



RISCO CLIMÁTICO E PERÍODO DE SEMEADURA PARA O ARROZ IRRIGADO NO TOCANTINS

Alexandre Bryan Heinemann¹; Luís Fernando Stone¹; Silvando Carlos da Silva¹; Alberto Baêta dos Santos¹

RESUMO:

No ambiente tropical, o arroz é produzido nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste e ocupa 13,2% da área total cultivada. Apesar de ser responsável por somente 20% da produção nacional, o arroz cultivado no ambiente tropical apresenta importantes contribuições para a segurança alimentar no Brasil. Neste estudo, objetivou-se identificar os riscos climáticos e definir os melhores períodos com baixos riscos de semeadura para o arroz irrigado no estado do Tocantins. Para isso, o modelo de simulação da cultura do arroz, ORYZAv3, foi parametrizado e validado. De acordo com os resultados obtidos por meio da simulação da produtividade do arroz irrigado pelo modelo de simulação ORYZAv3, o aumento do risco climático de 30% (70% de sucesso) para 20% (80% de sucesso) reduz a janela de semeadura de outubro a dezembro. Entretanto, para se obter o potencial produtivo das cultivares de arroz irrigado, é recomendado a semeadura de outubro a meio de novembro.

Palavras-chave: Arroz, Semeadura, Modelos de Simulação de Cultura

CLIMATIC RISK AND WINDOW SOWING FOR TROPICAL IRRIGATED RICE IN TOCANTINS

ABSTRACT:

The production of irrigated rice in Brazil is divided into two environments, subtropical and tropical. The subtropical environment (mainly Rio Grande do Sul and Santa Catarina) corresponds to 80% of the total rice production in the country. In the tropical environment, rice is produced in the North, Northeast and Midwest regions. It occupies 13.2% of the total cultivated area. Despite being responsible for only 20% of the

¹ Pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: alexandre.heinemann@embrapa.br



Arroz do Tocantins: no coração do Brasil



ISSN 2525-4804

Artigo Científico

2

national production, the rice cultivated at tropical environment plays an important role for food security in Brazil. The objective of this study was to identify climatic risks and to define the best period with low sowing risk for irrigated rice in the state of Tocantins. Thus, the rice crop model simulation ORYZAv3 was parameterized and validated. Results showed that an increase in climatic risk from 30% (70% of success) to 20% (80% of success) reduces the sowing window for October to December. However, to achieve potential production the recommended sowing window for the irrigated rice cultivar is from October to mid-November.

Keyword: Rice, Sowing, Crop Modelling

INTRODUÇÃO

No Brasil, o arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado é produzido do Rio Grande do Sul a Roraima. Basicamente, a produção de arroz irrigado é dividida em dois ambientes, subtropical e tropical. No ambiente subtropical, o arroz é produzido majoritariamente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina e é responsável por 80% da produção brasileira (Conab, 2020). No ambiente tropical, ele é produzido nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste e ocupa 13,2% da área total cultivada. Apesar de ser responsável por somente 20% da produção nacional, o ambiente tropical apresenta importantes contribuições para a segurança alimentar: facilita a logística de distribuição do arroz para estados do Norte e Nordeste do Brasil, minimiza os impactos de fenômenos climáticos severos que podem quebrar a produção do arroz no sul do Brasil (Santos et al., 2017) e permite a existência de uma indústria de beneficiamento nas regiões de produção. Nesse contexto, destacam-se as várzeas tropicais do vale do Tocantins-Araguaia, que possuem enorme potencial de utilização para a produção do arroz irrigado (Santos et al., 2020). O estado do Tocantins é o terceiro maior produtor de arroz irrigado, com produção de 665,8 mil toneladas de arroz em casca em 2020 (Conab, 2020).

As principais limitações abióticas para a produção do arroz irrigado tropical são a disponibilidade de radiação solar global e altas temperaturas do ar. Ambos elementos meteorológicos são os que mais influenciam o potencial produtivo da cultura do arroz (Streck et al., 2020). As faixas de temperaturas do ar prejudiciais variam de acordo com o estágio fenológico da planta, sendo que as faixas de temperaturas do ar ótimas variam de 20 a 35°C para a germinação, de 30 a 33°C para o reprodutivo e de 20 a 25°C para o enchimento de grãos. Temperaturas superiores a 35°C podem ser prejudiciais à cultura, chegando a causar

esterilidade das espiguetas (Steinmetz et al., 2013).

Em ambientes tropicais, a ocorrência de chuvas frequentes e a consequente formação de nuvens durante o período de cultivo influenciam na incidência de radiação solar e diminuem a proporção líquida de luz disponível às plantas (Funari e Tarifa, 2017). Isso, na cultura do arroz, impacta especialmente nas fases reprodutiva (da diferenciação da panícula à floração; quando aporte de radiação abaixo do ideal afeta o número de grãos por panícula), e de maturação (da floração à maturação fisiológica do grão; baixa incidência reduz o enchimento e a massa ideal dos grãos) (Steinmetz et al., 2013). Estudos comparando a produtividade do arroz no Sul e no Centro-Oeste constataram correlação linear entre produtividade e acúmulo de radiação solar global no ciclo da cultura. Regiões com latitudes próximas ao equador apresentam menor potencial produtivo, devido ao menor acúmulo de radiação solar global fotossinteticamente ativa (RFA) durante o período reprodutivo e enchimento de grãos (Santos et al., 2017; Streck et al., 2020). Nessas fases, a demanda por carboidratos é alta devido à formação e enchimento das espiguetas, que atuam como drenos e, quando há menor acúmulo da RFA, o declínio na produtividade é observado. Aportes menores de radiação solar global durante o período reprodutivo impactam substancialmente no número e na massa das espiguetas e, como consequência, a produtividade é afetada.

