

# EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTURA E REAL NAS CULTURAS DE SOJA E TRIGO NO SUL DO BRASIL

Débora da Silva<sup>1</sup>; Gustavo Pujol Veeck<sup>1</sup>; Debora Regina Roberti<sup>1</sup>; Genei Antonio Dalmago<sup>2</sup>; Claudio Alberto Teichrieb<sup>1</sup>

*Autor para correspondência: debiisilva140898@gmail.com*

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria; <sup>2</sup>Embrapa-Trigo

## RESUMO

A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) representa a máxima perda de água que certa cultura sofre em dado estágio de desenvolvimento quando não há restrição de água no solo. A ET<sub>c</sub> é obtida pelo produto do coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>) e a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). O K<sub>c</sub> é apresentado pela FAO para determinadas culturas, em geral, obtido em regiões agrícolas dos EUA e Europa. O objetivo deste trabalho é avaliar a ET<sub>c</sub> em relação a Evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) nas culturas de soja e trigo no sul do Brasil nas safras entre os anos de 2015 e 2016. A ET<sub>r</sub> foi obtida pelo método da covariância dos vórtices. Os dados meteorológicos e micrometeorológicos foram coletados numa lavoura comercial localizada no município de Carazinho- RS. Para a soja, a maior ET<sub>r</sub> foi de 6,2 mm dia<sup>-1</sup> e ocorreu no dia 24 de janeiro de 2016, enquanto que para o trigo o maior valor foi de 5,44 mm dia<sup>-1</sup> no dia 09 de novembro de 2015. Observou-se que para ambas as culturas o ET<sub>c</sub> foi menor que ET<sub>r</sub>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coeficiente de cultura; Evapotranspiração; Cultivo

## EVAPOTRANSPIRATION OF THE CROP AND REAL IN SOYBEAN AND WHEAT PLANTATIONS IN SOUTHERN BRAZIL

### ABSTRACT

The crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) represents the maximum loss of water that a certain crop suffers at a given stage of development, when there is no water restriction in the soil. The ET<sub>c</sub> is obtained by the product of the crop coefficient (K<sub>c</sub>) and the reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>). K<sub>c</sub> is presented by FAO for certain crops, generally obtained in agricultural regions of the USA and Europe. In this work ET<sub>c</sub> will be to evaluate the real ET<sub>r</sub> and culture in soybean and wheat crops in southern Brazil in the year 2015/2016. The ET<sub>r</sub> was obtained by the covariance method of the vortices, in a tillage located in the municipality of Carazinho-RS. For soybean, the highest amount was 6.2 mm day<sup>-1</sup> and occurred on January 24, 2016, while the highest wheat was 5.44 mm day<sup>-1</sup> on November 9, 2015. The ET<sub>c</sub> was lower than ET<sub>r</sub> for both cultures.

**KEY-WORDS:** Crop coefficient; Evapotranspiration; Cultivation

### INTRODUÇÃO

Os cultivos agrícolas de trigo e soja, tem uma importância histórica no estado do Rio Grande do Sul (RS), pois tradicionalmente foram utilizados no sistema de rotação, soja no verão e trigo no inverno, desde os anos 60. De acordo com a Companhia Nacional de abastecimento (Conab), o Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor de soja em grão do Brasil, superado apenas pelos estados de Mato Grosso e Paraná. Também é o segundo maior produtor nacional de trigo, superado apenas pelo Paraná. Tendo por base a relação entre a quantidade produzida por área plantada, na última década, pode-se afirmar que houve importante ganho de

produtividade no RS através do emprego de novas tecnologias de cultivo e de manejo do solo, como por exemplo, o melhoramento genético e a transgenia, o sistema plantio direto e de agricultura de precisão.

A produção agrícola é dependente de muitos fatores, entre eles a água, nutrientes e a radiação solar. A água é um dos principais fatores limitantes da produtividade em diversos locais no mundo. Conhecer a necessidade hídrica, em cada estágio fenológico de cultura é importante para evitar desperdício no uso da água e aumentar a produtividade com o menor custo de produção. O uso de índices como o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) é uma das formas de explorar essas informações e utilizá-las de forma adequada para o manejo da água na produção agrícola.

## OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a evapotranspiração real ( $E_{Tr}$ ) em relação à evapotranspiração de cultura ( $E_{Tc}$ ) nas culturas de soja e trigo no sul do Brasil nas safras entre os anos de 2015 e 2016.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos de campo foram realizados na safra de 2015 de trigo e 2015/2016 de soja, em uma lavoura comercial no município de Carazinho, RS. O detalhamento das informações sobre a implantação, o crescimento e desenvolvimento e o manejo das culturas pode ser obtido em Veeck (2018). O monitoramento das variáveis meteorológicas e micrometeorológicas foi feito em meio a lavoura por uma torre de fluxo, consistindo de um sistema de coleta de dados *Eddy Covariance*, modelo EC150-SH-EB, composto com sensor analisador de  $H_2O$  e  $CO_2$  aberto, integrado ao anemômetro sônico CSAT3 e barômetro avançado, marca Campbell Scientific, controlado por um datalogger, modelo CR1000. Os dados foram coletados de 10/07/2015 a 23/03/2016. Quando as plantas de trigo e soja atingiram os sensores instalados a 0,5 m, a torre de fluxo foi erguida e os sensores do primeiro nível foram posicionados a 0,5 m acima do dossel, onde permaneceram até o final dos períodos de medição. Para o trigo o reposicionamento foi feito em 15/09/2015 e para a soja em 05/01/2016. No período de pousio, a torre permaneceu na mesma posição da sua instalação.

A 1,5 m de altura da superfície do solo, foram instalados sensores para medição da radiação solar global incidente ( $R_g$ ), precipitação pluvial ( $P$ ) e saldo de radiação ( $R_n$ ). Para a medição da  $R_g$  foi utilizado um piranômetro, modelo SP-110-L-10, marca Apogee. Um pluviômetro, modelo TB4-L, marca Campbell, cuja superfície de captação da  $P$  ficou a 1,5 m de altura. Para a medição do  $R_n$  foram utilizados saldo-radiômetros, modelo NR-LITE2-L, marca Campbell. Também foi medido o fluxo de calor no solo ( $G$ ) com a utilização de sensores de placa de fluxo de calor no solo, modelos HPF01, marca Hukseflux. As placas de fluxo de calor no solo foram instaladas no solo a 1 cm de profundidade e cobertas com o mesmo solo retirado do local de sua instalação.

As trocas de energia na forma de calor sensível e latente foram estimadas a partir dos dados de alta frequência (10 Hz) e os fluxos foram calculados usando média em bloco de 30 minutos, através do software EddyPro, que utiliza o método da covariância dos vórtices (*Eddy Covariance*). Para mais informações sobre o processamento dos dados ver Veeck (2018).

A Evapotranspiração real ( $E_{Tr}$ ) foi obtida da conversão do fluxo de calor latente após o fechamento do balanço de energia, em unidades evapotranspiração de mm por dia. A  $E_{Tr}$  é definida como a perda de água por evaporação e transpiração de uma área extensa de vegetação de porte baixo, que cobre totalmente o solo, com ou sem restrição hídrica. Se houver água disponível no solo e o fluxo da água na planta atender a demanda atmosférica, a  $E_{Tr}$  será igual a  $E_{Tc}$ . Além das condições atmosféricas, a  $E_{Tr}$  também depende da disponibilidade hídrica do solo.

A relação entre a evapotranspiração de cultura ( $E_{Tc}$ ) e a Evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) é:



Eq. (14)

onde  $K_c$  é o coeficiente de cultura. A  $E_{To}$  é estimada pelo método padrão recomendado pela FAO (Método de Penman-Monteith):

onde  $\Delta$  é a declividade da curva de pressão de vapor em função da temperatura do ar ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ),  $R_n$  a radiação líquida ou saldo de radiação ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ),  $G$  o fluxo de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ),  $\gamma$  ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) é o coeficiente psicrométrico,  $U_2$  a velocidade média do vento a 2 m de altura,  $T_{\text{med}}$  a temperatura média entre a máxima e a mínima,  $e_s$  = pressão de vapor na saturação (kPa) e  $e_a$  = pressão de vapor atual (kPa).

