

DESENVOLVIMENTO FOLIAR DE ARROZ CULTIVADO E ARROZ VERMELHO EM CENÁRIOS DE AUMENTO DE TEMPERATURA

LILIAN OSMARI UHLMANN¹, NEREU AUGUSTO STRECK²

¹ Estudante do curso de graduação em Agronomia, Depto de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) Santa Maria - RS, Fone (0 xx 55) 96038623, liliuhmann@yahoo.com.br. Bolsista PIBIC/CNPq/UFSM

² Engº Agrônomo, Prof. Associado I, PhD, Depto de Fitotecnia, CCR, UFSM, Santa Maria - RS.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

RESUMO: Há uma carência de estudos sobre como processos básicos, como o desenvolvimento foliar, serão afetados pelas mudanças climáticas. O objetivo deste estudo foi simular o desenvolvimento foliar de genótipos de arroz cultivados e biótipos de arroz vermelho em cenários de mudança climática em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, considerando-se aumentos simétricos e assimétricos na temperatura mínima e máxima diária do ar. Um modelo de aparecimento de folhas adaptado para arroz foi usado para simular o número de folhas acumuladas, representadas pelo Estádio de Haun, a partir da emergência da cultura até o aparecimento da folha bandeira (EM-FB). Foram utilizados três genótipos de arroz cultivados (IRGA 417, EEA 406 e um Híbrido), e dois biótipos de arroz vermelho (casca-amarela e casca-preta), em seis épocas de emergência (20/08, 20/09, 20/10, 20/11, 20/12 e 20/01). O modelo foi rodado para cada data de emergência em cada um dos cem anos de cada cenário climático: atual e com aumentos de +1°C, +2°C, +3°C, +4°C e +5°C. O aumento da temperatura nos cenários ocasiona uma redução da duração da fase EM-FB nas datas de emergência mais cedo (20/08, 20/09, 20/10), enquanto no período intermediário (20/11) e nas datas de emergência tardias (20/12 e 20/01) a maior duração da fase EM-FB foi no cenário simétrico +5°C e a menor duração foram nos cenários assimétricos de +3°C e +4°C.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa*, aquecimento global, mudança climática.

LEAF DEVELOPMENT OF CULTIVATED RICE AND WEEDY RED RICE UNDER ELEVATED TEMPERATURE SCENARIOS

ABSTRACT: There is a lack of studies on how basic processes, such as leaf development, are impacted by climate change. The objective of this study was to simulate leaf development of cultivated rice genotypes and weedy red rice biotypes in climate change scenarios at Santa Maria, RS, Brazil, considering symmetric and asymmetric increases in daily minimum and maximum air temperatures. A leaf appearance (LAR) model adapted for rice was used to simulate the accumulated leaf number, represented by the Haun Stage, from crop emergence to flag leaf appearance (EM-FL). Three cultivated rice genotypes (IRGA 417, EEA406, and a HYBRID), and two weedy red rice biotypes (yellow-hull and black-hull) in six emergence dates (20/08, 20/09, 20/10, 20/11, 20/12 and 20/01) were used. The LAR model was run for each emergence date in one hundred-year climate scenarios: current, +1°C, +2°C e +3°C +4°C and +5°C. The increase in air temperature scenarios decreased the duration of the EM-FL phase in the earlier emergence dates (20/08, 20/09, 20/10) whereas in mid (20/11) and late emergence dates (20/12 and 20/01) the longest EM-FL phase was in the symmetric +5°C scenario and the shortest duration was in the asymmetric +3°C and +4°C scenarios.

KEY WORDS: *Oryza sativa*, global warming, climate change.