Em função do exposto, deduz-se que a época de semeadura é uma das práticas de manejo que desempenha papel de destaque na redução do risco climático pelo fato de aumentar as chances de que as fases críticas da planta não coincidam com os elementos climáticos adversos.

Neste estudo, objetivou-se identificar os riscos climáticos, abarcando três níveis de risco (quebra de produtividade de 10%, 20% e 30%) na produtividade esperada, e definir os melhores

períodos, com baixos riscos de semeadura para o arroz irrigado no estado do Tocantins, visando reduzir perdas de produção por meio da otimização dos elementos climáticos: temperatura do ar e radiação global solar.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo compreendeu os municípios do estado do Tocantins produtores de arroz irrigado, sendo eles Dueré, Cristalândia, Lagoa da Confusão, Formoso do Araguaia e Pium. O clima predominante nessa região é o tropical úmido e seco (savana, Aw), de acordo com a classificação de Koopen (Alvares et al., 2013).

Modelo de simulação da produtividade, crescimento e desenvolvimento do arroz

Neste estudo, utilizou-se o modelo de simulação do crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura do arroz, ORYZAv3 (<https://sites.google.com/a/irri.org/oryza2000/home>), para avaliar a resposta da cultura às condições climáticas da região de estudo. ORYZAv3 é um modelo de simulação da cultura do arroz baseado em processo e desenvolvido para aplicações na pesquisa da cultura do arroz. O modelo simula o crescimento e o rendimento influenciados pelas condições ambientais locais, práticas agronômicas e características de cultivo. Esse modelo vem sendo amplamente utilizado no Brasil, com níveis relativamente altos de acurácia, para estimar a produtividade das principais cultivares de arroz irrigado nas distintas regiões produtoras de arroz do Brasil (Heinemann et al., 2012; Heinemann et al., 2015; Heinemann et al., 2019; Heinemann et al., 2020). De maneira simplificada, o modelo utiliza uma série de módulos (processos) para simular o desenvolvimento, crescimento e produtividade

da planta de arroz. Para isso são considerados fatores relacionados ao solo, ao clima, à cultivar (“características genéticas”) e ao manejo da cultura. O modelo utiliza como dados climatológicos diários de entrada as temperaturas mínima e máxima do ar, radiação solar global e precipitação.

Salienta-se que o modelo ORYZAv3 não considera a ocorrência de deficiências hídrica e de nutrientes e estresses bióticos no crescimento e desenvolvimento da cultura do arroz. A parametrização do modelo ORYZAv3 é o processo de derivar coeficientes específicos de uma cultivar por meio de dados observados em experimentos de campo. Neste estudo, o modelo ORYZAv3 foi parametrizado para a cultivar BRS Catiana, por meio de dados provenientes de ensaios realizados na Embrapa Arroz e Feijão. Essa cultivar foi desenvolvida pela Embrapa para ser cultivada na região tropical. Nos trópicos, devido a menor amplitude e maior temperatura do ar, há basicamente o ciclo médio. Após a parametrização da fenologia, os parâmetros específicos da cultivar relacionados ao crescimento da cultura, isto é, área foliar específica; coeficiente de extinção de luz; coeficientes de partição entre órgãos; coeficiente de senescência foliar; taxas de remobilização de carboidratos para armazenamento de reservatórios de caule, raiz e folha foram parametrizados.

Para validar o modelo ORYZAv3, utilizou-se os dados de experimentos de campo (rendimento e data de florescimento) realizados pelo programa de melhoramento nas regiões de produção do arroz irrigado tropical, denominados valor de cultivo (VCU).

Para cada município (Dueré, Cristalândia, Lagoa da Confusão, Formoso do Araguaia e Pium) utilizou-se uma base climática de 36 anos (1980-2016), em gride, elaborada por Xavier et al. (2016) e disponibilizada em <https://www.cnpaf.embrapa.br/infoclima/>. Foram utilizados dados físico-hídricos de um

solo hidromórfico, caracterizado por apresentar lençol freático próximo à superfície durante a maior parte do tempo, estar situado em áreas de relevo plano e que reúne as condições exigidas pela cultura.

Neste estudo, considerou-se as datas de semeadura de outubro a janeiro (5/Out, 15/Out, 25/Out, 05/Nov, 15/Nov, 25/Nov, 05/Dez, 15/Dez, 25/Dez, 01/Jan, 10/Jan, 20/Jan, 30/Jan). Por meio do modelo ORYZAv3 foi simulada a produtividade da cultura do arroz irrigado tropical para os municípios, considerando as datas de semeaduras e 36 anos de dados climáticos históricos.

Determinação do risco climático:

Para a determinação do risco climático, as produtividades simuladas pelo modelo ORYZAv3 para cada município, data de semeadura e ano, denominadas aqui como produtividade relativa (P_{Rel}), foram normalizadas. Para o cálculo da normalização, dividiu-se a P_{Rel} pela produtividade de referência (P_{Ref}). A P_{Ref} representa o valor do percentil 0,95 (95%) da P_{Rel}, que neste estudo foi de 10000 kg ha⁻¹.

