  $\text{IAF}$  = índice de área foliar do dossel ou de uma camada dele.

Essa equação mostra que a extinção da radiação solar numa comunidade de plantas depende, fundamentalmente, do índice de área foliar e do coeficiente  $K$ , e que pode ser expressa por uma função exponencial. O coeficiente  $K$  está intimamente relacionado com a estrutura da planta e, em particular, com a orientação das folhas. Para o arroz, os seus valores podem variar de 0,3 (plantas com folhas eretas) a 0,8 (plantas com folhas decumbentes) (Hayashi & Ito, 1962; Tanaka et al., 1966, citados por Yoshida, 1983). Um ângulo foliar adequado permite que uma maior quantidade de radiação atinja as folhas inferiores do dossel, fazendo com que elas sejam fotossinteticamente mais eficientes, além de aumentar a sua longevidade e permitir, também, um maior perfilhamento.

Os resultados relatados por Tanaka (1976) caracterizam a relação entre o ângulo foliar e a taxa fotossintética de uma cultura de arroz com um IAF de 7,1. A densidade de fluxo de radiação solar diminui gradualmente à medida que a radiação penetra na população de plantas com folhas eretas e mais rapidamente naquelas com folhas decumbentes. Como exemplo, o autor cita que, durante a floração, cerca de 90% da radiação foi interceptada nos primeiros 30 cm da população com folhas decumbentes, enquanto na mesma distância a percentagem interceptada na população de folhas eretas foi de 50%.

Verifica-se, na Figura 5, que a fotossíntese na população com folhas eretas aumenta com a densidade de fluxo de radiação, sem que se atinja o ponto de saturação, enquanto na população com folhas decumbentes o aumento de fotossíntese ocorre apenas até o nível de  $0,6 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ , havendo saturação de luz acima desse valor. Nesse experimento, a produção de grãos na população de folhas decumbentes foi 33% menor do que na de folhas eretas. O autor sugere que a utilização de populações de plantas com folhas eretas, é uma das principais características que apontam para o aumento da produção de grãos.

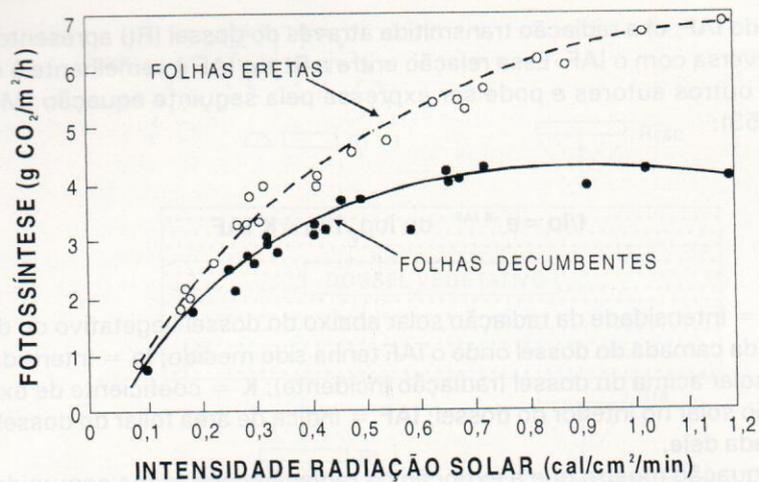


Fig. 5 Relação entre a intensidade da radiação solar e a taxa de fotossíntese em populações de arroz com folhas eretas e decumbentes. Adaptada de Tanaka (1976)

Resultados experimentais obtidos em Pelotas-RS também caracterizam a influência da arquitetura da planta na interceptação da radiação solar e na produtividade. Os dados da Tabela 5 mostram que, para as três cultivares estudadas, houve um aumento do IAF em função da dose de adubação nitrogenada. Por conseguinte, a percentagem de radiação interceptada, nas três faixas de comprimento de onda, aumentou com o IAF nas três cultivares. O fato de a percentagem de interceptação diminuir, no sentido do aumento do comprimento de onda, indica que as radiações na faixa do azul (0,4 a 0,5  $\mu$ ) e do verde (0,6 a 0,7  $\mu$ ) são mais fortemente absorvidas pelas folhas verdes do que a radiação no início do infravermelho (0,7 a 0,8  $\mu$ ).

Os dados da Tabela 6 também refletem o aspecto relativo à arquitetura das plantas. A cultivar BR-Irga 409 é de porte baixo (< 80cm) e de folhas predominantemente eretas; a Bluebelle é de porte médio (80-100cm), com folhas medianamente eretas e a EEA 406 é de porte alto (> 100cm), com folhas predominantemente decumbentes. Em função disso, em uma mesma dose de nitrogênio, a densidade de fluxo de radiação solar na base da planta, independentemente da faixa espectral, é maior nas cultivares de folhas eretas do que na de folhas decumbentes. Essa característica, juntamente com o maior número de perfis por planta, podem ser responsáveis pelo maior número de panículas por área para a cultivar de folhas eretas.

**Tabela 5.** Percentagem de radiação interceptada, em três faixas do espectro solar, e índice de área foliar (IAF) de três cultivares de arroz submetidas a três doses de adubação nitrogenada.

Cultivares	Doses de N (kg/ha)	IAF máx.	Radiação interceptada (%)		
			0,4 - 0,5 micra	0,6 - 0,7 micra	0,7 - 0,8 micra
BR-Irga-409	0	3,4	60,2	61,9	54,4
	60	4,2	76,5	74,1	64,4
	120	4,9	77,0	80,2	69,8
Bluebelle	0	2,6	61,6	52,7	47,6
	60	2,7	70,1	57,1	48,9
	120	3,9	83,6	85,6	68,7
EEA-406	0	3,9	68,7	64,7	51,6
	60	5,4	79,9	76,0	65,6
	120	7,6	98,2	95,9	85,5

Fonte: Mueller et al. (1979)

**Tabela 6.** Número de panículas por metro quadrado e produtividade de três cultivares de arroz com diferentes arquiteturas em três doses de nitrogênio.

