ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Análise de risco climático para semeadura do arroz no Sul do Estado do Maranhão

Italo Ramon Januario[1]; Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes[2]; Osmar Evandro Toledo Bonfim[3]

[1]Programa de Pós-graduação em Meteorologia, ICAT-UFAL, Campus A.C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n- Cidade Universitária - CEP 57072-900 – Maceió – AL. Autor correspondente: italojanuario@hotmail.com
[2]Departamento de Engenharia agrícola, DEA-UEMA. Campus Paulo VI, Cidade Universitária Paulo VI, s/n-Tirirical – CEP 65055-970 – São Luís-MA. Autor correspondente: rhmenezes@yahoo.com.br
[3]Programa de Pós-graduação em Meteorologia, ICAT - UFAL, Campus A.C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n- Cidade Universitária – 57072-900 – Maceió – AL. Autor correspondente: osmartoledob@gmail.com

Artigo recebido em 09/10/2017 e aceito em 01/05/2018

R E S U M O

O arroz é considerado o produto de maior importância econômica em muitos países em desenvolvimento. Devido a isso, os estudos científicos para a cultura do arroz são fundamentais, não só para o Estado do Maranhão, mas em um âmbito regional, pois em toda a região nordeste existe plantio de arroz de sequeiro e com forte dependência das condições climáticas, principalmente no que diz respeito à dependência do regime pluviométrico. O objetivo deste trabalho foi identificar o risco climático para a definição das melhores épocas de plantio da cultura do arroz no Sul do Estado do Maranhão. Os dados utilizados foram do acervo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; Série histórica de precipitação e temperatura no Estado do Maranhão obtidas da Agência Nacional de Águas – ANA e Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. O zoneamento agroclimático de risco foi efetuado utilizando o programa computacional Sarrazon. O risco climático para cada cultura do arroz foi definido da seguinte forma: ISNA > 0,65 – Baixo risco climático, região favorável ao plantio; 0,55 < ISNA < 0,65 – região intermediária; ISNA < 0,55 – Alto risco climático, região desfavorável ao plantio. Para a Região Sul do Estado do Maranhão, o arroz pode ser semeado desde o segundo decêndio de novembro ao primeiro decêndio de dezembro para solos com CAD de 20 mm e 30 mm. Para solos com CAD de 40 mm, este período vai desde o segundo decêndio de novembro ao segundo decêndio de dezembro.
Palavras Chave: Zoneamento de risco; Balanço Hídrico; Agrometeorologia; *Oryza sativa.*

Climate risk analysis for rice sowing in the South of the State of Maranhão

A B S T R A C T

Rice is considered the most economically important product in many developing countries. Due to this, the scientific studies for the rice culture are fundamental, not only for the State of Maranhao, but in a regional scope, since in the northeastern region there exists plantation of rainfed rice and with strong dependence of the climatic conditions, mainly in relation to the dependence of the pluviometric regime. The objective of this work was to identify the climatic risk for the definition of the best times of planting of the rice crop in the South of the State of Maranhao. The data used were from the collection of the Brazilian Institute of Geography and Statistics - BIGS; Historical series of precipitation and temperature in the State of Maranhao obtained from the National Water Agency - NWA and National Institute of Meteorology - NIMET. The agroclimatic risk zoning was carried out using the Sarrazon computer program. The climatic risk for each rice crop was defined as follows: ISNA> 0.65 - Low climatic risk, favorable for planting; 0.55 <ISNA <0.65 - intermediate region; ISNA <0.55 - High climatic risk, unfavorable region to planting. For the South Region of the State of Maranhão, rice can be sown from the second decade of November to the first december of December for soils with 20 mm and 30 mm CAD. For soils with CAD of 40 mm, this period goes from the second decade of November to the second decade of December.
Keywords: Risk Zoning; Water Balance; Agrometeorology; *Oryza sativa*.

Introdução

O arroz está entre os cereais mais importantes do mundo. A Ásia é responsável por 88,95% do consumo mundial, seguida das Américas (4,94%), África (4,91%), Europa (1,03%) e Oceania (0,16%). O consumo médio anual per capita de arroz em casca no mundo em 2011/12 foi de 56,7 kg e 57,0 kg em 2012/13 (Fao, 2012).

Segundo estudo realizado por Wander e Chaves (2011), o brasileiro consome 46 kg.ano^{-1} de arroz beneficiado, reforçando sua importância de alimento básico da dieta da população. Os autores destacam que, na ordem decrescente, a região brasileira que mais consome o arroz no domicílio familiar é o Centro-Oeste, seguida pelas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul, e que houve queda de 8% no consumo aparente anual de arroz no Brasil no período 1990 a 2010, de 4% entre os períodos 2002 a 2009 e de 16,1% no consumo domiciliar por habitante entre esses mesmos períodos constatados pelas Pesquisas de Orçamento Familiares.

O arroz é uma cultura cultivada em todas as regiões do Brasil, mas a produção está mais concentrada nos Estados das regiões Centro-Oeste e Sul. Apesar de a produção estar pulverizada no Brasil pode-se dividi-la em três polos, ou seja, o primeiro é a Região Sul, com destaque para o estado do Rio Grande do Sul, o segundo é a Região Centro Sul, abrangendo os estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, o terceiro é a Região Nordeste, abrangendo o estado do Maranhão (Ferreira e Dell Vilar, 2004).

