



## RELAÇÕES DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E METEOROLÓGICAS COM O RENDIMENTO DE GRÃOS DE CANOLA<sup>1</sup>

Astor H. Nied<sup>2</sup>, Homero Bergamaschi<sup>3</sup>, Genei A. Dalmago<sup>4</sup>, Gilberto R. da Cunha<sup>5</sup>, Elizandro Fochesato<sup>6</sup>, Jorge A. de Gouvêa<sup>7</sup>, Samuel Kovaleski<sup>8</sup>, Anderson Santi<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Trabalho extraído de parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, obtido pela UFRGS em convênio com EMBRAPA Trigo e financiado com recursos do CNPq.

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Dr., Professor da UNEMAT. Tangará da Serra, MT, Brasil. E-mail: astornied@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Dr., Professor da UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil, Bolsista PQ1 CNPq

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador da EMBRAPA Trigo, Passo Fundo, RS, Brasil, Bolsista PQ2 CNPq.

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador da EMBRAPA Trigo, Passo Fundo, RS, Brasil, Bolsista DT1 CNPq

<sup>6</sup> Eng. Agrônomo, Mestrando em Fitotecnia da UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil, Bolsista FAPERGS.

<sup>7</sup> Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador da EMBRAPA Trigo, Passo Fundo, RS, Brasil.

<sup>8</sup> Eng. Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola da UFSM. Santa Maria, RS, Brasil, Bolsista Capes.

### RESUMO

O rendimento de grãos da canola é a variável mais importante para a viabilidade econômica da cultura. Assim, o trabalho objetivou associar as condições meteorológicas e do ambiente com o rendimento de grãos ao longo de diferentes subperíodos de desenvolvimento da canola. Experimentos de campo foram conduzidos em 2010 e 2011, com genótipos de canola Hyola 432 e Hyola 61 semeados de abril a julho, em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Foram avaliadas as datas dos principais estádios fenológicos e o rendimento de grãos. A partir de dados meteorológicos, foram calculados balanços hídricos climatológicos e necessidade térmica (graus-dia), para cada ano e data de semeadura e subperíodo de desenvolvimento. Com os dados médios do rendimento de grãos de cada tratamento e em cada ano foi efetuada análise de correlação de Pearson com os elementos meteorológicos e de ambiente verificados em cada subperíodo de desenvolvimento e no ciclo da canola. As condições meteorológicas e do ambiente durante o florescimento foram mais importantes para menor rendimento de grãos da canola. A necessidade térmica apresentou melhor associação com o rendimento de grãos do que o número de dias dos subperíodos de desenvolvimento. O rendimento de grãos foi associado de forma negativa com a demanda evaporativa da atmosfera no período reprodutivo da canola. Os resultados indicam que semeaduras realizadas em abril e maio apresentam rendimentos de grãos mais elevados, uma vez que os subperíodos reprodutivos transcorrem com condição térmica e de demanda evaporativa da atmosfera mais favorável.

Palavras-chave: *Brassica napus*, colza, soma térmica, produtividade, época de semeadura.

### INTRODUÇÃO

A canola assumiu importância econômica na Região Sul do Brasil, diante do aumento da demanda de óleos vegetais nos últimos quinze anos, especialmente visando à produção de biodiesel. Enquanto a soja é a principal fonte de óleo na primavera-verão, a canola representa boa oportunidade de cultivo de outono-inverno para a produção de óleo de alta qualidade, tanto para a produção de biodiesel, quanto para o consumo humano. Além disso, é uma espécie que não oferece conflito espaço-temporal com o cultivo da soja e se ajusta aos sistemas de

produção das culturas de inverno (como ao trigo e outros cereais) onde complementa a rotação de culturas e pode ocupar áreas ociosas.

O cultivo de canola no Brasil ainda carece de embasamento científico em diferentes áreas, principalmente na escolha dos melhores ambientes produtivos e das épocas mais adequadas para sementeira. Pela falta informação segura, o calendário de cultivo do trigo tem sido usado como referência para a canola, o qual tem se mostrado adequado em alguns ambientes e completamente inadequado para outros. Com sementeiras mais precoces ou tardias da canola se maneja vários fatores, principalmente, os relacionados às condições meteorológicas e do ambiente. Por exemplo, a temperatura do ar e a demanda evaporativa da atmosfera extremas podem aumentar a taxa de abortamento de flores da canola (Battisti et al., 2013), e o efeito deletério destas variáveis se intensifica em sementeiras tardias da cultura, em final de junho, período mais indicado para a sementeira do trigo, em grande parte do Rio Grande do Sul (Dalmago et al., 2008).