Cultivares	Doses de N (kg/ha)	Panícula (n <sup>o</sup> /m <sup>2</sup> )	Produtividade (kg/ha)
BR-Irga-409	0	470	5002
	60	524	5561
	120	508	5727
Bluebelle	0	401	4998
	60	427	5448
	120	463	6321
EEA-406	0	343	5531
	60	356	5866
	120	341	4611

Fonte: Mueller (1980)

Um aumento expressivo na produtividade do arroz irrigado tem sido observado nos últimos anos no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, os dois principais estados produtores de arroz irrigado do Brasil. A produtividade média do Rio Grande do Sul aumentou de 3.800 kg/ha no período 1970/80 para 5.100 kg/ha no período 1991/93 (Terres et al., 1994). Esse aumento de produtividade é atribuído, principalmente, à substituição das cultivares tradicionais, de porte alto, com folhas decumbentes e susceptíveis ao acamamento, por cultivares modernas, semi-anãs, de folhas eretas, alta capacidade de perfilhamento, resistentes às doenças e com grãos de boa qualidade (Carmona, 1989; Terres et al., 1994). O uso dessas cultivares, associado ao manejo adequado da cultura, permite que alguns produtores obtenham níveis de produtividades em torno de 10.000 kg/ha (Terres et al., 1994).

#### 4.4 Disponibilidade de radiação e produtividade do arroz em distintas regiões brasileiras

A produtividade do arroz irrigado está diretamente relacionada com a disponibilidade de radiação solar durante as fases reprodutiva e de maturação (Figura 2). Resultados obtidos por Mota (1994) mostram que a variação da produtividade do arroz, caracterizada através dos coeficientes de correlação parcial, depende em 93% da radiação solar, 83% das horas de frio em março e 42% das horas de frio em fevereiro. Na série de dados analisados, as produtividades mais altas (5.800 kg/ha) foram obtidas quando a disponibilidade de radiação solar, nos meses de fevereiro e março, foi superior a  $550 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ .

No Rio Grande do Sul, a disponibilidade média normal de radiação solar é variável nas distintas regiões produtoras, sendo que os níveis mais altos são observados na Zona Sul e na Fronteira Oeste (Figura 6). Essa é, seguramente, uma das razões pelas quais as produtividades médias na Fronteira Oeste são, geralmente, superiores às demais regiões do estado. Na Zona Sul, onde Santa Vitória do Palmar é o município de maior importância na produção de arroz, altas produtividades são obtidas em anos em que não há ocorrência de frio.

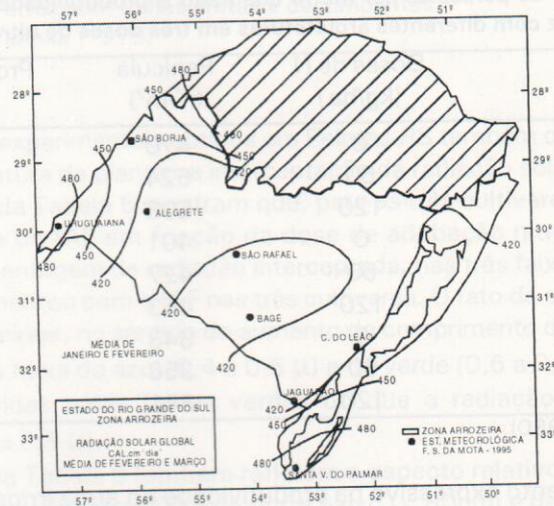


Fig. 6 Níveis de radiação solar global (média de fevereiro e março) nas distintas regiões produtoras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul.

Fonte: Mota (1995)

Infelizmente, existe muito pouca informação a respeito da disponibilidade de energia solar e da sua relação com a produtividade do arroz na região central do Brasil. A análise dos dados médios normais de radiação solar da localidade de Formosa - GO (Fageria, 1984), mostra que os níveis de radiação solar média dos meses de fevereiro e março ( $395 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ) são inferiores aos valores médios registrados no Rio Grande do Sul, no mesmo período. Portanto, é de se esperar

que, para cultivares com o mesmo potencial produtivo, os níveis de produtividade sejam um pouco inferiores aos do Rio Grande do Sul. Entretanto, deve-se ressaltar que, com a disponibilidade de radiação solar de Formosa - GO, em torno de  $400 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ , pode-se esperar níveis de produtividade em torno  $6.500 \text{ kg/ha}$ , assumindo-se que as cultivares utilizadas apresentem respostas à radiação solar semelhantes àsquelas utilizadas por Yoshida & Parao (1976), cujos dados são apresentados na Figura 2. Níveis de radiação solar semelhantes aos de Formosa - GO também não seriam limitantes ao arroz de sequeiro, pois, nesse sistema, a produtividade média é de aproximadamente  $1.500 \text{ kg/ha}$  (Steinmetz et al., 1996).

A análise da disponibilidade de radiação solar durante o ciclo da cultura do arroz de sequeiro, em distintas regiões produtoras do Brasil, mostra que o nível mais alto ocorre na localidade de Xanxerê-SC ( $538 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ) e os mais baixos são registrados em Sena Madureira-AC ( $395 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ) e em Porto Velho-RO ( $397 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ). Nas demais localidades deste estudo, a radiação solar varia de  $450$  a  $520 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  (Upland..., 1984). Considerando-se que o número de espiguetas aumenta com a radiação solar até  $500 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  (Yoshida & Parao, 1976) a produtividade em Sena Madureira-AC e Porto Velho-RO poderá ser afetada por esse fator.

Uma avaliação preliminar sobre a quantidade de energia solar disponível nas distintas regiões produtoras de arroz do país, sugere que, em princípio, esse não seria um fator limitante para os níveis atuais de produtividade. Entretanto, esse fator pode tornar-se limitante quando se pretende obter níveis de produtividade superiores a  $5.000 \text{ kg/ha}$ .

## 5 CHUVA E NECESSIDADE DE ÁGUA

### 5.1 Consumo de água do arroz irrigado

Segundo Bernardes (1956), a necessidade de água para o arroz irrigado, no Estado do Rio Grande do Sul, varia de  $1.150 \text{ mm}$  para cultivares de ciclo precoce a  $1.700 \text{ mm}$  para cultivares de ciclo longo. Nesse estado, de acordo com Sachet (1977), a evapotranspiração representa cerca de  $70\%$  da necessidade de água para a irrigação, o que varia, entretanto, com o tipo de solo utilizado.

