

ISSN 1678-9644

Janeiro, 2017

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Arroz e Feijão

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Documentos 312

Início dos Estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil

Sílvio Steinmetz

Sílvando Carlos da Silva

Embrapa Arroz e Feijão

Santo Antônio de Goiás, GO

2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12, Zona Rural
Caixa Postal 179
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (062) 3533-2238
Fax: (062) 3533-2100
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê de Publicações

Presidente: *Lineu Alberto Domiti*
Secretário-executivo: *Pedro Marques da Silveira*
Membros: *Aluísio Goulart Silva, Ana Lúcia Delalibera de Faria, Élcio Perpétuo Guimarães, Luciene Fróes Camarano de Oliveira, Luís Fernando Stone, Márcia Gonzaga de Castro Oliveira, Orlando Peixoto de Moraes, Roselene de Queiroz Chaves*

Supervisão editorial: *Luiz Roberto Rocha da Silva*
Revisão de texto: *Henrique César de Oliveira Ferreira*
Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria e Riquelma de Sousa de Jesus*
Tratamento de ilustrações: *Fabiano Severino*
Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

On-line (2017)

Todos os direitos reservados.

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

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

Steinmetz, Sívio.

Início dos estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil / Sívio Steinmetz e Silvando Carlos da Silva. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2017.

27 p. - (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644 ; 312)

1. Arroz sequeiro. 2. Zoneamento agrícola. 3. Zoneamento climático.

4. História. 5. Brasil. I. Silva, Silvando Carlos da. II. Título. III. Embrapa Arroz e Feijão. IV. Série.

CDD 630.2515 (21. ed.)

© Embrapa 2017

Autores

Sílvia Steinmetz

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências da
Água e Manejo, pesquisador da
Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Silvando Carlos da Silva

Engenheiro-agrícola, mestre em Agrometeorologia,
pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão,
Santo Antônio de Goiás, GO

Sumário

Introdução	7
Razões para se elaborar um Zoneamento de Risco Climático (ZRC) mais apropriado para as características da cultura de arroz de sequeiro no Brasil	9
Síntese dos trabalhos desenvolvidos	11
Caracterização do regime pluvial em regiões produtoras de arroz de sequeiro no Brasil	11
Distribuição das chuvas ao longo do ano para períodos de cinco dias... 11	
Frequência de estiagens (veranicos)	11
Períodos favoráveis de chuva	12
Simulação do balanço hídrico para fins de zoneamento de risco climático do arroz de sequeiro no Brasil	14
Simulação do balanço hídrico para fins de zoneamento de risco climático em função da época de semeadura do arroz de sequeiro nos estados de Goiás e Mato Grosso	15
Consequências dos trabalhos sobre Zoneamento de Risco Climático desenvolvidos na Embrapa Arroz e Feijão nos anos 1980	17
Como orientador de prioridades do Programa Nacional de Pesquisa de Arroz (PNP Arroz) em função do risco climático.....	17
Como referência para os trabalhos iniciais de Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (ZARC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.....	19

Como indutor para os novos termos utilizados em nível internacional, para classificar ambientes de cultivo de arroz de sequeiro	19
Importância da parceria Embrapa Arroz e Feijão com o IRAT/Cirad ...	22
Considerações finais	23
Referências	23

Início dos Estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil

Sílvio Steinmetz

Silvando Carlos da Silva

Introdução

Nos anos 1980, cerca de 60% da produção de arroz no Brasil eram oriundas do sistema de sequeiro que, por ser dependente do regime pluvial, tornava a produção brasileira de arroz muito instável (EMBRAPA, 1981).

Na época, os trabalhos sobre Zoneamento Agroclimático para o arroz de sequeiro no Brasil não permitiam interpretação adequada do problema das estiagens (veranicos), pois utilizavam o Balanço Hídrico Mensal (CAMARGO et al., 1977). Em razão disso, a Embrapa Arroz e Feijão, à época denominada Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), desenvolveu estudos que caracterizavam tanto o regime pluvial e os termos de um balanço hídrico, para períodos de cinco dias, em 80 localidades produtoras de arroz de sequeiro no Brasil, permitindo identificar regiões com menor risco climático (Favorecidas) e com maior risco climático (Desfavorecidas) (STEINMETZ et al., 1988), como os períodos mais favoráveis de semeadura para o Estado de Goiás (STEINMETZ; FOREST, 1986).

Ao conhecer esses trabalhos em sua visita ao CNPAF, em agosto de 1990, o então ministro da agricultura, Antônio Cabrera Mano Filho, decidiu utilizá-los como instrumento do Ministério da Agricultura, Abastecimento e

Reforma Agrária, para diminuir as coberturas do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) com o arroz de sequeiro, e recomendou elaborar o zoneamento agroclimático, numa primeira etapa, com ênfase para os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso e Maranhão.