Neste estudo, definiu-se como condição adversa ou produtividade insuficiente os anos de safra que resultassem em produtividades (P_{Rel}) inferior a 70, 80 e 90% (30, 20 e 10% de quebra da produtividade) da produtividade de referência (R_{Ref}) considerando os cinco municípios produtores de arroz irrigado no estado do Tocantins. Assim, os níveis de risco, frequência dos anos em que o P_{Rel} foi maior ou igual a 70% do P_{Ref}, foram utilizados para a classificação municipal, sendo classificados para os níveis de risco de 10% (90% de sucesso), de 20% (80% de sucesso) e de 30% (70% de sucesso).

RESULTADOS

De acordo com a Tabela 1, todos os municípios e datas de semeadura de outubro a janeiro são 100% aptas para um nível de risco de 30% (70% de sucesso). Entretanto, com o decréscimo do nível de risco para 20% (80% de sucesso), houve uma diminuição na probabilidade de ocorrência de sucesso, principalmente para as datas de semeadura após 25 de dezembro. Para um risco de 10% (90% de sucesso), esse decréscimo na probabilidade de ocorrência ocorre para todas as datas de semeadura, mas é mais pronunciado para as datas de semeadura após 5 de dezembro. Observa-se na Figura 1 a redução nos valores da mediana da produtividade simulada a partir da data de semeadura de 15 de novembro para todos os municípios. Para os municípios de Cristalândia e Pium, que estão localizados mais ao norte em relação aos demais municípios, esse decréscimo na produtividade é mais acentuado.

De acordo com a probabilidade cumulativa (Figura 2), as datas de semeadura de outubro a 15 de novembro (curvas mais a direita na Figura 2) apresentam maior probabilidade de se obter maiores produtividades, considerando os cinco municípios produtores. Do fim de novembro a janeiro, fatores climáticos, como radiação solar e temperaturas do ar, reduzem o potencial produtivo da cultura do arroz. Para analisar os fatores climáticos que afetam o período de semeadura da cultura do arroz no estado do Tocantins, esse período foi dividido em três épocas de semeadura, de 1 de outubro a 20 de novembro, de 21 de novembro a 30 de dezembro e, finalmente, de 1 de janeiro a 30 de janeiro.