Mota et al. (1990) mostram que a evapotranspiração média diária normal do arroz no Rio Grande do Sul, no período em que é praticada a irrigação por inundação, varia de  $6,7$  a  $7,7 \text{ mm}$ . A necessidade de água para a irrigação do arroz depende da evapotranspiração, da quantidade de chuva ocorrida e da época de semeadura, variando de  $655,4 \text{ mm}$ , em Uruguaiana, a  $801,6 \text{ mm}$ , em Santa Vitória do Palmar, para semeaduras de 15 de setembro e 15 de novembro, respectivamente, em um sistema estático de irrigação por inundação (Mota et al., 1990). Esses autores mostram que a quantidade de água necessária para a irrigação no sistema estático (água parada), é de apenas  $42\%$  dos dois litros por segundo e por hectare utilizados pelos orizicultores no sistema dinâmico (água corrente). Os autores sugerem que poderia haver uma boa economia de água se fosse utilizado o sistema estático, ou uma combinação de ambos, de acordo com a temperatura da água da lavoura.

A necessidade de água do arroz irrigado, na região de Goiânia-GO, varia

muito em função do tipo de várzea em que as medições foram efetuadas. Foram determinados valores de 1.322mm (Embrapa, 1984) a 3.165 mm (Stone et al., 1980). Para essa mesma região, Stone et al. (1990) relatam que, em condições de sequeiro, o consumo de água das cultivares IAC 47 e CICA 4, no ano de 1979, foi de 600 mm. Em 1986, o consumo de água da cultivar IAC 47 foi de 676 mm, com um consumo diário de 5,3 mm. Essa mesma cultivar, na região de Uberaba-MG, consumiu 715 mm com uma média diária entre 5 e 6 mm.

### **5.2 Influência da chuva no suprimento de água e na produção do arroz irrigado**

No Rio Grande do Sul, os totais médios anuais de chuva variam de 1.168 a 2.468mm, sendo que na maior parte das regiões produtoras de arroz irrigado, a quantidade de chuva é inferior a 1.400 mm. Em geral, os meses de maio, junho e setembro são os mais chuvosos e os de novembro, dezembro e fevereiro os menos chuvosos (Embrapa, 1988).

Os dados obtidos por Mota et al. (1990) mostram que, em sete localidades representativas das principais regiões produtoras de arroz do Rio Grande do Sul, considerando-se três épocas de semeadura, a precipitação pluvial durante o período de irrigação corresponde, em média, a 46% do total da água consumida pela evapotranspiração.

Em geral, a quantidade de chuva ocorrida durante o ano é suficiente para repor o volume dos mananciais de água de irrigação (lagoas, barragens e rios). Entretanto, em alguns anos, a ocorrência do fenômeno "Anti-El Niño" provoca estiagens em agosto e setembro. Esse fenômeno ocorre quando as águas do Oceano Pacífico, na costa oeste da América do Sul, ficam de 2 a 3°C mais frias do que o normal, fazendo com que as frentes frias sejam enfraquecidas e desviadas antes de entrarem no Rio Grande do Sul. Com isso, dependendo da severidade da deficiência hídrica, há falta de água para irrigar as lavouras de arroz. O resultado é a quebra inevitável da safra que pode atingir de 13 a 32% da produtividade. Entretanto, tais ocorrências são raras, tendo acontecido apenas quatro vezes no período de 1920 a 1988 (Mota & Zahler, 1994).

### **5.3 Influência da chuva no suprimento de água do arroz de terras altas**

As características do regime pluviométrico, expressas pela quantidade e a distribuição das chuvas durante o ciclo da planta de arroz de sequeiro, são os fatores mais limitantes na produção de grãos.

Steinmetz et al. (1988) fizeram a caracterização do regime pluvial de 80 localidades representativas das principais regiões produtoras de arroz de sequeiro do Brasil. Os resultados mostraram que existe uma acentuada diferença entre as localidades, tanto em relação ao total anual das chuvas quanto à sua distribuição ao longo do ano. Os valores extremos do total anual de chuvas foram de 2.262,5 mm em Taperinha, Município de Santarém-PA e de 847,7 mm em Taboca do Brejo Velho, Município de Santana do Brejo-BA.

A localidade de Goiânia-GO (Figura 7) apresenta um regime pluvial característico da região dos Cerrados. Do total anual de 1.485mm, cerca de 85% das chuvas ocorrem no período de outubro a abril, concordando com os dados publica-

dos por Espinoza et al. (1982). De maio a setembro ocorre uma estação seca bem definida com índices de pluviosidade muito baixos.

O total médio anual das chuvas nas localidades estudadas na região dos Cerrados, nos Estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, situa-se em torno de 1.500 mm. Os índices extremos foram verificados em Goiás-GO (1.735 mm) e em Paranã-GO (1.095,9 mm).

Steinmetz et al. (1984) caracterizaram a existência de regiões consideradas como "favorecidas" e "não favorecidas", para a produção de arroz em terras altas sem irrigação, com base no estudo da distribuição frequencial das chuvas, em 20 localidades do Brasil. Foi considerado como "período favorável de chuva", quando a probabilidade de ocorrência de 50mm ou mais de chuva, em dez dias, era maior do que 66,7%. Os resultados mostram que o número e a época de ocorrência dos períodos favoráveis de chuva são bastante variáveis entre as localidades, conforme ilustrado na Figura 8, para quatro localidades situadas na região dos Cerrados. Em função do maior número de períodos favoráveis de chuva, durante a época de cultivo do arroz de sequeiro, infere-se que o risco climático na localidade de Goiás é menor do que nas outras três localidades.

