

RENDIMENTO DE GRÃOS DE ARROZ IRRIGADO EM CENÁRIOS DE MUDANÇA CLIMÁTICA¹

LIDIANE C. WALTER², HAMILTON T. ROSA³, NEREU A. STRECK⁴

¹ Projeto financiado pelo CNPq (Edital MCT/CNPq n° 27/2007 – Mestrado).

² Eng. Agrônoma, Doutoranda, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Avenida Roraima, n° 1.000, Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria - RS. lidianewalter@gmail.com

³ Eng. Agrônomo, Doutorando, Programa de Pós Graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria - RS.

⁴ Eng. Agrônomo, Prof. PhD, Departamento de Fitotecnia, 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 – O objetivo deste trabalho foi simular o rendimento de grãos de arroz irrigado em cenários de mudança climática com aumento da atual concentração de CO₂ na atmosfera e da temperatura média do ar em Santa Maria, RS, e verificar as implicações nas recomendações de época de semeadura. Foram utilizados cenários de mudanças climáticas, para os próximos 100 anos, com o dobro da quantidade de CO₂ e com aumentos de temperatura do ar de 1, 2, 3, 4 e 5°C. O rendimento de grãos da cultura do arroz foi simulado pelo modelo InfoCrop. As simulações foram realizadas para três cultivares de arroz (IRGA 421, IRGA 417 e EPAGRI 109) em sete datas de semeadura, com intervalos mensais, de 20 de julho até 20 de janeiro. Um aumento no rendimento de grãos de arroz irrigado foi observado nos cenários de mudança climática simulado para as três cultivares, com maior incremento na muito precoce (IRGA 421) e menor na de ciclo longo (EPAGRI 109). Se as mudanças climáticas se confirmarem, o período de semeadura recomendado atualmente para cultivares de arroz irrigado deverá ser ampliado.

Palavras chave: *Oryza sativa*, aquecimento global, modelagem.

IRRIGATED RICE GRAIN YIELD IN CLIMATE CHANGE SCENARIOS

Abstract – The objective of this work was to simulate irrigated rice grain yield in climate change scenarios with increasing of current atmospheric CO₂ concentration and increases in mean air temperature in Santa Maria, RS, as well as to verify possible implications on current recommendations of sowing period. Climate change scenarios for the next one hundred years considering doubled CO₂ concentration and increases of 1, 2, 3, 4 and 5°C were used. Rice grain yield was simulated with the InfoCrop model. Simulations were performed considering three rice cultivars (IRGA 421, IRGA 417 and EPAGRI 109) and seven sowing dates spaced monthly from July 20th to January 20th. An increase in rice grain yield was observed in the climate change scenarios simulated for the three cultivars, with higher increase for the very early cultivar (IRGA 421) and lower increase for the late cultivar (EPAGRI 109). If climate change takes place, currently sowing period recommended for irrigated rice shall be enlarged.

Key-words: *Oryza sativa*, global warming, modeling.

Introdução – Nos últimos anos houve aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO₂), o que pode resultar em incremento na temperatura do ar (IPCC, 2007). Estudos dos impactos potenciais da mudança climática sobre as espécies cultivadas são especialmente relevantes por ajudarem a prever mudanças no manejo, zoneamento das culturas, e indicar os rumos que deve seguir o melhoramento genético na seleção de novos materiais. Esses estudos são difíceis de serem realizados experimentalmente, em razão de limitação de equipamentos, mão de obra e recursos

financeiros, além da dificuldade no controle dos fatores que afetam as respostas das plantas. Os modelos matemáticos são ferramentas que tornam possível o estudo do impacto da mudança climática sobre agroecossistemas. Alguns estudos indicam aumento das áreas de risco climático para a cultura do arroz irrigado no Brasil, devido ao aumento da temperatura do ar (Deconto, 2008). No entanto, não foi encontrado na literatura nenhum trabalho que indicasse qual o impacto da mudança climática no rendimento de grãos de arroz irrigado nas condições brasileiras. O objetivo deste trabalho foi simular o rendimento de grãos de arroz irrigado em cenários de mudança climática com o dobro da concentração atual de CO₂ na atmosfera e aumentos na temperatura média do ar em Santa Maria, RS, e verificar as implicações nas recomendações atuais de época de semeadura.