Em decorrência dessa solicitação do ministro da agricultura, foi publicado, em 1995, o Zoneamento Agroclimático para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás (SILVA et al., 1995), elaborado em parceria entre a Embrapa Arroz e Feijão e a Embrapa Cerrados, com o apoio de outras instituições e contando, na sua fase inicial, com a assessoria da Embrapa Clima Temperado. Esse trabalho serviu de embasamento para um programa mais amplo desenvolvido pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento, a partir da safra 1995/1996, sob a coordenação da Secretaria da Comissão Especial de Recursos (CER/Proagro). Esse programa contou, na sua fase inicial, com a participação de várias equipes de Agrometeorologia das diferentes unidades da Embrapa, bem como de instituições de pesquisa estaduais e universidades. O trabalho, denominado de Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (ZARC), completou 20 anos em 2016 e tem sido usado, com sucesso, não apenas para coberturas do Proagro, mas também como um instrumento indutor de políticas públicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (ROSSETTI, 2001).

Outro aspecto a ressaltar é que esses estudos do regime pluvial e do balanço hídrico foram utilizados na definição de diretrizes e de prioridades de pesquisa do Programa Nacional de Pesquisa de Arroz (PNP Arroz) (EMBRAPA, 1981), visando ao desenvolvimento de tecnologias apropriadas para o arroz de sequeiro, cultivado tanto em áreas de maior como de menor risco climático.

Por último, destaca-se que, também nos anos 1980, a participação de pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão em eventos sobre o arroz de sequeiro, promovidos especialmente pelo Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz (IRRI), teve papel de destaque no sentido de que as instituições nacionais de outros países e os Centros Internacionais de Pesquisa passassem a considerar, de forma mais explícita, o desenvolvimento de

genótipos e/ou tecnologias compatíveis com o grau de risco climático envolvido, ou seja, adotando os termos Favorecido e Desfavorecido.

O objetivo deste documento foi resgatar, ao menos em parte, os trabalhos desenvolvidos pela Embrapa Arroz e Feijão nos anos 1980, sob os três aspectos previamente citados, quais sejam, como subsídio para os trabalhos relacionados com o Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (ZARC), como orientador na definição de diretrizes e de prioridades de pesquisa do Programa Nacional de Pesquisa de Arroz (PNP Arroz) e, como indutor para que as instituições internacionais de pesquisa passassem a utilizar os termos Favorecido e Desfavorecido na caracterização dos ambientes em que o arroz de sequeiro era cultivado em diferentes regiões do mundo.

Razões para se elaborar um Zoneamento de Risco Climático (ZRC) mais apropriado para as características da cultura de arroz de sequeiro no Brasil

Nos anos 1980, a maior parte da produção de arroz no Brasil era oriunda do sistema de sequeiro, hoje também chamado de “terras altas”. Na safra agrícola 1978/1979, por exemplo, cerca de 60% da produção de 7,6 milhões de toneladas, foram oriundas dos estados de Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Paraná, onde predominava o sistema de sequeiro, que era muito dependente do regime pluvial (EMBRAPA, 1981). Por essa razão, a produção brasileira de arroz era muito instável.

Essa instabilidade decorria não apenas da incidência de estiagens (veranicos), mas também pelo fato de os solos da região do Cerrado, onde era cultivada a maior parte do arroz de sequeiro, terem baixa capacidade de água disponível e baixa fertilidade natural (ESPINOZA et al., 1982). Além disso, o nível de tecnologia empregado era baixo, pelo fato de o arroz de sequeiro ser utilizado como “cultura desbravadora de novas áreas”. Como consequência disso, a cultura era considerada a

segunda de maior risco no país, sendo superada apenas pelo trigo, em termos de desembolso do Proagro (STEINMETZ, 1986).

Dos trabalhos de Zoneamento Agroclimático ou de Aptidão Climática para o arroz de sequeiro no Brasil destacavam-se aqueles elaborados pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC), para o Estado de São Paulo e mesmo para todo o Brasil (CAMARGO et al., 1977). Vários outros Estados também dispunham do zoneamento para o arroz de sequeiro, os quais utilizavam a mesma metodologia empregada pelo IAC. No que diz respeito ao regime hídrico, utilizava-se o balanço hídrico mensal de Thornthwaite e Mather (1955). Esses trabalhos eram válidos como primeira aproximação e constituíam-se em ferramentas importantes para se fazer planejamento global de localização de culturas, visando à exploração agrícola. Entretanto, por serem feitos em base mensal, não permitiam interpretação adequada do problema das estiagens.

Alguns trabalhos foram feitos para períodos menores (dez dias), mas consideravam apenas a probabilidade de ocorrência de uma determinada quantidade de chuva (ALFONSI et al., 1979; STEINMETZ et al., 1984). Os resultados obtidos por esses autores evidenciaram a necessidade de se realizar estudos visando a avaliar os riscos de deficiência hídrica do arroz de sequeiro pela utilização de modelos de balanço hídrico que considerassem os principais parâmetros do clima, do solo e da planta. Esses estudos deveriam considerar também períodos menores, como cinco dias, por exemplo.

Em razão do exposto, de acordo com Steinmetz (1986), o desafio era elaborar um Zoneamento Agroclimático que atendesse às necessidades de três segmentos:

- O produtor, para que ele tivesse ciência do grau de risco climático que estaria enfrentando, em função das características da sua região/propriedade, podendo optar por outra (s) cultura (s) que fossem mais apropriadas, se fosse o caso;
- O Governo, para que o zoneamento pudesse ser utilizado como ferramenta para estabelecer políticas de produção, em função de normas de crédito rural e seguro agrícola (Proagro);

- A Pesquisa, porque seria indicado o grau de risco a que a cultura estaria exposta e forneceria subsídios para orientar quanto às linhas de pesquisa prioritárias para uma dada região.

