

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.7, n.2, p.337-343, mar.-jun., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI: 10.5039/agraria.v5i3a1239

Protocolo 1239 - 30/11/2010 *Aprovado em 10/10/2011

João G. D. B. Leite¹

Luiz C. Federizzi^{2,3}

Homero Bergamaschi^{2,3}

Mudanças climáticas e seus possíveis impactos aos sistemas agrícolas no Sul do Brasil

RESUMO

Cresce nos últimos anos a preocupação com os impactos do aumento anormal da temperatura da superfície terrestre. As alterações nos padrões climáticos globais podem incorrer em limitações aos sistemas de produção agrícolas. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo discutir os efeitos da temperatura do ar sobre a fenologia da aveia e seus impactos aos sistemas de produção no Estado do Rio Grande do Sul. Foram utilizados dados diários de temperatura do ar de uma série histórica de 1970 a 2007. Adicionalmente, dados fenológicos de aveia branca foram extraídos de experimentos de melhoramento genético de 1981 a 2007. Foi utilizada a análise de regressão linear para verificar a ocorrência de alterações no transcurso da média anual da temperatura média, máxima e mínima, assim como no número de dias e soma térmica da emergência ao florescimento da aveia. Os resultados evidenciaram a intensificação de extremos térmicos sem, no entanto, incorrer em mudanças sobre a temperatura média. Mudanças relacionadas aos dados fenológicos foram afetadas, sobretudo, pela substituição de genótipos. Oscilações interanuais da temperatura e do ciclo da cultura aparecem como os principais fatores de risco à atividade agrícola.

Palavras-chave: *Avena sativa* L., fenologia, Rio Grande do Sul, temperatura do ar

Potential impacts of climate change towards agricultural systems in South Brazil

ABSTRACT

Recently there has been a growing concern regarding the impacts of the abnormal increase of the temperature of terrestrial surface. Changes in climatic patterns may incur limitations towards the agricultural production systems. In this context, the present work aims to discuss the effects of air temperature towards oat phenology and its impacts on the production systems in Rio Grande do Sul State, Brazil. The daily air temperature data were used from a historical observation series for the period 1970 to 2007, while phenologic data were extracted from breeding experiments from 1981 to 2007. Linear regression analysis was used to verify the occurrence of changes over the annual average of the daily mean, maximum and minimum air temperature, along with the number of days and the thermal sum from the emergency to the flowering of oat. The results showed that, although there has been no significant change of the average air temperature over the observation period, climate extremes seem to have been intensified. Regarding the phenology of oat, the main effect was observed in genotype changes. Inter-annual oscillations in temperature and the crop cycle showed to be the major risk factors towards agricultural activities.

Key words: *Avena sativa* L., phenology, Rio Grande do Sul, air temperature

1 Universidade Federal de Viçosa, Rua P.H. Rolf, s/n, Centro, CEP 36570-977, Viçosa-MG, Brasil. Fone: (31) 3899-3464. E-mail: dalbeloleite@yahoo.com.br

2 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Av. Bento Gonçalves, 7712, Agronomia, CEP 90501-970, Porto Alegre-RS, Brasil. Fone: (51) 3308-6575. Fax: (51) 3308-6572. E-mail: federizzi@ufrgs.br; homerobe@ufrgs.br

3 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

INTRODUÇÃO

A crescente combustão de combustíveis fósseis e a transformação de áreas florestais em agrícolas através da queima são importantes fontes emissoras, e de quantidades crescentes de gases de efeito estufa na atmosfera. O aumento da concentração destes gases vem sendo correlacionado com o aquecimento anormal da superfície terrestre, e assim determinando o desencadeamento de mudanças climáticas globais (MCT, 2004; Christensen et al., 2007; IPCC, 2007ab).

Tais mudanças terão efeitos amplos sobre o ambiente e, conseqüentemente, sobre as sociedades, incluindo recursos hídricos, agricultura e segurança alimentar, saúde humana, ecossistemas naturais e sua biodiversidade (Hafner, 2003; Alexandratos, 2005; FAO, 2007; UNFCCC, 2007).

Apesar dos sistemas agrícolas serem conhecidos por sua alta dependência do clima, poucas evidências dessa relação foram encontradas (IPCC, 2007b). Isso se deve, em grande parte pela forte influência de fatores não climáticos, como práticas de manejo, inovação tecnológica, preços de mercado e políticas de subsídio (Easterling, 1996; Easterling et al., 2003; Menzel et al., 2006).