Segundo Sentelhas e Monteiro (2009), a agricultura é considerada a atividade econômica mais dependente das condições climáticas. Os elementos meteorológicos afetam não só os processos metabólicos das plantas, diretamente relacionados à produção vegetal, como também as mais diversas atividades no campo. Dentre os elementos meteorológicos, a temperatura é um dos componentes climáticos que mais interferem no desenvolvimento do arroz, uma vez que, quando ela é baixa (<17°C) pode acarretar o abortamento de flores (esterilidade). Além da má germinação, retarda o processo de crescimento e reduz o número de perfilhos. São igualmente prejudiciais temperaturas acima de 40°C. Segundo Souza (2003), o sistema de cultivo de arroz predominante no Brasil é o de sequeiro ou mais conhecido como arroz de terras altas. A baixa produtividade média do arroz no Brasil é devida, em grande parte, a distribuição pluviométrica nas principais regiões produtoras.

As chuvas afetam a disponibilidade hídrica dos solos, que por sua vez influencia a absorção de água pelas raízes e o status hídrico das culturas. O déficit hídrico causa também prejuízos para a economia de uma região, que é dependente das atividades agrícolas. Sua intensidade, duração, época de ocorrência e a interação com outros fatores do rendimento final é que vai definir o impacto da falta de água sobre a economia da região. O fator de maior importância na variação do rendimento final das culturas é a variabilidade interanual das condições hídricas do solo que é determinada pela variabilidade das chuvas (Carvalho, 2010).

O zoneamento de risco climático constitui-se ferramenta fundamental no processo de tomada de decisão, permitindo, a partir das variabilidades climáticas locais e de sua espacialização por meio de sistemas de informação geográfica (SIG), a definição de regiões de aptidão climática, bem como épocas mais adequadas de semeadura como forma de diminuir os efeitos causados pela má distribuição de chuva (Silva e Assad, 2001). Segundo Silva e Azevedo (2000), o zoneamento de risco climático leva em consideração a variabilidade climática local da precipitação e da evapotranspiração potencial, permitindo definir se uma região é apta ou não para a implantação de uma cultura e a melhor época de semear. O balanço hídrico é uma ferramenta muito importante na realização do zoneamento agroclimático, tendo o objetivo de minimizar quebras de safra, apontando os períodos de maior exigência da cultura com os períodos de maior disponibilidade hídrica e menor risco de estiagens (Lorençoni et al., 2010).

Segundo Menezes (2009), a técnica de análise multivariada foi utilizada para definir as regiões homogêneas de precipitação pluvial sobre o Estado do Maranhão, criar e avaliar indicadores regionalizados de rendimento agrícola para as culturas de soja, arroz e milho, os quais foram constituídos das variáveis precipitação, temperaturas média, máxima e mínima do ar, evapotranspiração potencial e real, excesso e deficiência hídrica, armazenamento) e oceanográfica (anomalias de Temperatura da Superfície do Mar do Pacífico e Atlântico Tropical).

Por estas razões, surge, portanto, a necessidade de realizar a caracterização da região quanto ao aspecto agroclimático visando estabelecer períodos favoráveis ao cultivo, avaliando o balanço hídrico, excesso e deficiência hídrica, retirada e reposição hídrica, evapotranspiração potencial e real e o armazenamento de água no solo (CAD) como proposto por Thornthwaite e Mather (1955).

Diante do exposto acima, o objetivo deste trabalho foi identificar os riscos climáticos para a definição das melhores épocas de plantio da cultura do arroz na região Sul do Estado do Maranhão.

Metodologia

O Estado do Maranhão, situa-se no extremo Oeste do Nordeste do Brasil, entre 1º e 10º de Latitude Sul, e 41,5º e 48,6º de Longitude Oeste, com uma área de 331.983 Km^2. É limitado ao Norte pelo Oceano Atlântico; a Leste e Sudeste pelo Estado do Piauí; ao Sul e Sudoeste pelo Estado de Tocantins e a Oeste pelo Estado do Pará. O trabalho abrangeu a Região Sul do Estado do Maranhão, formado por dezenove municípios, agrupados em três microrregiões: Chapadas das Mangabeiras, Gerais de Balsas e Porto Franco.

