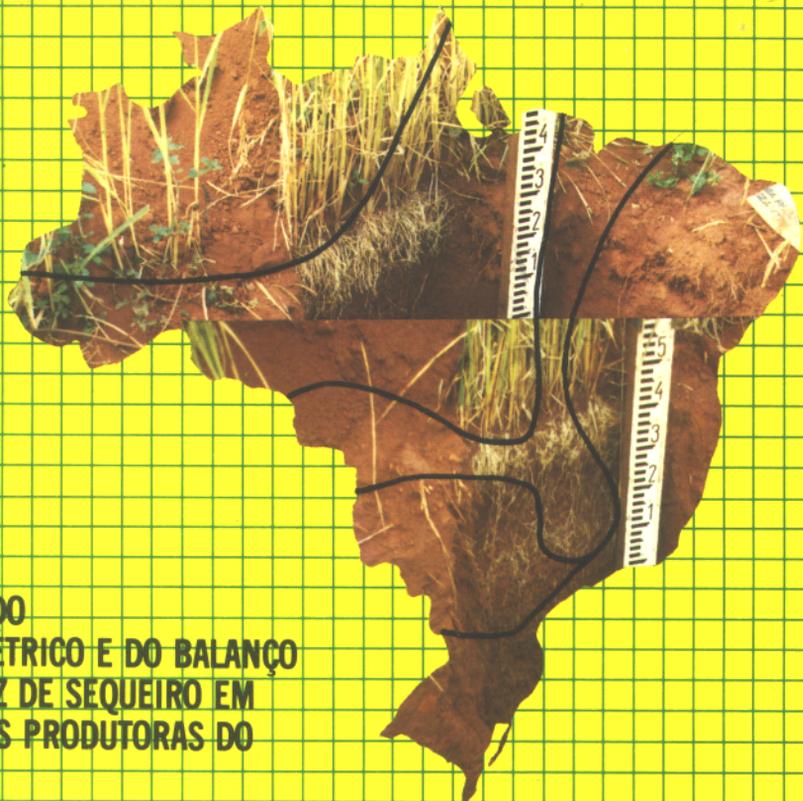


23



**CARACTERIZAÇÃO DO
REGIME PLUVIOMÉTRICO E DO BALANÇO
HÍDRICO DO ARROZ DE SEQUEIRO EM
DISTINTAS REGIÕES PRODUTORAS DO
BRASIL**

**VOLUME I
Síntese e Interpretação
dos Resultados**



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA – MA
EMBRAPA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
CNPAF
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO
Goiânia, GO.

Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement - CIRAD

Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières - IRAT

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente: José Sarney

Ministro da Agricultura: Iris Rezende Machado

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Presidente: Ormuz Freitas Rivaldo

Diretores : Ali Aldersi Saab

Derli Chaves Machado da Silva

Francisco Ferrer Bezerra



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA – MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão – CNPAF

CARACTERIZAÇÃO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E DO BALANÇO
HÍDRICO DO ARROZ DE SEQUEIRO EM DISTINTAS
REGIÕES PRODUTORAS DO BRASIL

VOLUME I: SÍNTESE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Silvio Steinmetz
François N. Reyniers
Francis Forest

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF
Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le
Développement - CIRAD
Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures
Vivrières - IRAT

EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 23

Comitê de Publicações

Ricardo José Guazzelli (Presidente)
José Aloísio Alves Moreira
José Francisco da Silva Martins
Ricardo Silva Araújo

Assessoria Técnico-Científica

Elcio Perpétuo Guimarães
José Francisco Valente Moraes
Luis Fernando Stone
Serge Robert Roger Bouzinac

Editoração

Marina de Lourdes Biava
Ana Lúcia D. de Faria
Pedro Ferreira da Costa
Claudeci Alexandre da Silva
Maria Auxiliadora Afonso Alves

Programação Visual

Antônio Pereira da Silva Filho
Lauro Pereira da Mota
Gilson Dias de Oliveira
Sebastião José de Araújo

Tiragem: 2.000 exemplares.

Steinmetz, Silvio

Caracterização do regime pluviométrico e do balanço hídrico do arroz de sequeiro em distintas regiões produtoras do Brasil: síntese e interpretação dos resultados, por Silvio Steinmetz, François N. Reyniers e Francis Forest. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1988.

v.1. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 23).

1. Agrometeorologia - Arroz (Sequeiro). 2. Arroz (Sequeiro) - Balanço hídrico. 3. Arroz (Sequeiro) - Regime pluviométrico. I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Goiânia, GO. II. Reyniers, François N., colab. III. Forest, Francis, colab. IV. Título. V. Série.

CDD 630.2515

AGRADECIMENTOS

Agradecemos às seguintes pessoas e entidades pela colaboração na realização deste trabalho: Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE); Dr. Gilbert Jaccon, Consultor do DNAEE; Dr. Fernando L. Garragory; Dr. Homero Chaib Filho e Dr. Antonio William Moita do DMQ/EMBRAPA; Edinelson A.E. da Cunha, programador do CNPAF; Serge Sabadie, programador do IRAT, Eng. Agrs. Neudair de Souza Chaves e Antonio Carlos Junqueira do Val Filho, estagiários, e Jeovah de Carvalho e José Cardoso Pelegrini, funcionários do Laboratório de Agrometeorologia do CNPAF.

APRESENTAÇÃO

A produtividade do arroz e da maioria das espécies cultivadas em condições de sequeiro é bastante influenciada pela quantidade e, principalmente, pela distribuição das chuvas durante o seu ciclo evolutivo. A ocorrência de estiagens prolongadas (veranicos) tem causado, em alguns anos, quebras acentuadas na produção do arroz de sequeiro, comprometendo seriamente a oferta do produto.

Consideramos de grande importância os resultados deste estudo, que caracterizam, tanto o regime pluviométrico como o balanço hídrico simulado do arroz de sequeiro, em 80 localidades do Brasil, representativas das várias condições ecológicas em que o arroz é cultivado.

Neste volume é feita a síntese e a interpretação dos resultados enquanto que os resultados básicos gerados serão divulgados no volume II, este, porém, com tiragem limitada. Estas informações são destinadas aos produtores e às instituições de pesquisa, de ensino, de extensão rural e de desenvolvimento agrícola.

Este trabalho foi realizado conjuntamente com o Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (IRAT), da França, e, devido à importância do arroz de sequeiro e do problema da deficiência hídrica em vários países da África, será publicado, também, na língua francesa.

Emílio da Maia de Castro

Chefe do CNPAF

SUMARIO

	Página
RESUMO.....	07
1. INTRODUÇÃO.....	09
2. METODOLOGIA.....	10
2.1. Caracterização do regime pluviométrico.....	10
2.2. Simulação do balanço hídrico.....	11
2.2.1. Dados necessários.....	11
2.2.2. Parâmetros obtidos.....	12
2.3. Programas utilizados.....	17
3. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	18
3.1. Regime pluviométrico.....	18
3.1.1. Distribuição das chuvas ao longo do ano..	18
3.1.2. Frequência de estiagens no período de janeiro a março.....	23
3.2. Balanço hídrico.....	26
3.2.1. Influência da data de plantio.....	26
3.2.2. Influência da disponibilidade de água no solo sobre o índice ETr/ETm (ciclo) e sobre a classificação agroclimática preliminar do arroz de sequeiro.....	28
3.2.3. Influência da disponibilidade de água no solo sobre o índice ETr/ETm, duran te a floração.....	36
3.2.4. Variabilidade do índice médio do de ficit hídrico acumulado durante o ci clo da cultura.....	40
3.2.5. Variabilidade do índice médio do ex cesso d'água acumulado durante o ci clo da cultura.....	42
3.2.6. Variabilidade do índice de produtivi dade esperada.....	44

4.	CONCLUSOES.....	47
5.	CONSEQUENCIAS.....	49
5.1.	Consequências para a pesquisa agronômica.....	49
5.2.	Consequências para o desenvolvimento da cul tura.....	50
5.2.1.	A curto prazo.....	50
5.2.2.	A médio prazo.....	51
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
7.	ANEXOS.....	59

CARACTERIZAÇÃO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E DO BALANÇO HÍDRICO DO ARROZ DE SEQUEIRO EM DISTINTAS REGIÕES PRODUTORAS DO BRASIL

Silvio Steinmetz¹

François N. Reyniers²

Francis Forest³

RESUMO - Neste trabalho é feita a síntese e a interpretação dos dados sobre o regime pluviométrico e o balanço hídrico simulado do arroz de sequeiro, em 80 localidades do Brasil, apresentados no Volume II, e consta de duas partes: 1) caracterização do regime pluviométrico; e 2) caracterização dos elementos do balanço hídrico da cultura. O regime pluviométrico é analisado sob dois aspectos: 1) distribuição das chuvas ao longo do ano; e 2) frequência de estiagens, de 6 a 10 dias de duração, no período de janeiro a março. Em relação ao balanço hídrico são apresentados e discutidos os seguintes parâmetros: 1) variação do índice de satisfação das necessidades de água da planta (ISNA ou E_{Tr}/E_{Tm}), durante o ciclo e a floração em função de três níveis de disponibilidade de água no solo (AD = 30, 50 e 90 mm). Em função da relação E_{Tr}/E_{Tm} (ciclo), foi feita uma classificação agroclimática preliminar da cultura; 2) estimativa do deficit hídrico durante o ciclo; 3) estimativa do excesso d'água

¹Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, 74000 Goiânia, GO.

²Eng.-Agr., D.E.A., Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (IRAT), BP 5035, 34032 Montpellier Cedex.

³Eng.-Agr., IRAT-BP 5035, 34032, Montpellier Cedex.

(drenagem profunda + escoamento superficial); 4) estimativa do índice de produtividade esperada; e 5) influência da época de plantio sobre o risco de deficiência hídrica. Os resultados obtidos mostram que: 1) o regime pluviométrico é bem diferenciado nas distintas regiões e interfere fortemente nos elementos do balanço hídrico da cultura. Os índices mais elevados de chuva ocorrem nas regiões Norte e Centro-Oeste e, os menores, nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul; 2) a ocorrência de estiagens, de 6 a 10 dias de duração, apresenta um incremento nos sentidos norte-sul e noroeste-nordeste; 3) o nível de disponibilidade de água no solo interfere decisivamente no risco de deficiência hídrica e, conseqüentemente, na classificação agroclimática atribuída a uma localidade. Para um nível de AD = 30 mm, a maior parte da região dos cerrados é classificada como "intermediária" ou "desfavorecida" para o arroz de sequeiro. Considerando-se AD = 90 mm, essa mesma área é classificada como "altamente favorecida" ou "favorecida"; 4) os índices de excesso d'água superiores a 500 mm durante o ciclo da cultura, na maior parte das regiões Centro-Oeste e Norte, sugerem que a perda por lixiviação, de alguns nutrientes essenciais para a planta (Ex.: Nitrogênio, Potássio, Cálcio, Magnésio, etc.) pode comprometer o aproveitamento do fertilizante aplicado; e 5) a escolha das épocas de plantio mais apropriadas pode melhorar o aproveitamento das características do regime pluviométrico de uma localidade ou região. São discutidas, ainda, algumas conseqüências que os resultados podem trazer, tanto para a orientação dos programas de pesquisa como para o desenvolvimento da cultura.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo do arroz de sequeiro é considerado de grande importância econômica e social no Brasil. Ele responde por 50 a 60% do total de arroz produzido no país, envolvendo uma área em torno de 4,5 a 5 milhões de hectares. Sua produtividade é baixa e altamente variável de um ano para o outro, devido, principalmente, à ocorrência de estiagens prolongadas (veranicos) em alguns anos (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1981).

A maior parte do arroz de sequeiro é produzida em áreas de cerrado cujos solos são, segundo Lopes (1983), ácidos, com baixa fertilidade natural e de baixa a média capacidade de armazenamento de água.

A maioria dos estudos sobre zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no Brasil tem utilizado o balanço hídrico de Thornthwaite & Mather (Instituto de Planejamento Econômico e Social 1972, Camargo et al. 1977). Por serem feitos em base mensal, não permitem uma interpretação adequada do problema do veranico. Alguns trabalhos foram feitos para períodos menores (10 dias), porém, consideram apenas a probabilidade de ocorrência de uma determinada quantidade de chuva (Alfonsi et al. 1979, Arruda 1979, Steinmetz et al. 1984). Os resultados obtidos por esses autores evidenciaram a necessidade de se realizarem estudos visando avaliar os riscos de deficiência hídrica do arroz de sequeiro, nas distintas regiões do Brasil, pela utilização de modelos de balanço hídrico, que considerassem os principais

parâmetros do clima, do solo e da planta.

O principal objetivo deste trabalho é fornecer subsídios aos programas de pesquisa envolvidos com o problema da deficiência hídrica no arroz de sequeiro e às instituições ligadas à extensão rural e ao desenvolvimento da cultura.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização do regime pluviométrico

Foram selecionadas 80 localidades a partir da importância da produção de arroz no município, ou na sua microrregião homogênea (Brasil... 1978), e da disponibilidade de boas séries de dados de chuva. A lista das estações utilizadas encontra-se no Anexo 1.

Os dados de chuva foram homogeneizados através da metodologia do vetor regional (Jacon 1980) e analisados visando a caracterizar a distribuição das chuvas, para períodos de 5 dias, ao longo do ano, e a frequência observada, de períodos de estiagem de duração variável, de janeiro a março. O programa considera, como chuva, qualquer precipitação diferente de zero.