Mais detalhes sobre as razões para se elaborar um ZRC apropriado para o arroz de sequeiro encontram-se em Steinmetz (1986), fruto de um painel apresentado na 2ª Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz, realizada em Goiânia, GO, em fevereiro de 1980.

Síntese dos trabalhos desenvolvidos

Caracterização do regime pluvial em regiões produtoras de arroz de sequeiro no Brasil

Distribuição das chuvas ao longo do ano para períodos de cinco dias

A primeira etapa do trabalho desenvolvido pelo Laboratório de Agrometeorologia do CNPAF, consistiu em fazer a caracterização do regime pluvial das distintas regiões produtoras de arroz de sequeiro do Brasil. Foram selecionadas 80 localidades, em função da importância da produção de arroz no município ou na microrregião homogênea (BRASIL, 1978) e da disponibilidade de séries de dados de chuva. Foi caracterizada a distribuição das chuvas, para períodos de cinco dias, ao longo do ano. Os resultados mostraram que existe acentuada diferença entre as localidades, tanto em relação ao total anual de chuva quanto à sua distribuição ao longo do ano (STEINMETZ et al., 1988).

Frequência de estiagens (veranicos)

Steinmetz et al. (1988) avaliaram, também, a frequência de períodos de estiagem de duração variável, de janeiro a março, período em que, na maioria das áreas cultivadas, as lavouras encontram-se na fase reprodutiva, mais sensível à deficiência hídrica. Utilizando-se a frequência observada de períodos de seis a dez dias contínuos sem chuva como critério para caracterizar as diferenças regionais de ocorrência de estiagens, verifica-se na Figura 1 que há tendência nítida de aumento na incidência de veranicos no sentido norte-sul e noroeste-

nordeste do Brasil. Os valores mais baixos (classe I), ocorrem na parte mais setentrional da região Amazônica e os mais elevados (classe V), na parte mais 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, tendência de aumento na frequência de veranicos no sentido norte-sul.

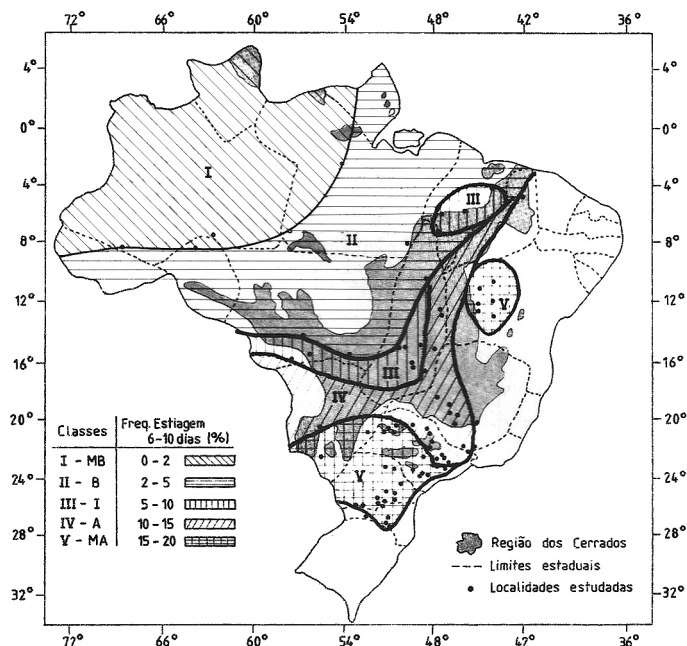


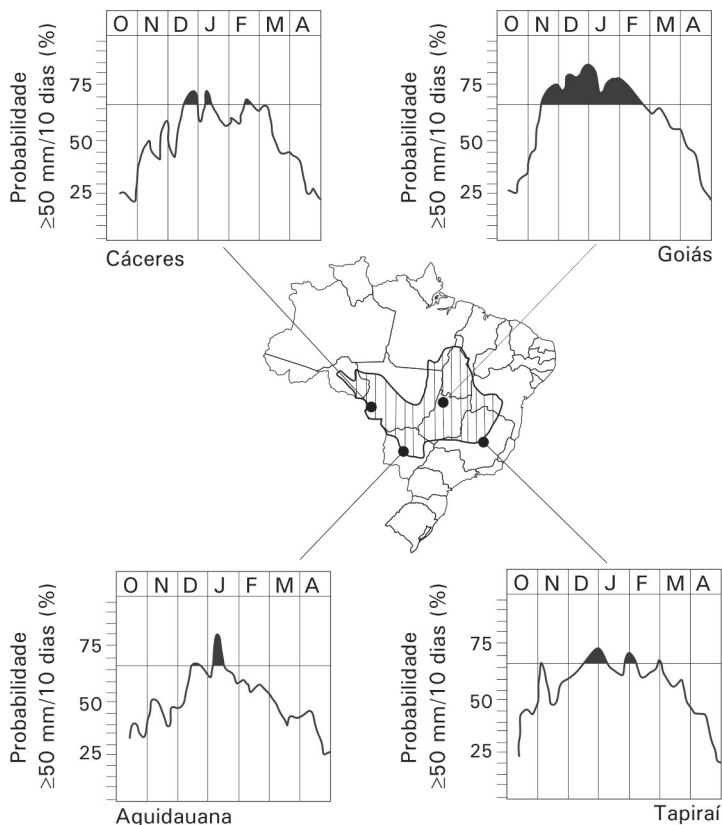
Figura 1. Frequência de estiagens de seis a dez dias de duração, no período de janeiro a março, em 80 localidades do Brasil. Classe I = MB (muito baixa). Classe V = MA (muito alta).