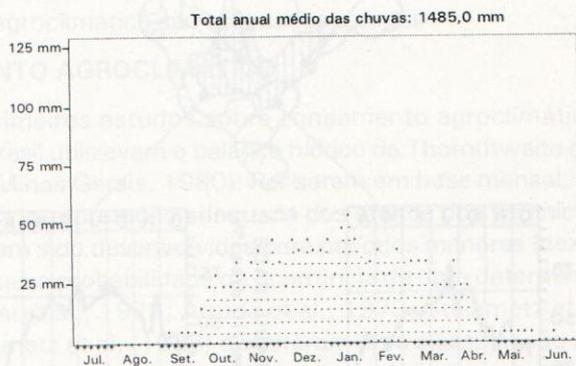


Fig. 7 Distribuição da chuva, por períodos de cinco dias, na localidade de Goiânia-GO  
Fonte: Steinmetz et al. (1988)

#### 5.4 Deficiência hídrica

Em algumas regiões produtoras de arroz de terras altas, em particular na região dos Cerrados, é comum a ocorrência de estiagens de uma, duas ou até três semanas (veranicos), durante a estação chuvosa. Em geral, esses períodos de estiagem são caracterizados pela alta demanda evaporativa do ar, altos níveis de radiação solar e temperaturas elevadas. A região dos Cerrados é também caracterizada pela predominância de solos ácidos, com alta velocidade de infiltração de água, baixa capacidade de retenção de umidade e baixa fertilidade natural (Espinoza et al., 1982; Steinmetz et al., 1986). Outra característica desses solos é a presença de alta saturação de alumínio, que limita o crescimento das raízes e, com isso, diminui a capacidade das plantas de retirarem água e nutrientes das camadas mais profundas do solo (Guazzelli et al., 1980).

Além dessas limitações, a disponibilidade de água para as plantas pode ser ainda mais prejudicada em função do uso de métodos inadequados de preparo do solo. A utilização indiscriminada de grades aradoras provoca a compactação da sub-superfície do solo. A compactação, por sua vez, pelo fato de dificultar o enraizamento, a infiltração e o armazenamento de água, provoca a erosão laminar (Seguy et al., 1984) e faz com que a maior concentração de raízes esteja nos primeiros 10 cm do solo (Kluthcouski et al., 1991).

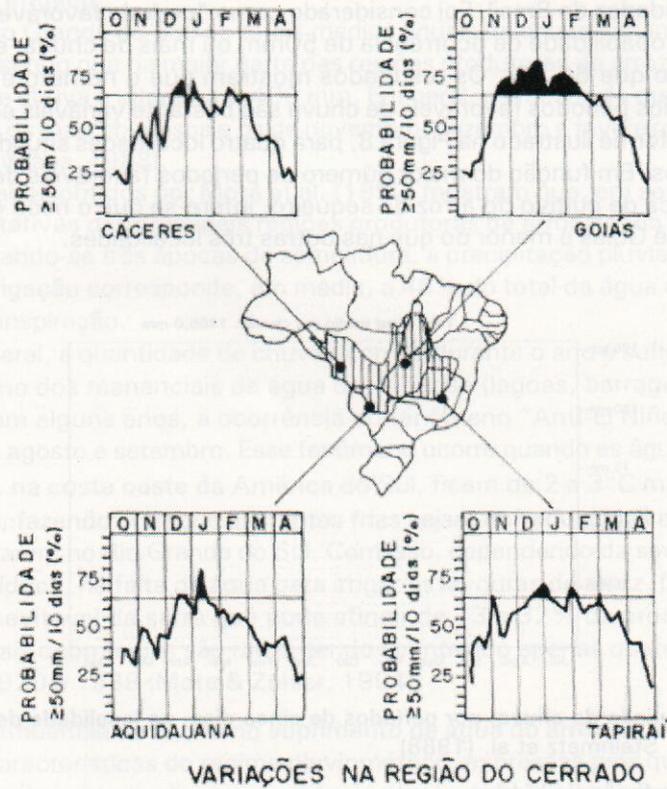


Fig. 8 Níveis de probabilidade de ocorrência de 50 mm, ou mais, de chuva em períodos de 10 dias, durante o período de cultivo do arroz de sequeiro, em quatro localidades na região do Cerrado. Os períodos favoráveis de chuva (áreas em negrito) correspondem ao nível de 66,7% de probabilidade de se ter quantidades de chuva maiores ou iguais a 50 mm em dez dias. Adaptada de Steinmetz et al. (1984)

Resultados obtidos na região de Goiânia-GO caracterizam bem a influência da deficiência hídrica na fase reprodutiva do arroz de sequeiro (Fageria, 1984;

Embrapa, 1984; Pinheiro et al., 1985) e a descrição detalhada de seus efeitos encontra-se no Capítulo 5 deste livro. Existem várias alternativas, tanto do ponto de vista da cultura, como de práticas culturais, que podem ser usadas para diminuir sua influência na produtividade do arroz de sequeiro. Os dados apresentados por Kluthcouski et al. (1995) sugerem que isso pode ser conseguido através de: a) uso de cultivares mais adaptadas às distintas regiões produtoras; b) uso de técnicas apropriadas de preparo do solo e c) uso da irrigação suplementar por aspersão.

Do ponto de vista agroclimático, existem, basicamente, duas alternativas para se diminuir a influência da deficiência hídrica no arroz de sequeiro: a) identificação das épocas de semeadura com menores riscos de ocorrência de deficiência hídrica durante o ciclo e, principalmente, durante a fase reprodutiva da cultura; b) identificação, através do zoneamento agroclimático, das regiões com menores riscos de ocorrência de deficiência hídrica. Steinmetz et al. (1988) utilizaram um modelo de simulação de balanço hídrico e séries longas de dados climáticos, para caracterizar as épocas de semeadura mais apropriadas, para cultivares de ciclo curto e médio, em 20 localidades do Estado de Goiás. Utilizando a mesma metodologia, Sandanielo et al. (1992), definiram as melhores épocas de semeadura para 33 localidades do Estado do Mato Grosso. Os aspectos relativos ao zoneamento agroclimático são abordados a seguir.

## 6 ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO

Os primeiros estudos sobre zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no Brasil utilizavam o balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (Camargo et al., 1977; Minas Gerais, 1980). Por serem em base mensal, esses estudos não permitem uma interpretação adequada dos efeitos dos veranicos. Embora alguns estudos tenham sido desenvolvidos para períodos menores (dez dias), estes consideraram apenas a probabilidade de ocorrência de uma determinada quantidade de chuva (Alfonsi et al., 1979; Arruda et al., 1979; Steinmetz et al., 1984).