A frequência de estiagens de 6 a 10 dias de duração, no período de janeiro a março, caracteriza as chances de ocorrência de estiagens, com essa duração, em relação a todos os períodos sem chuva. Foram estabelecidas cinco classes frequenciais de estiagens de 6 a 10 dias de duração: 0 - 2% (muito baixa); 3 - 5% (baixa); 6 - 10% (intermediária); 11 - 15% (alta); e 16 - 20% (muito alta).

2.2. Simulação do balanço hídrico

2.2.1. Dados necessários

Para a caracterização dos termos do balanço hídrico para períodos de 5 dias, utilizou-se a metodologia descrita por Franquin & Forest (1977) e Forest (1984). Os principais dados necessários são: chuva diária, evapotranspiração potencial (ETp), coeficientes de cultura (Kc), ciclo e fases fenológicas da planta e disponibilidade de água no solo para o sistema radicular das plantas (AD).

A evapotranspiração potencial média foi obtida a partir dos dados compilados por Hancock et al. (1979).

Os coeficientes de cultura, para períodos de 5 dias, foram adaptados a partir daqueles obtidos por Kalms (1980) e Steinmetz (1985).

Utilizou-se uma cultivar de ciclo curto (110 dias), dividindo-se o ciclo em quatro fases fenológicas: fase vegetativa (até os 40 dias após a emergência-DAE), fase de pré-floração (41-65 DAE), fase de floração (66-100 DAE) e fase de maturação (101-110 DAE).

Foram simuladas de 3 a 4 épocas de plantio, espaçadas de 30 dias, com a finalidade de servir de subsídio ao estudo do efeito da disponibilidade de água no solo, nos componentes do balanço hídrico da cultura. Procurou-se avaliar o efeito desse parâmetro, considerando-se, para cada localidade, a melhor ou uma das melhores épocas de plantio. Utilizou-se o nível de 50 mm de água disponível para todas as épocas de plantio. Considerou-se 20 mm, num período de 5 dias, como a quantidade mínima de chuva

necessária para se efetuar o plantio. A pântada média, em que essa quantidade mínima de chuva ocorreu, ao longo dos anos, foi considerada como a data efetiva de plantio. A época mais apropriada de plantio foi escolhida em função dos índices de ETr/ETm (8/10 anos) durante o ciclo e/ou floração.

Para a melhor data de plantio de cada localidade, foram feitas simulações do balanço hídrico para três níveis hipotéticos de água disponível no solo (AD): 30, 50 e 90 milímetros. Esses níveis foram selecionados a partir dos resultados obtidos por Ohno et al.(1980), por Reyniers et al. (1983) e por Seguy (s.d.). Para solos com capacidade de armazenamento de água em torno de 1 mm/cm, esses três níveis representam, respectivamente, os sistemas radiculares superficial, intermediário e profundo (Steinmetz et al. 1985).

2.2.2. Parâmetros obtidos

Dos vários parâmetros obtidos a partir das simulações do balanço hídrico, serão destacados os seguintes:

2.2.2.1. Evapotranspiração real (ETr)

É a quantidade real de água perdida pela cultura, influenciada pelos fatores do clima, da planta e da disponibilidade de água no solo. Esse parâmetro é estimado através de uma equação polinomial de terceiro grau, obtida por Eagleman (1971):

$$\begin{aligned} ETr = & 0,732 - 0,05 ETP + [4,97 (ETp) - 0,66 (ETp)^2]HR \text{ (Eq.1)} \\ & - [8,57 (ETp) - 1,56 (ETp)^2]HR^2 + [4,35 (ETp) \\ & - 0,880 (ETp)^2]HR^3 \end{aligned}$$

ETp = evapotranspiração potencial

HR = disponibilidade relativa de água no solo

$$HR(t) = \frac{(\text{suprimento de água}) + \text{reserva } (t-1)}{AD}$$

t = corresponde a uma pântada (período de 5 dias) do ciclo

t-1 = pântada anterior

AD = quantidade de água disponível (mm) para o sistema radicular das plantas

$$AD = P (Uc - Um) \cdot da \cdot 10^{-1}$$

P = espessura da camada do solo explorada pelo sistema radicular (cm)

Uc = conteúdo de água no solo na Capacidade de Campo (0,01 MPa)

Um = conteúdo de água no solo no Ponto de Murcha Permanente (1,5 MPa)

da = densidade aparente do solo (g.cm^{-3}).

O suprimento de água durante o período t é igual a chuva menos o escoamento superficial e a drenagem profunda.

2.2.2.2. Evapotranspiração máxima (ETm)

Representa o consumo máximo de água de uma cultura em condição de ótimo desenvolvimento vegetativo e de plena disponibilidade de água no solo. É estimada através da multiplicação da evapotranspiração potencial pelos coeficientes de cultura, apropriados para cada estágio de desenvolvimento da planta.

2.2.2.3. Índice de satisfação das necessidades de água da planta

É expresso pela relação E_{Tr}/E_{Tm} e indica a percentagem de satisfação das necessidades de água da planta em relação à sua exigência máxima. Esse índice é estimado para períodos de 5 dias e posteriormente agrupado de acordo com as fases fenológicas da planta. Foi feita uma análise frequencial, indicando-se os valores mínimos e máximos encontrados ao longo dos anos, além da frequência observada nos níveis de 8/10 e 2/10 anos.

Baseado no trabalho de Forest & Valet (s.d.), foram estabelecidas cinco classes de E_{Tr}/E_{Tm} (ciclo), utilizando-se a frequência observada de 8/10 anos, as quais representam uma classificação agroclimática preliminar do arroz de sequeiro:

Classes	E_{Tr}/E_{Tm} (ciclo) (8/10 anos)	Classificação Agroclimática	Intensidade da deficiência hídrica
I	> 85%	Altamente favorecida (AF)	Muito baixa
II	75 - 85%	Favorecida (F)	Baixa
III	65 - 75%	Intermed. (I)	Intermediária
II	55 - 65%	Desfavorec. (D)	Alta
V	< 55%	Altamente desfavorecida (AD)	Muito alta

Foram estabelecidas, também, faixas de intensidade da deficiência hídrica durante a fase da floração (período crítico (PC) à falta d'água):

Classe	ETr/ETm (PC) (8/10 anos)	Intensidade da deficiência hídrica
I, II	> 65%	Baixa a moderada
III, IV	≤ 65 ≥ 50%	Moderada a alta
V	< 50%	Alta a muito alta

2.2.2.4. Índice médio de excesso d'água

É a média dos excedentes de água (drenagem profunda, considerando-se a hipótese de escoamento superficial nulo) durante o ciclo e em cada uma das quatro fases fenológicas da planta.

Foram traçadas curvas relativas ao excesso d'água durante o ciclo da planta, considerando-se um valor intermediário de água disponível no solo (50mm). Essas curvas correspondem aos seguintes índices de excesso d'água: ≥ 600mm; ≥ 500mm; ≥ 300mm e ≥ 200mm.

2.2.2.5. Índice médio de deficit hídrico

É obtido pela diferença entre ETm e ETr e representa a quantidade de chuva que faltou, na média dos anos, para que a cultura tivesse as suas necessidades hídricas plenamente satisfeitas.

Os totais de deficit hídrico durante o ciclo da planta, considerando-se um valor intermediário de água disponível no solo (50mm), são apresentados em quatro níveis: ≤ 70mm; ≤ 100mm; ≤ 200mm e ≤ 300mm.

2.2.2.6. Índice de produtividade esperada

É obtido através da equação empírica, proposta por Forest & Reyniers (1985):

$$\text{IPE} = \text{IVAR} \times \text{ETr (ciclo)} \times \text{ETr/ETm (PC)} \quad (\text{Eq.2})$$

onde: IPE = Índice de produtividade esperada em kg/ha

IVAR = Produtividade potencial da variedade, fixada para este estudo em 10 kg de grãos por milímetro de água consumida (em ótimas condições hídricas, fitossanitárias e nutricionais). Esse dado representa a média dos valores encontrados por Forest & Kalms (1984) e por Steinmetz (1985).

ETr/ETm (PC) = Menor índice de satisfação das necessidades de água da planta encontrado durante o período crítico (pré-floração ou floração).

Da mesma forma que para o índice ETr/ETm, foi feita uma análise frequencial, indicando-se as produtividades estimadas mínimas e máximas ao longo dos anos estudados e as frequências observadas de produtividades nos níveis de 8, 5 e 2 anos em cada 10.

Utilizou-se um valor intermediário de água disponível no solo (50mm) e o nível de segurança de 8/10 anos, para caracterizar os índices de produtividades esperadas (IPE) nas distintas regiões do Brasil. Os níveis de IPE foram: $\geq 3,5$ t/ha; $\geq 2,5$ t/ha; $\geq 2,0$ t/ha; e $\geq 1,0$ t/ha.

Devido a escassez de dados sobre a ETr do arroz de sequeiro, medida em condições de campo, não foi possível avaliar adequadamente a ETr estimada pelo modelo. Essa avaliação, apesar

de importante, não é indispensável para o caso deste estudo, uma vez que o seu objetivo é avaliar, principalmente, o aspecto relativo à influência do meio ambiente e do manejo do solo e da cultura no suprimento de água para as plantas. Utilizando dados experimentais de vários anos, Forest & Kalms (1984) mostraram que, na Costa do Marfim, houve uma boa concordância entre os valores de E_{Tr} do arroz de sequeiro medidos em campo e os estimados pelo modelo.

Em relação ao índice de produtividade esperada, foram feitas algumas comparações preliminares, no CNPAF (Reyniers et al. 1983, Seguy s.d.), observando-se uma boa concordância entre os valores reais e os estimados pela equação empírica já descrita (Eq. 2). Da mesma forma que para a E_{Tr} , o mais importante, neste estudo, é destacar o aspecto relativo do índice de produtividade.

2.3. Programas utilizados

Para tratar os dados pluviométricos, efetuar os balanços hídricos e a frequência dos resultados e apresentá-los sob a forma gráfica, foram instalados, num microcomputador com sistema operacional CP/M 80, onze programas desenvolvidos pelo IRAT. Esses programas referem-se a: entrada e homogeneização dos dados de chuva, análise do regime pluviométrico, cálculo do balanço hídrico, interpretação frequencial dos índices de satisfação das necessidades de água e dos indicadores da produtividade, apresentação gráfica dos resultados a um nível de frequência observada.

3. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

3.1. Regime pluviométrico

3.1.1. Distribuição das chuvas ao longo do ano

A Figura 1 mostra a distribuição das chuvas, por pên-tadas, ao longo do ano para a localidade de Goiânia, GO. Além da caracterização das estações seca e chuvosa, a Fig. 1 evidencia uma grande variabilidade nos totais médios de chuva para períodos de 5 dias. Dados semelhantes a esses, para as 80 localidades estudadas, encontram-se no Volume II.

A análise dessas informações mostrou 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 2.262,5mm, em Taperinha, município de Santarém, PA (região Norte), e de 847,7mm, em T. do Brejo Velho, município de Santana do Brejo, BA (região Nordeste).

Na Figura 2 são mostrados os regimes pluviométricos de cinco localidades, que representam, em linhas gerais, os principais tipos de distribuição das chuvas nas 80 estações estudadas.

Total anual médio das chuvas: 1485,0mm

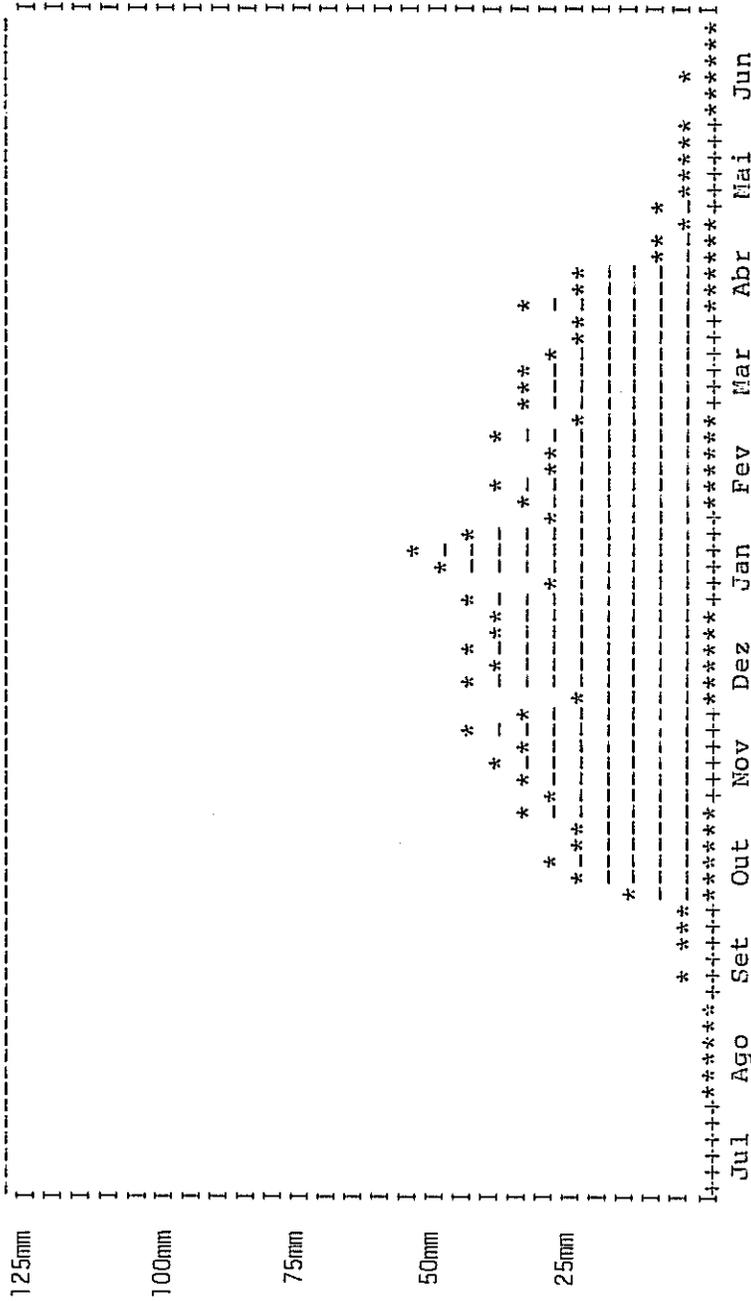


Fig. 1. Distribuição da chuva, por pântada, ao longo do ano, na localidade de Goiânia, GO.