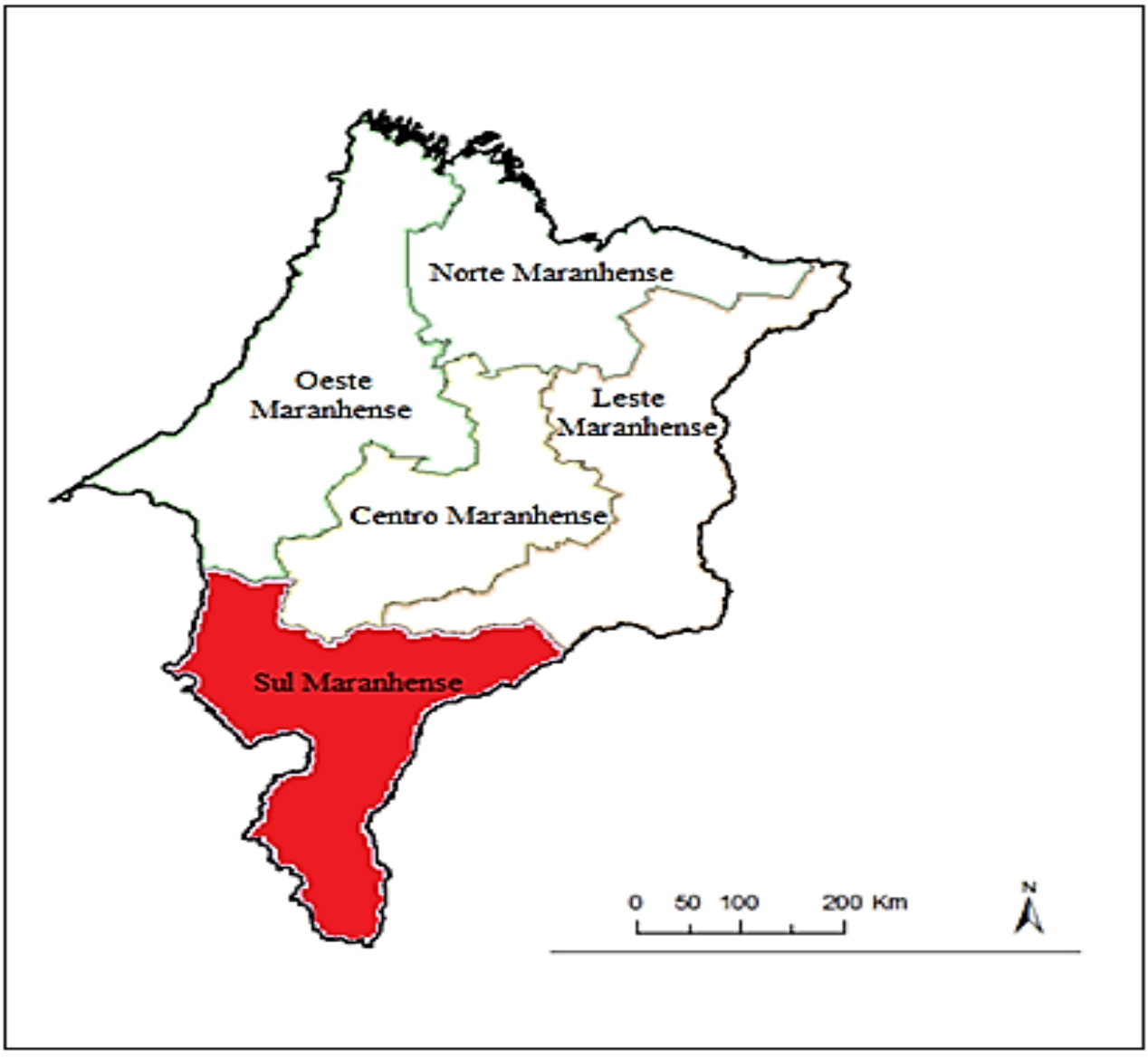

Figura 1: Localização da área de estudo

O Estado do Maranhão foi dividido em 10regiões homogêneas de precipitação, descrito por Menezes (2009), como mostra a figura seguinte:

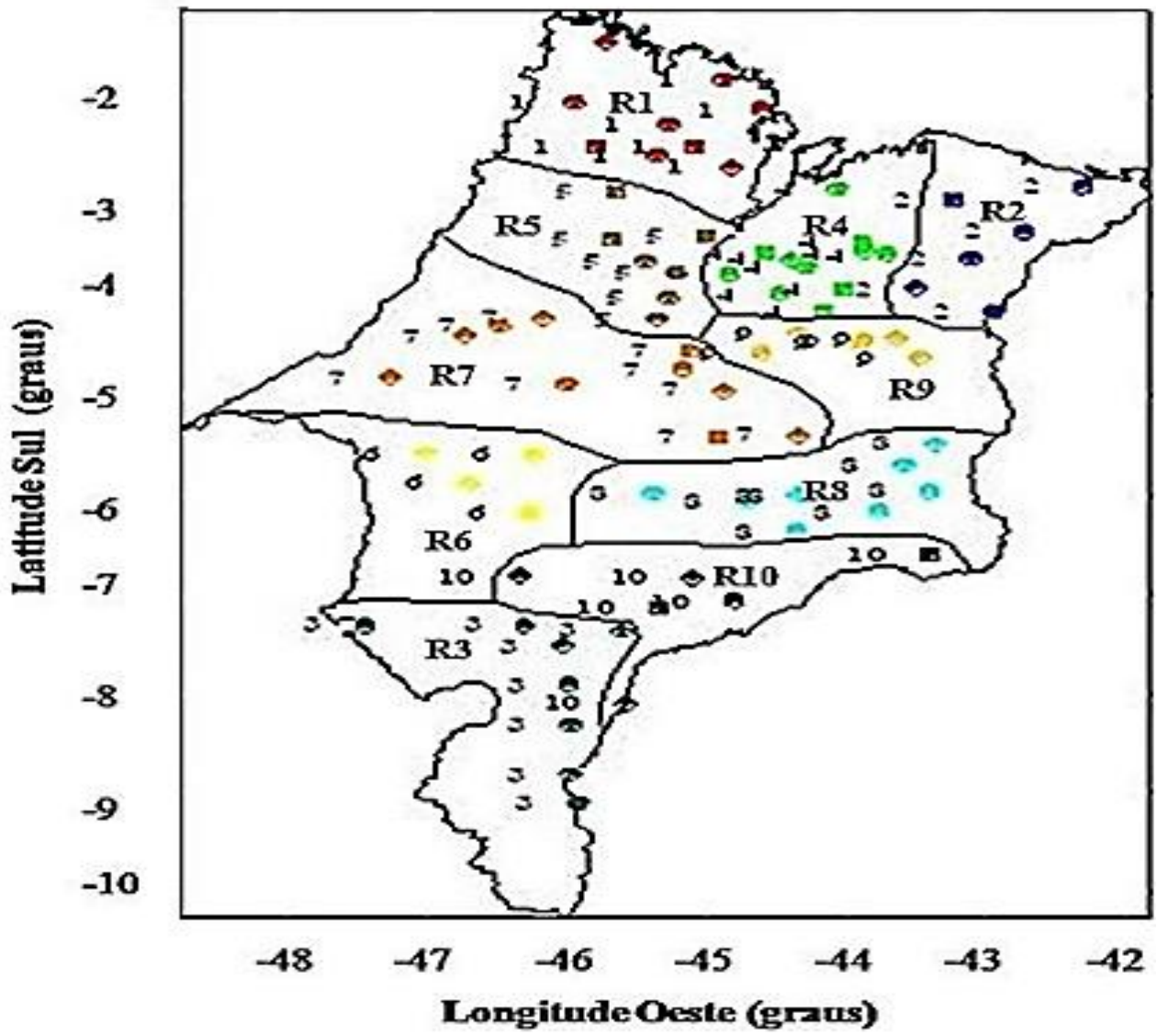

Figura 2: Extraído de Menezes (2009). Distribuição espacial das regiões homogêneas de precipitação no Estado do Maranhão.

Na região Sul, se localiza a região homogênea de precipitação (R3), que engloba as microrregiões de Gerais de Balsas e Porto Franco. O total pluviométrico médio anual é de pouco mais de 1300 mm, sendo que 1276 mm ocorrem durante o período agrícola, compreendido entre outubro e maio, e que representa a estação de cultivo. A topografia da região supera os 600 m do nível médio do mar, com cobertura vegetal típica do cerrado (Menezes, 2009). A área definida por essa região apresenta características, definidas pela classificação de Thornthwaite (1948), de clima seco subúmido (C1), megatérmico (A´), com moderado excesso de água (w) e com 28% da evapotranspiração potencial concentrada nos meses de agosto a outubro.

Para a realização do seguinte trabalho, foi utilizada uma série histórica de precipitação pluviométrica, temperatura média do ar, do ano de 1980 a 2010 (total de 31 anos), no Estado do Maranhão, obtidas da Agência Nacional de Águas – ANA e Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, com auxílio do Núcleo Geoambiental (NUGEO) da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. Para a região homogênea de precipitação, foram selecionados três postos pluviométricos que apresentassem uma série consistente e de maior precisão. Os dados de chuva e de temperatura foram organizados em decêndios (totais de chuvas acumulados de 10 em 10 dias). Foi utilizado planilha eletrônica adequada para a organização dos dados.

Para a estimativa da Evapotranspiração potencial (ETP), foi utilizado o programa de Sentelhas e Rolim utilizando o procedimento proposto por Thornthwaite (1948), o qual tem a vantagem de necessitar apenas dos dados de temperatura média do ar dos períodos e da latitude local. Esse método dá resultados confiáveis entre as latitudes de 40ºN e 40º S (Dourado Neto e Van Lier, 1991).

Com os dados de chuva e evapotranspiração potencial, foi determinado a estação de crescimento pelo método (Doorenbos e Kassam, 1979). O método compara os totais de chuvas decendiais com a metade da evapotranspiração potencial. Através deste método pode-se determinar o início e fim da estação chuvosa, de crescimento e úmida.

A estação chuvosa e de crescimento começa quando os totais decendiais de chuva for maior que a metade da evapotranspiração potencial. Quando os totais decendiais de chuva for menor que a metade da evapotranspiração potencial, termina a estação chuvosa, porém a estação de crescimento só termina alguns dias após, quando as reservas de águas associadas à Capacidade de Água Disponível (CAD) no solo se esgotarem.

O zoneamento agroclimático de risco foi efetuado utilizando o programa computacional Sarrazon - Sistema de Análise Regional dos Riscos Agroclimáticos (Baron et al., 1996), para o cálculo do balanço hídrico, aplicado aos dados em escala temporal decendial. O SARRAZON é um modelo aprimorado do BIPZON (utilizado em vários zoneamentos de algumas culturas) e seus parâmetros de entrada são: a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração potencial, determinada pelo método de Thornthwaite (1948).

Os balanços hídricos foram elaborados considerando a estação de cultivo de cada região homogênea. Para a caraterização do risco climático, foi utilizado o Índice de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA) que é a relação ETr/ETm (Evapotranspiração real/evapotranspiração máxima da cultura), calculado para as fases de floração e enchimento dos grãos. O modelo de simulação do balanço hídrico da cultura (SARRAZON) permitiu a determinação dos valores de evapotranspiração real (ETr) e evapotranspiração máxima da cultura (ETm), com os quais se estimaram os valores dos índices de satisfação das necessidades de água (ISNA) da cultura (equação 1).

$$ISNA = \left(\frac{ETr}{ETm}\right) \qquad \text{Eq. 1}$$

ISNA - índice de satisfação das necessidades de água (decimal)
ETr - evapotranspiração real da cultura (mm)
ETm - evapotranspiração máxima da cultura (mm).

A ETr expressa a quantidade de água que a planta efetivamente consumiu e a ETm representa a quantidade de água desejável para garantir sua produtividade máxima. Um dos produtos mais importantes do modelo é a relação ETr/ETm, que expressa a quantidade de água que a planta consumiu e a que seria desejada para garantir a sua máxima produtividade. Para a caracterização do risco climático foram estabelecidas três classes da relação Evapotranspiração real (ETr)/Evapotranspiração máxima (ETm) (Steinmetz et al. (1985):

ISNA > 0,65 – Baixo risco climático, época favorável ao plantio;
0,55 < ISNA< 0,65 – Médio risco climático, época intermediária;
ISNA < 0,55 – Alto risco climático, época desfavorável ao plantio.