Fonte: Steinmetz et al. (1988).

Períodos favoráveis de chuva

Steinmetz et al. (1984) caracterizaram a existência de regiões consideradas como “favorecidas” e “não favorecidas” para a produção de arroz de sequeiro, 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 50 mm ou

mais, em dez dias, era maior do que 66,7%. Os resultados mostraram que o número e a época de ocorrência dos períodos favoráveis foram bastante variáveis entre as localidades, conforme ilustrado na Figura 2, para quatro localidades situadas na região do Cerrado. 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.



Variações na região do Cerrado

Figura 2. Níveis de probabilidade de ocorrência de 50 mm ou mais de chuva, em períodos de dez dias, durante o período de cultivo do arroz de sequeiro em quatro localidades na região do Cerrado. Os períodos favoráveis (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.

Fonte: Adaptada de Steinmetz et al. (1984).

Simulação do balanço hídrico para fins de zoneamento de risco climático do arroz de sequeiro no Brasil

Para a caracterização dos termos do balanço hídrico, para períodos de cinco dias, utilizou-se a metodologia descrita por Franquin e Forest (1977) e Forest (1984). Os principais dados utilizados foram: chuva diária, evapotranspiração potencial (ETp), coeficientes de cultura (Kc), ciclo e fases fenológicas da planta e disponibilidade de água para o sistema radicular das plantas (AD).

Usou-se um programa desenvolvido pelo IRAT/Cirad (Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières/Centre de Coopération Internationale em Recherche Agronomique pour le Développement) denominado BIP4 (FOREST, 1984), composto de onze subprogramas que foram instalados num microcomputador com sistema operacional CP/M 80.

Dos vários parâmetros obtidos a partir das simulações do balanço hídrico destacam-se os seguintes: Evapotranspiração real (ETr); Evapotranspiração máxima (ETm); Índice de satisfação das necessidades de água da planta (ISNA), expresso pela relação ETr/ETm; Índice médio de excesso de água; Índice médio de déficit hídrico e Índice de produtividade esperada.

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). Inicialmente, baseando-se nos valores de ETr/ETm, durante o ciclo e/ou floração, foi definida a melhor época de semeadura para cada uma das 80 localidades citadas anteriormente. Para a melhor época de semeadura 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 três níveis representam, respectivamente, os sistemas radiculares superficial, intermediário e profundo (STEINMETZ et al., 1985).

Uma classificação agroclimática preliminar foi feita baseando-se em cinco classes de ETR/ETm (ciclo), utilizando-se a frequência observada de oito a dez anos, denominando-as de: Classe I - ETr/ETm > 85%: Altamente Favorecida (AF); Classe II - ETr/ETm: 75%-85%: Favorecida (F); Classe III - ETr/ETm: 65%-75%: Intermediária (I); Classe IV - ETr/ETm: 55%-65%: Desfavorecida (D); Classe V - ETr/ETm: < 55%: Altamente Desfavorecida (ADE).

Os resultados obtidos indicaram 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). Observa-se na Figura 3, por exemplo, que para uma hipótese de disponibilidade intermediária de AD (50 mm), a maior parte da área de Cerrado situada nos estados de Goiás e Mato Grosso, enquadra-se na classificação agroclimática classe II (Favorecida). Esta mesma área passa a se enquadrar nas classes III (Intermediária) e IV (Altamente Favorecida), para valores de AD de 30 mm e 90 mm, respectivamente. Informações complementares podem ser obtidas em Steinmetz et al. (1988).

Simulação do balanço hídrico para fins de zoneamento de risco climático em função da época de semeadura do arroz de sequeiro nos estados de Goiás e Mato Grosso

Steinmetz e Forest (1986) utilizaram, pela primeira vez no Brasil, o modelo de simulação do balanço hídrico previamente citado para identificar os períodos favoráveis de semeadura para cultivares de ciclos curto e médio, em 20 localidades do Estado de Goiás que dispunham de séries de dados diários de chuva por um período mínimo de dez anos. Foram estabelecidos períodos de semeadura considerados como "Ideal", "Aceitável" e "Marginal", em razão do ISNA durante o ciclo da cultura e durante a floração, obtido por meio de simulação do balanço hídrico. O ISNA foi utilizado em três níveis de probabilidade (frequência observada), ou seja, 80%, 50% e 20%. As simulações foram feitas de 15 em 15 dias, no período de 1º de outubro a 1º de fevereiro. Usando critérios semelhantes, Sandanielo et al. (1992)

estabeleceram os períodos favoráveis de semeadura para o arroz de sequeiro no Estado de Mato Grosso.