Mudanças na fenologia dos cultivos podem fornecer importantes evidências das respostas às recentes mudanças climáticas regionais (Menzel, 2003). Estudos realizados na Alemanha (Menzel et al., 2006) revelaram que, entre 1951 e 2004, ocorreu a antecipação de fases fenológicas em cultivos anuais (2,1 dias década⁻¹) e perenes (4,4 a 7,1 dias década⁻¹). Genericamente, tendências em variáveis climáticas individuais ou combinadas em indicadores agroclimáticos demonstram haver antecipação na fenologia dos cultivos de grande parte da América do Norte e Europa com conseqüente redução do risco de geadas e alongamento do período de crescimento (IPCC, 2007b). Em contrapartida, nos países saarianos os aumentos de temperatura associados à redução da estação chuvosa tem levado a uma redução do período vegetativo dos cultivos impedindo assim, que os mesmos completem seu ciclo (Mohamed et al.; 2002).

No Sul do Brasil, cereais de inverno como aveia são fundamentais aos sistemas de produção, seja na produção de grãos, forragem ou cobertura do solo. Abordagens que tratem da relação entre estes cultivos e o clima podem gerar informações relevantes sobre os possíveis impactos de mudanças climáticas, além de servir de suporte em estratégias adaptativas.

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo discutir os efeitos da temperatura do ar sobre a fenologia da aveia e seus impactos aos sistemas de produção no Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados climáticos diários utilizados nesta análise foram coletados em uma estação agrometeorológica localizada na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, à latitude 30°39'S e longitude 51°06'W, região ecoclimática da Depressão Central (Bergamaschi et al.,

2003). De 1970 a 1994 (série de 25 anos) a coleta de dados foi feita em uma estação meteorológica convencional. A partir de 1995, os dados passaram a ser coletados numa estação automática da marca Campbell, assim perfazendo os registros de 1995 a 2007 (série de 13 anos).

Os dados utilizados são referentes à temperatura do ar média, máxima e mínima no período de 1970 a 2007. Os valores diários da temperatura foram utilizados para o cálculo da média aritmética da temperatura mensal e anual. Estas informações foram então utilizadas na construção de gráficos que possibilitassem a visualização do transcurso da média anual e mensal das temperaturas médias, máximas e mínimas. A anomalia da temperatura do ar, aqui apresentada, foi calculada pela diferença (positiva ou negativa) entre a média de cada ano e a média de todo período (1970 a 2007). Este tipo de representação possibilita a visualização da posição de cada ano, em relação à média do período observado.

As temperaturas máximas e mínimas diárias foram obtidas na estação meteorológica pela anotação da maior e menor temperatura registrada ao longo de cada dia. No caso da estação convencional, a temperatura do ar média diária, foi calculada a partir da fórmula compensada demonstrada na Equação 01 (Serra, 1938):

$$T = (T9 + 2T21 + TM + Tm)/5 \quad (\text{Eq.01})$$

em que:

T – corresponde à temperatura média diária; T9 - temperatura às 9h; T21 - temperatura às 21h; TM - temperatura máxima diária e; Tm - temperatura mínima diária

Na estação automática a temperatura do ar era registrada a cada 10 segundos, e as médias de cada 15 minutos eram armazenadas num módulo de memória. O *datalogger* efetua o cálculo da temperatura média das 24h (da 0 às 24h) e identifica os valores máximos (temperatura máxima) e mínimos (temperatura mínima) do período. Neste caso, portanto, reduz-se o risco de erro humano nas leituras. As temperaturas médias decendiais, mensais e anuais foram obtidas pela média aritmética das temperaturas média, máxima e mínima diárias.

Os dados fenológicos de aveia branca (*Avena sativa* L.) foram obtidos em experimentos de longa duração conduzidos na mesma estação experimental (EEA/UFRGS). Nela está instalado o programa de melhoramento genético da aveia, que conta com dados dos ensaios de cultivares de 1979 a 2007. Foram coletados dados referentes à data de semeadura, emergência, florescimento e rendimento de grãos. As cultivares foram agrupadas em precoces, tardias e testemunhas (Tabela 1).