Foram considerados três tipos de solo com diferentes capacidades de armazenamento de água: Solo 1: Baixa Capacidade de Água Disponível (20 mm) – Areia quartzosa e solos aluviais arenosos; Solo 2: Média Capacidade de Água Disponível (30 mm) – Latossolo Vermelho-Escuro (argila < 35%) e Latossolo Vermelho-Amarelo; Solo 3: Alta Capacidade de Água Disponível (40 mm) – Podzólicos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro (Terra roxa estruturada), Cambissolos Roxos e Latossolos Vermelho-Escuro (Argila > 35%). Estes critérios de CAD citados acima são os adequados para a cultura do arroz do Maranhão. Foram utilizados os coeficientes culturais para períodos de 10 dias, considerando apenas cultura de ciclo médio.

Tabela 1: Coeficientes de cultivo (Kc) para a cultura do arroz de sequeiro.

Cultura	Decêndios											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Arroz Médio	0,60	0,70	0,80	1,00	1,10	1,20	1,20	1,20	1,10	0,90	0,80	0,70

Os valores de ISNA foram obtidos da simulação de balanços hídricos efetuados com uma probabilidade de ocorrência de 80 %. Para a simulação foram estipuladas datas precedentes em 30 dias ao plantio e 30 dias pós-colheita para as nove datas de plantio espaçadas em 10 dias (Conforme o Início da estação chuvosa para cada região homogênea), proporcionando maior confiabilidade ao modelo. É importante ressaltar que, por se tratar de um modelo de risco climático, assumiu-se que não existem limitações quanto à fertilidade de solos e danos causados por pragas e doenças, conforme sugerido por Assad et al. (1997).

Resultados e discussão

A reposição de água no solo começa na região homogênea de precipitação R3 apresenta a partir do segundo decêndio de novembro até o primeiro decêndio de dezembro, depois de um longo período de estiagem, que começa efetivamente a partir do segundo decêndio de maio. No terceiro decêndio de maio o solo começa o período de deficiência de água, que se pronuncia até o primeiro decêndio de novembro, podendo ser observado na figura 3.

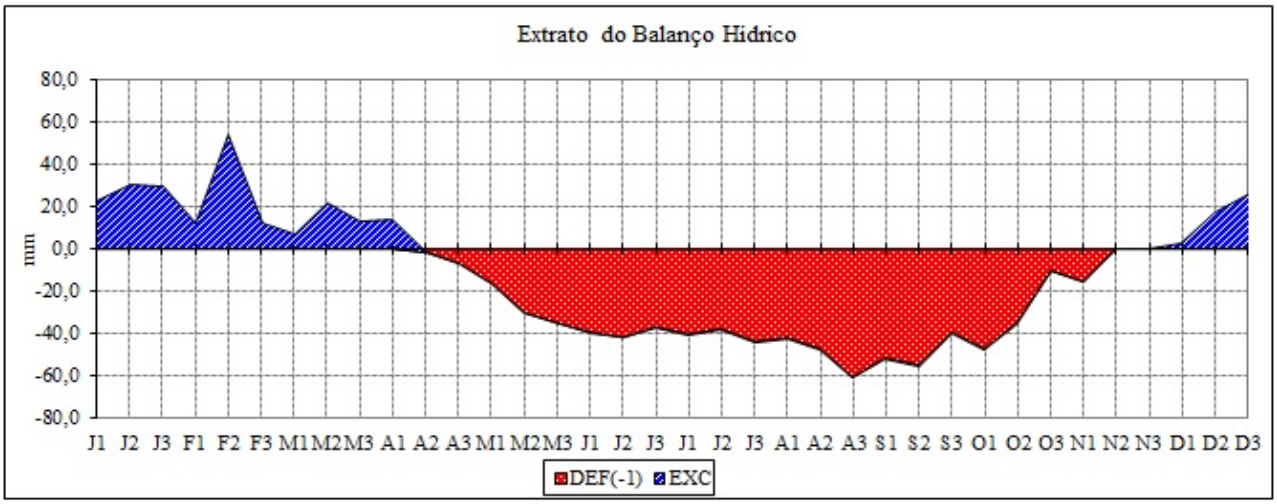

Figura 3: Extrato do Balanço Hídrico Climatológico da região homogênea de precipitação R3, distribuídos em decêndios dos meses de janeiro a dezembro.

A figura 4 a seguir, refere-se à deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica anual por decêndios. Percebe-se que a retirada de água no solo ocorre do segundo decêndio de abril ao primeiro decêndio de junho, à medida que este vai perdendo água, começa então a deficiência de água no solo, estendendo-se até o primeiro decêndio de novembro. No segundo decêndio de novembro ocorre reposição de água no solo, que vai até o primeiro decêndio de dezembro. A partir do segundo decêndio de dezembro ao primeiro decêndio de abril ocorre o excedente de água no solo, que vai até o primeiro decêndio de abril.