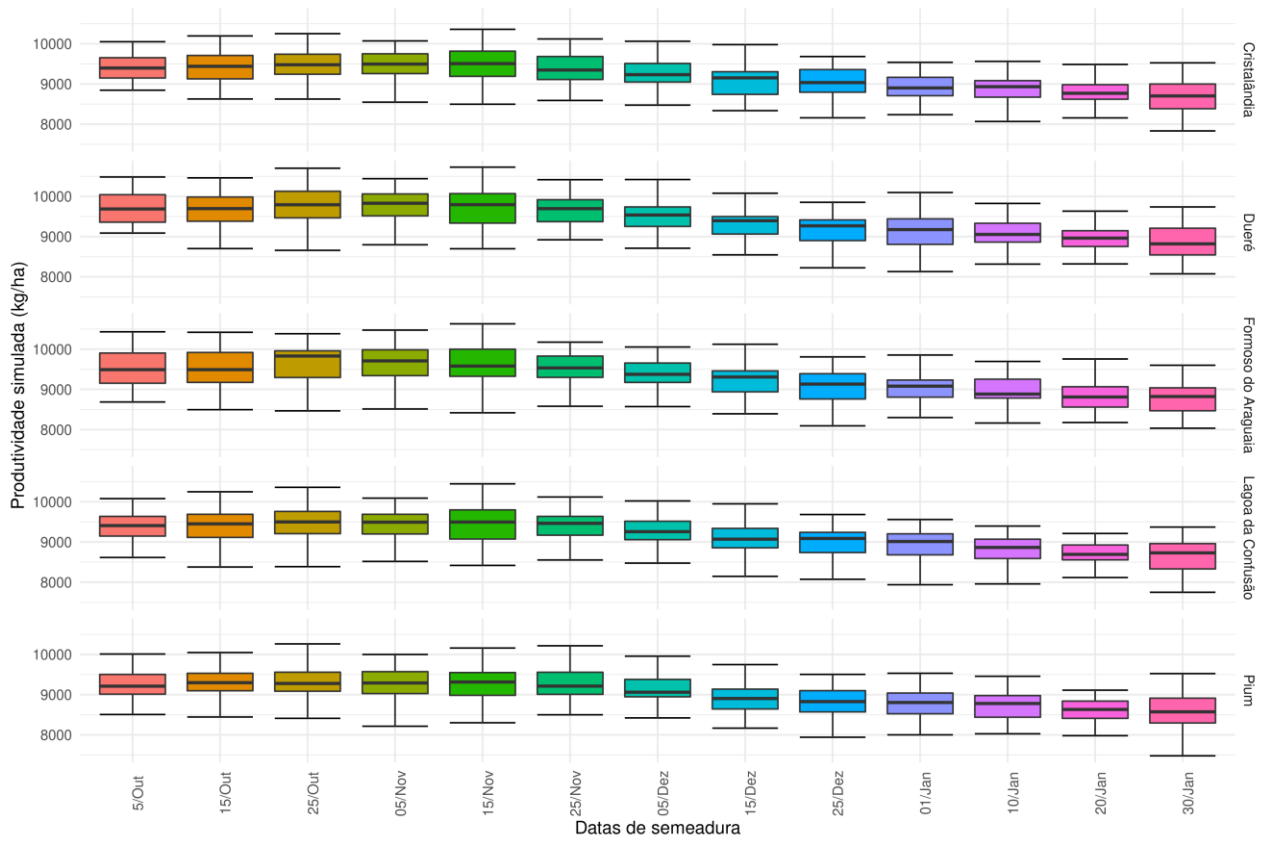


Figura 1. “Box-plot” da produtividade simulada para os municípios produtores de arroz irrigado do estado do Tocantins para semeaduras de outubro a janeiro.

Tabela 1. Níveis de risco climático referente as produtividades simuladas para a cultura do arroz irrigado nos municípios (Dueré, Cristalândia, Lagoa da Confusão, Formoso do Araguaia e Pium) produtores de arroz no estado do Tocantins. Os números na tabela indicam a probabilidade de sucesso do respectivo nível de risco, em porcentagem.

Datas de semeaduras													
Municípios	5 Out	15 Out	25 Out	05 Nov	15 Nov	25 Nov	05 Dez	15 Dez	25 Dez	01 Jan	10 Jan	20 Jan	30 Jan
Probabilidade para um nível de risco de 30% (70% de sucesso)													
Cristalândia	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Dueré	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Formoso do Araguaia	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Lagoa da Confusão	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Pium	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Probabilidade para um nível de risco de 20% (80% de sucesso)													
Cristalândia	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100	97	92
Dueré	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100	100	100	100
Formoso do Araguaia	100	100	97	100	100	100	100	100	100	97	100	100	97
Lagoa da Confusão	100	100	97	100	100	100	100	100	100	94	97	100	89
Pium	100	100	100	100	100	100	100	100	94	97	97	94	89
Probabilidade para um nível de risco de 10% (90% de sucesso)													
Cristalândia	89	75	86	86	83	83	75	67	47	39	25	19	19
Dueré	100	94	92	89	92	94	92	75	67	64	47	36	33
Formoso do Araguaia	83	78	86	86	89	89	86	69	53	53	36	25	22
Lagoa da Confusão	81	78	81	81	75	81	75	53	53	42	28	11	17
Pium	69	78	75	69	69	67	50	33	28	25	14	11	8