Material e Métodos – Este estudo numérico foi realizado para as condições de Santa Maria, RS, Brasil (29°43'S, 53°43'W e altitude de 95 m). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, sem estação seca definida, com verões quentes. O modelo de simulação do rendimento de grãos de arroz utilizado neste estudo foi o InfoCrop, desenvolvido nas condições asiáticas, descrito por Aggarwal et al. (2006). O modelo foi ajustado para a simulação do rendimento de grãos de três cultivares locais, diferentes quanto à duração do ciclo de desenvolvimento: IRGA 421 (muito precoce), IRGA 417 (precoce) e EPAGRI 109 (longo) (SOSBAI, 2007). Foram usados valores de soma térmica para essas cultivares, relatados em Lago et al. (2008). O valor de eficiência do uso da radiação (EUR) de 2,39 g MJ⁻¹ (Kiniry et al., 2001), com aumento de 25% na EUR nos cenários climáticos futuros (Weerakoon et al., 2000). Uma função de resposta da EUR pela variação da temperatura do ar descrita por Soltani et al. (2001) foi implementada. O índice de área foliar foi limitado em 7,5. Após esses ajustes, o modelo foi testado com dados de rendimento do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA, 2009) e de experimentos locais. As simulações foram realizadas sem considerar os efeitos de pragas, doenças, plantas invasoras e manejos de irrigação e adubação, representando o potencial produtivo. O modelo InfoCrop foi rodado para cada uma das cultivares em sete datas de semeadura: no dia 20 de julho, 20 de agosto, 20 de setembro, 20 de outubro, 20 de novembro, 20 de dezembro e 20 de janeiro, compreendendo semeaduras antes da época recomendada até semeaduras posteriores ao período recomendado para a semeadura na região. O rendimento de grãos das três cultivares de arroz irrigado, nas sete datas de semeadura, foi simulado para sete cenários com projeção de 100 anos de dados de temperatura do ar e radiação solar (Lago et al., 2008). O cenário atual considera temperatura do ar e radiação solar sem alteração, com a concentração atual de CO₂ (390 ppm). O cenário 2xCO₂ corresponde ao dobro da concentração atual de CO₂, sem alteração na temperatura do ar. Os cenários +1°C, +2°C, +3°C, +4°C e +5°C representam aumentos de 1 a 5°C na temperatura média do ar e o dobro da concentração atual de CO₂. O modelo InfoCrop e as simulações foram implementadas em Fortran, com o compilador Force-Versão 2.0.8p. A análise dos dados foi realizada por meio do cálculo da mudança média percentual, calculada pela diferença entre o rendimento simulado em cada cenário de mudança climática e o rendimento do cenário atual para cada cultivar e data de semeadura.

Resultados e Discussão – A versão do modelo InfoCrop utilizada captura as diferenças de rendimento das cultivares atualmente usadas no RS, sendo que quanto maior o ciclo de desenvolvimento, maior o potencial produtivo da cultivar, e em diferentes datas de semeadura, os maiores rendimentos de arroz são alcançados com semeaduras antecipadas e cultivares de ciclo longo, concordando com resultados de ensaios experimentais do IRGA (Mariot et al., 2009). A simulação do rendimento de grãos de arroz irrigado com o modelo InfoCrop mostrou que há uma tendência de aumento do rendimento de grãos em todos os cenários de mudanças climáticas considerados para Santa Maria, RS, em relação ao cenário