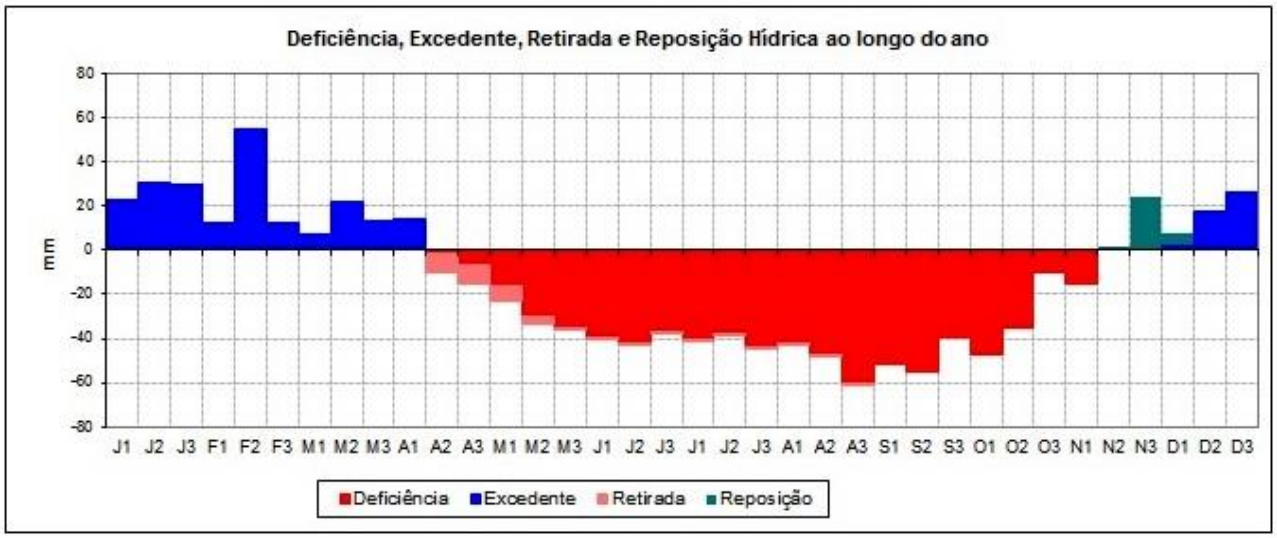

Figura 4: Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição hídrica ao longo dos anos na região homogênea de precipitação R3, separados em três decêndios, dos meses de janeiro a dezembro, no estado do Maranhão.

A estação chuvosa e de crescimento apresentada na figura 5, começa quando o total decendial de chuva for maior que a metade da evapotranspiração potencial, que começa no terceiro decêndio de outubro. Quando o total decendial de chuva for menor que a metade da evapotranspiração potencial, termina a estação chuvosa, que é no primeiro decêndio de maio, porém a estação de crescimento só termina alguns dias após, quando as reservas de águas associadas à Capacidade de Água Disponível no solo se esgotar.

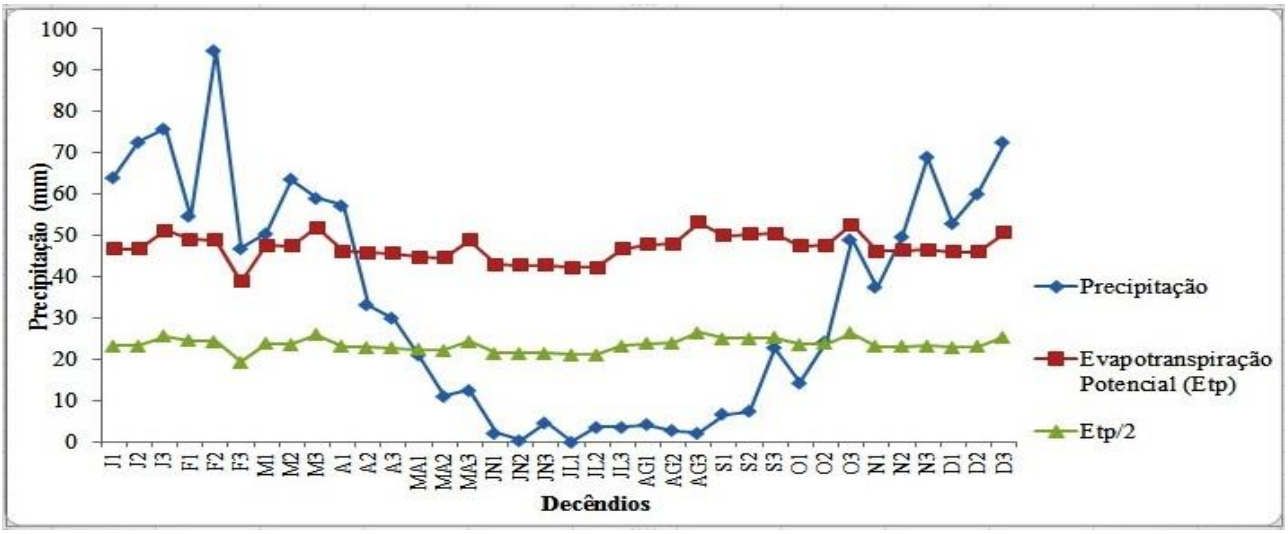

Figura 5: Caracterização da estação de crescimento da região homogênea de precipitação R3 no estado do Maranhão.