Steinmetz et al. (1988) elaboraram uma classificação agroclimática preliminar para o arroz de sequeiro no Brasil, a partir dos resultados de simulações do balanço hídrico, para períodos de cinco dias, de 80 localidades (Figura 9). Foram consideradas cinco classes, variando de **altamente favorecida** até **altamente desfavorecida**, baseadas no índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) durante a floração e durante o ciclo da cultura. Essas classes foram estabelecidas considerando-se os valores de ISNA para a melhor época de semeadura em cada localidade. O termo ISNA é sinônimo da relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima (ETr/ETm). Dentre outros resultados, os autores mostram que: a) para valores semelhantes de água disponível no solo (AD), ocorre um incremento no risco de deficiência hídrica nos sentidos norte-sul e noroeste-nordeste do país.

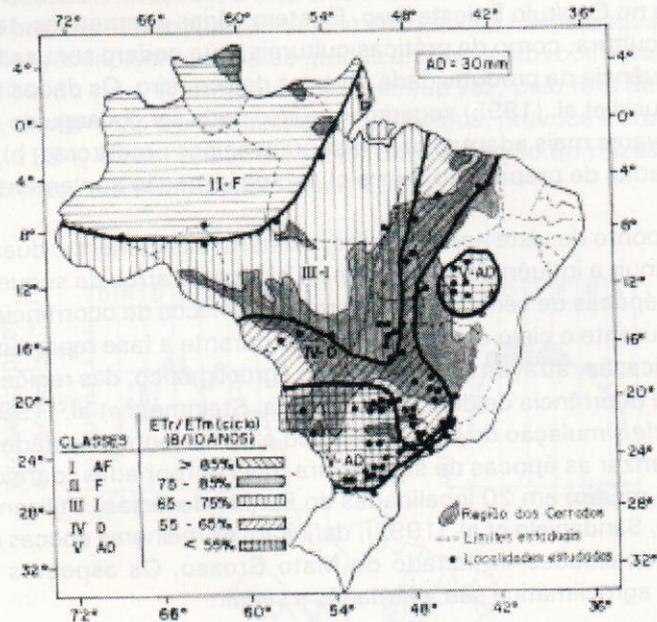


Fig. 9 Classificação agroclimática preliminar do arroz de sequeiro no Brasil considerando-se uma cultivar de ciclo curto (110 dias) e 30 mm de água disponível no solo (AD). Classe I = AF (Altamente Favorecida). Classe V = AD (Altamente Desfavorecida)

Fonte: Steinmetz et al. (1988)

Considerando-se o valor de AD = 50 mm (Figura 10), observa-se que as áreas da Região Norte, estendendo-se até o noroeste, são classificadas como *altamente favorecidas (I-AF)* ou *favorecidas (II-F)* enquanto que as da Região Sul enquadram-se nas classes *intermediária* ou *desfavorecida (III-IV)* e as da Nordeste, em particular algumas localidades da Bahia, pertencem à classe *altamente desfavorecida (V-AD)*; b) a classificação agroclimática de uma dada localidade é fortemente influenciada pela quantidade de água disponível no solo. Assim, por exemplo, com AD = 30 mm, a maior parte da área dos cerrados é classificada como *intermediária* ou *desfavorecida* (Figura 9). Com AD = 50 mm, essa mesma região seria classificada como *favorecida* ou *intermediária* (Figura 10) e *altamente favorecida e favorecida* com AD = 90 mm (Figura 11).

Mais recentemente, Silva et al. (1995) elaboraram o zoneamento agroclimático do arroz de sequeiro para o Estado de Goiás, utilizando, em linhas gerais, uma metodologia semelhante àquela usada por Steinmetz et al. (1988). Entretanto, neste caso, os autores estabeleceram o zoneamento em função da época de semeadura. Assim, para a semeadura entre 10 e 15 de outubro, consi-

derando-se um nível de reserva de água no solo de 50 mm e uma cultivar de ciclo curto (110 dias), o risco de deficiência hídrica é baixo, pois a maior parte do Estado de Goiás é considerada como *favorável* e/ou *intermediária* (Figura 12). Por outro lado, para semeaduras entre 25 e 30 de dezembro, o risco aumenta consideravelmente, pois cerca de 50% da área do estado enquadra-se nas classes *desfavorável* ou *altamente desfavorável* (Figura 13). O zoneamento agroclimático do Estado do Tocantins (Meiros et al., 1995) também foi feito, adotando os mesmos critérios usados por Silva et al. (1995) para o Estado de Goiás.

O zoneamento agroclimático representa uma ferramenta muito importante, especialmente devido a três aspectos principais: a) serve como um diagnóstico para as ações de pesquisa a serem implementadas visando a diminuir o risco de deficiência hídrica (ex.: práticas de manejo para aumentar a disponibilidade de água para as plantas; criação de cultivares mais tolerantes ao estresse hídrico; entre outras); b) auxilia os produtores na tomada de decisão, principalmente, quanto às épocas de semeadura mais apropriadas e quanto ao ciclo das cultivares a serem utilizadas; e c) pode ser usado como instrumento de orientação da política governamental para a cultura (ex.: orientação do crédito e do seguro agrícola em função dos níveis de risco de deficiência hídrica e da tecnologia empregada).