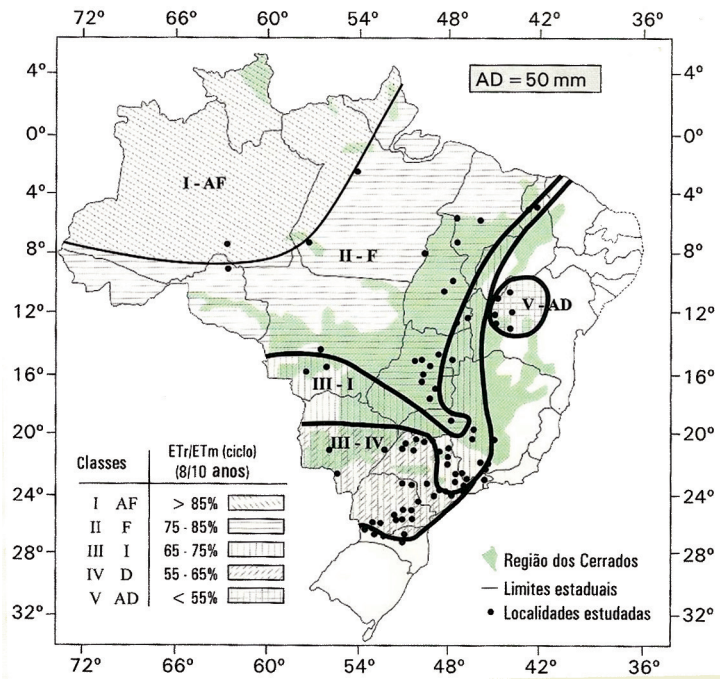


Figura 3. Classificação agroclimática preliminar do arroz de sequeiro no Brasil considerando-se uma cultivar de ciclo curto, 110 dias, e 50 mm de água disponível no solo (AD). Classe I = AF (Altamente Favorecida). Classe V = ADE (Altamente Desfavorecida).
Fonte: Steinmetz et al. (1988).

Posteriormente, Silva et al. (1995) aperfeiçoaram o trabalho inicial de Steinmetz e Forest (1986), agregando às 20 localidades anteriormente analisadas outras 42, estrategicamente distribuídas no Estado de Goiás, permitindo, dessa forma, a identificação das regiões de menor risco climático ao cultivo do arroz de sequeiro, de acordo com as épocas de semeadura preestabelecidas. Outra inovação desse trabalho foi a espacialização das informações, permitindo identificar, na forma de mapas, regiões com quatro situações (Favorável, Intermediário, Desfavorável e Altamente Desfavorável) para cada época de semeadura, variando de cinco em cinco dias, e para níveis de água

disponível no solo (AD), de 30 mm, 50 mm e 70 mm. Um exemplo, considerando o período de semeadura de 10 a 15 de dezembro e um valor de AD de 50 mm, para uma cultivar de ciclo curto, encontra-se na Figura 4.

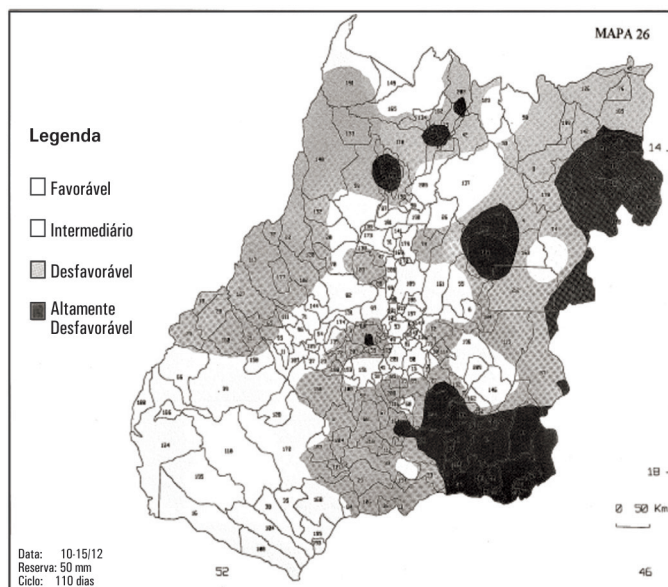


Figura 4. Zoneamento agroclimático do arroz de sequeiro no Estado de Goiás, considerando-se uma cultivar de ciclo curto, 110 dias, e 50 mm de água disponível no solo, no período de 10 a 15 de dezembro.

Fonte: Silva et al. (1995).

Consequências dos trabalhos sobre Zoneamento de Risco Climático desenvolvidos na Embrapa Arroz e Feijão nos anos 1980

Como orientador de prioridades do Programa Nacional de Pesquisa de Arroz (PNP Arroz) em função do risco climático

Em agosto de 1980 foi realizada, em Goiânia, GO, a primeira reunião de elaboração do Programa Nacional de Arroz, que resultou na

publicação do Programa Nacional de Pesquisa de Arroz (EMBRAPA, 1981), considerado pelo Dr. Eliseu Roberto de Andrade Alves, Presidente da Embrapa à época, como “primeiro produto da nova sistemática de programação de pesquisa, adotada pelo Sistema Embrapa, a partir de 1980, com a implantação do Modelo Circular de Programação de Pesquisa Agropecuária, representando a síntese das preocupações sentidas pela comunidade envolvida com a cultura do arroz no Brasil”.

