

Artigo Científico

Estimativa das alterações de temperatura no ciclo de cultivo de trigo e cevada para o ano de 2050 em Guarapuava, Paraná - Brasil

Resumo

A mudança climática é um dos grandes desafios para a agricultura, torna-se cada vez mais imprescindível anteceder os prováveis impactos causados pelas alterações de temperatura no planejamento regional e rural. Esse artigo tem objetivo avaliar os efeitos das mudanças de temperatura média nos cenários RCP4.5 e RCP8,5 para o período de cultivo das culturas de trigo e cevada no município de Guarapuava no Paraná. Para o estudo de prognósticos foram utilizados modelos do IPCC (2014) (Intergovernmental Panel On Climate Change) relatório 2014, determinação de um cenário base para o período de anos entre 1970-2000 com dados climáticos locais e provenientes do WorldClim (Global Climate Data). Verificou-se que dentro da área de 3 178,6 km² ocorrerá aumento da temperatura para o período considerado, sendo que os valores mínimos de aumento da temperatura média poderão variar entre 2,4 e 4,5% considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 respectivamente.

Lauro Augusto Ribas Teixeira¹
Sidnei Osmar Jadoski²
Robert Faggian³
Victor Sposito⁴
Jana Mrázová⁵

Palavras-chave: Mudanças climáticas, IPCC, Temperatura média, Trigo, cevada, Guarapuava.

Abstract

Estimation of temperature alterations in the wheat and barley crop cycle for the year 2050 in Guarapuava, Paraná – Brazil

Climate change is one of the major challenges for agriculture, it is becoming more imperative to anticipate the likely impacts caused by temperature changes in regional and rural planning. This article aims to evaluate the effects of the average temperature changes in the RCP4.5 and RCP8.5 IPCC scenarios, for the cultivation period of the wheat and barley crops in the municipality of Guarapuava, Paraná. For the study were used the IPCC models (Intergovernmental Panel On Climate Change (report 2014)) and determining a base scenario for the period of years between 1970-2000 with local climatic data and coming from WorldClim (Global Climate Data). It was verified that within the area of 3 178.6 km² there will be an increase in temperature for the period considered, and the minimum values of increase of the average temperature may vary between 2.4 and 4.5% considering the scenarios RCP4.5 and RCP8.5 respectively.

Palavras-chave: Climate change, IPCC, Average temperature, wheat, barley, Guarapuava.

Received at: 29/11/2017

Accepted for publication at: 12/05/2018

1,2 Departamento de Agronomia. Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO. Rua Simeão Camargo Valera de Sá, 03, CEP:85040-080, Guarapuava, Paraná, Brasil. Email:lauroribas@uol.com.br; sjadoski@unicentro.br

3,4,5 Centre for Regional and Rural Futures. Deakin University, Victoria, Australia. Email: r.faggian@deakin.edu.au; v.sposito@deakin.edu.au

Resumen

Estimativa de cambios de temperatura media en el ciclo de cultivo de trigo y cebada para el año de 2050 en Guarapuava, Paraná - Brasil

El cambio climático es uno de los grandes desafíos para la agricultura, se vuelve cada vez más imprescindible anteceder los probables impactos causados por los cambios de temperatura en la planificación regional y rural. Este artículo tiene como objetivo evaluar los efectos de los cambios de temperatura media con los escenarios IPCC RCP4.5 y RCP8.5 para el período de cultivo de trigo y cebada en el municipio de Guarapuava - Paraná. Para el estudio de pronósticos se utilizaron modelos del IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change), informe 2014, y la determinación de un escenario base para el período de años entre 1970-2000 con datos climáticos locales y provenientes de WorldClim (Global Climate Data). Se verificó que dentro del área de 3.178,6 km² ocurrirá aumento de la temperatura para el período considerado. A partir del escenario base (1985) los valores mínimos de aumento de la temperatura media podrán variar entre 2,4 y 4,5% considerando los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente.

Palabras clave: Cambios climáticos, IPCC, Temperatura media, Trigo, cebada, Guarapuava..

