

# IMPACTO DO AUMENTO NA TEMPERATURA MÉDIA DO AR SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO ARROZ E DO ARROZ VERMELHO

ISABEL LAGO<sup>1</sup>; NEREU AUGUSTO STRECK<sup>2</sup>; CLEBER MAUS ALBERTO<sup>3</sup>; FELIPE BRENDLER OLIVEIRA<sup>4</sup>; GIZELLI MOIANO DE PAULA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma, Pós-Graduada, Depto. de Fitotecnia, UFSM/Santa Maria – RS, email: isalago08@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Prof. Ph.D., Depto. de Fitotecnia, UFSM/Santa Maria – RS.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Prof. Dr., UNIPAMPA/Itaqui – RS.

<sup>4</sup>Aluno de Graduação em Agronomia, UFSM/Santa Maria – RS.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - Grandarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta do desenvolvimento do arroz cultivado e do arroz vermelho ao aumento da temperatura em Santa Maria, RS, Brasil, considerando aumentos simétricos e assimétricos nas temperaturas mínima e máxima diária do ar. Foram criados cenários climáticos de cem anos de 0°C, +1°C, + 2°C, +3°C, +4°C e +5°C, com diferentes aumentos nas temperaturas mínima e máxima diárias do ar. Foram usados nove genótipos de arroz cultivado (IRGA 421, IRGA 416, IRGA 417, IRGA 420, BRS 7 TAIM, BR-IRGA 409, EPAGRI 109, um Híbrido e EEA 406) e dois biótipos de arroz vermelho (casca preta aristado e casca amarela aristado). A data da diferenciação da panícula (R1), antese (R4) e todos os grãos com casca marrom (R9) foi estimada com um modelo não linear. Em geral, a duração da fase emergência–R1 diminuiu, enquanto a duração das fases R1–R4 e R4–R9 aumentaram, com o aumento da temperatura nos cenários de mudança climática.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Oryza sativa*, aquecimento global, simulação.

## IMPACT OF INCREASING MEAN AIR TEMPERATURE ON THE DEVELOPMENT OF RICE AND RED RICE

**ABSTRACT:** The objective of this study was to assess the response of development of cultivated rice and red rice to increased temperature in Santa Maria, RS, considering symmetric and asymmetric increases in minimum and maximum daily air temperatures. One hundred years climate scenarios of 0°C, +1°C, +2°C, +3°C, +4°C, and +5°C, with different increases in minimum and maximum daily air temperatures were created. Nine cultivated rice genotypes (IRGA 421, IRGA 416, IRGA 417, IRGA 420, BRS 7 TAIM, BR-IRGA 409, EPAGRI 109, an Hybrid, and EEA 406), and two red rice biotypes (awned blackhull-ABHRR, and awned yellowhull-AYHRR) were used. The date of panicle differentiation (R1), anthesis (R4), and all grains with brown hulls (R9) was estimated with a non-linear simulation model. Overall, the duration of the emergence–R1 phase decreased whereas the duration of the R1–R4 and R4–R9 phases most often increased as temperature increased in the climate change scenarios.

**KEYWORDS:** *Oryza sativa*, global warming, simulation.

**INTRODUÇÃO:** Há relatos que a década de 90 foi a mais quente do último milênio e projeções indicam aumentos de 1,1 a 6,4°C na temperatura média global até o final deste século (IPCC, 2007), o que poderá vir a afetar o desenvolvimento das culturas, inclusive o arroz. O Brasil é o maior produtor de arroz fora da Ásia, produzindo aproximadamente 11 milhões de Mg por ano. O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional, com uma produtividade média de 6,7 Mg ha<sup>-1</sup> em um milhão de hectares (IRGA, 2007). O desenvolvimento das plantas é um processo chave na definição do rendimento das culturas, por isso, ao avaliar a resposta das culturas à mudança climática, uma pergunta científica importante é: como o desenvolvimento das culturas será afetado se ocorrer mudança no clima? Esta pergunta deve ser estendida as plantas daninhas, pois a competição cultura-planta daninha é dependente da fase de desenvolvimento. Além disso, é importante considerar as temperaturas mínima e máxima diárias do ar nos cenários climáticos, pois são reportados maiores aumentos na temperatura mínima do que na temperatura máxima (PENG et al., 2004). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta do desenvolvimento do arroz cultivado e do arroz vermelho ao aumento da temperatura em Santa Maria, RS, Brasil, considerando aumentos simétricos e assimétricos nas temperaturas mínima e máxima diárias do ar.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** O estudo foi realizado em Santa Maria, RS (29°43'S, 53°43'W, e latitude: 95 m). Os cenários de mudança climática (Tabela 1) foram criados com o Weather Generator LARS-WG (SEMENOV et al., 1998), usando o banco de dados meteorológicos (temperaturas mínima e máxima diárias do ar) de 1969 a 2003, coletados na Estação Climatológica Principal pertencente ao 8° DISME/INMET, localizada no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O aumento assimétrico foi assumido ser 20% maior para a temperatura mínima do que para a temperatura máxima (IPCC, 2007).