Nesse documento, o zoneamento de risco climático foi usado como referência para um conjunto de ações, tais como:

- Nas Diretrizes Políticas (estratégias para estabilizar e aumentar a produção nacional), em relação ao “aprimoramento de tecnologia para o arroz de sequeiro, cultivado em regiões de maior risco climático (Desfavorecidas)” e ao “incentivo à produção do arroz de sequeiro em regiões de menor risco climático (Favorecidas)”;
- Nas Diretrizes de Pesquisa, enfatizando o que poderia ser disponibilizado para o segmento produtivo, em função dos esforços desenvolvidos pelas distintas instituições de pesquisa com o arroz de sequeiro no país;
- Nas Prioridades de Pesquisa, estabelecendo as principais linhas de ação da pesquisa para resolver os problemas existentes com a cultura, que foram classificados como de âmbitos nacional, regional e local. Assim, por exemplo, para a deficiência hídrica (veranico), considerada um problema de âmbito nacional, foram priorizadas as seguintes ações de pesquisa:
 - “Identificação de regiões com maior e menor risco de ocorrência de deficiência hídrica (zoneamento agroclimático);
 - Avaliação de perdas causadas pela deficiência hídrica;
 - Estudos sobre as características fisiológicas e morfológicas determinantes da resistência à deficiência hídrica;
 - Avaliação e criação de cultivares resistentes à deficiência hídrica;
 - Estudos de práticas culturais visando minimizar os prejuízos causados pela deficiência hídrica”.

A partir dessa época, o programa de melhoramento genético, por exemplo, passou a orientar as suas ações no sentido de desenvolver genótipos com características apropriadas para as áreas de menor risco climático (Favorecidas) e para as de maior risco climático (Desfavorecidas) (EMBRAPA, 1984).

Essa estratégia de classificar os ambientes visando a fornecer subsídios para orientar o melhoramento genético para regiões Favorecidas e Desfavorecidas, permanece até os dias atuais na Embrapa Arroz e Feijão, embora utilizando ferramentas distintas daquelas dos anos 1980, como indicam os trabalhos de Heinemann e Sentelhas (2011) e de Ramirez-Villegas e Heinemann (2015).

Como referência para os trabalhos iniciais de Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (ZARC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Em decorrência da demanda do ministro da agricultura, citada anteriormente, foi publicado, em 1995, o zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás (SILVA et al., 1995). Esse zoneamento foi um aperfeiçoamento daquele de Steinmetz e Forest (1986), pois foram avaliadas outras 42 localidades, além das 20 utilizadas originalmente e os resultados foram espacializados e dispostos na forma de mapas.

Os princípios metodológicos do trabalho de Silva et al. (1995) foram usados como referência para o Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (ZARC), a partir da safra 1995/1996.

Como indutor para os novos termos utilizados em nível internacional, para classificar ambientes de cultivo de arroz de sequeiro

Deve-se destacar que, nos anos 1970, a maioria dos trabalhos fazia apenas uma análise das condições climáticas em que o arroz de sequeiro era produzido nas distintas regiões do mundo. Alguns trabalhos destacavam a importância de se avaliar a ocorrência de períodos consecutivos de falta de chuva (dry spells) ou de chuva

em excesso (wet spells) e que o balanço hídrico poderia ser uma ferramenta útil para se fazer uma classificação climática como subsídio ao planejamento da cultura (SASTRY, 1976). Entretanto, à época, predominava o sistema de classificação agroclimática, preconizado pelo Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz (IRRI, 1974), baseado no número consecutivo de meses úmidos (mais de 200 mm) e de meses secos (menos de 100 mm), que era também adotado pela Organização Internacional para Agricultura e Alimentação (FAO, 1980), como indicado em Gupta e O'Toole (1986).

A participação de pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão bem como das instituições parceiras IRAT/Cirad em eventos sobre o arroz de sequeiro promovidos por instituições internacionais de pesquisa, especialmente pelo IRRI (Bouaké, Costa do Marfim, 1982; Dakar, Senegal, 1984; Los Baños, Filipinas, 1985; Jakarta, Indonésia, 1985), permitiu difundir a ideia de classificar os ambientes de cultivo de acordo com o grau de risco climático envolvido, considerando-se tanto a probabilidade de ocorrência de chuva como dos índices originários do balanço hídrico, como o ISNA, por exemplo. Dentre esses trabalhos, destacam-se os seguintes:

Steinmetz et al. (1984) caracterizaram a existência de regiões consideradas como “favorecidas” e “não favorecidas” para a produção de arroz de sequeiro, com base no estudo da distribuição frequencial das chuvas, em 20 localidades do Brasil;

Steinmetz et al. (1985), utilizando os resultados de simulação do balanço hídrico, avaliaram a influência da época de semeadura e da disponibilidade de água no solo para 25 localidades de diferentes regiões produtoras de arroz de sequeiro no Brasil, indicando níveis diferenciados de risco climático, variando desde muito baixos até muito altos;