Introdução

A compreensão do processo de alterações climáticas em curso é importante pois permitirá a avaliação de vulnerabilidades e possíveis danos futuros sobre o meio, exploração dos efeitos indiretos mais sutis das mudanças climáticas e incremento de conhecimento para melhores escolhas sobre como alcançar uma adaptação eficaz e equitativa (BERKHOUT et al., 2006). Considerando a expectativa de crescimento da população mundial em aproximadamente 10 milhões de habitantes para o ano de 2050 (FAO, 2018), é cada vez mais evidente a necessidade de estudos de estimativas de impactos das mudanças climáticas sobre as culturas agrícolas e produção de alimentos.

Neste contexto são necessárias previsões precisas das mudanças climáticas nas escalas global e, mais importante regional e local, afim de avaliar os impactos das mudanças climáticas e desenvolver políticas adequadas de adaptação e mitigação, (GIORGI, 2005). Modelos de cenários climáticos utilizam métodos quantitativos e são desenvolvidos através de uma abordagem estratégica em vários níveis temporais e espaciais (Nobre et al., 2008), fornecendo ciência relevante antes da grande mudança de longo prazo, otimizando as chances de encontrar soluções para questões ambientais e sociais

complexas que exigem ações multidisciplinares (BADER et al., 2008).

Para o estudo de alterações climáticas globais, existem algumas ferramentas importantes e disponíveis nos meios científico, dentre elas o WorldClim - Global Climate Data, que é uma base de dados climáticos globais que fornece layers em diferentes resoluções referentes ao clima atual, e também para cenários climáticos passados e futuros (FICK e HIJMANS, 2017). Sendo esta uma base de dados largamente utilizada em estudos de alterações climáticas e ecologia (REICHMAN et al., 2011) devido principalmente disponibilidade de informações em nível global (MORUETA-HOLME et al., 2018).

A produção de cevada (*Hordeum vulgare* ssp. Vulgare) no Brasil é feita principalmente na região Sul (De MORI e MINELLA, 2012) onde se destacam Guarapuava e Passo Fundo, nos estados do Paraná e Rio Grande do sul, respectivamente. A cevada é um excelente modelo para entender as respostas agrícolas às mudanças climáticas, necessitando de uma maior incremento de pesquisas relacionadas (DAWSON, et al., 2015). A busca de informações concernentes as questões de alterações climáticas em áreas de produção pode oferecer dados importantes, inclusive para programas de melhoramento genético visando maior resistência da cevada aos aspectos climáticos adversos (CLIMBAR, 2014).

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é o cereal de maior importância econômica mundial. No Brasil, assim como para a cultura da cevada, a região Sul assume destaque na produção de trigo, contribuindo com mais de 80% da produção nacional (CONAB, 2018). Em relação ao clima, os efeitos prejudiciais dos impactos ambientais nas culturas da cevada e trigo, destacando-se a disponibilidade de água e temperatura no ciclo de cultivo são destacados por Fallahour et al., (2012) e Silva et al (2011), respectivamente. Streck e Alberto (2006) destacam possíveis efeitos negativos do aumento futuro da temperatura do ar sobre a produtividade do trigo no Sul do Brasil. Para Santi et al (2017) nos próximos 50 anos o período de cultivo do trigo indicado pelo zoneamento agroclimático será reduzido em toda a região Sul do País, com a temperatura sendo a principal responsável pela limitação do número de decênios aptos à semeadura. Sendo que a cultura terá sua semeadura potencial reduzida principalmente no Paraná e no oeste do Rio Grande do Sul.

O objetivo do trabalho foi avaliar possíveis alterações da temperatura e potenciais influências no ciclo de cultivo do trigo e cevada para o município de Guarapuava-PR para o período entre 1985 a 2050, utilizando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 do IPCC (2014).

Material e Métodos

O estudo considerou a época de desenvolvimento dos cereais de inverno trigo (*Triticum aestivum* L.) e cevada (*Hordeum vulgare* L.) em áreas de cultivo no município de Guarapuava-PR. Local que apresenta em média 1050m de altitude e clima definido como Cfb, temperado moderado chuvoso considerando sistema de classificação de Köppen-Geiger (1928).