Além do efeito isolado, ocorre a combinação de situações extremas de variáveis meteorológicas e ambientais que na maioria das vezes são ainda mais prejudiciais à cultura da canola. Este é o caso, por exemplo, dos períodos de elevada temperatura do ar, que está normalmente associada com a deficiência hídrica no solo, afetando negativamente o rendimento de grãos e o teor de óleo dos grãos (Iriarte & Valetti, 2008; Shamsi et al., 2012). A associação destas duas variáveis é muito frequente nas condições de cultivo da região Sul e em outras regiões do Brasil. Períodos mais longos de florescimento permitem compensar eventuais condições térmicas ou hídricas desfavoráveis, mas nem sempre essas estratégias de compensação das plantas são desejáveis por implicarem em outros problemas, como é o caso da desuniformidade na qualidade de grãos ou conflitos com as culturas subsequentes.

Portanto, a escolha da data e do ambiente mais favorável para sementeira da canola se torna essencial para reduzir o risco de ocorrência de temperaturas do ar extremas ou de condições hídricas no solo desfavoráveis às plantas, especialmente durante os sub-períodos críticos da cultura que podem resultar em reduções maiores no rendimento de grãos. Considerando a limitada bibliografia sobre o assunto no Brasil, o objetivo do trabalho foi o de estudar o grau de associação de elementos meteorológicos e do ambiente com o rendimento de grãos de canola.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em áreas experimentais da EMBRAPA Trigo, em Passo Fundo, RS (28°13'41"S; 52°24'04"W; 681 m de altitude), no ano de 2011 e Coxilha, RS (28°11'40"S; 52°19'20"W; 713 m de altitude), em 2010. A região apresenta clima Cfa, segundo a classificação de Köppen. Os genótipos de canola Hyola 61 e Hyola 432 foram semeados para obter densidade de 40 plantas m<sup>-2</sup> no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, com parcelas de 30 m<sup>2</sup> (5 e 6 m de comprimento e largura, respectivamente). As datas de sementeira do experimento em 2010 foram 29 de abril, 13 de maio, 03 de junho e 08 de julho, e em 2011 foram 19 de maio, 10 de junho, 5 de julho e 26 de julho. A adubação da canola foi realizada de acordo com os resultados da análise química de solo e da necessidade da cultura (Tomm et al., 2009).

Dados meteorológicos diários foram coletados nas estações meteorológicas convencional e automática (Vaisala) do Instituto Nacional de Meteorologia, localizadas na sede da Embrapa Trigo (28°15'43"S; 52°24'24"W; 684 m de altitude). As distâncias entre as estações

meteorológicas e os locais dos experimentos foram de 8.600 e 250m, nos anos de 2010 e 2011, respectivamente. A precipitação pluvial no ano de 2010 foi medida a 400 m do experimento. Para caracterizar as condições hídricas do solo foram calculados balanços hídricos diários conforme método de Thornthwaite & Mather (1955), considerando 75 mm para a capacidade de armazenagem de água disponível. A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>, mm dia<sup>-1</sup>) foi estimada pelo método de Penman-Monteith (Pereira et al., 1997). A partir da estação automática foram contabilizados o número de horas com temperaturas inferiores a 7,5 °C (horas de frio) e superior a 27°C (temperatura do ar elevada). O cálculo da soma térmica (graus-dia) foi efetuado pelo método residual (ST, GD), considerando a temperatura base inferior (T<sub>b</sub>) de 5°C.