Steinmetz et al. (1986) propuseram uma classificação agroclimática baseada nos resultados do balanço hídrico para 80 localidades situadas em regiões produtoras de arroz de sequeiro no Brasil, utilizando

os parâmetros descritos anteriormente e que constam também em Steinmetz et al. (1988). Os autores sugerem que essa classificação cujas cinco classes variam de Altamente Favorecida até Altamente Desfavorecida, pode ser usada como referência no desenvolvimento de tecnologias compatíveis com o risco de deficiência hídrica envolvido;

Forest e Reyniers (1986), também usando o modelo de balanço hídrico BIP4, propuseram uma classificação agroclimática para o arroz de sequeiro da Costa do Marfim (África), semelhante àquela de Steinmetz et al. (1986) para o Brasil;

Embrapa (1984) fez uma análise geral sobre os sistemas de cultivo do arroz de sequeiro no Brasil, destacando as características climáticas nas distintas regiões produtoras e enfatizando que o Programa Nacional de Pesquisa (EMBRAPA, 1981) buscava desenvolver cultivares modernas para os ambientes Favorecidos e Desfavorecidos;

Blumenschein et al. (1985) também destacaram que a produção de arroz de sequeiro do Brasil ocorre tanto em regiões de alto risco climático (Desfavorecidas) quanto em regiões de muito baixo risco (Altamente Favorecidas) e que os aspectos relacionados com o aumento da fertilidade subsuperficial e/ou com a eliminação da compactação do solo, podem contribuir para aumentar a profundidade do sistema radicular das plantas e, com isso, reduzir o risco climático devido à deficiência hídrica. Os autores sugerem que o IRRI passe a dedicar mais atenção à produção de arroz de sequeiro e em outros ambientes difíceis (difficult environments) da Ásia, da África e da América Latina, pois os resultados obtidos nesse trabalho, para o Brasil, indicavam que era possível desenvolver tecnologias para obter altas produtividades nesses ambientes.

Acredita-se que esses trabalhos tenham contribuído para que os programas de pesquisa, especialmente os de melhoramento genético para o arroz de sequeiro nas diversas regiões do mundo (Sul e Sudeste da Ásia, no Oeste da África e na América do Sul), passassem a orientar os seus objetivos para ambientes “Favorecidos” e “Desfavorecidos”,

como indicado em Gupta e O'Toole (1986). Deve-se ressaltar que, nessas regiões, assim como no Brasil, o risco de ocorrência de deficiência hídrica era um dos principais fatores de estresse, mas outros parâmetros relacionados com os aspectos químicos e físicos do solo e com a incidência de doenças, insetos e plantas daninhas, também eram importantes.

Atualmente, o IRRI continua utilizando as características do ambiente, com ênfase para o Desfavorecido, para orientar o melhoramento genético. O programa "Consortium for Unfavorable Rice Environments (CURE)", por exemplo, é um esforço conjunto do IRRI com os programas nacionais de pesquisa e extensão rural de 26 instituições, de dez países do sul e do sudeste da Ásia, visando desenvolver cultivares de arroz mais adaptadas para os problemas de seca, enchentes e salinidade, predominantes no ambiente de cultivo denominado "Rainfed" (IRRI, 2016a). Outro projeto desenvolvido pelo IRRI, em parceria com o "AfricaRice (ex-WARDA)", diz respeito ao "Stress-Tolerant Rice for Africa and South Asia (STRASA)", visando a desenvolver cultivares de arroz tolerantes aos estresses abióticos para os ambientes Desfavorecidos (IRRI, 2016b).

Importância da parceria Embrapa Arroz e Feijão com o IRAT/Cirad

Deve-se destacar que grande parte dos avanços conseguidos nessa questão do zoneamento de riscos climáticos se deve à parceria entre a Embrapa Arroz e Feijão e o IRAT/Cirad, localizado em Montpellier, França. Os aspectos que merecem destaque são os seguintes:

- A experiência do IRAT/Cirad em termos de análise frequencial do balanço hídrico para o arroz de sequeiro em países da África (FRANQUIN; FOREST, 1977; FOREST, 1984);
- A disponibilização do programa BIP4, que permitia a análise frequencial da chuva, bem como o cálculo do balanço e a análise frequencial dos seus parâmetros;
- A consultoria do agroclimatologista Francis Forest e do agrofisiologista François N. Reyniers (in memoriam), pesquisadores experientes e de renome do IRAT/Cirad.

Considerações finais

Nos anos 1980, a necessidade de se utilizar uma metodologia mais apropriada para caracterizar os riscos climáticos envolvidos no cultivo do arroz de sequeiro nas principais regiões produtoras do Brasil, associada a uma parceria estratégica com o IRAT/Cirad, geraram resultados que foram úteis nos seguintes aspectos:

- Na definição de diretrizes e de prioridades de pesquisa do Programa Nacional de Pesquisa de Arroz (PNP Arroz), visando ao desenvolvimento de tecnologias apropriadas, tanto para o arroz de sequeiro cultivado em áreas de maior risco climático (Desfavorecidas), quanto para as de menor risco climático (Favorecidas);
- No estímulo a que as instituições internacionais envolvidas com o arroz de sequeiro em diferentes regiões do mundo (Sul e Sudeste da Ásia, Oeste da África e América do Sul), passassem a considerar nos seus programas de melhoramento genético, a exemplo do CNPAF, o desenvolvimento de genótipos apropriados para ambientes “Favorecidos” e “Desfavorecidos”;
- No embasamento metodológico para os zoneamentos de risco climático elaborados posteriormente, envolvendo tanto o arroz de sequeiro como outras culturas, em vários estados do Brasil. Essa nova etapa, iniciada na safra 1995/1996, foi coordenada pela Secretaria do CER/Proagro, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, e passou a chamar-se Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). Esse programa, que completou 20 anos em 2016, tem sido considerado de grande importância para a agricultura brasileira, no sentido de racionalizar os dispêndios com o seguro agrícola (Proagro) e de ser um instrumento indutor de políticas públicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Referências

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. **Anais...** Campinas: CATI, 1979. p. 147-151.