A temperatura média mensal para o cenário base foi obtida utilizando dados climáticos diários para o período dos anos 1970 a 2000, coletados pela estação meteorológica UNICENTRO/IAPAR, localizada na Universidade Estadual do Centro Oeste-UNICENTRO em Guarapuava-PR. As temperaturas médias mensais do cenário base foram correlacionadas com as médias mensais estimadas com o Modelo Regional HadGEM2 com a finalidade de validação das estimativas para para os diferentes cenários no ano de 2050, geradas a partir deste modelo. Com um procedimento similar foram

avaliadas as temperaturas médias mensais para o período referente ao ciclo de cultivo do trigo e cevada, na região de Guarapuava. Conforme recomendações definidas no zoneamento agroclimático do IAPAR (2018), o período de semeadura ocorre de 01/05 a 20/07 para cultivares de trigo de ciclo médio e tardio (ciclo no campo entre 120 e 150 dias) e 01/06 a 10/07 para a cultura da cevada (ciclo no campo entre 130 a 150 dias).

Para o estudo de prognósticos foram utilizados modelos do IPCC (2014) (Intergovernmental Panel On Climate Change) relatório 2014, para obtenção de cenários futuros de condições climáticas. Tais modelos além de temperatura e precipitação levam em consideração a emissão de gases de efeito estufa (CO₂). Foram projetados os cenários RCP4.5 e RCP8.5. Em relação ao aquecimento global o cenário RCP4.5 representa uma projeção mais otimista, enquanto que o cenário RCP8.5 uma projeção mais pessimista, ambos podem ser melhor visualizados na Figura 1.

Os dados climáticos utilizados para o cenário base (1970-2000) e para os cenários RCP4.5 e RCP 8.5 (2041-2060) foram provenientes do WorldClim (Global Climate Data). Os dados de variáveis climáticas foram inseridos no banco de dados SIG, adotando o sistema GCS_WGS-84 de coordenadas geográficas (Latitude e Longitude), com resolução espacial de 30" de arco (0,0110833 graus decimais). Os mapas de cenários futuros gerados são resultantes da média das respostas de seis modelos climáticos globais de previsões futuras: CCSR/NIES.CGCM2, CSIRO-Mk2, ECHAM4, GFDL-R30 e HadCM3 (MENDES et al., 2014). O para cruzamento de informações e montagem e elaboração dos mapas foi realizado com o software ArcGIS versão 10.3.

Os dados de solo utilizados foram provenientes da plataforma ISRIC - The World Data Centre for Soils (WDC-Soils), onde as principais fontes de informações são compilações globais de dados de perfis de solo e camadas ambientais a uma resolução 0,50 x 0,50 (BATJES, 1995).

Os ajustes pertinentes a aptidão e manejo das culturas na região foram realizados considerando-se características eco fisiológicas das plantas ponderadas com informações agrônômicas e dados literários (BASSOI e SILVA, 2016), (FERREIRA et al., 2006), (GOMES MERCADO et al., 2009), (LIBARDI e COSTA, 1997), (MOLSSATO et al., 2016), (MOHANTY et al., 2012), (URCHEI e RODRIGUES, 1994).

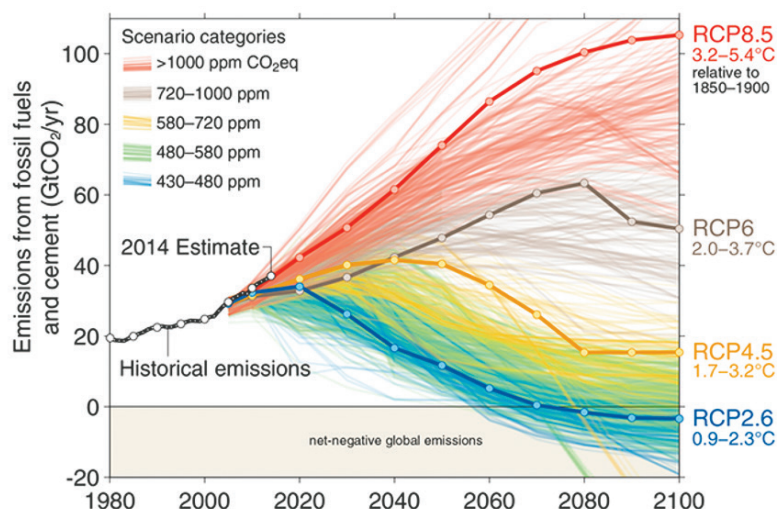


Figura 1. Cenários RCP4.5 e RCP8.5 utilizados na análise das projeções futuras. (Fonte ICC, 2014).