As cultivares tardias e precoces foram selecionadas, basicamente, pela duração de seu ciclo (em dias) da emergência ao florescimento. Assim, sobre a base de dados originais provenientes do ensaio de cultivares da EEA, que contava com aproximadamente 19 cultivares em média a cada ano de 1981 a 2007, foram selecionadas aquelas de maior e menor ciclo. Frequentemente, neste período, ocorreu a presença de cultivares com a mesma duração do ciclo em dias. Nesses casos eram coletados os dados para todo o grupo de cultivares. Para as cultivares, testemunhas, no entanto, o critério de seleção foi diferente. Foram selecionadas as

Tabela 1. Cultivares de aveia branca precoces, tardias e testemunhas selecionadas do programa de melhoramento de 1981 a 2007, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul-RS

Table 1. The earliest, latest and check oat cultivars selected from the breeding program from 1981 to 2007, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul-RS, Brazil

Ano	Cultivares		
	Precoces	Tardias	Testemunhas
1981	UPF77S030	UPF77S039	Coronado
1982	UPF77S030	UPF77291	Coronado
1983	UFRGS81A02	UFRGS79A03	UFRGS07
1984	UFRGS82A06	Coronado	UFRGS07
1985	UFRGS82A06	UFRGS-2 (T)	UFRGS07
1986	UFRGS82A06	Coronado	UFRGS07
1987	UFRGS82A06	UPF-8	UFRGS07
1988	UFRGS-8	UPF-2	UFRGS07
1989	UFRGS861604	UPF87S097	UFRGS07
1990	UFRGS-8	UPF-9	UFRGS07
1991	UFRGS-8	UPF-10	UFRGS07
1992	UFRGS-8	UPF-10	UFRGS07
1993	UFRGS-7(T)	UPF-10	UFRGS07
1994	UFRGS-14	UPF-10	UFRGS07
1995	UFRGS7	UPF7	UFRGS07
1996	UFRGS-17	UPF-14	UFRGS07
1997	UFRGS-7	UPF-7	UFRGS07
1998	IAC-7	UPF-7	UFRGS07
1999	UFRGS-19	UPF-7	UFRGS07
2000	IAC-7	UPF-7	UFRGS07
2001	UFRGS-16	UPF-15	UFRGS14
2002	UPF22	CFT-2	UFRGS14
2003	URS-22	UFRGS-15	UFRGS14
2004	UPF-19	UPF-18	UPF16
2005	UPFA-22	UPF-18	UFRGS14
2006	UPFA-22	UPF-18	UFRGS14
2007	UPFA-22	UPF-18	UFRGS14

cultivares que permaneceram nos ensaios pelo período mais longo. Esta condição favoreceria a verificação de possíveis efeitos da temperatura sobre a cultivar durante o período de análise, uma vez que, neste caso, a substituição de genótipos durante os anos foi menor. As datas de emergência e florescimento foram utilizadas no cálculo do DEF (dias da emergência ao florescimento). Este parâmetro foi utilizado como indicador fenológico de possíveis mudanças climáticas, em particular da temperatura do ar. Este critério se baseou na correlação entre a temperatura do ar e o desenvolvimento da aveia, em que DEF seria um possível indicador de mudanças no clima, que implicaria em variações na duração do ciclo das cultivares. Para cada cultivar o DEF permitiu, assim, verificar a ocorrência de avanços ou antecipações em suas respectivas datas de florescimento ao longo do tempo de observação.

Apesar de a série fenológica contar com informações desde 1979, o conjunto de dados utilizado neste trabalho é referente aos anos de 1981 a 2007 (Tabela 1). Tal escolha se justifica pela ausência de parte dos dados de 1980. A análise dos dados de cada ano da série se restringiu aos meses de maio

a outubro, que abrangem o período da germinação ao florescimento de todo o conjunto, de variedades, das mais precoces às, mais tardias, incluindo as testemunhas.

A relação entre DEF e a temperatura do ar considerou a soma térmica. Esta foi calculada pela soma de graus-dia acumulados durante o período de crescimento da cultura (emergência ao florescimento). O método utilizado para o cálculo da soma térmica é conhecido como método direto, que se adapta a cultivos de inverno (Mota, 1983). Basicamente, consiste na soma das temperaturas médias diárias, desde que as mínimas não sejam inferiores a 0 °C e as máximas superiores a 35 °C. Na elaboração das planilhas, a soma térmica foi calculada para cada cultivar individualmente, uma vez que a emergência e a floração das mesmas ocorreram, na maioria dos casos, em datas distintas.