atual, nas três cultivares. Resultados similares já haviam sido relatados anteriormente por Soltani et al. (2001), sugerindo que o rendimento de grãos de arroz em cenários de mudança climática deverá diminuir em locais de baixa latitude (tropicais) e poderá aumentar em locais de média e alta latitudes (subtropicais e temperados). Os maiores incrementos no rendimento de grãos foram observados no cenário 2xCO₂, as cultivares IRGA 421, IRGA 417 e EPAGRI 109 apresentaram incrementos de 100, 60 e 30% no rendimento de grãos, respectivamente (Walter et al., 2010). A maioria dos trabalhos indica aumento de aproximadamente 30% no rendimento de espécies C₃, inclusive do arroz, em função do dobro da concentração de CO₂ (Soltani et al., 2001; Streck, 2005). No modelo InfoCrop o aumento significativo encontrado no rendimento de grãos, em função de apenas 25% de aumento na EUR pode ser explicado pela translocação dos fotoassimilados dos colmos a partir da antese. O maior rendimento de grãos alcançado pela cultivar IRGA 421 foi de aproximadamente 6,7 Mg ha⁻¹ no mês de outubro para os cenários 2xCO₂ e +1°C, e para a cultivar IRGA 417, os maiores rendimentos de grãos simulados foram próximos de 11 Mg ha⁻¹, nas sementeiras de setembro e outubro, nos mesmos cenários (Walter et al., 2010). Com a sementeira de cultivares muito precoces em outubro e de cultivares precoces em setembro e outubro, o período de maior necessidade de energia radiante acontece nos meses de dezembro e janeiro, quando a disponibilidade de radiação solar em Santa Maria é máxima. Nas sementeiras realizadas muito cedo (julho e agosto), a fase reprodutiva aconteceu quando a disponibilidade de radiação solar ainda estava baixa, o que fez com que a cultura partisse de um baixo potencial produtivo, além de alta esterilidade de espiguetas causada pelo frio (Walter et al., 2010). Nos cenários de mudança climática, observou-se redução da esterilidade de espiguetas pelo frio, em consequência do aumento na temperatura do ar, no entanto ocorreu um aumento da esterilidade de espiguetas por altas temperaturas. A cultivar EPAGRI 109 apresentou rendimentos de grãos de até 12,5 Mg ha⁻¹ na sementeira de agosto (Walter et al., 2010). As menores temperaturas no outono causaram grande esterilidade de espiguetas por frio na sementeira tardia de janeiro para cultivares de ciclo longo, principalmente nos cenários atual e 2xCO₂, tendo diminuído com o aumento da temperatura do ar nos cenários seguintes (Walter et al., 2010), fato que demonstra os efeitos do aumento da concentração de CO₂ e também do aumento da temperatura média do ar sobre a cultura do arroz. Na cultivar IRGA 421, a mudança média percentual no rendimento de grãos indica que as sementeiras de julho e agosto são desfavoráveis em todos os cenários climáticos (Figura 1 A), pois cultivares muito precoces sementeiras muito cedo resultam em grande esterilidade de espiguetas pelo frio (Walter et al., 2010), além de pouca produção de biomassa, pois a temperatura do ar e a disponibilidade de radiação solar ainda não estão ideais para o crescimento e desenvolvimento da cultura. A sementeira no mês de outubro no cenário 2xCO₂ apresentou o maior desvio positivo, mas com aumento de 2°C ou mais, a sementeira de novembro passou a ser mais favorável. Nessa cultivar, observa-se que os incrementos no rendimento na sementeira de dezembro foram sempre inferiores aos meses de outubro e novembro nos cenários com aumento de até 4°C (Figura 1 A). No cenário +5°C, o rendimento tendeu a se igualar nas sementeiras de novembro e dezembro. As simulações para a cultivar IRGA 417 indicam uma mudança percentual negativa do rendimento de grãos nas sementeiras realizadas em julho e janeiro para todos os cenários, e em agosto a partir do cenário '+4°C' (Figura 1 B). Os maiores rendimentos de grãos da cultivar IRGA 417 foram no cenário 2xCO₂ em setembro. A partir de 1°C de aumento na temperatura do ar, o maior rendimento passou a ser com sementeira em outubro, até o cenário +3°C, e a partir de +4°C, o mês de novembro foi o mais favorável para a sementeira da cultivar IRGA 417.