INTRODUÇÃO: Com a mudança climática, a agricultura deverá sofrer alterações e adaptações consideráveis neste século. Em muitos locais, inclusive no Brasil, o aumento da temperatura do ar foi assimétrica, com maior aumento na mínima do que na temperatura máxima diária (SANGIOLO & KAYANO, 2010). A resposta das culturas agrícolas a cenários de mudança climática tem sido realizadas através de estudos numéricos, inclusive no Brasil (STRECK, 2005). Estes estudos têm concentrado foco no rendimento das culturas (STRECK & ALBERTO, 2006a,b) ou na fenologia das culturas (ASSAD et al., 2004; STRECK et al., 2006; LAGO et al., 2008), não no desenvolvimento foliar. O desenvolvimento foliar, representado pelo aparecimento e acúmulo de folhas na haste principal está relacionado ao índice de área foliar, e, em arroz, a alguns estágios de desenvolvimento durante a fase vegetativa e reprodutiva (Counce et al., 2000). O objetivo deste estudo foi simular o desenvolvimento foliar de genótipos de arroz cultivado e biótipos de arroz vermelho em cenários de mudança climática em Santa Maria, RS, Brasil, considerando aumentos simétricos e assimétricos na temperatura mínima e máxima diária do ar.

MATERIAL E MÉTODOS: Este estudo numérico foi realizado para Santa Maria, RS (latitude 29°43'S, longitude 53° 43' W, altitude 95m), localizada numa região de grande produção de arroz, a Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul, com clima Cfa, (subtropical com verão quente e sem estação seca definida), segundo a classificação climática de Köppen. A emissão de folhas da cultura do arroz foi estimada com o modelo de aparecimento de folhas proposto por Wang e Engel (1998) adaptado para arroz por Streck et al. (2008a), que possui a forma geral: $LAR = LAR_{m\acute{a}x} \cdot f(T) \cdot f(C)$, em que: LAR é a taxa diária de aparecimento de folhas (folhas dia⁻¹), $LAR_{m\acute{a}x}$ é a taxa diária máxima de aparecimento de folhas, e f(T) e f(C) são funções de resposta não lineares à temperatura e à cronologia, respectivamente, variando de 0 a 1. O número de folhas acumuladas (NF), representado pelo estágio de Haun (HS), foi calculado a partir da emergência da cultura, acumulando-se os valores diários da LAR até o surgimento da folha bandeira. Utilizou-se três genótipos de arroz cultivado (IRGA 417, EEA 406, e um Híbrido) e dois biótipos de arroz vermelho (arroz vermelho de casca amarela – AVCA - e arroz vermelho de casca preta - AVCP). O coeficiente $LAR_{m\acute{a}x}$ é específico para cada genótipo de arroz cultivado e biótipo de arroz vermelho: IRGA 417 = 0,349 folhas dia⁻¹, EEA 406 = 0,277 folhas dia⁻¹, Híbrido = 0,323 folhas dia⁻¹, AVCA = 0,316 folhas dia⁻¹, AVCP = 0,219 folhas dia⁻¹ (STRECK et al, 2008b). As temperaturas cardinais usadas na f(T) são temperatura mínima de 11°C, temperatura ótima de 26°C e temperatura máxima de 40 °C. Seis datas de emergência foram usadas nas simulações: 20/08, 20/09, 20/10, 20/11, 20/12 e 20/01. Esta ampla variedade de datas emergência foram selecionadas a fim de ter plantas se desenvolvendo antes, durante e após o período de semeadura recomendado atualmente para o arroz nesta localidade, que é de 01/10 a 10/12 (SOSBAI, 2010). Os cenários climáticos foram: cenário atual (sem mudança), e com aumentos de +1° C, +2° C, + 3° C, +4° C e +5° C. Os cenários de aumento de temperatura foram subdivididos em aumentos simétricos e assimétricos nas temperaturas mínima e máxima diária, totalizando onze cenários climáticos. Para os cenários de crescimento assimétrico, o aumento da temperatura mínima diária foi 20% maior que o aumento da temperatura máxima diária para imitar um aumento maior na temperatura mínima diária do que na temperatura máxima registrada em diferentes partes do mundo (SANGIOLO & KAYANO, 2009). A variável de analisada foi a duração (em dias) da emergência da cultura até o aparecimento da folha bandeira (EM-FB).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nos cenários climáticos, a mais longa fase EM-FB foi sob clima atual nas datas de emergência mais cedo: 20/08 (Figura 1A a 1E), 20/09 e 20/10 (Figura 1F a 1J), com duração diminuindo à medida que a temperatura aumenta, ao passo que, nas datas de emergência intermediárias (20/11) e tardias (20/12 e 20/01), a fase mais longa EM-FB foi no cenário simétrico com aumento de +5 ° C e a menor duração foi no cenário assimétrico com aumentos de +3 ° C e +4 ° C (Figura 1K-1O). Comparando a duração da fase EM-FB entre aumentos simétricos e assimétricos, a duração da fase foi quase sempre menor nos cenários assimétricos (Figura 1A a 1O).