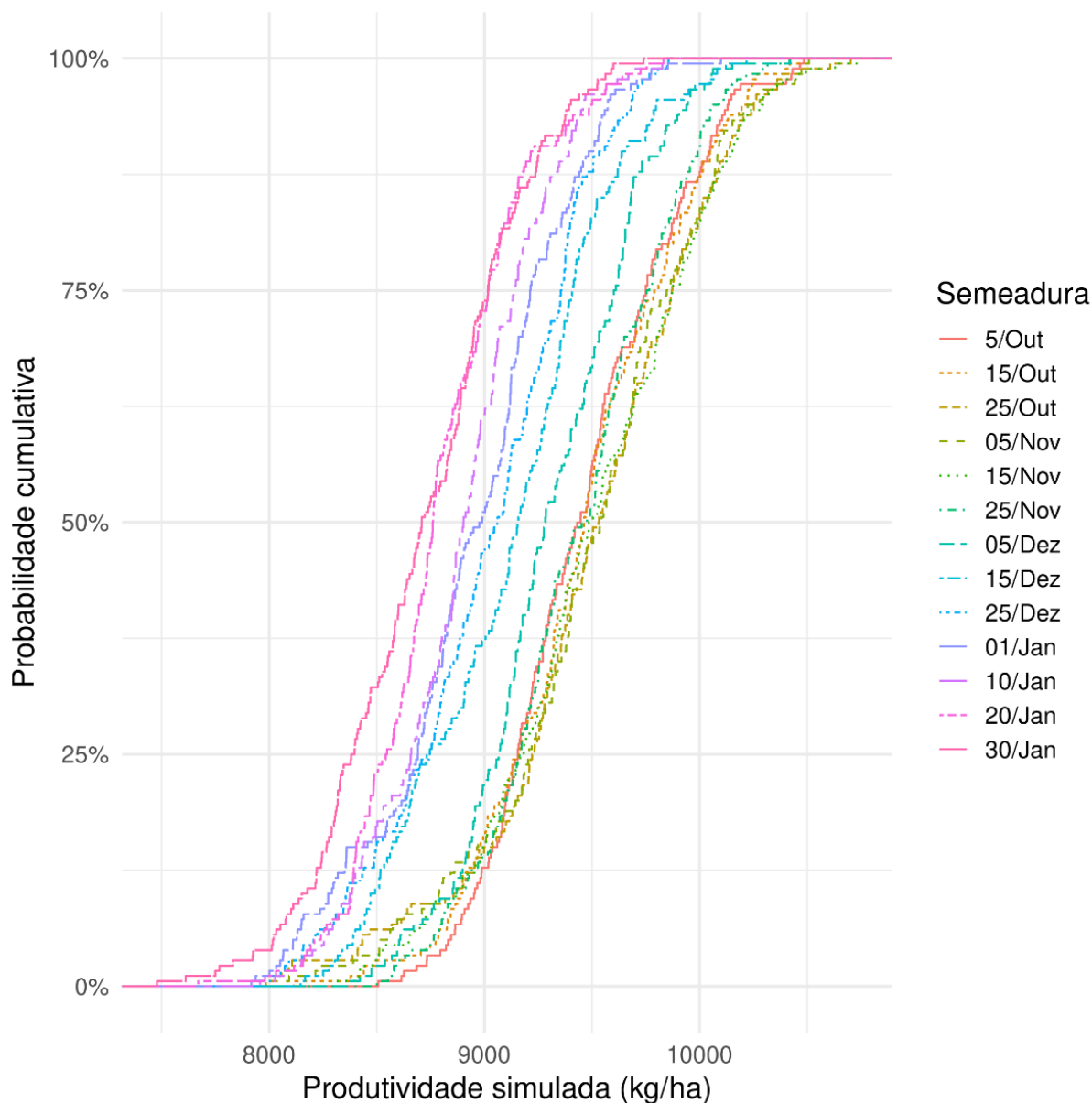


Figura 2. Probabilidade cumulativa para a produtividade simulada de arroz irrigado no período de semeadura de outubro a janeiro.

A radiação solar é importante principalmente na fase de enchimento de grãos (Santos et al., 2017; Streck et al., 2020). De acordo com a Figura 3, a semeadura na primeira época (1 de outubro a 20 de novembro) proporciona maior probabilidade de se obter maiores valores diários de radiação solar global no período de enchimento de grãos em relação às outras épocas de semeadura. A semeadura nessa época proporciona que a fase de enchimento de grãos ocorra entre janeiro e fevereiro. Nessa

época é comum a ocorrência de veranicos, proporcionando aumento na incidência da radiação solar global. A época 1 de semeadura também proporciona temperaturas mais altas na fase de enchimento de grãos (Figura 4), o que é vantajoso, pois diminui a pressão de doenças nos grãos e facilita o seu processo de secagem na fase final de enchimento. Além disso, a primeira época de semeadura proporciona a ocorrência de valores menores de temperatura mínima do ar na fase vegetativa, comparado com as demais

épocas de semeadura (Figura 5). Isso favorece menor gasto de energia de manutenção da planta, devido à menor respiração noturna. A terceira época de semeadura (1 a 30 de janeiro) é considerada a que apresenta o maior risco de quebra de produtividade. Essa época apresenta os maiores valores de temperatura máxima e mínima do ar (Figuras 4 e 5) para o período vegetativo, aumentando o gasto de energia devido à maior respiração da planta e também reduz a duração da fase vegetativa, proporcionando menor assimilação de carboidratos nessa fase. A época dois de semeadura (21 de novembro a 30 de dezembro) apresenta risco médio, comparado com as de menor (época 1) e maior risco (época 3). Essa época (21 de novembro a 30 de dezembro) apresenta maior probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar maiores que a época 1 na fase vegetativa (Figura 5). Além disso, a época 2 (21 de novembro a 30 de dezembro) apresenta maior probabilidade de ocorrência de valores menores de radiação global nas fases enchimento de grãos e vegetativa, que a época 1 (1 de outubro a 20 de novembro, Figura 3).

Não são apenas os fatores climáticos que condicionam a data de semeadura. Devem ser consideradas também as peculiaridades do sistema de produção. Em grande parte das áreas onde o arroz irrigado é cultivado no Tocantins, ele é sucedido pela cultura da soja para produção de sementes, conduzida com subirrigação. A janela de semeadura de sementes de soja nas várzeas tropicais tocantinenses inicia em 20 de abril e segue até o dia 31 de maio, na região que

compreende os municípios de Lagoa da Confusão, Pium, Formoso do Araguaia, Guarái e Dueré, conforme estabelece a Instrução Normativa (IN) nº 003, de 14 de abril de 2020 (<https://www.grupocultivar.com.br/noticias/plantio-de-soja-em-varzea-tropical-esta-autorizado-no-tocantins>). Já o prazo para a colheita da soja se encerra no dia 10 de outubro. Considerando-se que o preparo do solo para a soja deve ser feito com certa antecedência à sua semeadura para permitir a decomposição da palhada no arroz, isso implica em que a colheita do arroz seja concluída até o final de março, podendo estender até o início de abril.

Segundo Santos e Rabelo (2008), no estado do Tocantins a semeadura do arroz deve ocorrer no início do período chuvoso, ou seja, no mês de outubro, estendendo-se até 20 de dezembro, o que favorece a germinação das sementes e o estabelecimento da cultura. Nas semeaduras mais tardias, as chuvas podem dificultar a operação de semeadura. Além disso, resultados de pesquisa têm mostrado que, quanto mais se retarda a semeadura, maior é a probabilidade de ocorrência de brusone. Esse estudo demonstra que para manter o potencial produtivo das cultivares de arroz irrigado a semeadura deve ser realizada até o meio de novembro.

Assim, o período de semeadura ideal obtido como resultado da simulação, outubro a meio de novembro, está coerente quando se considera o sistema de produção predominante nas várzeas do Tocantins.