3.1.1.1. Regime pluviométrico tipo I

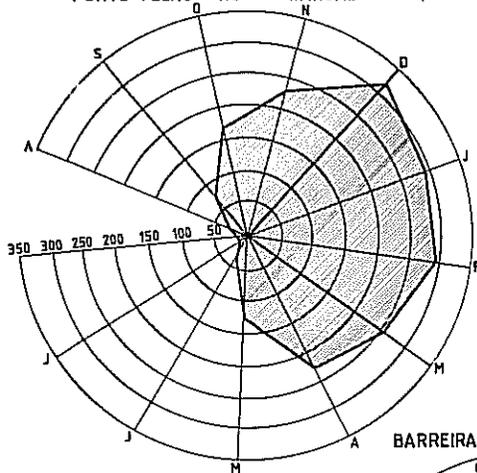
A maior parte das localidades da região Norte apresenta um regime pluviométrico semelhante ao de Porto Velho, RO (Fig. 2). Os totais anuais de chuva são, geralmente, superiores a 2.000 mm e os índices pluviométricos mais elevados ocorrem no período de outubro a abril. No período de maio a setembro, esses índices são baixos, principalmente nos meses de junho, julho e agosto. Os três meses mais chuvosos são dezembro, janeiro e fevereiro.

A localidade de Taperinha (Santarém) apresenta um regime pluviométrico um pouco distinto do de Porto Velho. Os totais mensais mais elevados ocorrem no período de janeiro a junho. Os três meses mais chuvosos são fevereiro, março e abril, sendo agosto, setembro e outubro os mais secos.

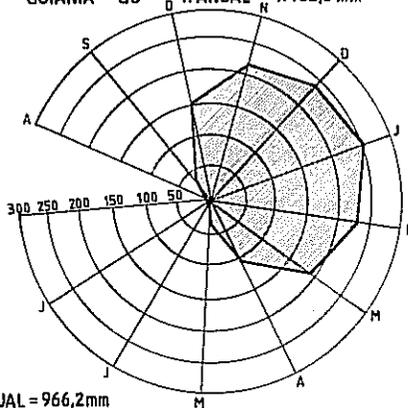
3.1.1.2. Regime pluviométrico tipo II

A localidade de Goiânia, GO (Fig. 2), apresenta um regime pluviométrico característico da região dos cerrados. Do seu total anual de 1.485,0 mm, cerca de 85% das chuvas ocorrem no período de outubro a abril, concordando com os dados publicados por Espinoza et al. (1982). De maio a setembro, ocorre uma estação seca bem definida, com índices pluviométricos baixíssimos. O total médio anual de chuvas das 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 (1.735,0 mm), e Paranã, GO (1.095,9 mm).

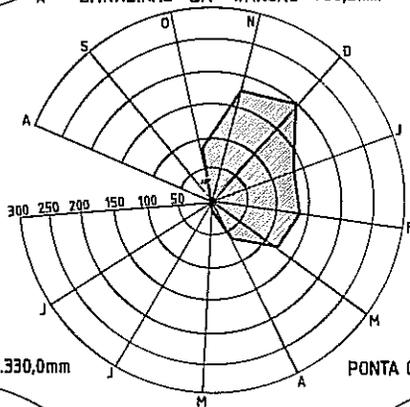
PORTO VELHO - RO T.ANUAL = 2.203,7mm



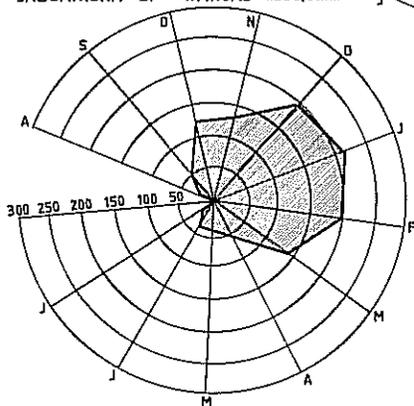
GOIÂNIA - GO T.ANUAL = 1.485,0 mm



BARREIRAS - BA T.ANUAL = 966,2mm



JAGUARIUNA - SP T.ANUAL = 1.330,0mm



PONTA GROSSA - PR T.ANUAL = 1.418,7mm

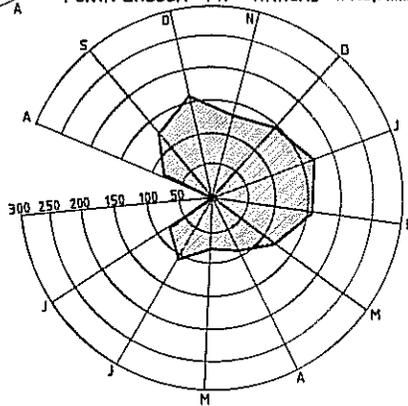


Fig. 2. Distribuição das chuvas, ao longo do ano, em cinco localidades do Brasil

A maioria das localidades de Minas Gerais e do norte de São Paulo apresenta um regime pluviométrico com características semelhantes ao de Goiânia. O mesmo ocorre com as localidades situadas ao sul do Estado do Maranhão, onde os índices pluviométricos mais elevados ocorrem a partir de janeiro e não de outubro e novembro.

3.1.1.3. Regime pluviométrico tipo III

A localidade de Jaguariúna, SP (Fig. 2) representa um regime pluviométrico semelhante ao de Goiânia, porém, com algumas características particulares, dentre as quais podem ser destacadas as seguintes: 1) o total anual das chuvas situa-se em torno de 1.300 mm; 2) o período com índices pluviométricos mais elevados é um pouco mais curto (outubro a março); e 3) apesar de existir um período mais seco (maio a setembro), este não é tão intenso, e as chuvas representam cerca de 20% do total anual.

Várias localidades do Estado de São Paulo, principalmente aquelas situadas nas áreas central e sul, apresentam um regime pluviométrico semelhante ao de Jaguariúna.

3.1.1.4. Regime pluviométrico tipo IV

A estação do Eng. Rosalvo Leitão, no município de Ponta Grossa, PR (Fig. 2), apresenta um regime pluviométrico típico da maioria das localidades analisadas nos Estados do Paraná e de Santa Catarina. Embora o total anual de chuvas seja em torno de 1.500 mm, não ocorre um período seco definido. Do total anual de chuvas, cerca de 50% ocorrem no período de outubro a abril (época

de cultivo do arroz), enquanto que o restante ocorre de maio a setembro. Os três meses mais chuvosos (outubro, janeiro e fevereiro) apresentam índices médios em torno de 160 mm, bem inferiores àqueles registrados em Jaguariúna, Goiânia e Porto Velho.

3.1.1.5. Regime pluviométrico tipo V

Os dados de Barreiras, BA (Fig. 2), caracterizam bem as seis estações estudadas no Estado. Embora elas apresentem uma estação seca e outra chuvosa bem definidas, como a maioria das estações situadas na área dos cerrados, os seus totais médios mensais e anuais são bem inferiores aos registrados naquelas localidades. O índice pluviométrico médio dos meses de janeiro, fevereiro e março, situa-se em torno de 130 mm, inferior, portanto, àqueles de Ponta Grossa, na região Sul do País.

Do total anual médio de 966,2 mm de chuva, cerca de 95% ocorrem no período de outubro a abril, e apenas 5% no de maio a setembro, caracterizando uma estação extremamente seca.

3.1.2. Frequência de estiagens no período de janeiro a março

A Tabela 1 mostra a frequência observada de períodos de estiagens, de duração variável, para a localidade de Goiânia, GO. Nessa tabela, observa-se que 91,87% dos dias contínuos sem chuva, nos meses de janeiro a março, concentram-se na faixa de 1 a 5 dias. Desses dias contínuos sem chuva (veranicos), apenas 7,60% e 0,53% enquadram-se, respectivamente, nas faixas de 6 a 10 dias e de 11 a 15 dias.

Utilizando-se a frequência observada de períodos de 6 a 10 dias contínuos, sem chuva, como critério para distinguir diferenças regionais, verifica-se, através da Figura 3, que há uma tendência nítida de aumento na incidência do veranico no sentido norte-sul e noroeste-nordeste. Os valores mais baixos (classe I) ocorrem na parte mais setentrional da região amazônica e os mais elevados (classe V) ao Sul do país, abrangendo áreas como o sul dos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, Paraná e Santa Catarina. As localidades da Bahia apresentam, também, altas chances de ocorrência de estiagens dessa intensidade. As demais áreas enquadram-se nas classes II e IV e mostram, da mesma forma, uma tendência de aumento na frequência do veranico no sentido norte-sul.

Tabela 1. Frequência observada (%) de períodos de estiagens, de duração variável, de janeiro a março, na localidade de Goiânia, GO.

Duração (dias)	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	+45	Frequência acumulada
Frequência	91,87	7,60	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,0

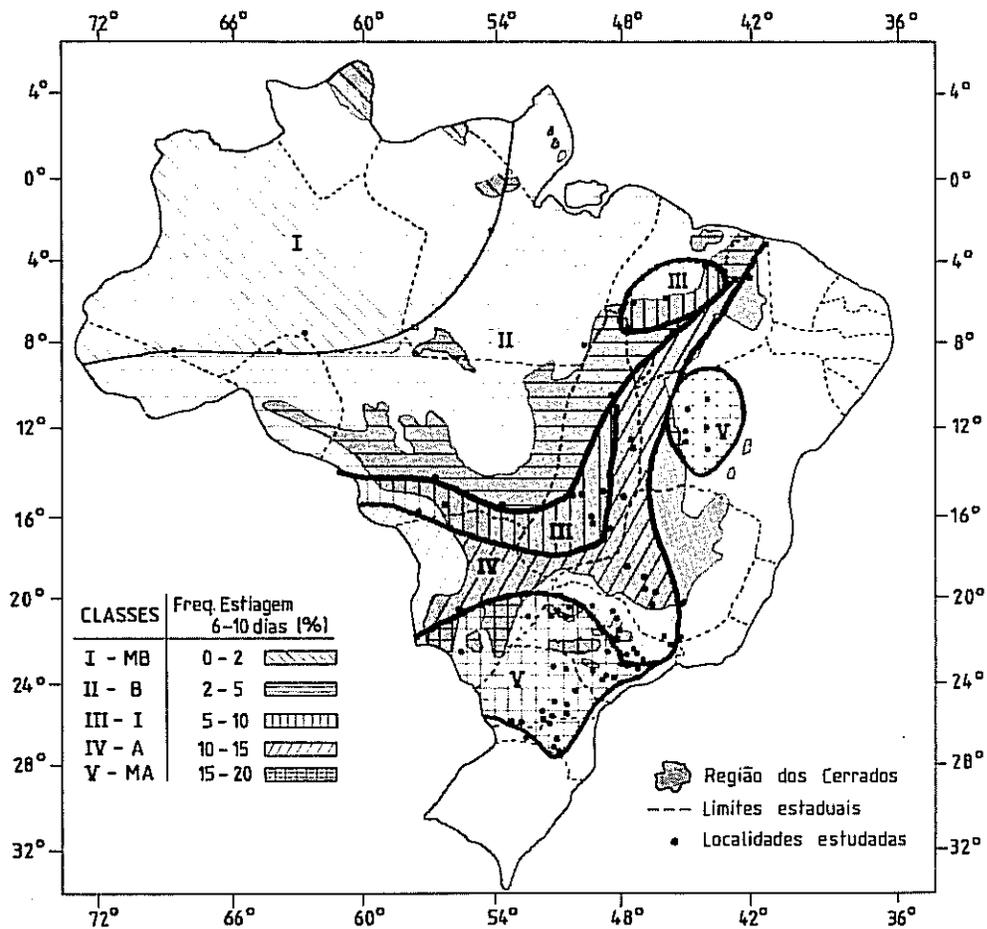


Fig. 3. Frequência de estiagens de 6 a 10 dias de duração, no período de janeiro a março, em 80 localidades do Brasil. Classe I = (Muito baixa)... Classe V = MA (Muito alta).

3.2. Balanço hídrico

3.2.1. Influência da data de plantio

Na Tabela 2 são mostrados os dados relativos à influência da data de plantio nos componentes do balanço hídrico para a localidade de Goiânia, GO. Esses resultados mostram que o plantio efetuado na 2a. pênstada de novembro apresentou os melhores índices de E_{Tr}/E_{Tm} e que o deficit hídrico (82 mm) também foi inferior aos 146 mm observados no plantio da 3a. pênstada de janeiro. A última data de plantio foi a que apresentou o menor índice de excesso d'água durante o ciclo (425 mm). Entretanto, na fase vegetativa, esse índice foi mais elevado, (280 mm) do que nas duas outras datas.