Tabela 1- Cenários de aumento na temperatura média do ar com aumentos simétricos e assimétricos nas temperaturas mínima e máxima diárias do ar.

Cenários	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura média (°C)
Sem mudança climática	0	0	0
Aumento simétrico			
1a	+1,0	+1,0	+1,0
2a	+2,0	+2,0	+2,0
3a	+3,0	+3,0	+3,0
4a	+4,0	+4,0	+4,0
5a	+5,0	+5,0	+5,0
Aumento assimétrico			
1b	+1,2	+0,8	+1,0
2b	+2,4	+1,6	+2,0
3b	+3,6	+2,4	+3,0
4b	+4,8	+3,2	+4,0
5b	+6,0	+4,0	+5,0

Foram usados nove genótipos de arroz cultivado (IRGA 421, IRGA 416, IRGA 417, IRGA 420, BRS 7 TAIM, BR-IRGA 409, EPAGRI 109, EEA 406 e híbrido) e dois biótipos de arroz vermelho (casca preta aristado - AVCPA e casca amarela aristado - AVCAA). O modelo usado para simular os estágios de desenvolvimento do arroz cultivado e do arroz vermelho foi

o modelo não linear de WANG & ENGEL (1998), que foi previamente calibrado e testado para arroz cultivado e arroz vermelho por LAGO (2008). O ciclo de desenvolvimento do arroz irrigado e do arroz vermelho foi dividido em três fases: a fase vegetativa que vai da emergência (EM) a diferenciação da panícula (R1); a fase reprodutiva que vai do R1 a antese (R4) e a fase de enchimento de grãos que vai do R4 a todos os grãos da panícula com casca marrom (R9). As simulações para cada um dos cem anos em cada cenário climático iniciaram em 15 de novembro, que está dentro do período de semeadura recomendado para Santa, RS que é de 1 de outubro a 10 de dezembro. Foram calculados os desvios (em dias) na duração das fases de desenvolvimento EM-R1, R1-R4 e R4-R9 simuladas para cada cenário de mudança climática em relação ao cenário sem mudança climática. Desvios positivos indicam aumentos na duração das fases de desenvolvimento nos cenários de mudança climática e desvios negativos indicam redução na duração das fases.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os resultados indicam alterações na duração das fases de desenvolvimento do arroz irrigado e do arroz vermelho com o aumento da temperatura (Tabelas 2, 3 e 4). Houve redução da fase EM-R1, sendo maior nos genótipos *indica* do que no *japonica* e nos biótipos de arroz vermelho. Para a fase R1-R4 foi simulado um aumento nos genótipos *indica* e uma redução no genótipo *japonica* e nos biótipos de arroz vermelho. Foi simulado um aumento na duração da fase R4-R9 nos genótipos cultivados (exceto BR-IRGA 409 e EPAGRI 109) e nos biótipos de arroz vermelho.

Tabela 2- Desvios (em dias) na duração das fases de desenvolvimento EM-R1, R1-R4, R4-R9 e EM-R9 dos genótipos de arroz irrigado de ciclo muito precoce e precoce, simulados para cada cenário de mudança climática em relação ao cenário sem mudança climática. Os cenários são numerados de acordo com os aumentos de temperatura propostos na Tabela 1. EM=emergência, R1=diferenciação da panícula, R4=antese, R9=todos os grãos da panícula com casca marrom.