BLUMENSHEIN, A.; PRABHU, A. S.; KLUTHCOUSKI, J.; STEINMETZ, S.; PINHEIRO, B. da S.; SILVEIRA FILHO, A. Expanding the environmental coverage of high yield technology. In: SMITH, W. H.; CERVANTES, E. P. (Ed.). **Impact of science on rice**. Manila: IRRI, 1985. p. 263-269.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Áreas de concentração da agricultura brasileira**. Brasília, DF, 1978. v. 3.

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**. São Paulo: EDUSP; Belo Horizonte: Itatiaia, 1977. p. 89-105.

EMBRAPA. **Programa nacional de pesquisa de arroz**. Brasília, DF: EMBRAPA-DID, 1981. 69 p.

EMBRAPA. Upland rice in Brazil. In: UPLAND RICE WORKSHOP, 1982, Bouaké. **An overview of upland rice research: proceedings**. Los Baños: IRRI, 1984. p. 121-134.

ESPINOZA, W.; AZEVEDO, L. G. de; JARRETA JÚNIOR, M. **O clima da região dos Cerrados em relação à agricultura**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1982. 37 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular técnica, 9).

FAO. **Report on the agro-ecological zones project: results for Southeast Asia**. Rome, 1980. (World Soil Resources Report, 4).

FOREST, F. **Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales: présentation et utilisation du logiciel BIP**. Montpellier: IRAT, 1984. 63 p.

FOREST, F.; REYNIERS, F.N. Proposals for the classification of agroclimatic situations of upland rice in terms of water balance. In: INTERNATIONAL UPLAND RICE CONFERENCE, 2., 1985, Jakarta. **Progress in upland rice research: proceedings**. Manila: IRRI, 1986. p. 93-107.

FRANQUIN, P.; FOREST, F. Des programmes pour l'évaluation et l'analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique. **L'Agronomie Tropicale**, Paris, v. 32, n. 1, p. 7-11, 1977.

GUPTA, P. C.; O'TOOLE, J. C. **Upland rice**: a global perspective. Los Baños: IRRI, 1986. 360 p.

HEINEMANN, A. B.; SENTELHAS, P. C. Environmental group identification for upland rice production in central Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 5, p. 540-547, set./out. 2011.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. An agroclimatic classification for evaluating cropping systems potentials in Southeast Asia rice growing regions. Los Baños, 1974. 10 p.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Consortium for unfavorable rice environments (CURE)**. Disponível em: <<http://cure.irri.org>>. Acesso em: 25 out. 2016a.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Stress-tolerant rice for Africa and South Asia (STRASA)**. Disponível em: <<http://strasa.irri.org>>. Acesso em: 25 out. 2016b.

RAMIREZ-VILLEGAS, J.; HEINEMANN, A. B. **Environmental characterisation to guide breeding decisions in a changing climate**. Copenhagen: CGIAR: CCAFS, 2015. 26 p. (CAFS. Working paper, 144).

ROSSETTI, L. A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e seguridade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 386-399, dez. 2001.

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. 49 p. (EMPAER-MT. Boletim de pesquisa, 1).

SASTRY, P. S. N. Climate and crop planning with particular reference to rainfall. In: SYMPOSIUM ON CLIMATE AND RICE, 1976, Los Baños, Philippines. **Proceedings...** Los Baños: IRRI, 1976. p. 51-63.

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, DF: EMBRAPA-SPI, 1995. 80 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 43).

STEINMETZ, S. Zoneamento agroclimático do arroz de sequeiro no Brasil. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 2., 1980, Goiânia. **Resumos...** Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1986. p. 79-94. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 13).

STEINMETZ, S.; FOREST, F. **Caracterização das épocas de plantio mais apropriadas para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1986. 33 p. (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. In: INTERNATIONAL UPLAND RICE CONFERENCE, 2., 1985, Jakarta. **Progress in upland rice research: proceedings.** Manila: IRRI, 1986. p. 15-24.

STEINMETZ, S.; REYNIERS, F. N.; FOREST, F. Evaluation of the climatic risk on upland rice in Brazil. In: COLLOQUE "RÉSISTANCE À LA SÉCHERESSE EN MILIEU INTERTROPICAL: QUELLES RECHERCHES POUR LE MOYEN TERME?", 1984, Dakar. **La sécheresse en zone intertropicale: pour une lutte intégrée.** Paris: CIRAD, 1985. p. 43-54.

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-CNPAF, 1988. 66 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 23).

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.

THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology. 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v. VIII, n. 1).