Considerando-se, principalmente, os índices E_{Tr}/E_{Tm} (8/10 anos) durante o ciclo e/ou floração verifica-se que, para as condições estabelecidas ($AD = 50$ mm, chuva para plantio = 20 mm), o plantio feito na 2a. pênstada de novembro é o mais recomendado. A escolha da época de plantio mais apropriada foi definida, para todas as estações, com a finalidade principal de servir como referência para a avaliação do efeito da disponibilidade de água no solo sobre os componentes do balanço hídrico da cultura. Os resultados são apresentados no Volume II.

Estudos mais detalhados, semelhante ao desenvolvido por Steinmetz & Forest (1986), devem ser conduzidos para melhor caracterizar as épocas mais apropriadas de plantio nas distintas localidades de um estado ou região.

Tabela 2. Efeito da data de plantio sobre o índice de satisfação das necessidades de água da planta (ETr/ETm), expresso em percentagem, e sobre o índice médio do excesso d'água, a evapotranspiração máxima (ETm) e o deficit hídrico (ETm-ETr), expressos em milímetros, na localidade de Goiânia, GO.

Disponibilidade de água no solo: 50 mm

Chuva para plantio: 20 mm

Data efetiva de plantio	Fases fenológicas	Análise frequencial ETr/ETm					Índice médio em mm		
		Valores iguais ou maiores					Excesso d'água	ETm ciclo	
		Min.	8/10	5/10	2/10	Máx.			ETm-ETr ciclo
2ª pentada novembro	Vegetativa Pré-floração Floração Maturação	77 71 30 07	90 91 69 70	94 93 80 85	95 95 92 95	95	165 110 135 85	- - - -	
	Ciclo	64	77	84	91	94	495	506	82
1ª pentada dezembro	Vegetativa Pré-floração Floração Maturação	73 37 42 20	91 83 59 54	95 93 75 84	95 95 84 95	97	195 120 165 30	- - - -	
	Ciclo	64	74	81	88	94	510	498	97
3ª pentada janeiro	Vegetativa Pré-floração Floração Maturação	53 60 28 00	89 74 45 18	92 92 60 46	94 94 74 70	98	280 85 60 0	- - - -	
	Ciclo	52	62	73	78	89	425	496	146

3.2.2. Influência da disponibilidade de água no solo sobre o índice ETr/ETm (ciclo) e sobre a classificação agroclimática preliminar do arroz de sequeiro

3.2.2.1. Sobre o índice ETr/ETm (ciclo)

Na Tabela 3 são mostrados os valores de ETr/ETm durante o ciclo e as distintas fases fenológicas da cultura para a localidade de Goiânia, GO. Tomando-se como exemplo um nível intermediário (50 mm) e disponibilidade de água no solo e a frequência de 8/10 anos, verifica-se que o valor de ETr/ETm, durante o ciclo, foi de 72%. Isso significa que 8, em cada 10 anos, a ETr/ETm foi maior ou igual a 72%. Durante a floração, o valor encontrado foi de 61%.

O índice ETr/ETm é diretamente relacionado com a produtividade, embora diferentes espécies apresentem respostas distintas ao deficit hídrico (Doorenbos & Kassam 1979). Um índice ETr/ETm (ciclo) em torno de 75%, que corresponde a 65% na floração e/ou pré-floração (Steinmetz et al. 1985), indica que, provavelmente, a produção de grãos seja obtida em condições hídricas não limitantes. Por outro lado, índices inferiores a 0,5 durante a fase mais crítica da planta podem causar acentuados decréscimos na produtividade (Reyniers et al. 1982).

Os dados da Tabela 3 mostram que o suprimento de água para a planta está intimamente associado à disponibilidade de água no solo e ao nível de segurança que se pretende. Tomando-se como referência os índices de 75% (ciclo) e 65% (floração), verifica-se que, no nível de 8/10 anos, é necessário que a disponibilidade de água no solo (AD) seja superior a 50 mm para

Tabela 3. Efeito da disponibilidade de água no solo sobre o índice de satisfação das necessidades de água da planta (ETr/ETm), expresso em percentagem, e sobre o índice médio de excesso d'água, a evapotranspiração máxima (ETm) e o deficit hídrico (ETr-ETr), expressos em milímetros, na localidade de Goiânia, GO.

Data de plantio: 2ª pênada novembro		Índice médio em mm									
Chuva para plantio: 20 mm		Análise frequencial ETr/ETm									
Hipóteses disponibilidade água no solo	Fases fenológicas	Valores iguais ou maiores					Excesso d'água	ETm ciclo	ETr-ETr ciclo		
		Mín.	8/10	5/10	2/10	Máx.					
30 mm	Vegetativa	69	91	94	95	98	207	-	-		
	Pré-floração	34	68	78	94	95	117	-	-		
	Floração	28	46	60	66	80	153	-	-		
	Maturação	06	46	56	85	95	36	-	-		
	Ciclo	52	65	69	75	85	513	506	153		
50 mm	Vegetativa	84	93	95	95	98	190	-	-		
	Pré-floração	50	88	93	95	95	110	-	-		
	Floração	32	61	74	88	93	125	-	-		
	Maturação	18	47	90	95	96	25	-	-		
	Ciclo	66	72	81	89	92	450	506	96		
90 mm	Vegetativa	85	94	95	95	98	153	-	-		
	Pré-floração	75	93	94	95	95	108	-	-		
	Floração	43	78	89	93	95	108	-	-		
	Maturação	40	67	92	95	97	18	-	-		
	Ciclo	70	83	90	93	95	387	506	61		

que esses índices sejam alcançados. Por outro lado, esses índices poderão ser atingidos com níveis de AD inferiores a 50 mm, desde que se utilize um nível de segurança menor (Ex.: 5/10 anos). Esses dados evidenciam que o manejo agrônomico visando a aumentar a disponibilidade de água para as plantas, pode contribuir significativamente para diminuir o risco de deficiência hídrica da cultura.

3.2.2.2. Sobre a classificação agroclimática preliminar do arroz de sequeiro

O agrupamento dos dados de ETr/ETm (ciclo) para as 80 localidades estudadas deu origem a uma classificação agroclimática preliminar para essa cultura.

Os resultados obtidos (Figs. 4, 5 e 6) mostram que para cada localidade, o risco de deficiência hídrica e, conseqüentemente, a classificação agroclimática são fortemente influenciados pela quantidade de água disponível no solo (AD):

*Para uma hipótese de baixa disponibilidade de água no solo (30mm), apenas o Estado do Amazonas, parte de Rondônia e a região noroeste do Pará são consideradas favorecidas (Fig. 4). O restante do Pará, a parte oeste do Maranhão e a maior parte dos Estados de Goiás e do Mato Grosso são classificados como de risco intermediário. As demais regiões são classificadas como desfavorecidas (a exemplo do sul e o leste de Goiás, a zona limítrofe entre os Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, o sudoeste de Minas Gerais, o norte e o nordeste de São Paulo) ou altamente desfavorecidas, como as áreas situadas ao leste (Bahia) ou ao sul e sudoeste de São Paulo, Paraná e Santa Catarina.

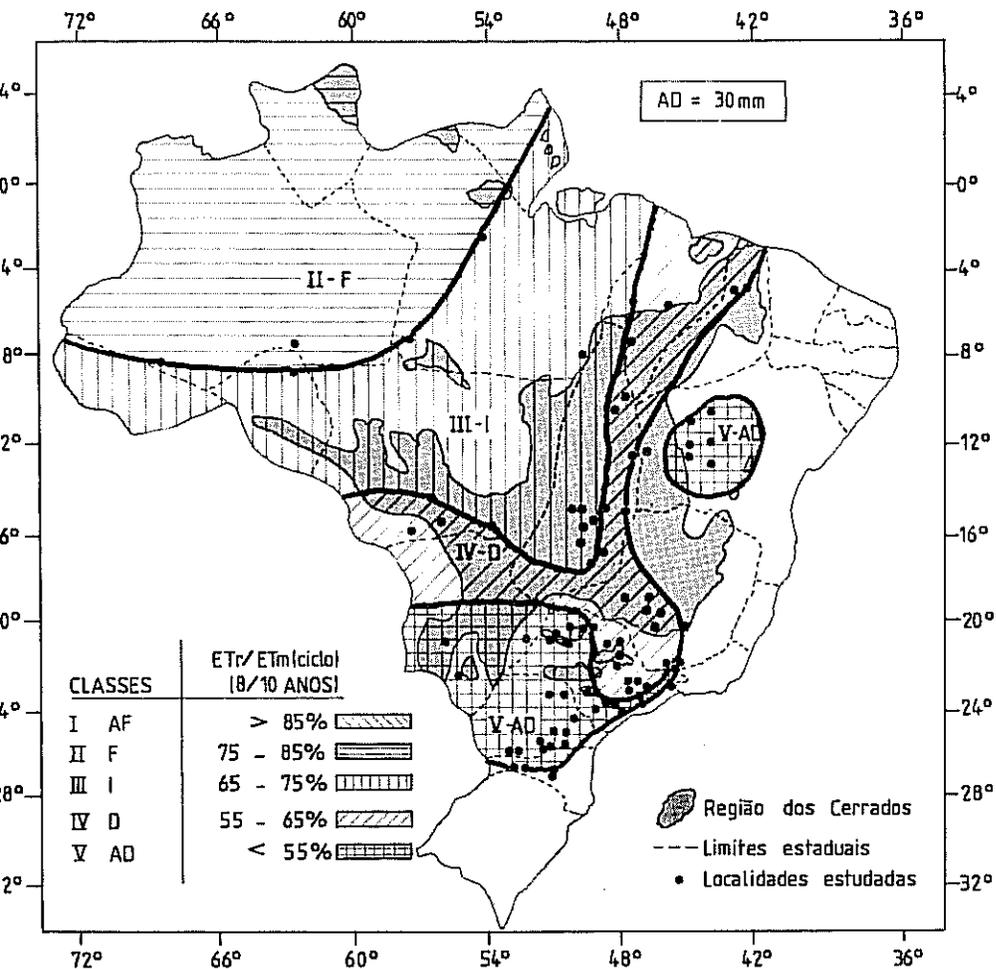


Fig. 4. Classificação agroclimática preliminar do arroz de sequeiro no Brasil, considerando-se uma cultivar de ciclo curto (110 dias) e 30 mm de água disponível no solo (AD). Classe I = AF (Altamente Favorecida)... Classe V = AD (Altamente Desfavorecida).

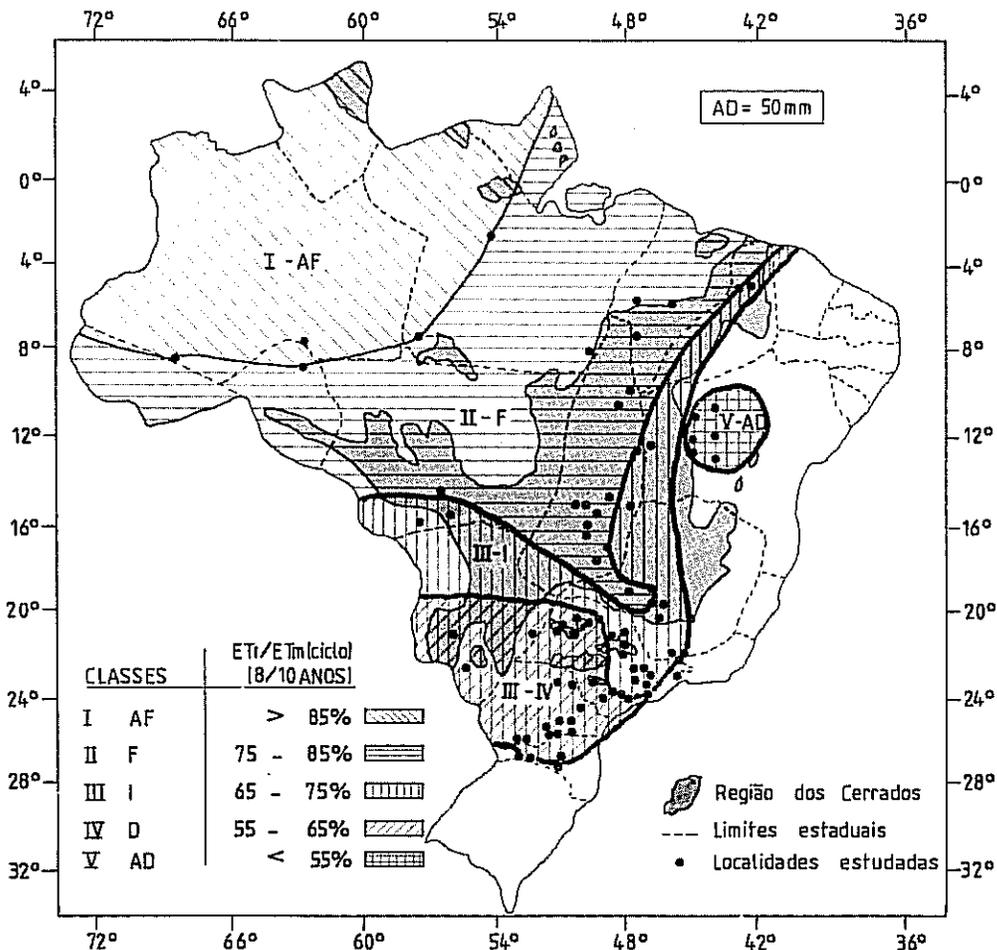


Fig. 5. Classificação agroclimática preliminar do arroz de sequeiro no Brasil, considerando-se uma cultivar de ciclo curto (110 dias; e 50 mm de água disponível no solo (AD). Classe I = AF (Altamente Favorecida)... Classe V = AD (Altamente Desfavorecida).