Genótipo	Fase de desenvolvimento	Cenários Climáticos									
		1a	1b	2a	2b	3a	3b	4 <sup>a</sup>	4b	5a	5b
IRGA 421	EM-R1	-2	-2	-3	-4	-5	-6	-5	-7	-5	-8
	R1-R4	0	-1	1	-1	1	-1	2	0	3	1
	R4-R9	1	0	2	1	4	2	6	5	8	7
	EM-R9	-1	-3	-1	-4	0	-4	3	-3	6	0
IRGA 416	EM-R1	-2	-3	-4	-5	-5	-7	-6	-8	-6	-9
	R1-R4	0	-1	1	-1	3	0	5	2	7	4
	R4-R9	0	0	1	0	2	2	4	3	6	5
	EM-R9	-2	-4	-1	-5	0	-5	3	-4	7	0
IRGA 417	EM-R1	-2	-3	-4	-5	-5	-7	-6	-9	-6	-10
	R1-R4	0	0	1	0	2	0	4	1	6	3
	R4-R9	0	0	1	0	3	2	5	4	7	6
	EM-R9	-2	-4	-2	-5	0	-5	3	-4	6	0
IRGA 420	EM-R1	-2	-3	-4	-5	-5	-7	-6	-8	-6	-9
	R1-R4	0	-1	1	-1	3	0	5	2	7	4
	R4-R9	0	-1	1	0	2	1	4	3	5	5
	EM-R9	-2	-4	-2	-6	0	-6	3	-4	7	0

Tabela 3- Desvios (em dias) na duração das fases de desenvolvimento EM-R1, R1-R4, R4-R9 e EM-R9 dos genótipos de arroz irrigado de ciclo médio e tardio, simulados para cada cenário de mudança climática em relação ao cenário sem mudança climática. Os cenários são numerados de acordo com os aumentos de temperatura propostos na Tabela 1. EM=emergência, R1=diferenciação da panícula, R4=antese, R9=todos os grãos da panícula com casca marrom.

Genótipo	Fase de desenvolvimento	Cenários Climáticos									
		1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b
BRS 7 TAIM	EM-R1	-2	-3	-4	-6	-6	-8	-6	-9	-6	-10
	R1-R4	0	-1	2	-1	3	0	5	2	8	5
	R4-R9	0	-1	0	-1	1	0	2	1	4	3
	EM-R9	-2	-5	-3	-7	-1	-7	2	-6	6	-2
BR-IRGA 409	EM-R1	-2	-3	-4	-5	-5	-7	-6	-9	-6	-10
	R1-R4	0	-1	2	-1	4	0	6	3	10	6
	R4-R9	-1	-2	-1	-2	0	-2	1	-1	2	0
	EM-R9	-3	-6	-3	-8	-2	-9	1	-7	6	-3
EPAGRI 109	EM-R1	-3	-3	-5	-6	-6	-9	-7	-10	-7	-12
	R1-R4	0	-1	1	-1	3	0	5	2	8	5
	R4-R9	-1	-2	-1	-2	-1	-2	0	-2	1	0
	EM-R9	-4	-7	-5	-10	-4	-11	-1	-10	3	-7

Tabela 4- Desvios (em dias) na duração das fases de desenvolvimento EM-R1, R1-R4, R4-R9 e EM-R9 dos genótipos de arroz irrigado Híbrido e EEA 406, e os biótipos de arroz vermelho AVCPA (arroz vermelho casca preta aristado) e AVCAA (arroz vermelho casca amarela aristado) simulados para cada cenário de mudança climática em relação ao cenário sem mudança climática. Os cenários são numerados de acordo com os aumentos de temperatura propostos na Tabela 1. EM=emergência, R1=diferenciação da panícula, R4=antese, R9=todos os grãos da panícula com casca marrom.