A partir dos dados meteorológicos foi feita regressão simples, de modo que os gráficos construídos pudessem expressar a existência de tendência de aumento, decréscimo ou mesmo estabilidade no transcurso da temperatura. Para tanto foi utilizado o teste de hipóteses t-student, em nível de significância de 5%, onde foi possível identificar a tendência das séries temporais, pela rejeição ou aceitação da “hipótese nula”. A análise de regressão dos dados foi feita com o auxílio das ferramentas estatísticas do aplicativo Excel 2007, SPSS e SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura do ar no período avaliado apresentou resultados significativos para a média das temperaturas mínimas e máximas. A anomalia da temperatura máxima (Figura 1) mostrou tendência de elevação (5% sig.), que se intensificou a partir da segunda metade do período. A média das temperaturas máximas foi de 24,5 °C e equivale ao valor de 0,0 °C, sendo que os extremos ocorreram nos anos de 1983 e 2002.

A média das temperaturas mínimas (Figura 2) apresentou tendência de declínio (5% sig.). A média foi de 13,9 °C e representa o valor de 0,0 °C. A oscilação da temperatura teve aumento pronunciado a partir de 1989, com extremos nos anos de 1993 e 1996. Similarmente, Althaus & Berlato (2007) apontaram para o declínio da temperatura mínima anual na região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. No entanto, para outras regiões do Estado a temperatura do ar apresentou resultados distintos, sendo que tanto para temperatura máxima quanto mínima, as tendências foram de elevação (Althaus & Berlato, 2007; Steinmetz et al. 2007; Siqueira et al. 2007). Os resultados indicam que, embora haja uma tendência geral de elevação das temperaturas mínimas é possível que algumas regiões do Estado apresentem padrões distintos, como é o caso da Depressão Central.

As tendências opostas das temperaturas máximas e mínimas influenciaram o cálculo da temperatura média. Este efeito foi determinante para a ausência de tendência, seja de declínio ou elevação, da temperatura média anual (Figura 3). A média das temperaturas médias no período de 38 anos foi de 18,8 °C e equivale ao valor 0,0 °C do gráfico (Figura 3). Os

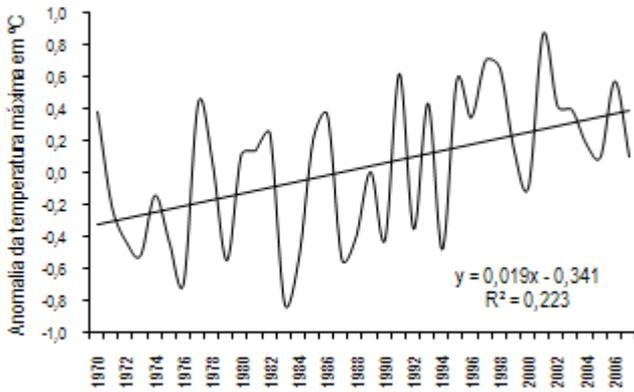


Figura 1. Anomalia das médias anuais da temperatura máxima do ar de 1970 a 2007 em relação à média da temperatura máxima de todo o período (teste t de Student), EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS

Figure 1. Anomalies of the annual averages of the maximum air temperature from 1970 to 2007 in relation with the average maximum temperature for the whole period (Student's t test), EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, Brazil

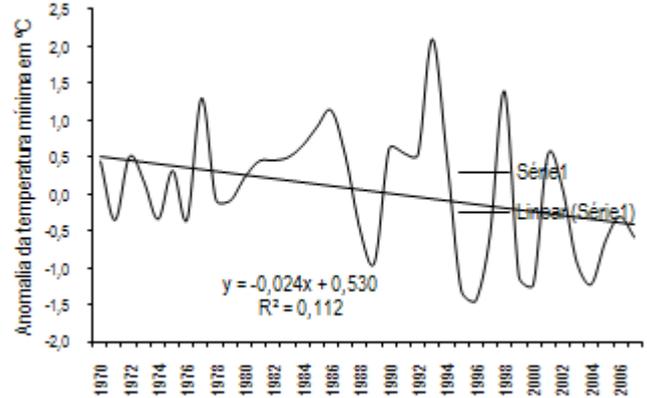


Figura 3. Anomalia das médias anuais da temperatura média do ar de 1970 a 2007 em relação à média da temperatura média de todo o período (teste t de Student), EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS.