Resultados e Discussão

A comparação dos valores médios mensais da temperatura, obtidos a partir de dados coletados pela estação meteorológica Unicentro/IAPAR e os valores estimados pelo Modelo Regional HadGEM2 configurando o cenário base (1970-2000) são apresentados na Figura 2. Foi verificada alta

correlação (Coeficiente r de Pearson = 0,952) entre os dados reais e os estimados pelo modelo. Resultados que demonstram boa aderência do Modelo Regional HadGEM2 às condições climáticas da área de estudo. Conforme apresentado em USA ID (2014) o adequado ajuste da Baseline climática está associado à solidez para projeções climáticas futuras, neste caso, nos cenários IPCC- RCP4.5 e RCP8.5.

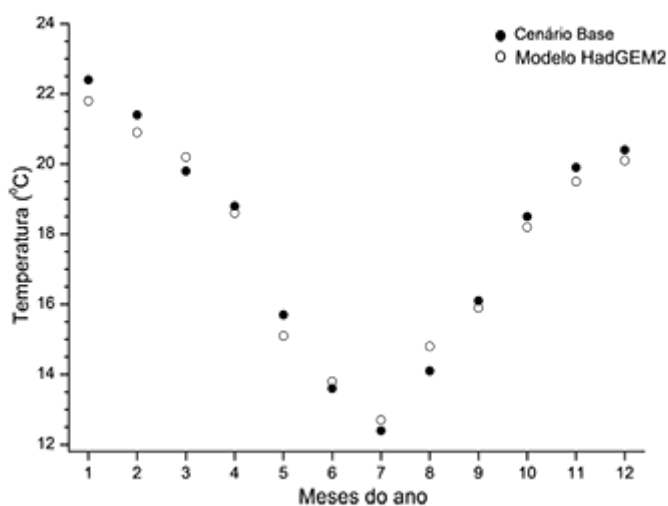


Figura 2. Valores médios mensais da temperatura, obtidos a partir de dados coletados pela estação meteorológica Unicentro/IAPAR e valores estimados pelo Modelo Regional HadGEM2 para o período dos anos 1970 a 2000 na região de Guarapuava-PR.

Na figura 3 é apresentado o grid de variação da temperatura média representativa do período 1970 a 2000, sendo considerado como do ano 1985 por ser este o centro aritmético do período. Nestes 30 anos de base climática a temperatura média variou entre 12,8 e 15,4 °C no período mais crítico de desenvolvimento das culturas no campo (entre a semeadura e formação completa da espiga e grãos, em geral estendendo-se no máximo até o final do mês de setembro para cultivares de ciclo precoce e médio de trigo e cevada).

Nesta Figura 3 pode ser observado que na área do município de Guarapuava (3.178,6 km² sendo o maior município do estado do Paraná (IBGE, 2018)), o grid de temperatura apresenta elevação de leste para oeste, o que se deve em grande parte devido ao bordo leste ser área de topo da Serra da Esperança, com altitude do solo mais elevada e consequências de movimentos de convecção e resfriamento do ar da base para o topo da serra, além de exposição ao vento predominante de leste derivado da costa atlântica.