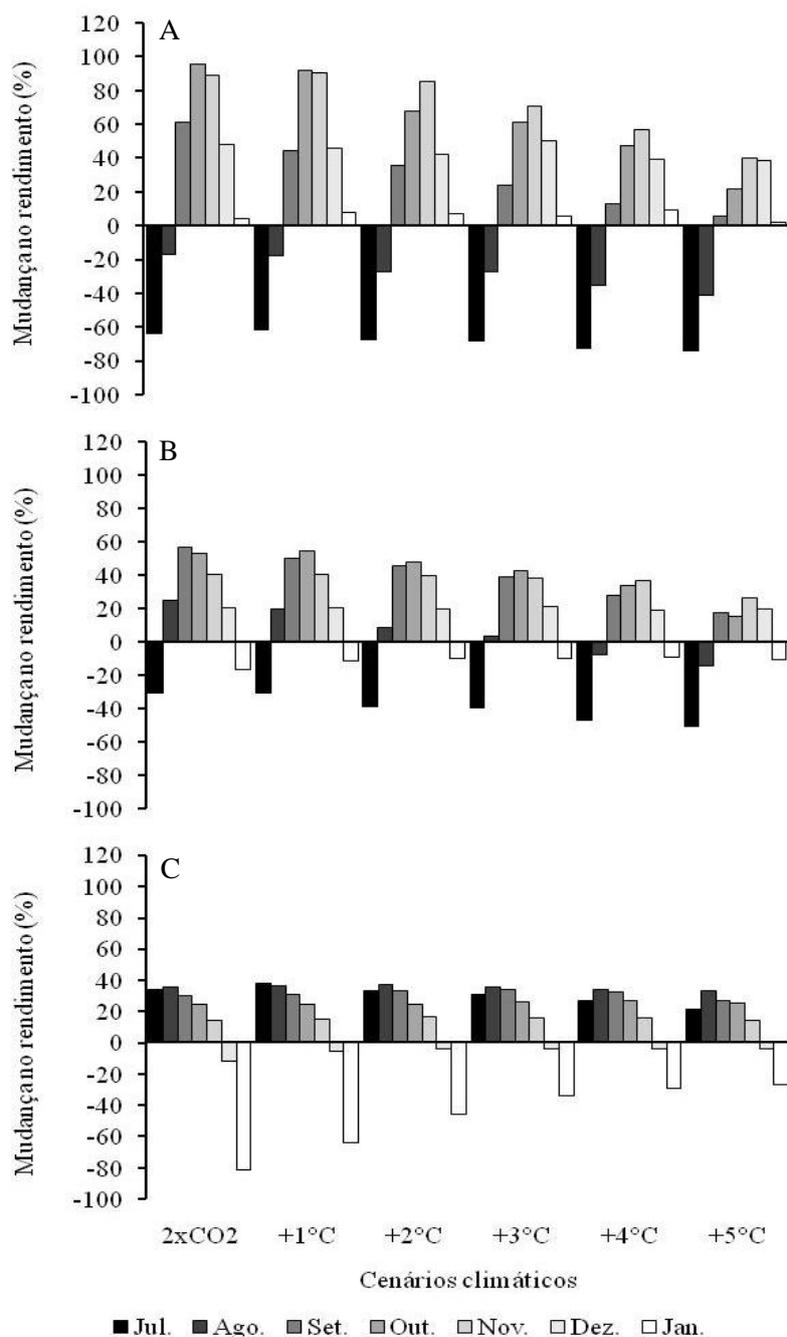


Figura 1. Mudança média percentual no rendimento simulado de arroz irrigado em cenários de mudança climática, em semeaduras de 20 de julho a 20 de janeiro, em relação ao rendimento do cenário atual para as cultivares IRGA 421 (A), IRGA 417 (B) e EPAGRI 109 (C).