Figure 2. Anomalies of the annual averages of the average air temperature from 1970 to 2007 in relation with the average temperature for the whole period (Student's t test), EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, Brazil

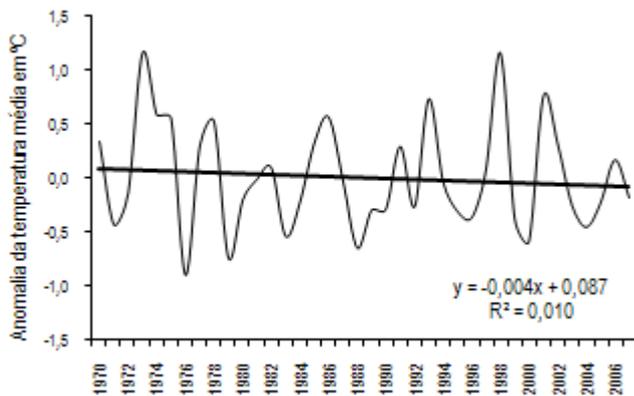


Figura 2. Anomalia das médias anuais da temperatura mínima do ar de 1970 a 2007 em relação à média da temperatura mínima de todo o período (teste t de Student), EEA/UFRGS, Eldorado do Sul - RS.

Figure 2. Anomalies of the annual averages of the minimum air temperature from 1970 to 2007 in relation with the average minimum temperature for the whole period (Student's t test), EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, Brazil

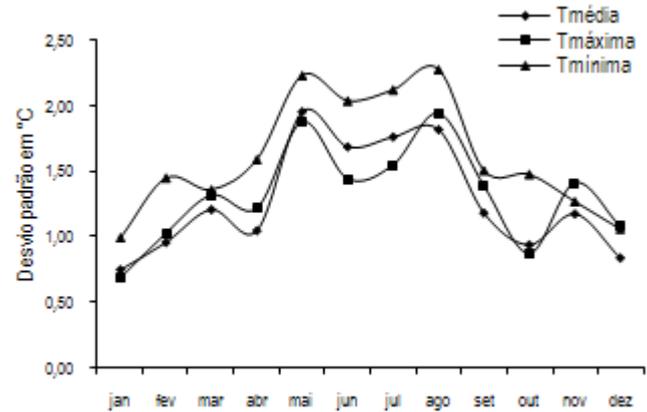


Figura 4. Desvio padrão das temperaturas média, máxima e mínima do ar para cada mês do ano, de 1970 a 2007, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS

Figure 4. Standard deviation of the average, maximum and minimum air temperature for each month of the year, from 1970 to 2007, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, Brazil

maiores valores de amplitude térmica foram positivos, ou seja, com temperaturas superiores à média do período. Os anos mais quentes foram 1973 e 1998, com anomalias pouco superiores a 1 °C. Em contrapartida, o ano mais frio foi 1976, com média das temperaturas médias de aproximadamente 0,9 °C abaixo da média de toda série histórica. Apesar da ausência de tendência fica evidente a variabilidade da temperatura média ao longo dos anos avaliados (Figura 3).

Oscilações climáticas interanuais são um indicador de instabilidade climática e maiores riscos à atividade agropecuária (Olesen & Bindi, 2002). No entanto, este processo não é homogêneo e intensifica-se em alguns meses do ano. Na Figura 4 verifica-se que, de acordo com o desvio

padrão, a maior probabilidade de variação climática ocorre no período de outono-inverno, principalmente nos meses de maio a agosto. As maiores variações ocorreram na média das temperaturas mínimas do ar, com valores próximos a 2,3 °C.

A maior instabilidade térmica está associada à ocorrência de eventos climáticos que representam maiores riscos de perdas na lavoura, como geadas e golpes de calor em períodos inesperados. No caso das geadas, quando formadas precocemente podem retardar o desenvolvimento inicial ou mesmo a germinação dos cultivos de inverno, principalmente no mês de maio (Mundstock, 1983). Geadas tardias, de agosto a setembro afetam o florescimento das espécies de inverno (aveia, trigo, centeio...) podendo causar abortamento floral,

reduzindo a produtividade da lavoura (Pinto et al., 2005).

Por outro lado, golpes de calor têm importância para as espécies de inverno durante o período de formação dos grãos (outubro a novembro). Temperaturas extremas (acima de 30 °C) por mais de dois dias, nesse período, provocam a paralisação da formação dos grãos, reduzindo seu peso específico e, conseqüentemente, a qualidade da produção (Mundstock, 1983). Diante do cenário apresentado é importante destacar, no entanto, que as perdas relacionadas aos impactos da intensificação dos extremos climáticos estão também associadas ao grau de adaptação destes sistemas frente às mudanças no clima (Embrapa & Unicamp, 2008).