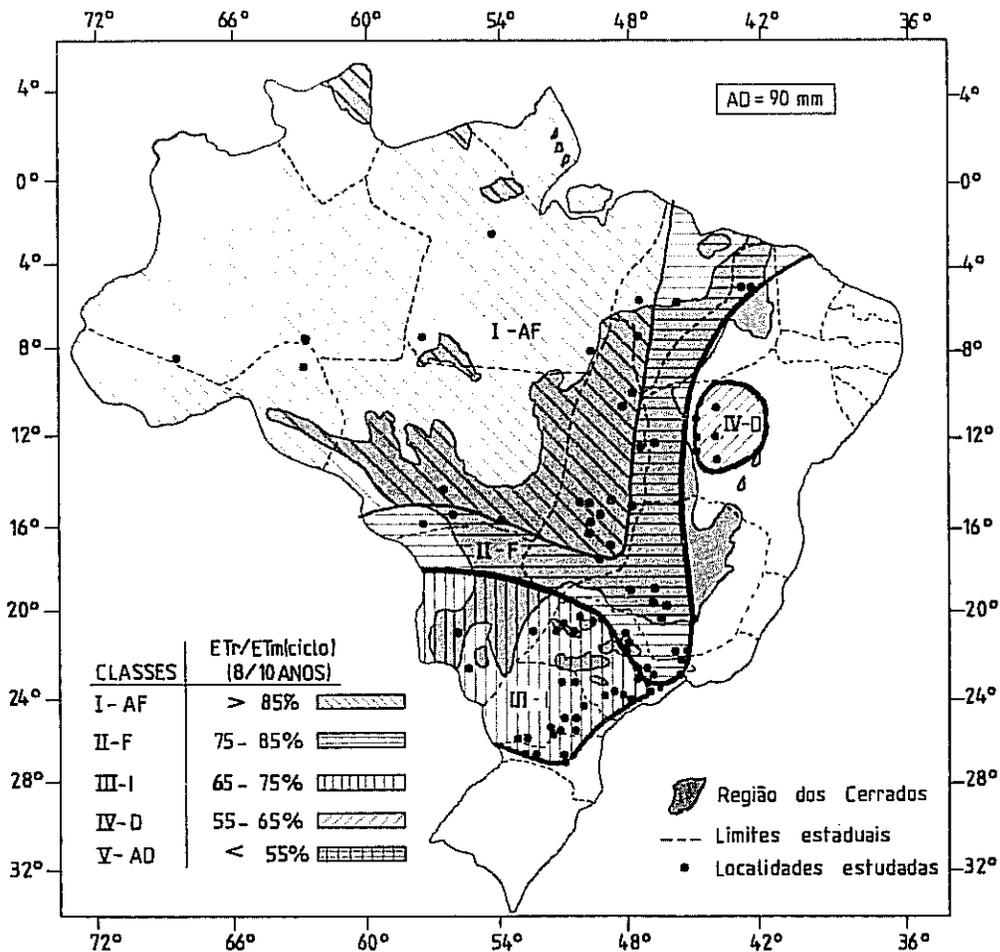


Fig. 6. Classificação agroclimática preliminar do arroz de sequeiro no Brasil, considerando-se uma cultivar de ciclo curto e 90 mm de água disponível no solo (AD). Classe I = AF (Altamente Favorecida)... Classe V = AD (Altamente Desfavorecida).

*Para uma hipótese média de AD (50 mm), uma grande parte da região Norte torna-se altamente favorecida (Fig. 5). A área considerada como favorecida inclui praticamente todo o Estado de Goiás, o sudoeste de Minas Gerais, e os Estados do Mato Grosso e do Maranhão.

*A análise, com uma hipótese de AD de 90 mm (Fig. 6), mostra que a maior parte da região dos cerrados torna-se altamente favorecida, à exceção das áreas central e sul do Mato Grosso do Sul.

*Os resultados obtidos mostram que a classificação agroclimática, atribuída a uma dada localidade, é altamente influenciada pela quantidade de água disponível (AD) para as plantas. Esse incremento da AD, para um determinado tipo de solo, pode ser obtido através de técnicas que permitam um enraizamento mais profundo pela eliminação de possíveis impedimentos físicos (ex.: compactação do solo ou "pé de grade") e/ou químicos (ex.: baixa fertilidade do solo ou toxidez de alumínio, principalmente, nas camadas subsuperficiais).

Stone et al. (1980) mostraram que houve um aumento médio de 11% na produção de arroz devido à subsolagem, em comparação com o preparo convencional (uma aração e duas gradagens). Benatti et al. (1981a, 1981b) verificaram que o melhor preparo do solo para o arroz foi o de duas arações profundas (30 cm) com arado de aiveca. Dados semelhantes também foram obtidos por Seguy (s.d.), os quais mostraram que as técnicas de preparo do solo e, dentre elas, a aração profunda, permitiram um desenvolvimento radicular mais profundo. Os

resultados desse autor mostraram, também, que a rotação de cultura pode interferir decisivamente no aprofundamento do sistema radicular e na produção do arroz de sequeiro.

Outra maneira de aprofundar o sistema radicular do arroz é através da eliminação do alumínio e outros elementos tóxicos e pelo aumento da fertilidade no subsolo.

Estudos feitos com milho mostraram que a incorporação de calcário a 30 cm de profundidade, propiciou um aumento de 30% na produtividade quando comparado com a incorporação superficial (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1976). A incorporação do calcário a essa mesma profundidade resultou num incremento de 15% na produtividade do arroz de sequeiro (Stone et al. 1980). Reyniers et al. (1983) mostraram que a utilização do sulfato de cálcio, num Latossolo Vermelho-Escuro, contribuiu para aprofundar o sistema radicular do arroz até 1,20m. A disponibilidade de água para a cultura, medida até 90 cm de profundidade, foi de aproximadamente 100 mm.

Os resultados deste estudo mostram que, para um mesmo nível de água disponível, há um incremento no risco de deficiência hídrica da cultura nos sentidos norte-sul e noroeste-nordeste (localidades da Bahia). Conseqüentemente, as prioridades da pesquisa, para minimizar o problema, devem ser distintas. Nas regiões com maiores riscos de deficiência hídrica, devem-se buscar alternativas de manejo do solo e da cultura, visando aumentar a disponibilidade de água para as plantas. Nas regiões de menor risco, embora essa característica não deva ser esquecida, ela não é indispensável.

O diagnóstico dos fatores que causam ou interferem na

deficiência hídrica da cultura seria bastante melhorado, se fossem conduzidos estudos multidisciplinares, com a finalidade de determinar o valor real da água disponível para as plantas, para diferentes níveis de tecnologias, nas distintas regiões em que o arroz de sequeiro é cultivado.

3.2.3. Influência da disponibilidade de água no solo sobre o índice E_{Tr}/E_{Tm} , durante a floração

A análise dos resultados para as três hipóteses crescentes de AD mostra uma influência bastante forte desse fator na redução da intensidade da deficiência hídrica durante a fase da floração (Figs. 7, 8 e 9).

Para um nível de 30mm de AD (Fig. 7), apenas nos Estados do Amazonas e Rondônia, oeste do Pará e noroeste do Mato Grosso, observa-se um suprimento adequado de água (classes I e II). Para um nível médio de AD (50 mm), essas áreas estendem-se ao sudeste de Goiás, sudoeste de Minas Gerais e, praticamente, todo o Estado de Mato Grosso.

Por último, observa-se que, para um nível de 90mm, praticamente toda a região dos cerrados é considerada como de baixo risco para a produção do arroz de sequeiro, à exceção das áreas de cerrado situadas ao norte de Minas Gerais, oeste da Bahia e sul do Mato Grosso do Sul. Fora da região dos cerrados, uma situação de baixo risco ocorre, também, no sul de Minas Gerais e na parte nordeste de São Paulo.

Comparando-se esses dados com os obtidos durante todo o ciclo (Figs. 4, 5 e 6), verifica-se que as tendências são

semelhantes. Entretanto, ocorrem situações em que os índices de

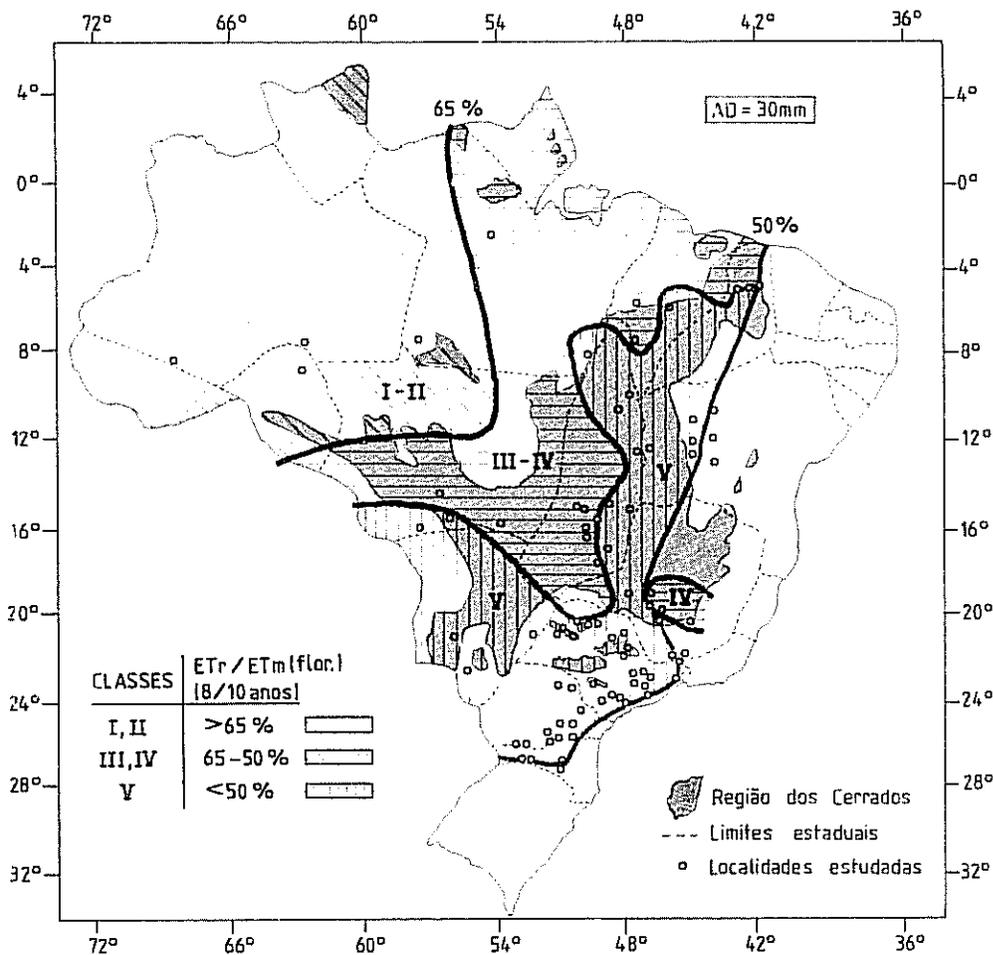


Fig. 7. Índice de satisfação das necessidades de água da planta (ET_r/ET_m), durante o período da floração, para uma cultivar de arroz de sequeiro de ciclo curto (110 dias), considerando-se 30mm de água disponível no solo (AD), em 80 localidades do Brasil.

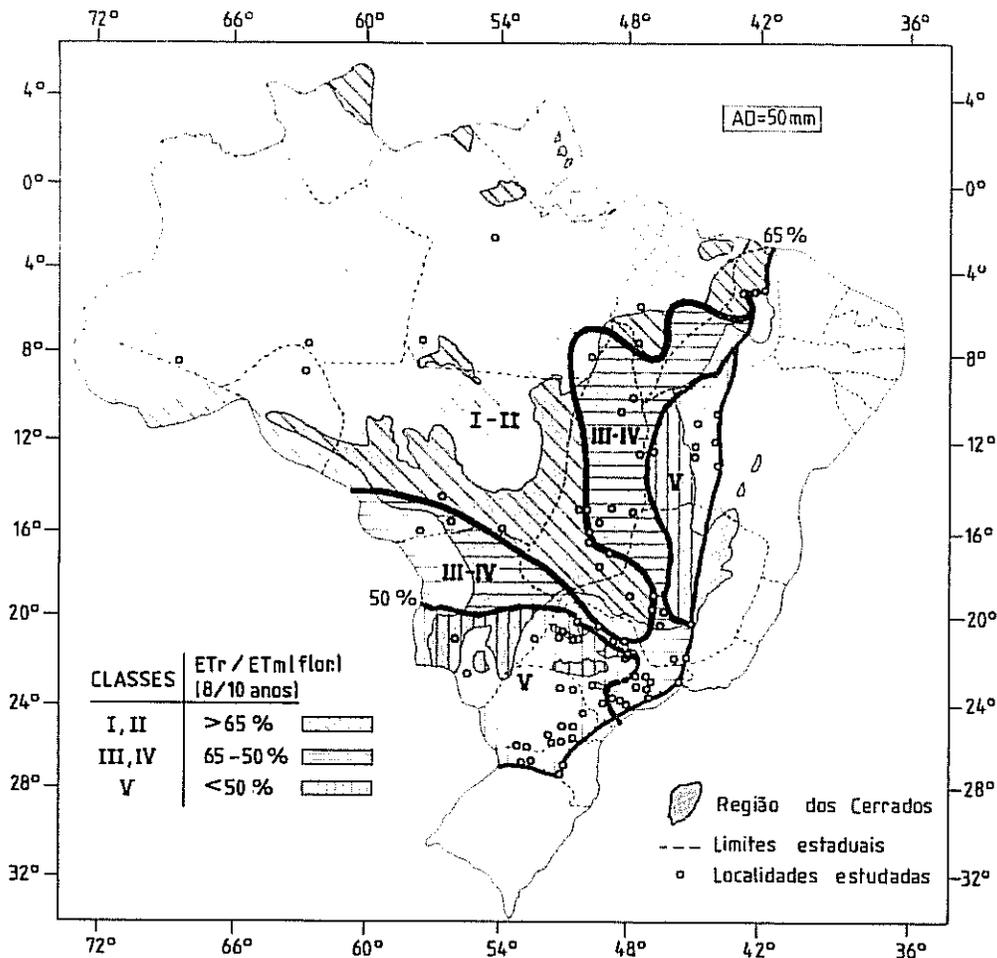


Fig. 8. Índice de satisfação das necessidades de água da planta (ET_r/ET_m), durante o período da floração, para uma cultivar de arroz de sequeiro de ciclo curto (110 dias), considerando-se 50mm de água disponível no solo (AD), em 80 localidades do Brasil.