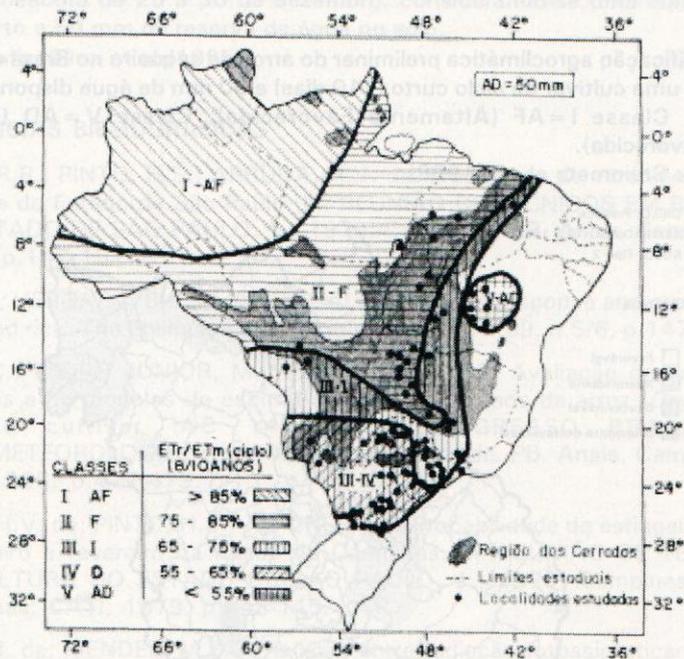
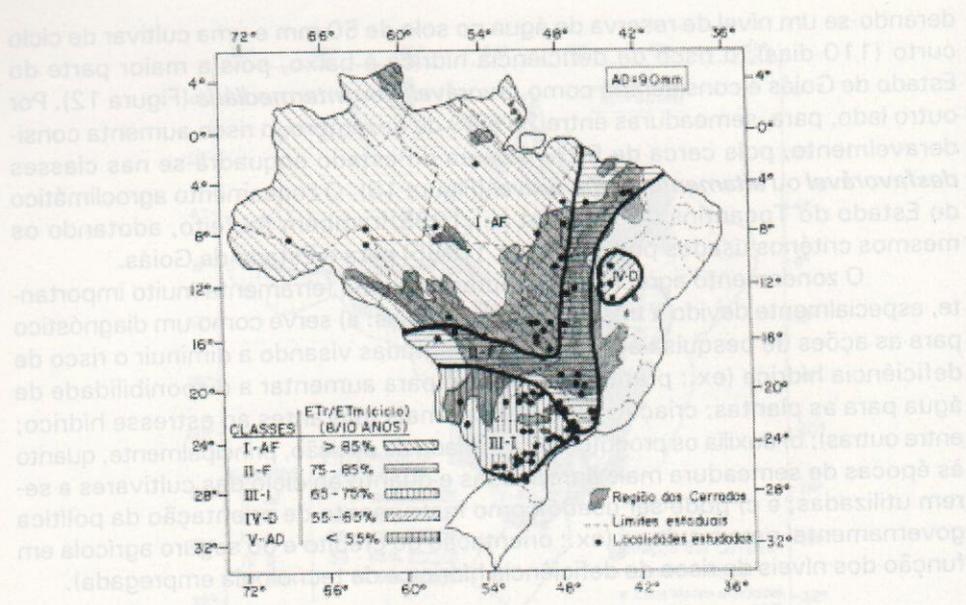


Fig.10 Classificação agroclimática preliminar do arroz de sequeiro no Brasil considerando-se uma cultivar de ciclo curto (110 dias) e 50 mm de água disponível no solo (AD). Classe I = AF (Altamente Favorecida). Classe V = AD (Altamente Desfavorecida).

Fonte: Steinmetz et al. (1988)



15  
 Fig. 11 Classificação agroclimática preliminar do arroz de sequeiro no Brasil considerando-se uma cultivar de ciclo curto (110 dias) e 90 mm de água disponível no solo (AD). Classe I = AF (Altamente Favorecida). Classe V = AD (Altamente Desfavorecida).  
 Fonte: Steinmetz et al. (1988)



Fig. 12 Classificação agroclimática do arroz de sequeiro no Estado de Goiás, para a semeadura de 10 a 15 de outubro, considerando-se uma cultivar de ciclo curto e 50 mm de reserva de água no solo.  
 Fonte: Silva et al. (1995)

CICLO: Precoce  
SEMEADURA: 25 a 30/12  
SOLO: Tipo 2

LEGENDA

- Favorável
- Intermediário
- Desfavorável
- Altamente desfavorável

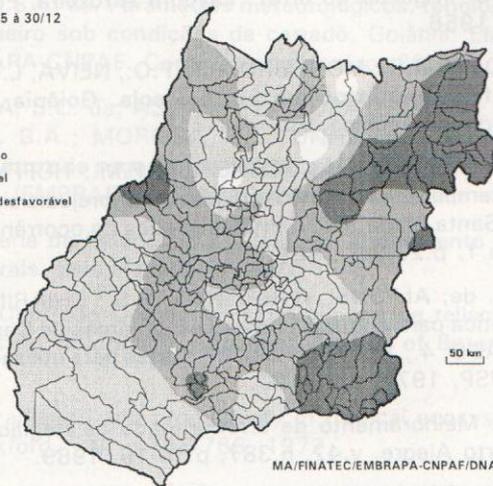


Fig. 13 Classificação agroclimática do arroz de sequeiro no Estado de Goiás, para a semeadura de 25 a 30 de dezembro, considerando-se uma cultivar de ciclo curto e 50 mm de reserva de água no solo.

Fonte: Silva et al.(1995)

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; ARRUDA, H.V. de. Frequência de veranicos em regiões rizícolas do Estado de São Paulo. In: REUNIÃO DE TÉCNICOS EM RIZICULTURA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., 1979, Campinas, SP. **Anais**. Campinas: CATI, 1979. p.147-151.
- ALLURI, K.; VERGARA, B.S. Importance of photoperiod response and growth duration in upland rice. **The Philippine Agriculturist**, Laguna, v.59, n.5/6, p.147-158, 1975.
- ALVES, V.C.; PEDRO JUNIOR, M.J.; SENTELHAS, PC. Avaliação das necessidades térmicas e de modelos de estimativa da produtividade de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado cultivar IAC 1440. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande, PB. **Anais**. Campina Grande: SBA, 1995. p.477-479.
- ARRUDA, H.V. de; PINTO, H.S.; ALFONSI, R.R. Probabilidade de estiagens nos meses de janeiro e fevereiro na região de Campinas. In: REUNIÃO DE TÉCNICOS EM RIZICULTURA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., 1979, Campinas, SP. **Anais**. Campinas: CATI, 1979. p.143-145.
- ASSIS, F.N. de; MENDEZ, M.E.G. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.7, p.797-800, 1989.
- ÁVILA NETTO, J.; STEINMETZ, S. Caracterização das massas de ar em relação à ocorrência de frio durante o período reprodutivo do arroz na região de Pelotas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande, PB. **Anais**. Campina Grande: SBA, 1995. p.202-203.