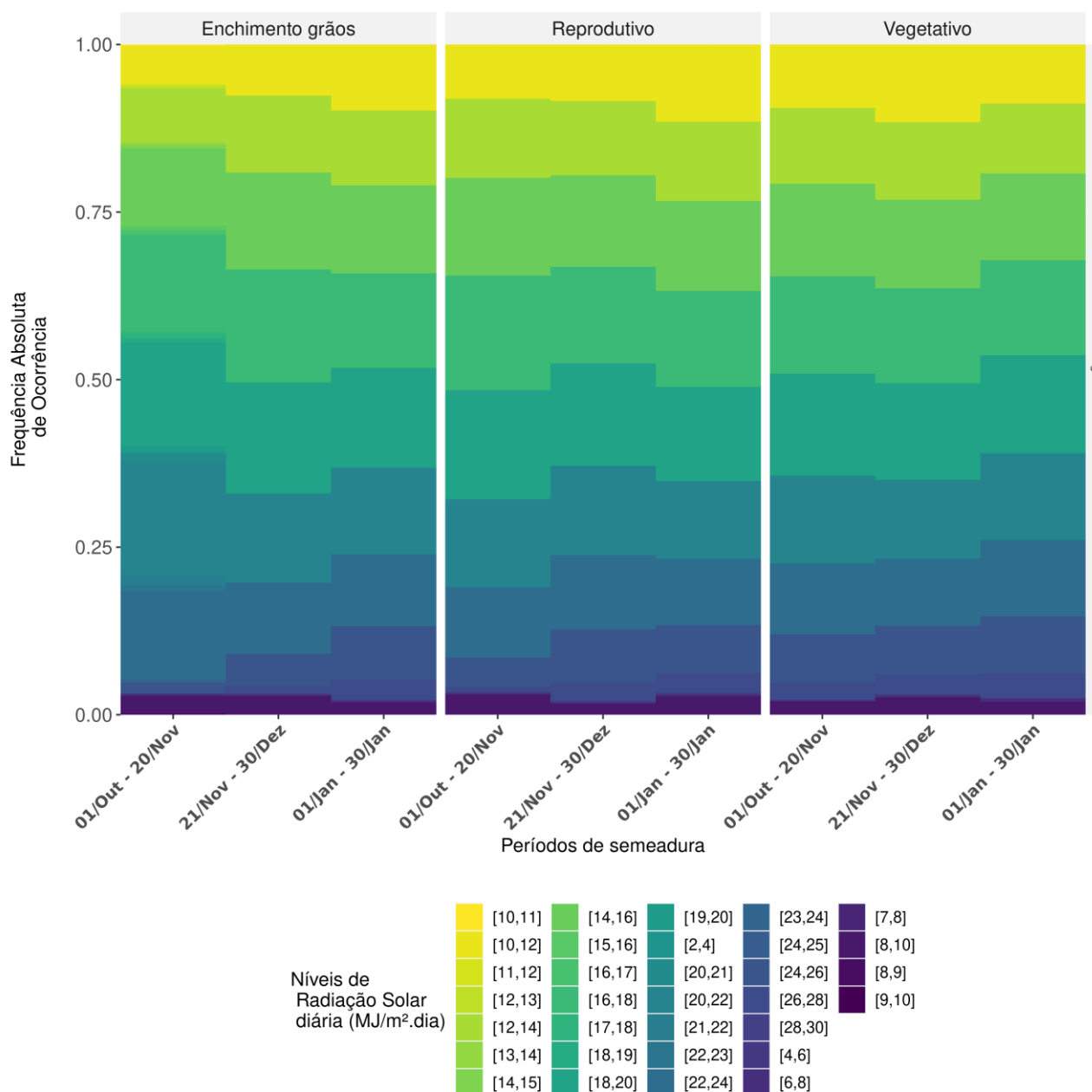


Figura 3. Frequência de ocorrência de valores de radiação solar global (MJ/m².dia) para as fases de desenvolvimento da cultura do arroz, fase vegetativa, reprodutiva e enchimento de grãos, para os períodos de semeadura de outubro a janeiro.