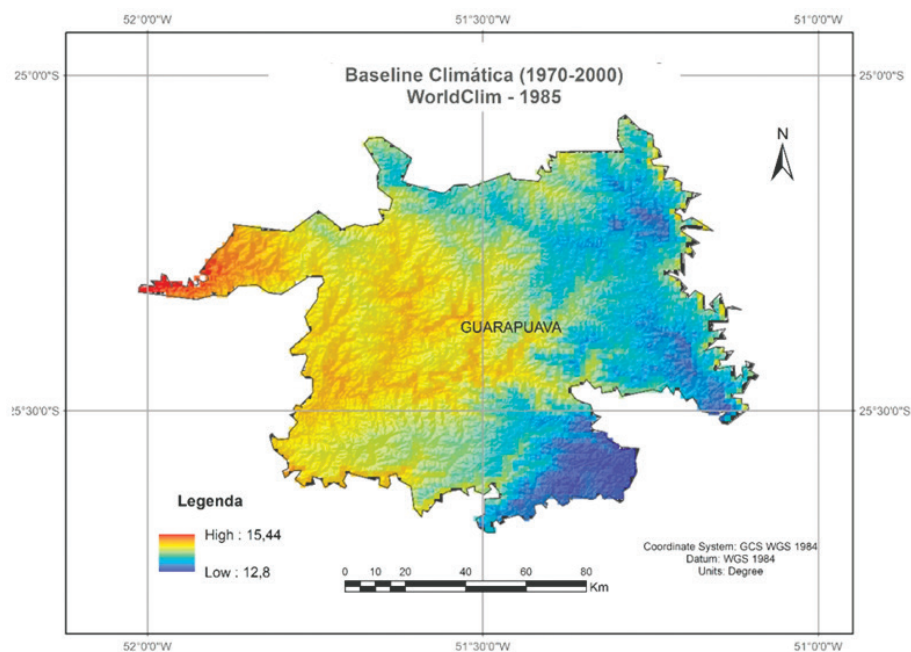


Figura 3. Variação da temperatura média para o cultivo de trigo e cevada no período de maio a outubro em Guarapuava-PR ano base (1985) - WorldClim

Os grids estimados de variação da temperatura para o ano de 2050 para os cenários RCP 4.5 e 8.5 são apresentados nas Figuras 4 e 5, respectivamente. Em comparação ao cenário base (Figura 3), os dados indicam mudanças com acréscimo da temperatura do ar na área de estudo para o ano de 2050. Conforme pode ser observado nestas Figuras, a temperatura média para o período de maior sensibilidade das culturas

no campo varia entre 15,2 a 17,9 °C para o cenário RCP4.5 e entre 16,7 e 19,9 °C Para RCP 8.5. Pode ser observado também que aplicação do modelo inerente ao cenário RCP8.5 resultou em valores superiores ao gerados a partir do modelo para o cenário RCP4.5, estando de acordo com (Hannah et al., 2017) que descrevem o cenário RCP8.5 como “mais pessimista” em termos de aquecimento global.

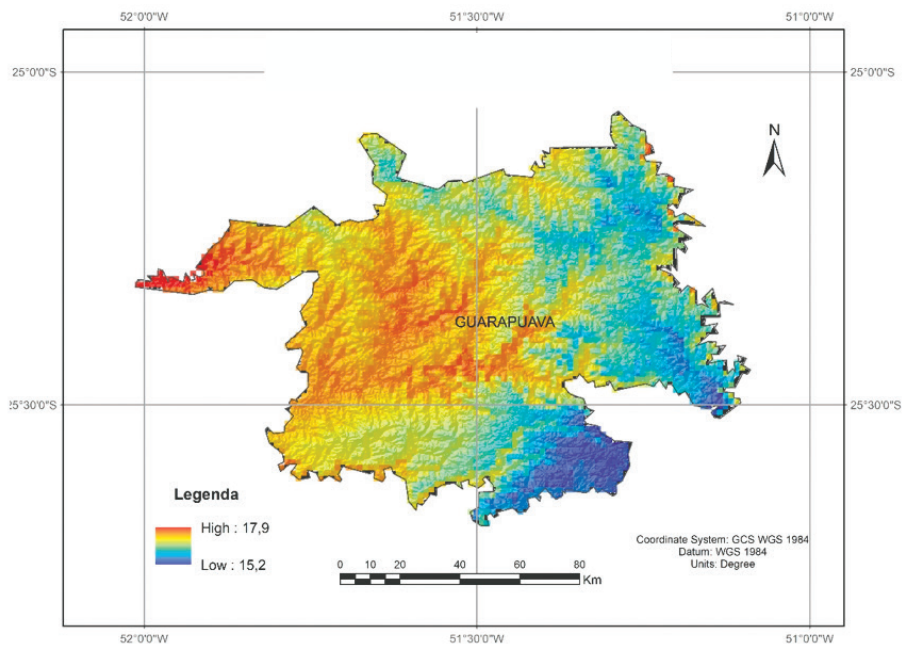


Figura 4. Variação da temperatura média para o cultivo de trigo e cevada no período de maio a outubro em Guarapuava-PR. Projeção HadGEM2-ES - RCP4.5. para o ano de 2050.