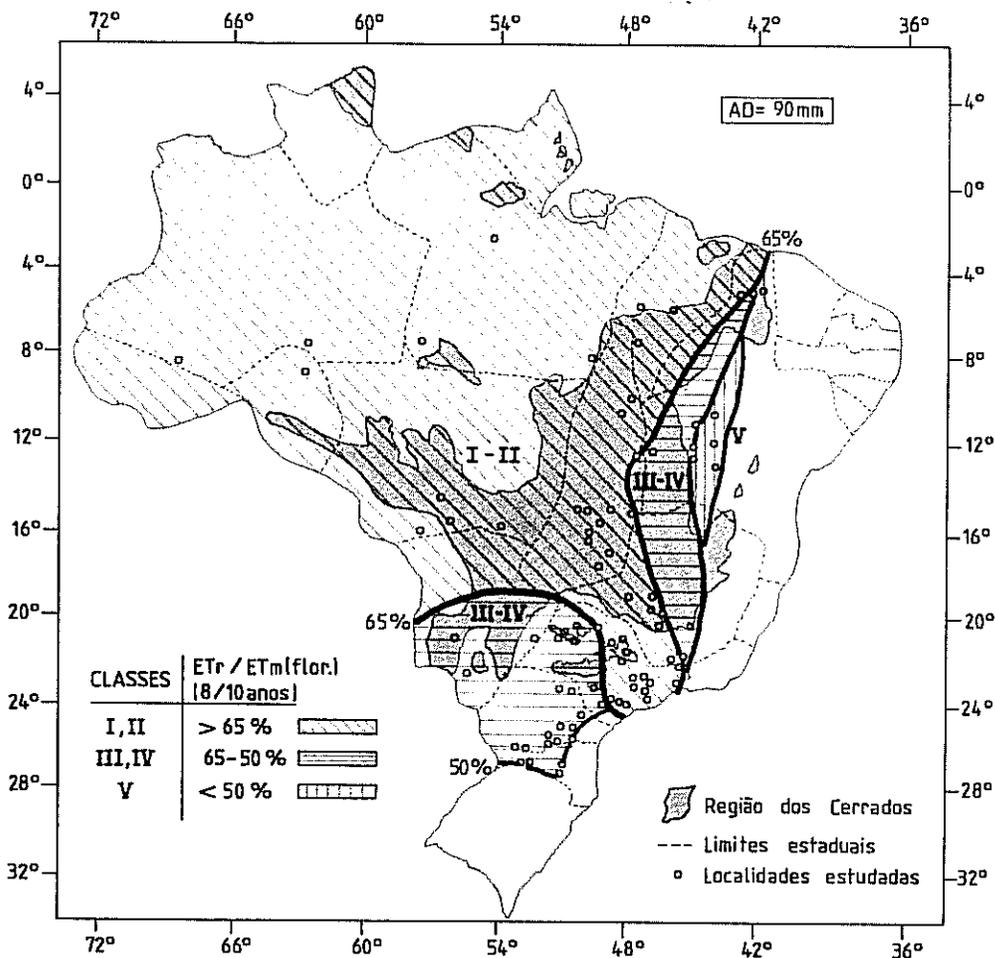


Fig. 9. Índice de satisfação das necessidades de água da planta (ETr/ETm), durante o período da floração, para uma cultivar de arroz de sequeiro de ciclo curto (110 dias), considerando-se 90mm de água disponível no solo (AD), em 80 localidades do Brasil.

ETr/ETm, durante o ciclo e a floração, indicam situações diferenciadas quanto ao risco de deficiência hídrica. Isso mostra que, se levado em consideração, o índice ETr/ETm (floração) poderá aperfeiçoar os critérios de classificação agroclimática, pois a ocorrência de deficiência hídrica, na fase mais sensível da planta, poderá causar grandes decréscimos na produtividade (Matsushima 1962, Salter & Goode 1967).

3.2.4. Variabilidade do índice médio do déficit hídrico acumulado durante o ciclo da cultura

Os resultados da localidade de Goiânia, GO (Tabela 3) mostram que o déficit hídrico é minimizado à medida que aumenta a disponibilidade de água no solo. Utilizando-se o nível de 50 mm de água disponível no solo, verifica-se que, na média dos anos, faltaram 96 mm de chuva, ou de irrigação complementar, para atingir-se a evapotranspiração máxima total da cultura.

A análise dos resultados para as 80 localidades considerando-se um nível intermediário de água disponível no solo (50mm), são mostrados na Fig. 10. Nela, pode-se observar que a maior parte da região dos cerrados é caracterizada por um déficit hídrico inferior a 100 mm. As áreas situadas a leste (Bahia), sudeste (Minas Gerais) e sudoeste (Mato Grosso do Sul), da região dos cerrados, mostram um déficit hídrico entre 100 e 300 mm.

No sul do País, o déficit hídrico é inferior a 200 mm, à exceção de algumas localidades situadas no oeste de São Paulo e Três Lagoas (MS), onde ele ultrapassa esse valor.

Esses resultados devem ser considerados como uma

primeira aproximação, com vistas ao dimensionamento e economicidade da irrigação complementar para o arroz de sequeiro.

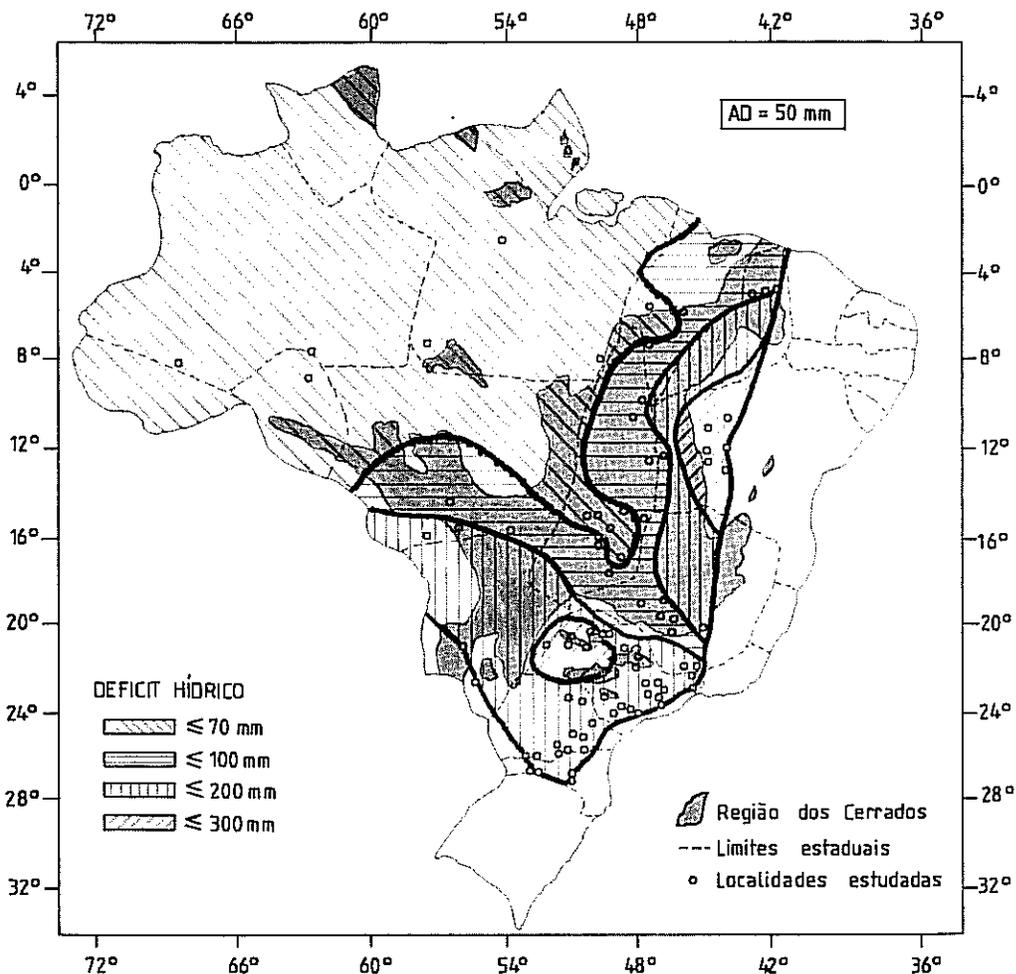


Fig. 10. Níveis de déficit hídrico durante o ciclo de uma cultivar de arroz de sequeiro de ciclo curto (110 dias), considerando-se 50mm de água disponível no solo (AD), em 80 localidades do Brasil.

3.2.5. Variabilidade do índice médio do excesso d'água acumulado durante o ciclo da cultura

Na Tabela 3 são apresentados os índices médios de excesso d'água durante todo o ciclo e para cada uma das quatro fases fenológicas da planta na localidade de Goiânia, GO. Esses dados mostram que há um decréscimo no índice médio de excesso d'água, à medida em que aumenta o nível de disponibilidade de água no solo. Esse comportamento explica-se pelo fato de que, quanto maior a camada do solo explorada pelo sistema radicular, menores as chances de que a água da chuva seja perdida através da drenagem profunda.

O mapeamento da quantidade de água considerada como excedente, para um valor de AD de 50mm, nas 80 localidades estudadas, encontra-se na Figura 11.

Os menores índices de excesso d'água ocorrem nas áreas situadas a leste e ao sul da região dos cerrados e, mesmo assim, são superiores a 300 mm, acumulados ao longo dos 110 dias de ciclo da cultura. A área compreendida entre o Estado de Goiás, o sudoeste de Minas Gerais e a parte central do Estado do Mato Grosso apresenta um índice superior a 500 mm.

As localidades situadas nos Estados do Amazonas, Rondônia, Norte do Mato Grosso e na maior parte do Pará são caracterizados por um excesso de água superior a 600 mm.

Os valores mais baixos são observados nas localidades da Bahia e também naquelas situadas mais ao sul como nos Estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina.

Esses índices de excesso d'água são de fundamental

importância, pois, dependendo da sua magnitude, podem influir, decisivamente, nos níveis de lixiviação de nutrientes no solo. Dados obtidos por Forest & Kalms (1984), com o arroz de sequeiro,

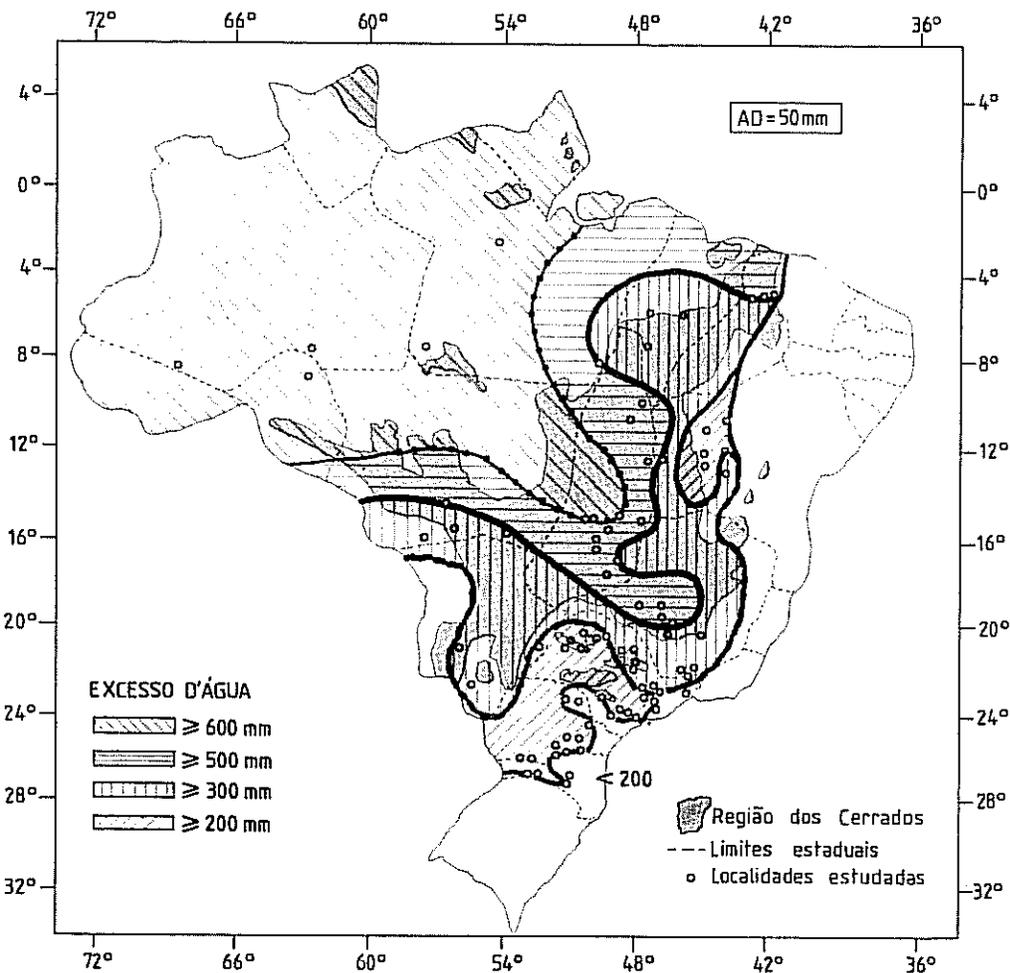


Fig. 11. Níveis de excesso d'água durante o ciclo de uma cultivar de arroz de sequeiro de ciclo curto (110 dias), considerando-se 50mm de água disponível no solo (AD), em 80 localidades do Brasil.

em Bouaké (Costa do Marfim), mostraram que a produtividade foi reduzida em até 50%, quando a drenagem, nos primeiros 50 dias do ciclo, foi três vezes maior que o nível da água disponível no solo.