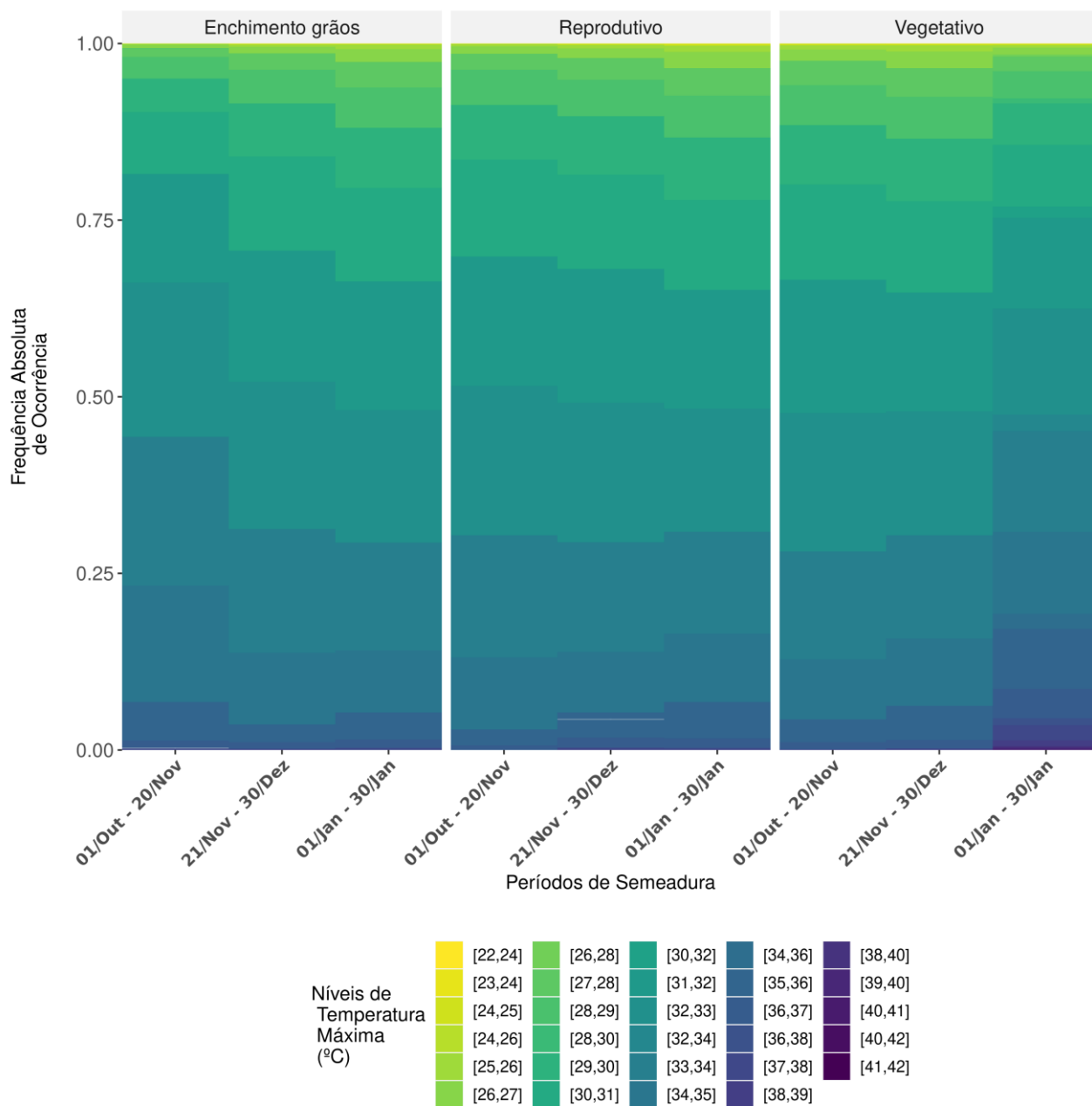


Figura 4. Frequência de ocorrência de valores de temperatura máxima (°C) para as fases de desenvolvimento da cultura do arroz, fase vegetativa, reprodutiva e enchimento de grãos, para os períodos de semeadura de outubro a janeiro.