Os resultados da análise sobre a fenologia da cultura da aveia branca demonstraram haver tendência de redução do número de dias da emergência ao florescimento – DEF, porém, somente para as cultivares mais tardias, ao nível de significância de 5%. Nenhuma tendência foi observada para as cultivares mais precoces e testemunhas (Figura 5). Percebe-se que, a partir do início da década de 1990, a redução do número de dias da emergência ao florescimento, para cultivares mais tardias, foi de aproximadamente 30 dias.

A substituição de genótipos nos experimentos foi determinante para a redução no período da emergência ao florescimento da aveia branca. Nos ensaios de cultivares foram acrescentados novos genótipos, com o descarte de outros, principalmente de cultivares mais tardias. A aproximação das curvas, a partir do início da década de 1990, seria um indicador da predominância de cultivares com genótipos mais precoces, ou seja, da gradativa eliminação daquelas com ciclo mais longo (Figura 5). Esse processo se deu, basicamente, pela inserção da aveia branca em sistemas de produção com duas culturas agrícolas por ano. Este processo foi fundamental para a consolidação da aveia branca, principalmente no sistema de plantio direto, na rotação de culturas e na integração lavoura-pecuária.

Embora tenha ocorrido substituição de cultivares com ciclos mais tardios, observa-se considerável variabilidade no período. Esse fato se justifica pela variabilidade interanual da temperatura média que, assim como o DEF, não apresentou tendência. Esse efeito implica em oscilações no ciclo das culturas, as quais podem adiantar ou atrasar etapas do seu desenvolvimento, de acordo com o transcurso da temperatura média do ar naquele ano. Na Figura 5 percebe-se que, para as cultivares precoces e testemunhas ocorreu uma variação de aproximadamente 20 dias, entre os anos 1982 e 1983, sendo que neste período não houve alteração de genótipos. Oscilações deste tipo podem comprometer a produção pela exposição da cultura a períodos climáticos adversos (frio ou calor excessivos), além de requererem maior grau de gerenciamento das variáveis climáticas.

No mesmo período avaliado, a variação da soma térmica foi semelhante ao número de dias entre a emergência e o florescimento da aveia branca (Figura 6). Houve redução da soma térmica para as cultivares mais tardias, com aproximação das curvas no terço final do período. Assim como para DEF, a análise de regressão apresenta tendência significativa de redução da soma térmica para as cultivares mais tardias. Este resultado corrobora para a constatação de que genótipos mais

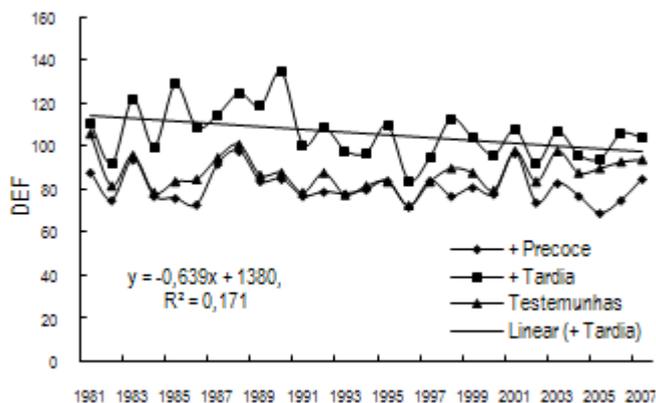


Figura 5. Número de dias da emergência ao florescimento (DEF) da aveia branca, para as cultivares mais precoces, mais tardias e testemunhas, no período de 1981 a 2007 (teste t de Student), EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS

Figure 5. Number of days from the emergency to flowering (DEF) of oat, for the earliest, latest and check cultivars in the period from 1981 to 2007 (Student's t test), EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, Brazil