- BERNARDES, B.C. Irrigação do arroz. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v.10, n.17, p.371-382, 1956.
- BUENO, L.G.; ROLIM, R.B.; MONTEIRO, P.M.F.O.; NEIVA, L.C.S.; STEINDORFF, A.P. **Estudos de fotoperiodismo em arroz e soja**. Goiânia: EMGOPA, 1981. 84p. (EMGOPA. Boletim Técnico, 9).
- BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; SCHNEIDER, F.M.; HOFFMANN, A. Ocorrência e duração das temperaturas mínimas diárias do ar prejudiciais à fecundação das flores do arroz em Santa Maria, RS. I. Probabilidades de ocorrência. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.2, n.1, p.23-34, 1991.
- CAMARGO, A.P. de; ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; CHIARINI, J.V. Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em áreas de Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1976, Brasília, DF. **Bases para utilização agropecuária: Anais**. São Paulo: USP, 1977. p.89-120.
- CARMONA, P.S. Melhoramento de arroz irrigado na Região Sul do Brasil. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v.42, n.387, p.14-16, 1989.
- EMBRAPA (Brasília, DF). **Diagnóstico e prioridades de pesquisa em agricultura irrigada: região sul**. Brasília: EMBRAPA-DEP, 1988. 208p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Goiânia, GO). **Relatório científico**. Goiânia, 1984. p.92-113.
- ESPINOZA, W.; AZEVEDO, L.G. de; JARRETA JUNIOR, M. **O clima da região dos Cerrados em relação à agricultura**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1982. 37p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 9).
- FAGERIA, N.K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Campus / Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 341p.
- FAGERIA, N.K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos de culturas**. Brasília: EMBRAPA-DPU, 1989. 425p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 18).
- GUZZELLI, R.J.; PINHEIRO, B. da S.; BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; STEINMETZ, S.; CASTRO, T. de A.P. e; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da. Melhoramento vegetal para resistência à seca nas condições do Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO: USO E MANEJO, 5., 1979, Brasília. **Anais**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1980. p.731-747.
- INFELD, J.A.; SILVA, J.B. da; ASSIS, F.N. de. Uso de graus-dia para determinar a época de aplicação de nitrogênio na cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande, PB. **Anais**. Campina Grande: SBA, 1995. p.66-67.
- KLUTHCOUSKI, J.; PINHEIRO, B. da S.; YOKOYAMA, L.P. O arroz nos sistemas de cultivo do cerrado. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9., 1994, Goiânia, GO. **Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1995. v.1, p.95-115. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 60).
- KLUTHCOUSKI, J.; SEGUY, L.; BOUZINAC, S.; RAISSAC, M. de; MOREIRA, J.A.A. O arroz nos sistemas agrícolas do cerrado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia, GO. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1991. p.282-330. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 25).

- LOBATO, E.J.V.; SILVA, S.C. da. **Parâmetros meteorológicos, fenologia e produtividade do arroz de sequeiro sob condições de cerrado**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 11p. (EMBRAPA-CNPAP. Comunicado Técnico, 30).
- MEIRELES, E.J.L.; SILVA, S.C. da; ASSAD, E.D.; LOBATO, E.J.V.; BEZERRA, H. da S.; EVANGELISTA, B.A.; MOREIRA, L.; CUNHA, M.A.C. da. **Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no Estado do Tocantins**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 72p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 58).
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado da Agricultura. **Zoneamento agroclimático do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1980. 114p.
- MONSI, M.; SAEKI, T. Über den Lichtfactor in the pflanzenge tellschaften und seine Bedeutung fur dre stott production. **Japanese Journal of Botany**, Tokyo, v.14, p.22-52, 1953.
- MONTEITH, J.L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.9, p.747-766, 1972.
- MOTA, F.S. da. Alertas agrometeorológicos para proteger o arroz contra o frio no período reprodutivo. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.41, n.378, p.6-7, 1988.
- MOTA, F.S. da. Influência da radiação solar e do "frio" no período reprodutivo sobre o rendimento do arroz irrigado em Pelotas e Capão do Leão. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.47, n.413, p.22-23, 1994.
- MOTA, F.S. da. Disponibilidade de radiação solar e risco de frio no período reprodutivo do arroz irrigado em diferentes regiões do Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.48, n.424, p.8-10, 1995.
- MOTA, F.S. da; ALVES, E.G.P.; BECKER, C.T. Informação climática para planejamento da necessidade de água para irrigação do arroz no Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.43, n.392, p.3-6, 1990.
- MOTA, F.S. da; GOMES, A.S. Adaptação de cultivares de arroz de alto rendimento no Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.23, n.2, p.147-155, 1971.
- MOTA, F.S. da; ZAHLER, P.J.M. **Clima, agricultura e pecuária no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Mundial, 1994. p.23-30.
- MUELLER, S. **Influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento e outros parâmetros de três cultivares de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.)**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1980. 191p.
- MUELLER, Z.; ASSIS, F.N. de; GOMES, A.S. **Radiação solar, arquitetura de planta e doses de nitrogênio em arroz irrigado**. In: **REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO 9., 1979**, Pelotas, RS. Anais. Porto Alegre: IRGA, 1979. p.66-68.
- NISHIYAMA, I.; ITO, N.; HAYASE, H.; SATAKE, T. Protecting effect of temperature and depth of irrigation water from sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage of rice plants. **Proceedings of the Crop Science Society of Japan**. v.38, n.3, p:554-555, 1969.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425p.
- PEDROSO, B.A. **Arroz irrigado: obtenção e manejo de cultivares**. Porto Alegre: Sagra, 1982. 175p.