A fenologia da canola foi realizada três vezes por semana determinando as datas de ocorrência dos principais estádios, segundo critérios adaptados de Iriarte & Valetti (2008). O rendimento de grãos foi determinado em 6 m<sup>2</sup> em cada parcela (2,0 x 3,0 m), sendo corrigido à umidade de 8,0 %. Em cada ano do estudo, o rendimento de grãos foi correlacionado com as variáveis meteorológicas, balanço hídrico, necessidades térmicas, número de dias, horas de frio e de temperaturas do ar elevadas de cada subperíodo estudado e do ciclo das cultivares. As análises de correlação de Pearson foram realizadas com o pacote estatístico SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de grãos (RG) para o ano de 2010 variou de 1.414 a 2.777 kg ha<sup>-1</sup> (média de 2.261 kg ha<sup>-1</sup>) e de 1.043 a 2.373 kg ha<sup>-1</sup> (média de 1.728,9 kg ha<sup>-1</sup>) para o ano de 2011, o que representa um rendimento superior em 31% no primeiro ano. Isso evidencia que o ambiente de cultivo de 2010 foi mais favorável ao RG do que o de 2011. O ano de 2010 foi um ano com menos excessos hídricos e com temperaturas do ar mais favoráveis ao desenvolvimento da canola, do que o de 2011 (dados não mostrados).

As correlações das variáveis meteorológicas e do ambiente, nos diferentes subperíodos de desenvolvimento da canola, com o RG evidenciaram que um maior número de variáveis apresentou correlação significativa em 2010 do que em 2011 (Tabela 1). Enquanto que em 2010, doze variáveis apresentaram correção significativa com o RG, em 2011 apenas a soma térmica, as horas com temperaturas elevadas, a evapotranspiração de referência, a deficiência e o excesso hídrico do subperíodo do início ao final do florescimento estiveram associados ao RG. As condições meteorológicas e do ambiente que ocorreram nos subperíodos reprodutivos, especialmente do florescimento, estiveram mais associados ao RG do que as ocorridas nos subperíodos vegetativos (Tabela 1), o que está de acordo com o verificado com Faraji et al. (2008) e Shamsi et al. (2012).

A temperatura do ar é um dos elementos meteorológicos que mais afeta o desenvolvimento da canola (Dalmago et al, 2009). Segundo Faraji et al. (2008), a temperatura do ar afeta de forma negativa componentes do rendimento de grãos, especialmente no período do florescimento. Entretanto, conforme pode ser verificado na Tabela 1, salvo em alguns subperíodos vegetativos, a temperatura do ar média dos períodos reprodutivos não esteve correlacionada com o RG em nenhum dos anos, distinto do encontrado por Faraji et al. (2008). Isso pode estar associado ao fato de que as condições térmicas e hídricas da região de Passo Fundo serem menos adversas do que o verificado por Faraji et al. (2008).

Por outro lado, a necessidade térmica ou soma térmica (ST) nos subperíodos esteve associada com o RG em vários subperíodos nos dois anos, enquanto que o número de dias de duração dos subperíodos só esteve associado ao RG no último subperíodo reprodutivo de 2010. Este resultado difere do encontrado por Tomm et al. (2009) e Shamsi et al. (2012), entretanto, nos

trabalhos destes autores a necessidade térmica dos subperíodos não foi usada como variável de associação ao RG. Isso indica que o uso da variável da necessidade térmica nos subperíodos apresentou melhor associação ao RG do que o número de dias dos períodos. Em 2010, a necessidade térmica apresentou correlação positiva nos subperíodos do início de florescimento às primeiras siliquas com 4cm (IF-G3) e negativa com o RG e das siliquas com 4 cm à maturação fisiológica (G3-G5). Em 2011 para o mesmo subperíodo, a correlação foi negativa do início ao final do florescimento (IF-FF). Como a temperatura do ar foi mais amena em 2010 no florescimento (média de 13,7 °C) do que em 2011 (média de 17,0 °C) houve correlação positiva em 2010 e negativa em 2011. Isso também foi confirmado pelas correlações, com sentidos semelhantes, do RG com o número de horas de temperatura do ar acima de 27°C (STRESS\_T) e na demanda evaporativa da atmosfera (ETo) nos mesmos subperíodos em 2010 e 2011.

**Tabela 1.** Correlações de Pearson de variáveis meteorológicas e do ambiente, verificadas em subperíodos de desenvolvimento de genótipos de canola com o rendimento de grãos, em quatro datas de semeadura em Passo Fundo-RS, nos anos de 2010 e 2011.