Genótipo	Fase de desenvolvimento	Cenários Climáticos									
		1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b
Híbrido	EM-R1	-2	-3	-4	-5	-5	-7	-6	-8	-6	-9
	R1-R4	0	-1	1	-1	2	0	4	1	6	3
	R4-R9	0	0	1	0	3	2	5	4	7	6
	EM-R9	-1	-3	-1	-5	0	-5	3	-3	7	0
EEA 406	EM-R1	-1	-2	-1	-4	-1	-5	1	-6	2	-7
	R1-R4	0	-2	-1	-3	-2	-4	-2	-3	-1	0
	R4-R9	1	0	2	1	3	3	4	5	6	8
	EM-R9	0	-3	0	-5	1	-6	3	-4	7	2
AVCPA	EM-R1	-1	-2	-1	-3	-1	-5	0	-6	2	-7
	R1-R4	0	-2	-1	-3	-2	-4	-2	-3	-2	0
	R4-R9	1	0	2	1	3	3	5	6	7	9
	EM-R9	0	-3	0	-5	1	-6	3	-4	7	2
AVCAA	EM-R1	-1	-2	-1	-4	-1	-5	1	-6	2	-7
	R1-R4	0	-2	-1	-3	-2	-4	-2	-3	-1	0
	R4-R9	1	0	2	1	3	3	5	6	8	9
	EM-R9	0	-3	0	-5	1	-6	4	-3	8	2

Resultados de simulação de uma redução da fase EM-R1 em arroz também foram obtidos por STEINMETZ et al. (2006) e TAO et al. (2008). Uma redução dessa fase poderá ser bastante prejudicial, pois nela ocorrem eventos do ciclo da cultura como crescimento radicular, perfilhamento e expansão da área folhar, que influenciam diretamente na eficiência de uso dos recursos do meio (radiação solar, água, nutrientes, etc.). Um aumento da fase R1-R4, poderá levar a uma maior exposição das plantas à temperaturas máximas iguais ou maiores do que 35°C que poderão aumentar o problema com esterilidade de espiguetas. Uma alternativa para atenuar esse problema seria o desenvolvimento de genótipos tolerantes a altas temperaturas no período da floração. Um aumento da fase R4-R9 num primeiro momento seria positivo já que aumentaria o período destinado ao enchimento de grãos. No entanto, com o aumento da temperatura, principalmente nos cenários com aumentos maiores na temperatura mínima do que na máxima diária, poderá haver um aumento da respiração de manutenção das plantas o que reduzirá a quantidade de assimilados disponíveis para o enchimento de grãos, podendo resultar em menor rendimento (PENG et al., 2004).

**CONCLUSÕES:** A duração da fase EM-R1 em geral diminui, enquanto que a duração das fases R1-R4 e R4-R9 geralmente aumentam, com o aumento da temperatura nos cenários de mudança climática. A duração simulada do ciclo total (EM-R9), aumenta nos cenários com aumentos simétricos e diminui nos cenários com aumentos assimétricos nas temperaturas mínima e máxima diárias do ar. Os atuais genótipos de arroz podem ser menos competitivos com o arroz vermelho em climas futuros.

#### **REFERÊNCIAS:**

- IPCC [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. Cambridge: University, 2007.
- IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz. Dados de safra. Available at: <<http://www.irga.rs.gov.br/dados.htm>>. Accessed 20 Oct. 2007.
- LAGO, I. Desenvolvimento do arroz e do arroz vermelho: modelagem e resposta à mudança climática. 2008. 94p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- PENG, S.; HUANG, J.; SHEEHY, J.E.; LAZA, R.C.; VISPERAS, R.M.; ZHONG, X.; CENTENO, G.S.; KHUSH, G.S.; CASSMAN, K.G. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. National Academy of Sciences of the USA, v.101, p.9971-9975, 2004.
- SEMENOV, M.A., BROOKS, R.J., BARROW, E.M. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. Climate Research, v.10, p.95-107, 1998.
- STEINMETZ, S.; PINHEIRO, M.J.; FERREIRA J.S.A.; DEIBLER, A.N. Impacto do aquecimento global sobre a duração da fase vegetativa do arroz irrigado, estimada pelo método de graus-dia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 2., REUNIÃO NACIONAL DA PESQUISA DE ARROZ, 8., 2006, Brasília. Anais. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1 CD ROM.
- TAO, F.; HAYASHI, Y.; ZHANG, Z.; SAKAMOTO, T.; YOKOZAWA, M. Global warming, rice production, and water use in China: Developing a probabilistic assessment. Agricultural and Forest Meteorology, v.148, p.94-110, 2008.
- WANG, E.; ENGEL, T. Simulation of phenological development of wheat crops. Agricultural Systems, v.58, p.1-24, 1998.