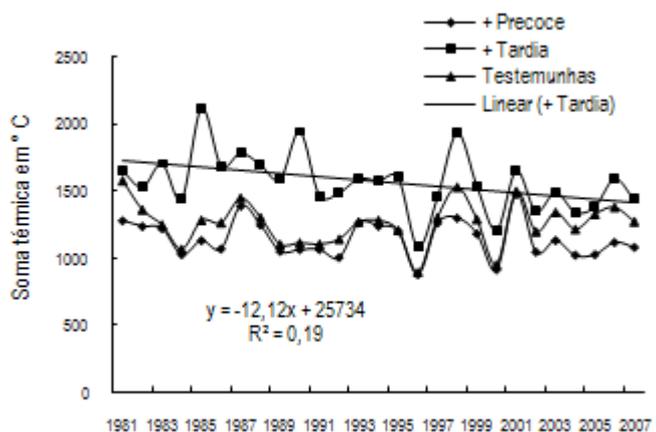


Figura 6. Soma térmica acumulada (acima de 0 °C) da emergência ao florescimento das cultivares de aveia branca mais precoces, mais tardias e testemunhas de 1981 a 2007 (teste t de Student), EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS

Figure 6. Accumulated thermal sum (above 0 °C) from emergency to flowering of the earliest, latest and checks oat cultivars from 1981 to 2007 (Student's t test), EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS, Brazil

tardios vêm sendo substituídos por outros mais precoces, com conseqüente redução na necessidade térmica para a floração.

A substituição de genótipos, descrita para cultivares mais tardias, também ocorreu entre as mais precoces. Estas, no entanto, pouco se modificaram em relação à sua precocidade, visto que, ao longo do período, poucas alterações foram observadas tanto em DEF quanto na soma térmica. Diferentemente, as testemunhas tiveram poucas alterações de genótipo, no período de análise.

A cultivar UFRGS7 foi utilizada como testemunha nos

ensaios de 1983 a 2000, totalizando 18 anos consecutivos (Tabela 1). Mesmo neste caso, onde o mesmo genótipo foi preservado nos ensaios por aproximadamente dois terços do período de observação, nenhuma tendência temporal foi constatada. Tais resultados indicam que as alterações climáticas não resultaram em tendência de adiantamento ou atraso da fenologia da cultura da aveia branca. No entanto, incorreram em significativas variações interanuais sobre DEF (Figura 5). Esses resultados são coerentes com os de temperatura, os quais demonstram não haver tendência de alteração sobre a temperatura média, embora ocorram variações interanuais. Assim como em DEF, a soma térmica apresentou variações interanuais, as quais refletem, basicamente, as oscilações da temperatura média no período.

CONCLUSÕES

A análise temporal das temperaturas mínimas e máximas indicou a intensificação de extremos térmicos sem, no entanto, estabelecer tendência sobre a temperatura média. A maior instabilidade se concentra nos meses de outono-inverno, aumentando os riscos principalmente às culturas cultivadas neste período.

O número de dias da emergência ao florescimento (DEF) da aveia branca não apresentou tendência no período analisado. Quando houve, ela esteve associada à substituição de genótipos, ao longo do período. Variações interanuais de DEF ocorrem, devido a oscilações térmicas nos meses de cultivo da aveia branca.