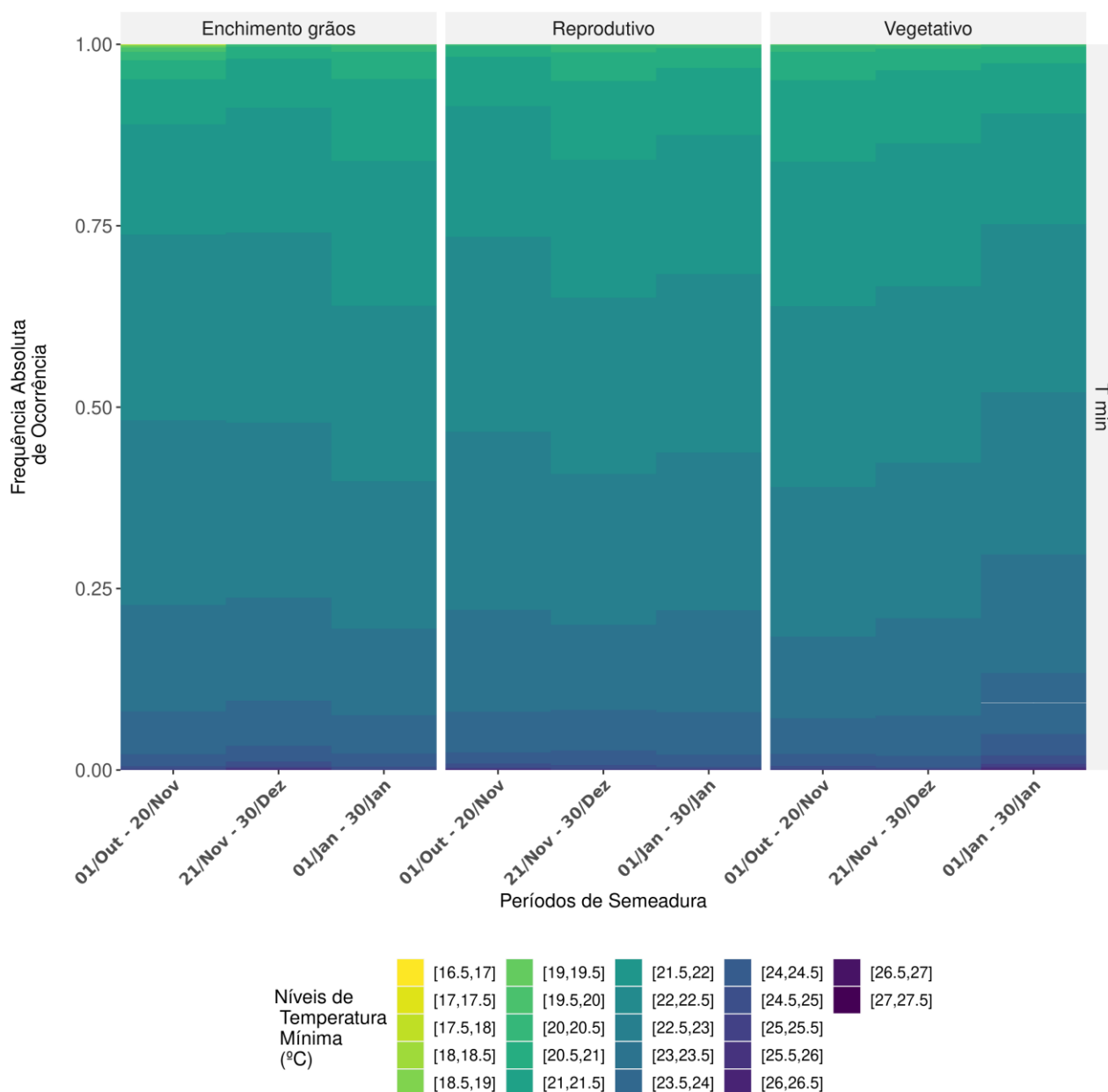


Figura 5. Frequência de ocorrência de valores de temperatura mínima (°C) para as fases de desenvolvimento da cultura do arroz, fase vegetativa, reprodutiva e enchimento de grãos, para os períodos de semeadura de outubro a janeiro.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, o período ideal de semeadura que apresenta o menor risco na produtividade simulada do arroz irrigado no estado do Tocantins pelo modelo ORYZAv3 é de outubro a 15 de novembro. Os fatores climáticos que reduzem a produtividade potencial do arroz

irrigado devido ao atraso na semeadura são: redução da radiação solar no período de enchimento de grãos e aumento das temperaturas máximas e mínimas do ar.

FINANCIAMENTO

Esta pesquisa teve o apoio financeiro da “Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás” (FAPEG -PRONEM/FAPEG/CNPq)” e do “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico” (CNPq –Edital Universal –Processo -408025/2018-2).

REFERÊNCIAS

- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J., L. M.; Andsparovek, G. (2013). Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22: 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- CONAB. (2020). Companhia Nacional de Abastecimento. Arroz: Análise Mensal. Brasília, 1, 1-4p., março/abril.
- Funari F. L; Tarifa, J. R. (2017). Insolação, radiação solar global e radiação líquida no Brasil. **Revista do Instituto Geológico**, 38(2).
- Heinemann, A. B.; Van Oort, P. A. J.; Fernandes, D. S.; Maia, A. de H. N. (2012). Sensitivity of APSIM/ORYZA model due to estimation errors in solar radiation. **Bragantia**, 71(4): 572-582.
- Heinemann, A.B.; Barrios-Perez, C.; Ramirez-Villegas, J.; Arango-Londoño, D.; Bonilla-Findji, O.; Medeiros, J.C.; Jarvis, A. (2015). Variation and impact of drought-stress patterns across upland rice target population of environments in Brazil. **Journal of Experimental Botany**. 66: 3625-3638. doi: 10.1093/jxb/erv126
- Heinemann, A.B.; Ramirez-Villegas, J.; Stone, L.F.; Silva, A.P.G.A.; Da Matta, D.H.; Diaz, M.E.P. (2020). The impact of El Niño Southern Oscillation on cropping season rainfall variability across Central Brazil. **International Journal of Climatology**. 41(S1): 283 – 304. <https://doi.org/10.1002/joc.6684>
- Heinemann, A.B.; Ramirez-Villegas, J.; Rebolledo, M.C.; Costa Neto, G.M.F.; Castro, A.P. (2019). Upland rice breeding led to increased drought sensitivity in Brazil, **Field Crops Research**, 231: 57-67. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.11.009>.
- Santos, A. B. dos; Rabelo, R. R. (2008) Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 135 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 218).
- Santos, A. B.; da Silva, M.A.S.; Stone, L. F.; Heinemann, A. B. (2020). Arroz irrigado em clima tropical no Brasil. In.: Lorenzo Dalcin Meus et al. (eds.). Ecofisiologia do arroz visando altas produtividades. Santa Maria.p. 201-209.
- Santos, M. P.; Zanon, A. J.; Cuadra, S. V.; Steinmetz, S.; Castro, J. R.; Heinemann, A. B. (2017). Yield and morphophysiological indices of irrigated rice genotypes in contrasting ecosystems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 47(3): 253-264.
- Steinmetz, S.; Deibler, A. N.; Silva, J. B. (2013). Estimativa da produtividade de arroz irrigado em função da radiação solar global e da temperatura mínima do ar. **Ciência Rural**, 43(2): 206-211.
- Streck, N. A.; Poersch, A. H.; Duarte Junior, A. J.; Ribeiro, B. S. M. R.; Ribas, G. G. et al. (2020). Fatores e elementos climáticos. In.: Ecofisiologia do arroz visando altas produtividades. In.: Lorenzo Dalcin Meus et al. (eds.). Ecofisiologia do arroz visando altas produtividades. Santa Maria.p. 93-112.
- Xavier, A.C.; King, C.W; Scanlon, B.R. (2016). Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, 36: 2644 - 2659. <https://doi.org/10.1002/joc.4518>