A figura 6 apresenta a análise do ISNA para solos de textura arenosa com CAD de 20 mm, 30 mm e 40 mm na região Sul do estado do Maranhão. Considerando solo de textura arenosa com CAD de 20 mm, percebe-se que as melhores épocas para plantio vão desde o segundo decêndio de novembro ao primeiro decêndio de dezembro no qual os valores do ISNA se mantiveram acima de 0,65, ideais para a semeadura do arroz. Entretanto, mesmo com poucas restrições de água, a semeadura do arroz em solos com CAD de 20 mm pode ser efetivada desde o segundo decêndio de outubro até o terceiro decêndio de dezembro, onde os valores do ISNA se mantiveram entre 0,57 no segundo decêndio de outubro e 0,55 no terceiro decêndio de dezembro. Efetivando o plantio do

arroz em época após o terceiro decêndio de dezembro, a produtividade do arroz pode ser severamente comprometida, pois os valores de ISNA estão abaixo de 0,55, ou seja, época desfavorável ao plantio do arroz. Não terá água disponível no solo que satisfaça a fase de floração e enchimento dos grãos, prejudicando a produção de arroz.

Considerando solo de textura areno-argilosa com CAD de 30 mm, percebe-se que as melhores épocas para plantio também vão desde o segundo decêndio de novembro ao primeiro decêndio de dezembro no qual os valores do ISNA se mantiveram acima de 0,65. Mesmo com poucas restrições de água, sendo uma época de médio risco climático, a semeadura do arroz nos solos com CAD de 30 mm pode ser efetivada desde o segundo decêndio de outubro até o terceiro decêndio de dezembro, onde os valores do ISNA se mantiveram entre 0,60 no segundo decêndio de outubro e 0,56 no terceiro decêndio de dezembro. Efetivando o plantio do arroz em época após o terceiro decêndio de dezembro, a produtividade do arroz pode ser severamente comprometida, pois os valores de ISNA estão abaixo de 0,55.

Já para solos com textura argilosa com CAD de 40 mm, percebe-se que as melhores épocas para a semeadura do arroz na região vão desde o primeiro decêndio de novembro ao segundo decêndio de dezembro no qual os valores do ISNA se mantiveram acima de 0,65. Porém, mesmo com poucas restrições de água, sendo uma época de médio risco climático, a semeadura do arroz nos solos com CAD de 40 mm pode ser efetivada desde o segundo decêndio de outubro até o terceiro decêndio de dezembro, onde os valores do ISNA se mantiveram entre 0,61 no segundo decêndio de outubro e 0,56 no terceiro decêndio de dezembro. Efetivando o plantio do arroz em época após o terceiro decêndio de dezembro, a produtividade do arroz pode ser severamente comprometida, pois os valores de ISNA estão abaixo de 0,55.

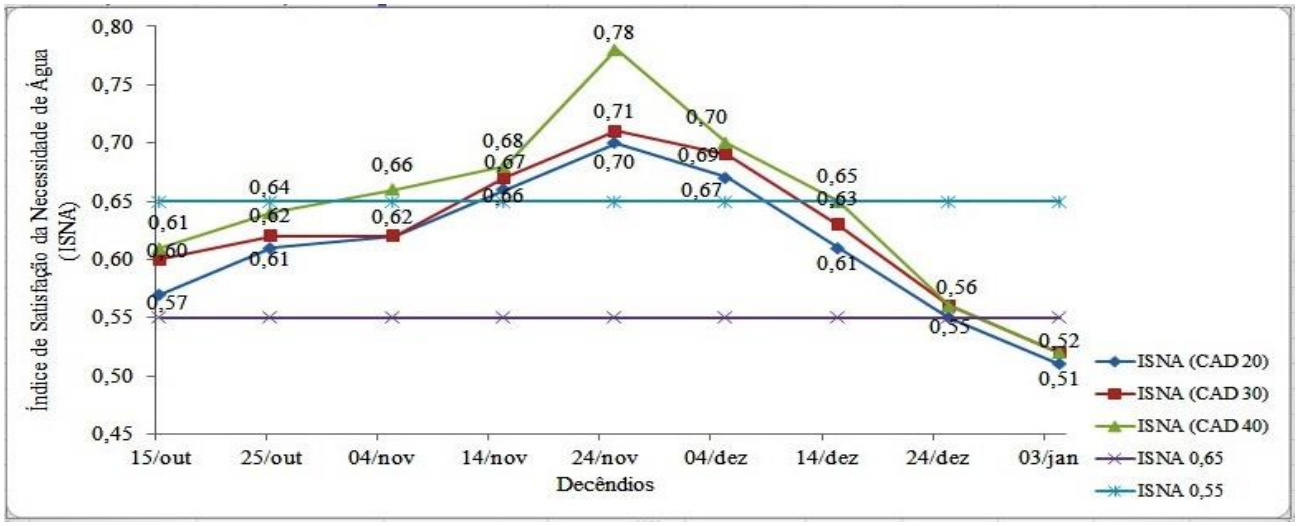

Figura 6: Análise do ISNA para solos de textura arenosa com CAD de 20 mm, 30 mm e 40 mm na região R3 - Maranhão.

Andrade Junior et al. (2001), utilizando um modelo de balanço hídrico diário para estimar os riscos climáticos, por deficiência hídrica na cultura de feijão-caupi, em cultivo solteiro, estabeleceram três classes de ISNA, a saber: i) ISNA l 0,60 – baixo risco climático (período favorável para plantio); ii) 0,60> ISNA l 0,50 – médio risco climático (período intermediário para plantio) e iii) ISNA < 0,50 – alto risco climático (período desfavorável para plantio), acharam tendência de redução dos valores de ISNA modificado e de rendimentos de grãos de milho e feijão-caupi, em cultivo solteiro e consorciado, à medida que aumentaram os níveis de deficiência hídrica no solo. Ou seja, para ambas as culturas, tanto em cultivo solteiro como consorciado, conforme passa o período chuvoso e inicia-se o período de seca, a deficiência hídrica no solo aumenta, justificando os valores de ISNA abaixo de 0,55.