- 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, v.20, n.1, p.87-95, 1985.
- SACHET, Z.P. **Consumo de água de duas cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em três tratamentos de irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1977. 90p. Tese Mestrado.
- SANDANIELO, A.; SILVA, S.C. da; STEINMETZ, S. **Recomendações de épocas de plantio para o arroz de sequeiro no Mato Grosso**. Cuiabá: EMPAER-MT, 1992. 49p. (EMPAER-MT. Boletim de Pesquisa, 1).
- SATAKE, T. Sterile-type cool injury in paddy rice plants. In: IRRI (Los Baños, Philippines). **Climate and rice**. Los Baños, 1976. p.281-300.
- SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J.G. da; BLUMENSCHNEIN, F.N.; DALL'ACQUA, F.M. **Técnicas de preparo do solo: efeitos na fertilidade e na conservação de água**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 26p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular Técnica, 17).
- SILVA, S.C. da; ASSAD, E.D.; LOBATO, E.J.V.; SANO, E.E.; STEINMETZ, S.; BEZERRA, H. da S.; CUNHA, M.A.C. da; SILVA, F.A.M. da. **Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 80p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 43).
- SOUZA, A. de; COSTA, J.M.N. da. Temperatura base para cálculo de graus-dia para cultivares de arroz no Triângulo Mineiro. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.45, n.400, p.24-28, 1992.
- X STEINMETZ, S.; REYNIERS, F.N.; LIU, W.T.H. Favorable rainfall periods in upland rice regions of Brazil. In: UPLAND RICE WORKSHOP, 1982, Bouaké. **An overview of upland rice research: proceedings**. Los Baños: IRRI, 1984. p.275-281.
- STEINMETZ, S.; MORAES, J.F.V.; OLIVEIRA, I.P. de; MORAIS, O.P.; MOREIRA, J.A.; PRABHU, A.S.; FERREIRA, E.; SILVEIRA FILHO, A. Upland rice environments in Brazil and the fitness of improved technologies. In: INTERNATIONAL UPLAND RICE CONFERENCE, 2., 1985, Jakarta, Indonesia. **Progress in upland rice research: proceedings**. Manila: IRRI, 1986. p.15-24.
- Y STEINMETZ, S.; REYNIERS, F.N.; FOREST, N. **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. 66p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 23).
- STEINMETZ, S.; SOUZA, R. de O.; GOMES, A. da S. Balanço de radiação solar na cultivar BR-Irga 414 em semeadura direta. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas, RS. **Anais**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p.104-106. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 1).
- STEINMETZ, S.; ASSIS, F.N. de; DIDONET, I.A.; TRINDADE, H.T.; SIMONETI, C. Ocorrência de frio durante o período reprodutivo do arroz irrigado na região sul do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande, PB. **Anais**. Campina Grande: SBA, 1995a. p.180-181.
- STEINMETZ, S.; ASSIS, N.F. de; DIDONET, I.A.; SIMONETI, C.; TRINDADE, H.T. Freqüência de temperaturas mínimas do ar em áreas produtoras de arroz irrigado na região sul do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre, RS. **Anais**. Porto Alegre: IRGA, 1995b. p.137-138.

- STEINMETZ, S.; MARTINS, J.F.S.; PINHEIRO, B. da S.; RANGEL, P.H.N. Main aspects of the rice production and research in Brazil. In: MAJOR ISSUES ON IMPROVING RICE PRODUCTIVITY THROUGH MULTILATERAL COOPERATION, 1996, Tokyo. **Workshops**. Tokyo: FAO, 1996. 23p.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da; AQUINO, A.R.L. **Demanda da água da cultura de arroz irrigado**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1980. 44p. (EMBRAPA-CNPAP. Comunicado Técnico, 5).
- STONE, L.F.; PINHEIRO, B. da S.; SILVEIRA, P.M da. Sprinkler-irrigated rice under Brazilian conditions. In: INTERNATIONAL RICE COMMISSION, 17., 1990, Goiânia, GO. **International Rice Commission Newsletter**, Roma, v.39, p.37-40, 1990.
- TANAKA, I. Climatic influence on photosynthesis and respiration of rice. In: IRRI (Los Baños, Philippines). **Climate and rice**. Los Baños, 1976. p.223-247.
- TERRES, A.L. Melhoramento de arroz irrigado por tolerância ao frio no Rio Grande do Sul, Brasil. In: REUNION SOBRE MEJORAMIENTO DE ARROZ EN EL CONO SUR, 1989, Goiânia, GO. **Mejoramiento de arroz**. Montevideo: IICA, 1991. p.91-103. (IICA. Diálogo, 33).
- TERRES, A.L.; GALLI, J. Efeitos do frio em cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas e Clima Temperado (Pelotas, RS). **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.83-94.
- TERRES, A.L.; RIBEIRO, A.S.; MACHADO, M.O. Progress in breeding for cold-tolerant semidwarf rice in Rio Grande do Sul, Brazil. In: TEMPERATE RICE CONFERENCE, 1994, Yanco. **Proceedings...** Riverina: Charles Sturt University, 1994. v.1, p.43-50.
- UPLAND rice in Brazil: EMBRAPA. In: UPLAND RICE WORKSHOP, 1982, Bouaké, Ivory Coast. **An overview of upland rice research: proceedings**. Los Baños: IRRI, 1984. p.121-134.
- YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269p.
- YOSHIDA, S. Rice. In: IRRI (Los Baños, Philippines). **Potential productivity of field crops under different environments**. Los Baños, 1983. p.103-127.
- YOSHIDA, S.; PARAO, F.T. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. In: IRRI (Los Baños, Philippines). **Climate and rice**. Los Baños, 1976. p.471-494.



Ministério  
da Agricultura  
e do Abastecimento



# **A CULTURA DO ARROZ NO BRASIL**

**Editores**

Noris Regina de Almeida Vieira  
Alberto Baêta dos Santos  
Evaldo Pacheco Sant'Ana

**Embrapa**

8/1/99  
8/1/99  
24/1/99

**Embrapa**

**Arroz e Feijão**

# A Cultura do Arroz no Brasil

## Editores

Noris Regina de Almeida Vieira

Alberto Baêta dos Santos

Evaldo Pacheco Sant'Ana

Embrapa Arroz e Feijão  
Santo Antônio de Goiás, GO

1999