	ST	Ndia	TMA	TX	TN	AT	FRIO	STRESS_T	URA	U2	Rg	ETo	Precip	ETR	DEF	EXC
----- Ano de 2010 -----																
SE-EM	-0,88	-0,59	0,12	0,32	-0,10	0,84	-0,06	-0,83	-0,77	-0,31	0,76	-0,40	-0,55	-0,42	-0,07	-0,60
P	0,00	0,13	0,78	0,44	0,82	0,01	0,89	0,01	0,03	0,45	0,03	0,33	0,16	0,30	0,87	0,11
EM-FR	0,74	0,70	-0,65	-0,71	-0,32	-0,46	0,25	0,61	0,39	-0,06	-0,46	0,22	0,57	0,39	-0,13	0,53
P	0,04	0,06	0,08	0,05	0,44	0,25	0,55	0,11	0,34	0,88	0,25	0,60	0,14	0,34	0,77	0,17
FR-IF	0,12	-0,50	0,82	0,87	0,75	0,69	-0,74	0,03	-0,44	-0,45	0,25	0,03	-0,83	-0,04	0,31	-0,79
P	0,79	0,20	0,01	0,00	0,03	0,06	0,03	0,94	0,27	0,26	0,56	0,93	0,01	0,93	0,45	0,02
IF-G3	0,88	0,64	0,39	0,34	0,38	-0,37	0,20	0,84	0,21	-0,24	-0,17	0,74	0,59	0,56	0,74	0,56
P	0,00	0,09	0,34	0,42	0,35	0,36	0,64	0,01	0,62	0,57	0,69	0,03	0,12	0,15	0,03	0,15
G3-G5	-0,85	-0,83	-0,29	-0,23	-0,55	-0,13	0,23	-0,71	0,18	0,09	-0,02	-0,70	-0,47	-0,67	-0,58	-0,39
P	0,01	0,01	0,48	0,59	0,16	0,75	0,59	0,05	0,67	0,83	0,97	0,05	0,24	0,07	0,13	0,34
SE-G5	-0,34	-0,08	-0,11	-0,11	-0,08	-0,12	0,04	-0,07	0,10	-0,29	-0,13	-0,24	-0,24	-0,31	-0,12	-0,14
P	0,40	0,85	0,79	0,79	0,84	0,77	0,92	0,87	0,82	0,49	0,75	0,57	0,57	0,46	0,77	0,74
----- Ano de 2011 -----																
SE-EM	-0,54	-0,64	0,61	0,61	0,60	-0,48	-0,56	-0,32	0,17	-0,22	0,21	-0,61	-0,51	-0,61	0,51	-0,43
P	0,17	0,09	0,11	0,11	0,11	0,23	0,15	0,44	0,68	0,60	0,62	0,11	0,20	0,11	0,20	0,29
EM-FR	-0,29	0,41	-0,56	-0,52	-0,60	-0,19	0,46	-0,58	0,37	-0,59	-0,47	-0,50	0,05	-0,51	-0,29	0,11
P	0,49	0,31	0,15	0,19	0,11	0,66	0,25	0,13	0,37	0,12	0,24	0,21	0,91	0,20	0,49	0,79
FR-IF	0,48	0,61	-0,37	-0,40	-0,09	-0,57	0,44	-0,34	0,62	0,58	-0,49	-0,13	0,57	0,05	-0,47	0,56
P	0,23	0,11	0,37	0,32	0,84	0,14	0,28	0,41	0,10	0,14	0,21	0,76	0,14	0,91	0,23	0,15
IF-FF	-0,84	0,05	-0,58	-0,58	-0,58	-0,56	0,62	-0,77	0,53	0,38	-0,58	-0,80	0,26	-0,79	-0,77	0,43
P	0,01	0,90	0,13	0,13	0,13	0,15	0,10	0,02	0,18	0,35	0,13	0,02	0,53	0,02	0,03	0,28
FF-G5	0,28	0,43	-0,56	-0,56	-0,51	-0,45	0,65	-0,56	0,60	-0,57	-0,60	-0,33	0,17	-0,17	-0,63	0,19
P	0,50	0,28	0,15	0,15	0,20	0,26	0,08	0,15	0,11	0,14	0,12	0,43	0,69	0,69	0,09	0,64
SE-G5	-0,61	0,41	-0,58	-0,58	-0,59	-0,56	0,53	-0,64	0,59	-0,56	-0,58	-0,68	0,37	-0,67	-0,66	0,42
P	0,11	0,31	0,13	0,13	0,12	0,15	0,18	0,09	0,12	0,14	0,13	0,06	0,36	0,07	0,08	0,30