LITERATURA CITADA

- Alexandratos, N. Countries with rapid population growth and resources constrains: issues of food, agriculture and development. *Population and Development Review*, v. 31, n.2, p. 237-258, 2005. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1728-4457.2005.00064.x/pdf>>. doi:10.1111/j.1728-4457.2005.00064.x. 25 Sep. 2010.
- Althaus, D.; Berlato, M. A. Tendência observada das temperaturas máximas e mínimas do Estado do Rio Grande do Sul, período 1936-2000. In: *Salão de Iniciação Científica*, 19., 2007, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 2007. v.único, CD Rom.
- Bergamaschi, H.; Guadagnin, M. R.; Cardoso, L. S.; Silva, M. I. G. Clima da estação experimental da UFRGS (e região de abrangência). Porto Alegre: UFRGS, 2003. 78p.
- Christensen, J. H.; Hewitson, B.; Busuioc, A.; Chen, A.; Gao, X.; Held, R.; Jones, R.; Kolli, R. K.; Kwon, W. K.; Laprise, R.; Magana Rueda, V.; Mearns, L.; Menendez, C. G.; Räisänen, J.; Rinke, A.; Sarr, A.; Whetton, P.; Arritt, R.; Benestad, R.; Beniston, M.; Bromwich, D.; Caya, D.; Comiso, J.; de Elia, R.; Dethloff, K. Regional climate projections. *Climate change 2007: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel for Climate Change*. United Kingdom: Cambridge University Press, 2007. 996p.
- Easterling, W. E. Adapting North American agriculture to climate change in review. *Agriculture and Forest Meteorology*, v. 80, n. 1, p. 1-53, 1996. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192395023151>>. doi:10.1016/0168-1923(95)02315-1. 17 Jul. 2010.
- Easterling, W. E.; Chhetri, N.; Niu, X. Z. Improving the realism of modeling agronomic adaptation to climate change: simulating technological substitution. *Climatic Change*, Dordrecht, v. 60, n. 1-2, p. 149-173, 2003. <<http://www.springerlink.com/content/w6j3317181883563/>> doi:10.1023/A:1026023712494. 22 Jul. 2010.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa; Universidade de Campinas -UNICAMP. Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil. 2008. <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/CLIMA_E_AGRICULTURA_BRASIL_300908_FINAL.pdf>. 20 Set. 2011.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. *Adaptation to climate change in agriculture, forestry and fisheries: perspective, framework and priorities*. Rome, 2007. <http://www.fao.org/sd/dim_en1/en1_070401_en.htm>. 20 Set. 2011.
- Hafner, S. Trends in maize, rice and wheat yields for 188 nations over the past 40 years: a prevalence of linear growth. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 97, n. 1-3, p. 275-283, 2003. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880903000197>>. doi:10.1016/S0167-8809(03)00019-7. 21 Sep. 2011.
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. *Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel for Climate Change*. Cambridge, 2007b. <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>>. 19 Sep. 2011.
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. *The Physical Science Basis. Summary for policy makers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel for Climate Change*. Cambridge, 2007a. <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>>. 19 Sep. 2011.
- Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT. *Inventário de Emissões e Remoções antrópicas de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal*. Brasília, 2004. <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0004/4199.pdf>. 20 Set. 2011.
- Menzel, A. Plant phenological anomalies in Germany and their relation to air temperature and NAO. *Climatic Change*, v. 57, n. 3, p. 243-263, 2003. <<http://www.springerlink.com/content/wr4g1864325mm420/>>. doi:10.1023/A:1022880418362. 16 Sep. 2010.
- Menzel, A.; von Vopelius, J.; Estrella, N.; Schleip, C.; Dose, V. Farmer's annual activities are not tracking speed of climate change. *Climate Research*, v. 32, n. 3. p. 201-207, 2006. <<http://www.int-res.com/articles/cr2006/32/c032p201.pdf>>

- doi:10.3354/cr032201. 17 Jul. 2010.
- Mohamed B.; Duivenbooden, N. V.; Abdoussallam, S. Impact of climate change on agricultural production in the Sahel. Part 1. Methodological approach and case study for millet in Niger. *Climatic Change*, v. 54, n. 3, p. 327-348, 2002. <<http://www.springerlink.com/content/3ja9mxq24bda7j3q/>>. doi:10.1023/A:1016189605188. 22 Jul. 2010.
- Mota, F. S. *Meteorologia Agrícola*. São Paulo: Nobel, 1983. 376p.
- Mundstock, C. M. *Cultivo dos cereais de estação fria*. Porto Alegre: NBS, 1983. 265p.
- Olesen, J.E.; Bindi M. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*. v. 16, n.4, p. 239-262, 2002. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030102000047>>. doi:10.1016/S1161-0301(02)00004-7. 31 Jul. 2010.
- Pinto, H. S.; Zullo, J.; Assad, E. D.; de Ávila, A. M. H. Global warming and future Brazilian agriculture scenarios. In: *International Congress of Biometeorology*, 17., 2005, Garmisch Partenkirchen. *Anais... Garmisch Partenkirchen: Deutscher Wtterdienst*, 2005. v.único, p. 223-226.
- Serra, A. *Secondary circulation of southern Brazil*. Rio de Janeiro: Ed. do Serviço de Meteorologia, 1938. 29p.
- Siqueira, O. J. W.; Steinmetz, S.; Wrege, M. S.; Herter, F. G.; Reisser, C. Distribuição de médias e variabilidade de uma série histórica de dados climáticos diários, Pelotas – RS. In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 15., 2007, Aracajú. *Anais... Aracajú: UFS*, 2007. v.único, CD Rom.
- Steinmetz, S.; Wrege, M. S.; Herter, F. G.; Reisser, C. Influência do aquecimento global sobre as temperaturas máximas, mínimas e médias anuais na região de pelotas, RS. In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 15., 2007, Aracajú. *Anais... Aracajú: UFS*, 2007. v.único, CD Rom.
- United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC. *Climate change: impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries*, 2007. <http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/txt/pub_07_impacts.pdf>. 19 Set. 2011.