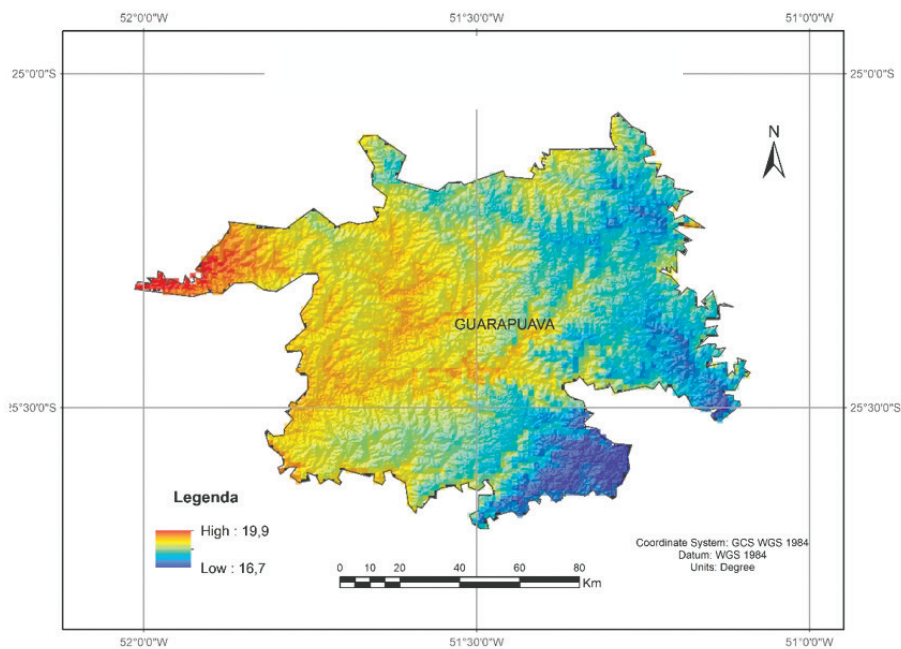


Figura 5. Variação da temperatura média para o cultivo de trigo e cevada no período de maio a outubro em Guarapuava-PR. Projeção HadGEM2-ES - RCP8.5. para o ano de 2050.

Em relação aos resultados da estimativa do aquecimento global, esses incrementos médios da temperatura foram de 2,5% e 4,5% para os cenários RCP4.5 e RCP8.5, passando de 14,1 graus em 1985

para 16,5 e 18,3 graus em 2050, respectivamente (Figura 6). Sendo tais resultados proporcionais também para os intervalos de variação (máximo e mínimo em torno da média).

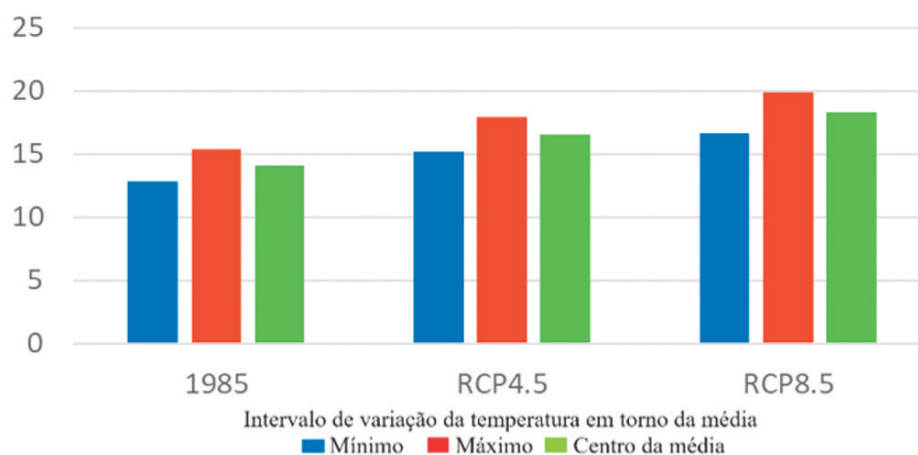


Figura 6. Intervalos de variação da temperatura média para os cenários RCP4.5 e RCP8.5 entre os anos de 1985 a 2050 no período cultivo de trigo e cevada (maio a outubro) em Guarapuava-PR.