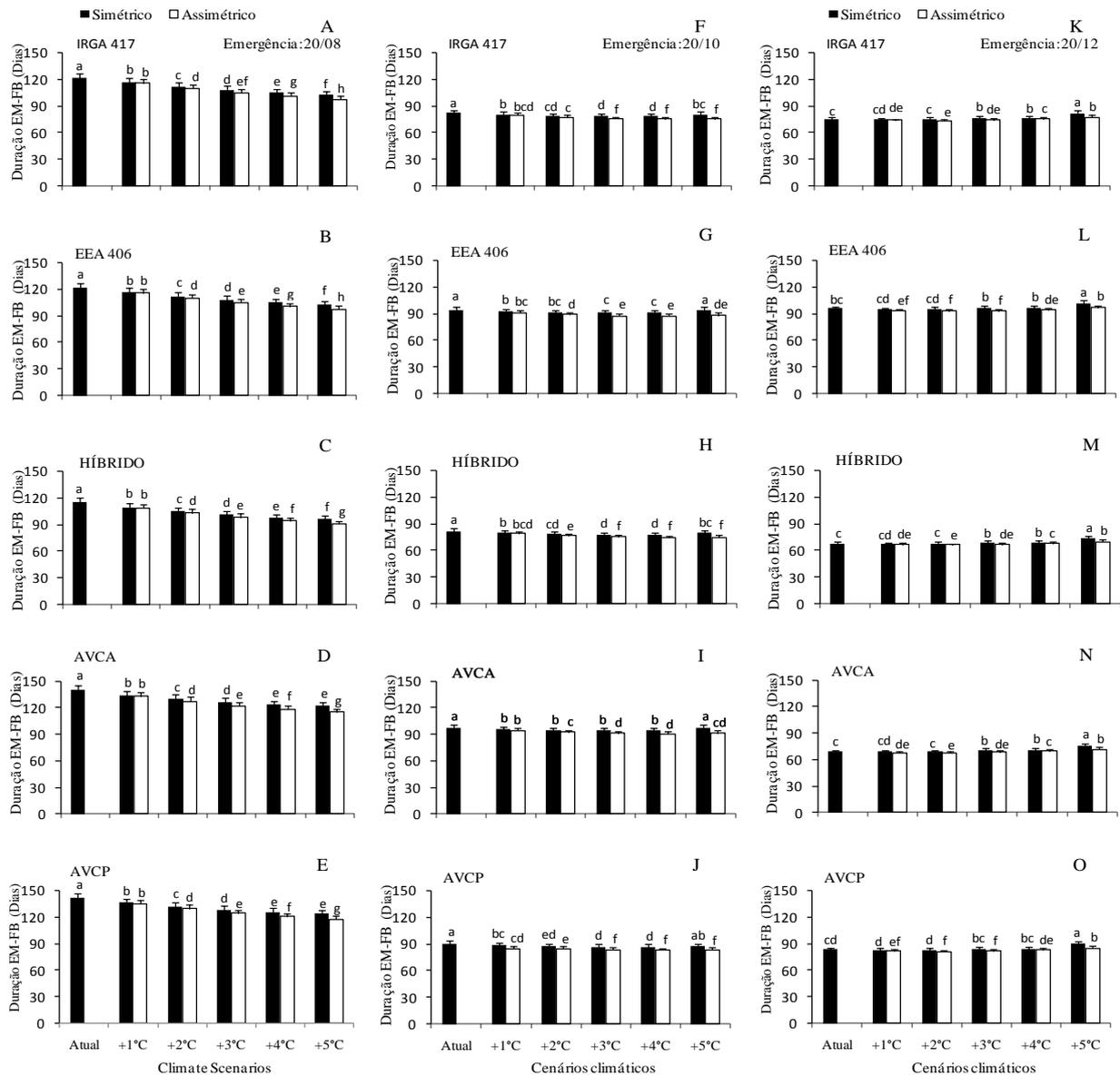


Figura 1: Simulação da duração (em dias) da fase emergência até o surgimento da folha bandeira (EM-FB) das três cultivares (IRGA 417, EEA 406 e um híbrido) e dois biótipos de arroz vermelho (AVCA e AVCP) nas épocas 1, 3 e 5 (emergência 20/08, 20/10 e 20/12) em cenários climáticos atuais e de temperatura elevada (simétricos e assimétricos). As barras são a duração média dos 100 anos de simulações (99 estações de crescimento) e as barras de erro constituem um desvio padrão da média. Barras seguidas pela mesma letra em cada painel não diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Estes resultados indicam que noites mais quentes (cenários assimétricos) têm um maior potencial para retardar o desenvolvimento vegetativo do arroz do que as noites mais frias (cenários simétricos). O encurtamento desta fase de desenvolvimento, ocasionado pelas noites mais quentes, têm o potencial de diminuir o acúmulo de fotossintetizados no colmo, devido a um aumento nas taxas de respiração, que podem reduzir o crescimento de grãos e a produtividade. Entre as incertezas projetadas para climas futuros é se a temperatura mínima e máxima diárias vão subir na mesma proporção (IPCC, 2007). Se a tendência de maior aumento na temperatura mínima diária do que na máxima observada em alguns locais no Rio Grande do Sul (SANGIOLO & KAIANO, 2010) se confirmar no futuro, o desenvolvimento foliar de genótipos de arroz cultivado e biótipos de arroz vermelho poderá ser diferente, o que confirma a elevada vulnerabilidade dos agroecossistemas à mudança climática (IPCC, 2007).

CONCLUSÕES: para a cultura do arroz, cenários de temperatura elevada levam a um aumento da duração da fase de emissão de folhas do arroz cultivado e arroz vermelho nas datas de emergência precoces e médias. Para datas de emergência tardias, cenários climáticos com aumentos de +5°C na temperatura diária causam atrasos no desenvolvimento foliar. Aumentos assimétricos na temperatura, ou seja, noites mais quentes, tem um efeito maior sobre o desenvolvimento foliar de genótipos de arroz e biótipos de arroz-vermelho do que um aumento simétrico.