Conclusões

De acordo com as simulações, o período ideal para o plantio de arroz na Região homogênea

de precipitação R3 no Estado do Maranhão, considerando solos com CAD de 20 mm e 30 mm, inicia no segundo decêndio de novembro estendendo-se até o primeiro decêndio de dezembro. Porém, mesmo com poucas restrições de água, a semeadura do arroz pode ser efetivada desde o segundo decêndio de outubro até o terceiro decêndio de dezembro. Efetivando o plantio do arroz em época após o terceiro decêndio de dezembro, a produtividade do arroz pode ser severamente comprometida.

Para solos com textura argilosa com CAD de 40 mm, as melhores épocas para a semeadura do arroz na região vão desde o primeiro decêndio de novembro ao segundo decêndio de dezembro. Mesmo com poucas restrições de água, sendo considerada uma época de médio risco climático, a semeadura do arroz nos solos com CAD de 40 mm pode ser efetivada desde o segundo decêndio de outubro até o terceiro decêndio de dezembro. O plantio do arroz após o terceiro decêndio de dezembro comprometerá a produtividade da cultura.

Os resultados apresentados neste trabalho indicam a necessidade de se adotar um manejo que aperfeiçoe o uso da água no solo, como o plantio direto, cultivo intercalar ou a irrigação. Fica também evidente a necessidade de pesquisas para desenvolver cultivares mais tolerantes à deficiência hídrica.

Sugere-se, portanto, que o uso dos procedimentos propostos para a definição das épocas preferenciais de semeadura do arroz de terras altas passe a ser adotado como um critério mais seguro não só para os produtores rurais, mas também para os órgãos de financiamento e seguro agrícola.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à pesquisa e desenvolvimento científico do Maranhão - FAPEMA, pela concessão de bolsa para a realização deste trabalho.

Referências

Andrade Júnior, A.S., Melo, F. de B., Bastos, E.A., 2001. Zoneamento de risco climático para o feijão caupi no Piauí. V Reunião Nacional de Pesquisa de Caupi 5, 3-7.

Assad, E.D., Evangelista, B. A. Sans, L.M.A., Farias, J.R., Silva, S.C. 1997. Zoneamento agroclimático para grãos na região do Meio-Norte Brasileiro. In: Simpósio Sobre Os Cerrados Do Meio-Norte 1, 20-38.

Baron, C., Perez, P., Maraux, F., 1996. Sarrazon - Bilan hidrique applique au zonage. Montpellier: Cirad, 26.

Carvalho, A.L., 2010. Estação de cultivo baseada na precipitação pluvial diária e na ocorrência de períodos secos para a região de Rio Largo, Alagoas. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) Maceió, UFAL.

Doorenbos, J., Kassam, A.H., 1979. Yield response to water. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 33, 193.

Dourado Neto, D., Jong Van Lier, Q., 1991. Programa para elaboração do Balanço hídrico para culturas anuais e perenes. Manual do Usuário. Piracicaba, ESALQ, 58.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fao rice Information. Roma, dez. 2002. v. 3. Disponível: http://www.fao.org/docrep/015/al989e/al989e99.pdf. Acesso: 15 jan. 2015.

Ferreira, C.M., Dell Vilar, P.M., 2004. Aspectos da produção e do mercado de arroz. Informe Agropecuário 25, 11-18.

Lorençoni, R., Dourado Neto, D., Heinemann, A.B., 2010. Calibração e avaliação do modelo ORYZA-APSIM para o arroz de terras altas no Brasil. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza 41, 605-613.

Menezes, R.H.N., 2009. Caracterização agroclimática e análise do rendimento agrícola do estado do Maranhão. Tese (Doutorado). Campina Grande, UFCG.

Silva, G. B., Azevedo, P. V. de., 2000. Potencial edafoclimático da "Chapada Diamantina" no Estado da Bahia para o cultivo de citrus. Revista Brasileira de Agrometeorologia, 8, 1, 133-139.

Silva, S. C., Assad, E. D., 2001. Zoneamento de riscos climáticos para o arroz de sequeiro nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Tocantins e Bahia. Revista Brasileira de Agrometeorologia 9, 536-543.

Souza, R.A.R., 2003. Comportamento de cultivares de arroz de terras altas em função do preparo do solo e irrigação por aspersão, em Latossolo vermelho de cerrado, Brasil. Dissertação (Mestrado em Agronomia). São Paulo, UNESP.

Steinmetz, S., Reyniers, F. N., Forest, F., 1985. Evaluation of the climatic risk on upland rice in Brazil. In: Colloque “resistence a la secheresse en millieu intertropicale: quelles recherches pour le moyen terme?” Paris. Cirad, 43-54.

Thornthwaite, C. W., 1948. An Approach toward a Rational Classification of Climate. Geographical Review 38, 55-94.

Thornthwaite, C.W., Mather, J.R., 1955. The water balance: publications in climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104.

Wander, A.E., Chaves, M.O., 2001. Consumo aparente per capita de arroz no Brasil, 1991 a 2010. Congresso Brasileiro De Arroz Irrigado. Disponível: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/899182/1/se749.pdf. Acesso: 05 de out. 2015.