# Subperíodos e períodos de desenvolvimento da canola: SE-EM – semeadura à emergência; EM-FR – emergência ao final do estádio de roseta; FR-IF - final do estádio de roseta ao início de florescimento; IF-G3 – início do florescimento a siliquas com 4 cm; IF-FF – início ao final do florescimento; G3-G5 – siliquas com 4 cm à maturação; FF-G5 – final do florescimento à maturação; SE-G5 – semeadura a maturação (ciclo total); # variáveis meteorológicas e do ambiente: ST – soma térmica (Tb=5°C); Ndia – número de dias; TMA, Tx e Tn – temperaturas média, máxima e mínima diária do ar (°C), respectivamente; AT – amplitude térmica diária (Tx – Tn); FRIO – horas de frio (Temp. < 7,5) acumuladas; STRESS\_T – horas de temperaturas do ar superior a 27°C; URA – Umidade relativa do ar média diária; U<sub>2</sub> – velocidade do vento a 2,0 m; Rg – Radiação solar global; ETo – Evapotranspiração de referência (Penmann-Monteith) acumulada; Precip – precipitação pluviométrica acumulada; ETR – evapotranspiração real; DEF – déficit hídrico; EXC – excesso hídrico. # P – probabilidade de significância da correlação.

A radiação solar global (Rg) não apresentou correlação significativa com o RG. Isso é um indicativo de a disponibilidade de radiação solar não é fator limitante à canola no Sul do Brasil,

diferentemente do observado por Diepenbrock (2000), nas condições da Alemanha com genótipos de canola de inverno. Entretanto, a radiação solar contribui em outros elementos meteorológicos, de forma direta ou indiretamente, como na temperatura do ar e na demanda evaporativa da atmosfera acumulada (ET<sub>o</sub>). Assim, como o observado nas correlações da necessidade térmica, no número de horas de temperatura do ar acima de 27°C (STRESS\_T) e na demanda evaporativa da atmosfera acumulada (ET<sub>o</sub>) com o RG, a contribuição da radiação solar deve ter sido de forma indireta.

Como as sementeiras da cultura da canola iniciaram no final de abril e em meados de maio em 2010 e 2011, respectivamente, o ciclo da canola se estendeu até outubro, nas primeiras sementeiras e até final de novembro em ambos os anos, nas últimas sementeiras. Essa condição foi determinante para que o período reprodutivo da canola ocorresse em condições gradativas de elevação da demanda evaporativa da atmosfera, resultando em correlações negativas da ET<sub>o</sub> com o RG nos subperíodos reprodutivos. Essa condição indica que as sementeiras realizadas em abril e maio são as que devem ser preferidas para RG mais elevados, uma vez que os subperíodos reprodutivos transcorrem com condição térmica e de demanda evaporativa da atmosfera mais favorável ao RG.

## CONCLUSÕES

As condições meteorológicas e do ambiente foram mais importantes durante o florescimento para o rendimento de grãos da canola. A necessidade térmica durante o desenvolvimento da canola apresentou melhor associação com o rendimento de grãos do que o número de dias nos subperíodos. O Rendimento de grãos da canola está associado de forma negativa com a demanda evaporativa da atmosfera acumulada no período reprodutivo da canola.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATTISTI, R. et al. Dinâmica floral e abortamento de de flores em híbridos de canola e mostarda castanha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 2, p. 174-181, 2013.
- DALMAGO, G. A. et al. Zoneamento agroclimático para o cultivo de canola no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 16, n. 3, p. 295-305, 2008.
- DALMAGO, G. A. et al. Canola. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola Brasília, DF: INMET, 2009. p. 131-149.
- DIEPENBROCK, W. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 67, p. 35-49, 2000.
- FARAJI, A. et al. Effect of high temperature stress and supplemental irrigation on flower and pod formation in two canola (*Brassica napus* L.) cultivars at mediterranean climate. **Asian Journal of Plant Science**, Bholakpur, v. 7, n. 4, p. 343-351, 2008.
- IRIARTE, L. B.; VALETTI, O. E. **Cultivo de colza**. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária – INTA, 2008. 156 p.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.
- SHAMSI, M. et al. Study of the effects of planting date on the phenological and morphological features, the seed yield, and the components of the yield of oilseed rape. **International Journal of Biology**, Toronto, v. 4, n.1, p. 49-56, 2012.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**, Centerton, v. 3, n. 10, 104 p., 1955.

TOMM, G. O. et al. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 88 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 92).