REFERÊNCIAS:

- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; JUNIOR, J. Z.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.11, p. 1057-1064, 2004.
- COUNCE, P.A.; KEOSÇONG, T.C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. *Crop Science*, Madison, v.40, n.2, p.436-443, 2000.
- IPCC, 2007 [Intergovernmental Panel on Climate Change]. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.
- LAGO, I.; STRECK, N.A.; ALBERTO, C.M.; OLIVEIRA, F.B.; PAULA, G.M.de. Impact of increasing mean air temperature on the development of rice and red rice. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n11, p. 1441-1448, 2008.
- SANGÍGOLO, C. A.; KAIANO, M. T. Trends of seasonal maximum and minimum temperatures and precipitation on Southern Brazil for the 1913-2006 period. *Theoretical and Applied Climatology*, v.101, n.1-2, p.209-216, 2010.
- SOSBAI [Sociedade Sul Brasileira de Arroz Irrigado]. 2010. *Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil*. Bento Gonçalves, RS, 188p.
- STRECK, N.A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. *Ciência Rural*, v. 35, n. 3, p. 730-740, 2005.
- STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Simulação do impacto da mudança climática sobre a água disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. *Ciência Rural*, v. 36, n. 2, p. 424-433, 2006a.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.9, p.1351-1359, 2006b.

STRECK, N. A.; BOSCO, L. C.; LAGO, I. Simulating leaf appearance in rice. *Agronomy Journal*, v.100, n. 3, p. 490-501, 2008a.

STRECK, N. A.; BOSCO, L.; LUCAS, D. D. P.; LAGO, I. Modeling leaf appearance in cultivated rice and red rice. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n.5, p. 559-567, 2008b.

WANG, E.; ENGEL, T. Simulation of phenological development of wheat crops. *Agricultural Systems*, v. 58, n. 1, p. 1-24, 1998.