A cultivar EPAGRI 109 apresentou diminuição do rendimento de grãos nos meses de dezembro e janeiro, em relação à época de semeadura preferencial do cenário atual (Figura 1 C), o que indica a necessidade de se realizar a semeadura antecipada nas cultivares de ciclo longo, independentemente dos cenários de aumento de temperatura. Essa cultivar teve menor influência dos cenários climáticos no rendimento em relação ao cenário atual, isto indica que seu alto potencial produtivo persistirá em cenários de aquecimento global, ao contrário das cultivares de ciclo precoce e muito precoce, que apresentarão rendimentos expressivamente menores quanto maior for o aquecimento. Conforme os resultados deste estudo, de maneira geral, o período atual recomendado para a semeadura do arroz irrigado na região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul poderá ser ampliado em cenários de

mudanças climáticas (Figura 1). Destaca-se ainda que este estudo considerou somente o potencial produtivo da cultura do arroz irrigado, e adaptações nas práticas de manejo e no controle de pragas, doenças e plantas daninhas em cenários de aquecimento global devem ser consideradas nos ajustes da época preferencial de semeadura.

Conclusões – O rendimento de grãos de arroz irrigado aumenta em cenários de mudanças climáticas, sendo as cultivares muito precoces mais beneficiadas pelo aumento de CO₂ do que as de ciclo longo. Com o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera e da temperatura média do ar o período de semeadura recomendado para cultivares de arroz irrigado pode ser ampliado.

Agradecimentos – Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado aos autores Lidiane Cristine Walter e Hamilton Telles Rosa.

Referências

- AGGARWAL, P.K.; KALRA, N.; CHANDER, S.; PATHAK, H. InfoCrop: a dynamic simulation model for the assessment of crop yields, losses due to pests, and environmental impact of agro-ecosystems in tropical environments. I. Model description. **Agricultural Systems**, v.89, p.1-25, 2006.
- DECONTO, J.G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária: Unicamp, 2008. 82p.
- IPCC. **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: Cambridge University, 2007. 996p.
- IRGA. **Dados de safra**. Porto Alegre: IRGA, 2009. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=dados_safra>. Acesso em: 20 out. 2009.
- KINIRY, J.R.; MCCAULEY, G.; XIE, Y.; ARNOLD, J.G. Rice parameters describing crop performance of four U.S. cultivars. **Agronomy Journal**, v.93, p.1354-1361, 2001.
- 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, p.1441-1448, 2008.
- MARIOT, C.H.P.; VIEIRA, V.M.; SILVA, P.R.F. da; MENEZES, V.G.; OLIVEIRA, C.F. de; FREITAS, T.F.S. de. Práticas de manejo integradas para produção de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.243-250, 2009.
- SOLTANI, A.; ZEINALI, E.; GALESHI, S.; NIARI, N. Simulating GFDL predicted climate change impacts on rice cropping in Iran. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.3, p.81-90, 2001.
- SOSBAI. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Pelotas: Sociedade Sul Brasileira de Arroz Irrigado, 2007. 161p.
- STRECK, N.A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v.35, p.730-740, 2005.
- WALTER, L.C.; ROSA, H.T.; STRECK, N.A. Simulação do rendimento de grãos de arroz irrigado em cenários de mudanças climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1237-1245, 2010.
- WEERAKOON, W.M.W.; INGRAM, K.T.; MOSS, D.N. Atmospheric carbon dioxide and fertilizer nitrogen effects on radiation interception by rice. **Plant and Soil**, v.220, p.99-106, 2000.