A perspectiva estimada de aumento da temperatura do ar está de acordo com o descrito por Marengo et al. (2009), e considerando os resultados, é adequado salientar que os programas de manejo cultural e de melhoramento de plantas para cereais de inverno deve levar em conta a estimativa de aumento de temperatura na área de cultivo em Guarapuava, visando os ajustes necessários e possíveis para o adequado desenvolvimento da cultura na área nos anos futuros, e considerando (YANG, 2007) com processos que não subestimem as interações genótipo ambiente.

Estes resultados com estimativa de elevação da temperatura em período que compreende o ciclo de cultivo do trigo e cevada em Guarapuava, expressam que programas de manejo de cultivos e de seleção de cultivares devem agregar o paulatino aquecimento do ar. Cereais de inverno como o trigo (SILVA et al., 2011) e cevada (CLIMBAR, 2014) apresentam desenvolvimento vegetativo e reprodutivo altamente dependente da temperatura média do ar durante o ciclo de cultivo. Ribeiro et al. (2009) esclarecem que variações de temperatura afetam a duração das fenofases das culturas e consequentemente a produtividade. Concomitante aos resultados deste trabalho, Dawson et al. (2015) e Santi et al. (2017) apresentam dados que demonstram

que a elevação da temperatura é fator que deve ser considerado como crítico e tende a acarretar alterações na aptidão de áreas de cultivo de cereais de inverno e consequentemente em resposta de cultivares.

Conforme apresentado nas Figuras 4 e 5, as características climáticas do município de Guarapuava acompanharão as tendências estimadas de aumento da temperatura como consequência do aquecimento global. Para Hannah et al. (2017) o novo cenário climático a ser estabelecido nos próximos anos poderá apresentar diferentes níveis de intensidade de mudanças, dependendo das estratégias utilizadas mundialmente em relação as emissões de CO₂. Conforme Debanli e Sen (2018) para combater o aquecimento global e suas consequências devem ser utilizadas ferramentas estratégicas como melhor remediação, prevenção, eficiência, rentabilidade, design, utilização de recursos, qualidade ambiental, segurança energética e desenvolvimento sustentável. Dentro destes cenários a agricultura tem papel importante na preservação ambiental Berkhout et al. (2006), e o cultivo de cereais de inverno deve considerar ajustes de zoneamento Agrícola (SANTI et al., 2017) e devem ser utilizadas novas estratégias de cultivo com adaptação de cultivares e de épocas de semeadura (DAWSON et al. 2015).

Conclusões

As estimativas para o ano de 2050 indicam que no período do ciclo de cultivo do trigo e cevada em Guarapuava-PR a partir do cenário base (1985) a temperatura média do ar apresentará um aumento entre 2,45 e 4,2%. Dentro da área de 3 178,6 km² os valores mínimos de aumento da temperatura média poderão variar entre 2,4 e 4,5% considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 respectivamente.

O Modelo Regional HadGEM2 gera dados de

temperatura média mensal de alta correlação com a temperatura real para a região de Guarapuava-PR.

Agradecimentos

Agradecimento em especial a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior processo PDSE - 88881.133586/2016-01 - Programa Doutorado Sanduíche no Exterior e a DEAKIN University/Aus.