Espinoza & Reis (1982) concluíram que, em Latossolo Vermelho-Escuro de cerrado, numa cultura de milho, durante a estação chuvosa, as perdas de cálcio, por lixiviação, durante o primeiro ano, foram reduzidas, mas as perdas de potássio e magnésio atingiram 48 e 72%, respectivamente, do aplicado inicialmente. Nesse estudo, o total de precipitação pluviométrica foi de 1.305 mm, e a água perdida por drenagem (medida a 105 cm) foi de 520 mm.

3.2.6. Variabilidade do índice de produtividade esperada

O índice de produtividade esperada (IPE) foi obtido a partir da equação empírica (Eq. 2) proposta por Forest & Reyniers (1985). pelos dados da Tabela 4 verifica-se que o IPE é influenciado pelos níveis de disponibilidade de água no solo (AD) e pelo nível de segurança pretendido. Para um valor de AD de 50 mm pode-se esperar que 8 em cada 10 anos, a produtividade seja maior ou igual a 2131 kg/ha. Numa faixa menor de segurança (5/10 anos por exemplo) poder-se-ia esperar uma produtividade \geq 3036 kg/ha.

Os dados relativos as 80 localidades encontram-se na Fig. 12 a qual mostra que para uma disponibilidade média de água no solo (50 mm), a produtividade esperada em 8 dentre cada 10 anos é superior a 2 t/ha, para uma grande parte da região dos

cerrados, à exceção da sua parte leste e da área situada no sul do Mato Grosso do Sul.

Tabela 4. Efeito da disponibilidade de água no solo sobre o índice de produtividade esperada (IPE) para o arroz de sequeiro, na localidade de Goiânia, GO.

Hipóteses disponibilidade água no solo	Análise frequencial - IPE				
	Valores iguais ou maiores (kg/ha)				
	Min.	8/10	5/10	2/10	Max.
30 mm	822	1479	2126	2473	3442
50 mm	1069	2131	3036	3963	4190
90 mm	1523	3125	4054	4376	4567

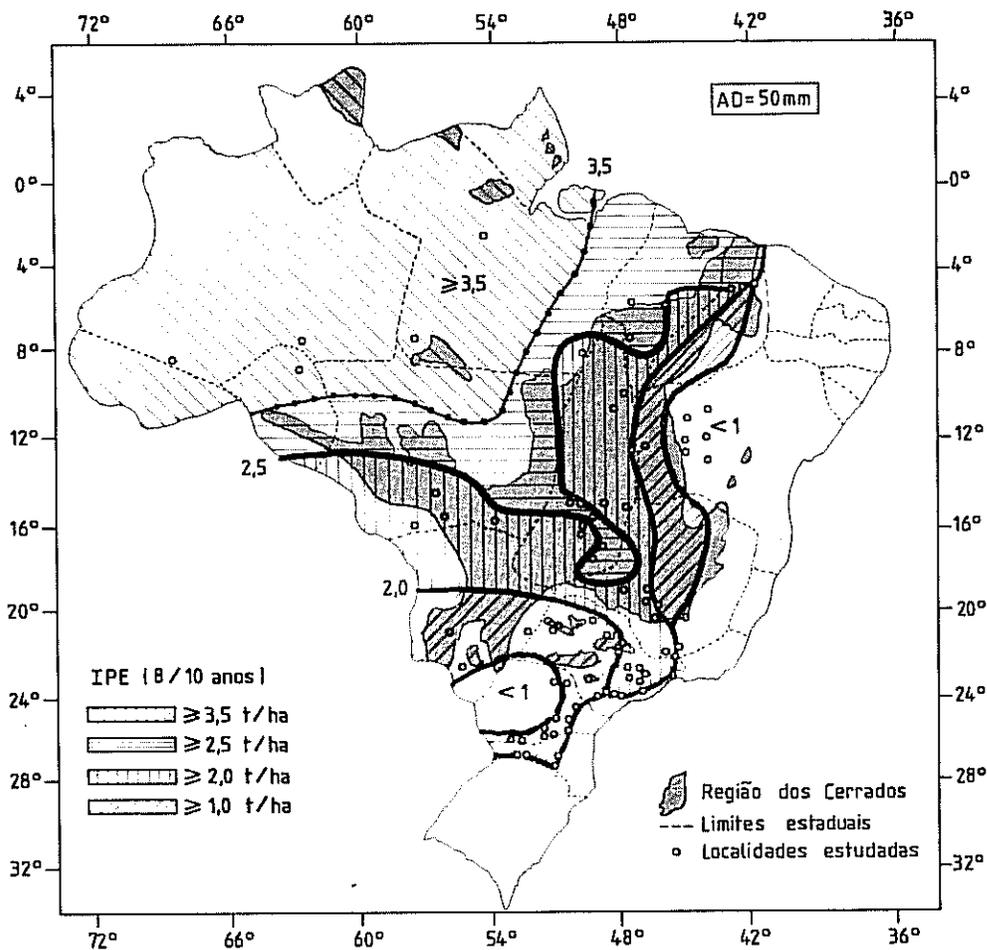


Fig. 12. Índice de produtividade esperada (IPE) para uma cultivar de arroz de sequeiro de ciclo curto (110 dias), considerando-se 50mm de água disponível no solo (AD), em 80 localidades do Brasil.

As mais altas produtividades ($> 3,5$ t/ha) podem ser obtidas no Amazonas, no Pará, no noroeste do Maranhão e numa grande parte de Rondônia.

As produtividades mais baixas (< 1 t/ha) são observadas nas localidades da região sudoeste do Pará e nas localidades estudadas da Bahia.

A nível experimental, tem sido observado que as produtividades do arroz de sequeiro, em regiões consideradas como favorecidas em relação ao regime pluviométrico não são, necessariamente, maiores do que nas regiões desfavorecidas (Steinmetz et al. 1985). Os dados apresentados por Steinmetz et al. (1985) mostram que a produtividade é bastante influenciada pelo nível de fertilidade do solo e pelas características morfológicas das cultivares. A razão básica para essa discordância é que, neste estudo, considerou-se, para todas as localidades, um valor único e hipotético do índice de variedade (IVAR).

Dessa forma, para que se obtenham produtividades estimadas mais representativas, torna-se necessário desenvolver índices regionais de IVAR. Acredita-se que, além da fertilidade do solo e da morfologia das cultivares, esse índice seja bastante influenciado pelos níveis de excesso d'água (lixiviação de nutrientes) e pela disponibilidade de radiação solar.

4. CONCLUSOES

As principais conclusões que se podem tirar deste estudo

são:

- O regime pluviométrico é bastante diferenciado nas distintas regiões e interfere decisivamente nos elementos do balanço hídrico da cultura. Os índices mais elevados de chuva ocorrem nas regiões Norte e Centro-Oeste e os menores nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste. Na maioria das localidades estudadas, as chuvas concentram-se no período de outubro a abril, podendo representar até 95% do total anual. As localidades da região Sul diferenciam-se das demais, por apresentarem índices pluviométricos semelhantes ao longo do ano.
- A ocorrência de estiagens de 6 a 10 dias de duração, no período de janeiro a março, apresenta um incremento nos sentidos do norte-sul e noroeste-nordeste.
- A metodologia do balanço hídrico utilizada permite calcular os índices básicos que caracterizam o estado de seca ou de satisfação das necessidades de água da cultura e, com isso, possibilita avaliar a influência dos fatores solo, clima e planta nesses índices. Os resultados mostram que a quantidade de água disponível no solo e a época de plantio interferem significativamente nos principais parâmetros do balanço hídrico.
- Para valores semelhantes de água disponível no solo, ocorre um incremento no risco de deficiência hídrica durante o ciclo e a floração, nos sentidos norte-sul e noroeste-nordeste do país. Por outro lado, níveis diferenciados de disponibilidade de água no solo interferem, decisivamente, na classificação agroclimática

atribuída a uma dada localidade ou região.

- Os índices de excesso d'água superiores a 500mm durante o ciclo da cultura, na maior parte das regiões Norte e Centro-Oeste sugerem que a perda, por lixiviação, de alguns elementos nutritivos para a planta (Ex.: Nitrogênio, Potássio, Cálcio, Magnésio, etc.), pode interferir no aproveitamento do fertilizante aplicado.
- A escolha das épocas de plantio mais apropriadas pode exercer um papel de destaque em relação ao aproveitamento das características do regime pluviométrico de uma localidade ou região.

5. CONSEQUÊNCIAS

5.1. Consequências para a pesquisa agronômica

Os resultados obtidos neste estudo podem ser úteis na orientação dos programas de pesquisa envolvidos com os aspectos hídricos da cultura. Esses resultados sugerem, por exemplo, que, nas regiões de maior risco de deficiência hídrica, a ênfase da pesquisa deveria ser no manejo do solo e da planta, visando aumentar a disponibilidade de água ou diminuir a sua perda.

Por outro lado, em áreas em que o risco de deficiência hídrica é menor (ex.: região Norte), a ênfase deveria ser em outras linhas de pesquisa (ex.: manejo da adubação em função dos altos níveis de drenagem e busca de cultivares adaptadas aos altos índices pluviométricos e baixos níveis de radiação solar).

Os resultados mostraram a importância dos níveis de água

disponível para as plantas (AD) não apenas na diminuição dos riscos de deficiência hídrica, como em todos os parâmetros do balanço hídrico. Como esses resultados foram obtidos para valores hipotéticos de AD, existe a necessidade de caracterizar melhor esse parâmetro em condições de campo, nas distintas regiões. Esse trabalho exige um esforço multidisciplinar de pesquisa para avaliar, de uma maneira global, as interações existentes entre o clima, o solo, a planta e o manejo desses fatores.

5.2. Consequências para o desenvolvimento da cultura

Embora os resultados deste estudo, notadamente aqueles relacionados com a classificação agroclimática preliminar, não permitam o seu uso imediato 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), estes resultados sugerem que a metodologia utilizada poderia servir de base para a realização de futuros estudos visando estabelecer um zoneamento agroedafoclimático, com essa finalidade.

Os resultados obtidos sugerem duas alternativas básicas para aumentar e/ou estabilizar a produtividade dessa cultura, principalmente na regiões de maior risco de deficiência hídrica.

5.2.1. A curto prazo - o plantio nas épocas mais apropriadas

Os resultados obtidos (e relatados principalmente no Volume II), servem como indicação preliminar das épocas de

plântio mais recomendadas. Entretanto, estudos mais detalhados devem ser feitos, procurando-se avaliar o efeito das épocas de plântio e do ciclo da cultura no suprimento de água para as plantas, particularmente, durante os períodos mais críticos à deficiência hídrica. Um trabalho nesse sentido foi desenvolvido por Steinmetz & Forest (1986), para 20 localidades do Estado de Goiás.

5.2.2. A médio prazo - o uso de técnicas de preparo e correção do solo e de cultivares que propiciem o aprofundamento do sistema radicular

A adoção dessas técnicas deve contribuir para aumentar a disponibilidade de água para as plantas, diminuindo, conseqüentemente, o risco de deficiência hídrica.

Por outro lado, os níveis de excesso d'água evidenciados neste estudo devem ser considerados quando se pretende otimizar a adubação. Essa preocupação é válida, principalmente, para as localidades da região Norte e, da maior parte da área dos cerrados, onde o excesso d'água foi superior a 500 milímetros.

Dado o grande interesse dos produtores pela irrigação, nos últimos anos, a utilização da irrigação complementar também pode ser considerada como uma alternativa para aumentar a produtividade e/ou diminuir a instabilidade da cultura. Embora sejam necessários estudos mais detalhados, o presente trabalho fornece alguns subsídios para a irrigação, através a estimativa dos totais de déficit hídrico, nas distintas regiões.

NOTA: Os dados básicos utilizados neste trabalho serão publicados num segundo volume. Dado ao seu grande número de páginas, essa publicação terá uma tiragem limitada. Entretanto, os interessados nos dados específicos, para uma dada localidade e/ou região, poderão solicitá-la ao Setor de Publicações do CNPAF/EMBRAPA.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; ARRUDA, H.V. de. Frequência de veranicos em regiões rizícolas do Estado de São Paulo. In: REUNIAO DE TÉCNICOS EM RIZICULTURA DO ESTADO DE SAO PAULO, 1., Campinas, SP, 1979. Anais. Campinas, CATI, 1979. p.147-51.
- ARRUDA, H.V. de; PINTO, H.S.; ALFONSI, R.R. Probabilidade de estiagens nos meses de janeiro e fevereiro na região de Campinas (SP). In: REUNIAO DE TÉCNICOS EM RIZICULTURA DO ESTADO DE SAO PAULO, 1., Campinas, SP, 1979. Anais. Campinas, CATI, 1979. p.143-5.
- BENATTI, R.; FRANÇA, G.V.; FREIRE, O. Influência do tipo de arado, da profundidade e da intensidade de aração sobre a produção de culturas anuais. II. Em solo podzólico vermelho-amarelo orto. Engenharia Agrícola, Botucatu, 5(2):15-20, 1981a.
- BENATTI, R.; FREIRE, O.; FRANÇA, G.V. Influência do tipo de arado, da profundidade e da intensidade de aração sobre a produção de culturas anuais. I. Em latossolo roxo. Engenharia Agrícola, Botucatu, 5(2):3-13, 1981b.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Geral. Subsecretaria de Planejamento e Orçamento. Áreas de concentração da agricultura brasileira. Brasília, 1978. v.3.

CAMARGO, A.P.; 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., Brasília, 1976. IV Simpósio sobre o Cerrado; bases para utilização agropecuária. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia, 1977. p.89-120. (Reconquista do Brasil, 28).

DOORENBOS, J. & KASSAM, A.H. Yield response to water. Roma, FAO, 1979. 193p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).

EAGLEMAN, A.M. An experimentally derived model for actual evapotranspiration. Agric. Meteorol., 8:385-94, 1971.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Brasília, DF. Relatório Técnico Anual. Brasília, 1976. 150p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Departamento Técnico-Científico, Brasília, DF. Programa Nacional de Pesquisa de Arroz. Brasília, EMBRAPA-DID, 1981. 69p.

ESPINOZA, W.G. & REIS, A.E.G. dos. Lixiviação de Ca, K e Mg em um Latossolo Vermelho-Escuro (LVE) de cerrados. I. Magnitude e variabilidade do fenômeno na época chuvosa. Pesq. agropec. bras., Brasília, 17(2):299-317, 1982.

FOREST, F. Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales
presentation et utilisation du logiciel BIP. s.l., Dividison
Recherche - Developpement Economie - Valosisation de l'eau,
1984. 61p.

FOREST, F. & KALMS, J.M. Influence du régime d'alimentation en
eau sur la production du riz pluvial; simulation du bilan
hydrique. L'Agron. Trop., Paris, 39(1):42-50, 1984.

FOREST, F. & REYNIERS, F.N. Proposals for the classification of
agroclimatic situations of upland rice in terms of water
balance. s.n.t. 23p. Paper presented at the 2nd
International Upland Rice Conference, Jakarta, Indonésia,
March 1985.

FOREST, F. & VALET, S. Cartographie des potentialites de la
riziculture pluviale stricte en Cote d'Ivoire en fonction des
conditions de sol et d'enracinement. s.l., IRAT-GERDAT, s.d.
20p.

FRANQUIN, P. & FOREST, F. Des programmes pour l'évaluation et
l'analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique. L'Agron.
Trop., Paris, 32(1):7-11, 1977.

HANCOCK, J.K.; HILL, R.W.; HARGREAVES, G.H. Potential
evapotranspiration and precipitation deficits for tropical
America. Cali, CIAT, 1979. 105p.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONOMICO E SOCIAL, Brasília, DF.

Variações climáticas e flutuações da oferta agrícola no Centro-Sul do Brasil. Brasília, 1972. 2v.

JACCON, G. Etudes des precipitation annuelles de l'Etat de la Paraíba; homogenisation et analyse régionale-repport ORSTOM-SUDENE. s.l., s.ed., 1980. n.p.

KALMS, J.N. L'evapotranspiration réelle maxima (ETm) du riz pluvial en région centre de Cote L'Ivoire. Bouaké, Institut des Savanes/Department des Cultures Vivrières/Division d'Agronomie, 1980. 15p.

LOPES, A.S. Solos sob "cerrado"; características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 1983. 162p.

MATSUSHIMA, S. Some experiments on soil-water-plant relationship in rice. Malaya, Kuala Lumpur, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 1962. 35p.

OHNO, Y.; OKUYAMA, L.A.; MARUR, C.J. Report on the physiological study an factors limiting growth and yield of upland rice in Paraná, Brazil. s.l., IAPAR/Tropical Agriculture Research Center, 1980. 167p.

REYNIERS, F.N.; STEINMETZ, S.; FOREST, F. Impact de l'enracinement et de la reserve en eau utile sur la productivite du riz pluvial au Brésil. s.n.t. 10p. Trabalho apresentado no Seminário: Impacto das Relações Solo x Água x Planta sobre a Intensificação da Agricultura de Sequeiro nos Cerrados, Planaltina, DF. 1983.

SALTER, P.J. & GOODE, J.E. Crop response to water at different stages of growth. Farnhal Royal, Bucks, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1967. 246p.

SEGUY, L. Systemes de production a base de riz pluvial en milieu experimental controlé. Rapport Annuel du Projet de Cooperation Systems de Production a base de Riz Pluvial: année agricole 1984/1985. Goiânia, s.d. p.9-75.

STEINMETZ, S. Evapotranspiração máxima e coeficientes de cultura para uma cultivar de ciclo curto de arroz de sequeiro na região de Goiânia (GO). s.n.t. n.p. Resumo apresentado no 4o. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Londrina, PR, 1985.

STEINMETZ, S. & FOREST, F. Caracterização das épocas de plantio mais apropriadas para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1986. 31p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 22).

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 s.n.t. 14p. Trabalho apresentado na
International Upland Rice Conference, Jakarta, Indonésia,
1985.

STEINMETZ, S.; REYNIERS, F.N.; LIU, W.T.H. Favorable rainfall
periods in upland rice regions of Brazil. In: UPLAND RICE
WORKSHOP, Bouaké, Ivory Coast, 1982. An overview of upland
rice research; proceedings. Los Baños, IRRI, 1984. p.275-81.

STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos; STEINMETZ, S. Influência de
práticas culturais na capacidade de retenção de água do solo e
no rendimento do arroz de sequeiro. Pesq. agropec. bras.,
Brasília, 15(1):63-8, 1980.

7 - A N E X O S

RELAÇÃO DAS LOCALIDADES ESTUDADAS

Região e Estado	Município	Estação	Coordenadas geográficas		
			Latitude	Longitude	Altitude
NORTE					
AM	Boca ao Acre	Serungal da Caridade	09°02' S	68°34' W	-
AM	Humaitá	Humaitá	07°31' S	63°02' W	75m
PA	Conceição do Araguaia	Conceição do Araguaia	08°16' S	49°17' W	150m
PA	Itaituba	Alto Tapajós	07°21' S	57°31' W	125m
PA	Santarém	Taperinha	02°32' S	54°17' W	20m
RO	Porto Velho	Porto Velho (M. Relig.)	08°46' S	63°55' W	128m
NORDESTE					
BA	Barreiras	Barreiras	12°49' S	44°54' W	435m
BA	Cotegipe	Cotegipe	12°02' S	44°16' W	484m
BA	Formosa do R. Preto	Formosa do R. Preto	11°03' S	45°12' W	491m
BA	Santana do Brejo	T. do Brejo Velho	12°59' S	44°03' W	580m
BA	São Desidério	Sítio Grande	12°26' S	45°05' W	536m
BA	Santa Rita de Cássia	Mansidão	10°43' S	44°02' W	536m
MA	Carolina	Carolina	07°20' S	47°28' W	-
MA	Grajaú	Grajaú	05°49' S	46°08' W	163m
MA	Imperatriz	Imperatriz	05°32' S	47°29' W	123m
PI	Campo Maior	Campo Maior	04°49' S	42°11' W	125m
PI	Teresina	Teresina	05°05' S	42°49' W	74m
CENTRO-OESTE					
GO	Formosa	Formosa	15°32' S	47°20' W	912m
GO	Goiânia	Goiânia	16°41' S	49°16' W	729m

...

Continuação

Coordenadas geográficas

Região e Estado	Município	Estação	Latitude	Longitude	Altitude
CENTRO-OESTE					
GO	Goiás	Goiás	15°15'S	50°55'W	495m
GO	Inhumas	Inhumas	16°08'S	49°30'W	-
GO	Jaraguá	Jaraguá	15°01'S	49°55'W	-
GO	Morrinhos	Morrinhos (SANEAGO)	17°06'S	49°08'W	753m
GO	Orizona	Orizona	17°02'S	48°23'W	-
GO	Paraná	Paraná (Palma)	12°33'S	47°51'W	275m
GO	Pirenópolis	Pirenópolis	15°31'S	48°48'W	740m
GO	Porto Nacional	Porto Nacional	10°43'S	48°25'W	237m
GO	Taguatinga	Santa M. Taguatinga	12°24'S	46°27'W	650m
MS	Ponta Porã	Ponta Porã	22°32'S	55°37'W	65m
MS	Três Lagoas	Três Lagoas	20°47'S	51°42'W	313m
MT	Aquidauana	Aquidauana	20°58'S	55°48'W	207m
MT	Cuiabá	Cuiabá (M. Relig.)	15°36'S	56°06'W	172m
MT	Diamantino	Diamantino (M. Relig.)	14°24'S	56°27'W	286m
MT	Cáceres	S. Luis Cáceres (M. Relig.)	16°04'S	57°41'W	118m
MT	General Carneiro	Sangradouro (Pto. Murt.)	15°39'S	53°54'W	646m
SUDESTE					
MG	Araxá	Araxá (DMMET)	19°35'S	46°54'W	950m
MG	Bambuí	Faz. Ajudas	20°10'S	46°25'W	750m
MG	Conc. do Rio Verde	Conc. do Rio Verde	21°54'S	45°05'W	850m
MG	Carmo do Paranaíba	Carmo do Paranaíba	18°59'S	46°49'W	1067m
MG	Estrela do Sul	Estrela do Sul	18°45'S	47°41'W	461m
MG	Lamoniér	Lamoniér	20°38'S	45°02'W	753m
MG	Monsenhor Paulo	Monsenhor Paulo	21°46'S	45°52'W	810m
MG	Tapiraí	Tapiraí (Jusante)	19°53'S	46°46'W	670m

Continuação

Região e Estado	Município	Estação	Coordenadas geográficas		
			Latitude	Longitude	Altitude
MG	Varginha	Usina Varginha	21°46'S	45°32'W	810m
SP	Amparo	Amparo	22°42'S	46°47'W	653m
SP	Angatuba	Campina Monte Alegre	23°36'S	48°29'W	568m
SP	Andradina	Matadouro Est. da NDB	20°54'S	51°23'W	360m
SP	Araraquara	Usina Chibarro	21°53'S	48°05'W	600m
SP	Bragança Paulista	Rio Abaixo	22°53'S	46°39'W	790m
SP	Buri	Buri	23°48'S	48°35'W	563m
SP	Capivari	Capivari	22°59'S	47°30'W	-
SP	Capão Bonito	Cerradinho	23°58'S	48°16'W	600m
SP	Icê	Usina Marimbondo	20°19'S	49°12'W	395m
SP	Itatiba	Itatiba	22°58'S	46°51'W	-
SP	Itapeva	Itapeva	23°57'S	48°56'W	-
SP	Jaguariuna	Jaguariuna	22°42'S	47°00'W	-
SP	Mirandópolis	Terc. Aliança (Coop.)	20°57'S	51°02'W	398m
SP	Morro Agudo	Estação Tratamento D'Água	20°44'S	48°04'W	-
SP	Pereira Barreto	Lussanvira	20°41'S	51°06'W	270m
SP	Piracicaba	Piracicaba	22°42'S	47°39'W	-
SP	Pirapora B. Jesus	Usina Rasgão	23°23'S	47°02'W	650m
SP	Piraju	Piraju	23°10'S	49°23'W	475m
SP	Ribeirão Preto	Ponte Guatapara	21°30'S	48°02'W	480m
SP	Terra Roxa	Terra Roxa (CPEF)	20°58'S	48°20'W	478m
SP	Urânia	Sítio Colônia	20°15'S	50°39'W	423m

SUESTE

Continuação

			Coordenadas geográficas		
Região e Estado	Município	Estação	Latitude	Longitude	Altitude
SUL					
PR	Andirá	Ingá	23°05'S	50°17'W	375m
PR	Coronel Vivida	Porto Palmeirinha	26°02'S	52°40'W	560m
PR	General Carneiro	Jangada	26°22'S	51°15'W	800m
PR	Guarapuava	Guarapuava	25°38'S	51°58'W	740m
PR	Pato Branco	Ponte do Vitorino	26°03'S	52°48'W	550m
PR	Porto Vitória	Rio Espingarda	26°10'S	51°13'W	790m
PR	Ponta Grossa	Eng. Rosalvo Leitão	24°57'S	50°23'W	780m
PR	Prudentópolis	Rio dos Patos	25°12'S	50°56'W	690m
PR	Santa Mariana	Ponte Santa Terezinha	23°06'S	50°27'W	340m
PR	São Mateus do Sul	São Mateus do Sul	25°52'S	50°26'W	760m
PR	Wenceslau Braz	PVPSC	23°52'S	49°49'W	750m
SC	Capinzal	Rio Capinzal	27°21'S	51°37'W	447m
SC	Videira	Perdizes	27°00'S	51°09'W	693m
SC	Xanxerê	Rui Barbosa	26°51'S	52°24'W	841m
SC	Xaxim	Porto Elvino	26°47'S	52°40'W	400m