Referências

- BADER, D.C.; COVEY, C.; GUTOWSKI J.R., W.J.; HELD, I.M.; KUNKEL, K.E.; MILLER, R.T.; TOKMAKIAN, R.T.; ZHANG, M.H. History of climate model development. In: **CCSP, Climate models: An assessment of strengths and limitations**, 2008.124 p.
- BERKHOUT, F.; HERTIN, J.; GANN, D. M. Learning to adapt: Organisational adaptation to climate change impacts. **Climatic Change**, v.78, p.135-156, 2006.
- CLIMBAR. ClimBar: an integrated approach to evaluate and utilise genetic diversity for breeding climate-resilient barley. **CLIMBAR**, 2014. Disponível em: www.araid.es/en/content/climbar-integrated-approach-evaluate-and-utilise-genetic-diversity-breeding-climate Acesso em 10/02/2018.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise da safra brasileira**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra>. Acesso em: 20/03/2018.
- DABANLI, I.; ŞEN, Z. Classical and innovative-Şen trend assessment under climate change perspective. **International Journal of Global Warming**. Vol.15 No.1, p. 19-37, 2018.
- DAWSON, I. K., RUSSEL, J., POWELL, W., STEFFENSON, B., THOMAS, W. T. B., WAUGH, R. Barley: a translational model for adaptation to climate change. **New Phytologist**, v. 206, p.913 - 931, 2015.
- De MORI, C.; MINELLA, E. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 28 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 139, 2012). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139.htm. Acesso em 15/01/2018.
- IAPAR - Instituto Agrônômico do Paraná. **Zoneamento Agrícola**. Disponível em: <http://www.iapar.br/pagina-1044.html>. Consulta em 10/03/2018.
- FALLAHPOUR, F.; AMINGHAFOURI, A.; BEHBAHANI, A. G.; BANNAYAN, M. The environmental impact assessment of wheat and barley production by using life cycle assessment (LCA) methodology. **Environment, Development and Sustainability**. p. 979-992, 2012.
- FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302-4315, 2017.
- GIORGI, F. Climate change prediction. **Climatic Change**, v.73, p.239-265, 2005.
- GOMEZ MERCADO, RENÉ, SOLORIO, C. A.O.; DIAZ, M. Z. et al. Estimación del rendimiento de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera con el método FAO. **Agricultura Técnica Méx** [online]. 2009, v.35, n.1, p.13-23. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000100002&lng=es&nrm=iso. Acesso em 26/02/2018.
- HANNAH, L. DONATI, C., HARVEY, C. et al. Regional modeling of climate change impacts on small holder agriculture and ecosystems in Central America. **Climatic Change**, v.141, p. 29-45, 2017.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Guarapuava**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov>.

br/brasil/pr/guarapuava. Acesso em 16/01/2018.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

MARENGO, J. A. et al. Future change of temperature and precipitation extremes in south america as derived from the precis regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**, v.2241-2255, 2009.

NOBRE, C.A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, S. Cenários de mudanças climáticas para a América do Sul para o final do século 21. **Parcerias Estratégicas**, n. 27, p.19-41, 2008.

ORUETA-HOLME, N.; OLDFATHER, M. F.; OLLIFF-YANG, R. L. et al. Best practices for reporting climate data in ecology. **Nature Climate Change**, v.8, p.92-94, 2018.

REICHMAN, O. J.; JONES, M. B.; SCHILDHAUER, M. P. Challenges and Opportunities of Open Data in Ecology. **Science**, v. 331, n. 6018, p. 703-705, 2011.

RIBEIRO, T. L. P.; CUNHA, G. R. DA; PIRES, J. L. F.; PASINATO. Respostas fenológicas de cultivares brasileiras de trigo à vernalização e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.44, n.11, p.1383-1390. 2009.

SANTI, A., VICARI, M. B., PANDOLFO, C., DALMAGO, G. A., MASSIGNAM, A. M., PASINATO, A. Impacto de cenários futuros de clima no zoneamento agroclimático do trigo na região Sul do Brasil. **Agrometeoros**, v.25, n.2, p.303-311, 2017.

SILVA, R. R.; BENIN, G.; SILVA, G. O. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura, no Paraná. **Pesquisa agropecuária Brasileira**. [online]. v.46, n.11 p.1439-1447, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011001100004&lng=en&nrm=iso>cevada. Acesso em 06/02/2018.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa agropecuária Brasileira**. [online]. v.41, n.9, p.1351-1359, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2006000900002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09/02/2018.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D. Efeitos de potenciais de água no solo, em diferentes estádios fenológicos da cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.). **Scientia Agricola**, v. 51, n. 3, p. 533-540, 1994. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161994000300027&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 10/12/2017.

USAID - United States Agency International Development. A review of downscaling methods for climate change projections. **Usaid**, 2014. Disponível em: http://www.ciesin.org/documents/Downscaling_CLEARED_000.pdf. Acesso em 16/02/2018.

YANG, R.C. Mixed-model analysis of crossover genotype environment interactions. **Crop Science**, v.47, p.1051-1062, 2007.