O  $K_c$  tem sido estimado para diferentes culturas em diferentes estudos. Neste trabalho utilizaremos os valores obtidos para a Soja e Trigo descritos no Quadro 1.

Referência	Kc inicial	Kc médio	Kc final
<b>Soja</b>			
Moreira et al. (2015)	0,56±0,16	1,15	0,53±0,29
Suyker and Verma (2009)	0,34±0,32	0,95±0,41	0,26±0,19
<b>Trigo</b>			
Allen et al. (1998)	0,7	1,15	0,25

Na análise dos dados, o trigo foi subdividido em 3 períodos. O primeiro tem início em 01/07/2015 (trigo já emergido) até 10/07/2015. A partir daí teve início o segundo que acabou no final do florescimento em 19/09/2015 e o terceiro período começou ao final do florescimento e terminou na colheita em 23/10/2015. Estes períodos coincidem com as fases fisiológicas descritas pela FAO para o uso de diferentes coeficientes de cultura na estimativa da  $ET_c$ . Para a soja o ciclo foi subdividida também em 3 períodos. O primeiro começou na emergência, no dia 14/11/2015 e foi até o início de dezembro, dia 03/12/2015. O segundo teve início ao término do primeiro e foi até o final do enchimento de grãos em 03/03/2016. O terceiro período iniciou ao final do enchimento dos grãos e terminou na colheita em 24/03/2016.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta  $E_{Tr}$  e a  $E_{To}$  nos períodos do cultivo da soja e trigo. As diferenças entre  $E_{Tr}$  e  $E_{To}$ , nas duas safras, ocorreram em função que a  $E_{Tr}$  acompanha as mudanças biológicas causadas pela cultura, especialmente o índice de área foliar (IAF), enquanto a  $E_{To}$  utiliza apenas variáveis meteorológicas para sua estimativa. Os maiores valores de  $E_{To}$  foram observados principalmente no início e ao fim da safra, nos primeiros 15 dias e nos 20 dias que antecederam a colheita. Para a soja, a maior  $E_{Tr}$  foi de  $6,2 \text{ mm dia}^{-1}$  e ocorreu no dia 24 de janeiro de 2016, enquanto que para o trigo o maior valor foi de  $5,44 \text{ mm dia}^{-1}$  no dia 09 de novembro de 2015.

**Figura 1:** Evapotranspiração real ( $E_{Tr}$ ) e Evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) para o período de cultivo do trigo, na safra 2015, e da soja, na safra 2015/2016, em função de dias após a semeadura (DAS).

Utilizando valores de  $K_c$  apresentados na literatura foi estimado o  $ET_c$  para a soja e trigo, que comparados com a  $E_{Tr}$  na forma de gráfico de dispersão na Figura 2. Para a soja foram usados  $K_c$  propostos por Suyker

and Verma (2009), para um estudo na região de Nebraska, nos EUA, em soja irrigada, entre 2001 e 2005, e Moreira et al. (2015) para um estudo realizado em uma safra 2009/10 de soja de sequeiro no município de Cruz Alta- RS, distante 90 km da área do estudo do presente trabalho. Os valores de Kc utilizados para o trigo foram obtidos de Allen et al. (1998). De modo geral, podemos observar que para ambas as culturas o ETc foi menor que ETr. A partir de análises estatísticas, observou-se que para a soja, a ETc representou em média 94% da ETr utilizando os Kc propostos por Moreira et al. (2015) e 83% utilizando o Kc proposto por Suyker e Verma (2009) com coeficientes de correlação variando de 0,86 a 0,84, respectivamente. Para a cultura de trigo, a ETc modelada com o Kc proposto por Allen et al. (1998) apresentou baixa correlação ( $R^2=0,40$ ), subestimando a ETr em mais de 40%.

**Figura 2:** ETr obtida pelo método *eddy covariance* versus Evapotranspiração da cultura (ETc) utilizando diferentes Kc para a soja e o trigo.

## CONCLUSÃO / CONCLUSION

Neste trabalho o resultado que melhor representou a ETr para a soja foi obtido com os Kc calibrados no sul do Brasil por Moreira et al. (2015). Na cultura de trigo, usando Kc estimado por Allen et al (1998), a ETc não representou satisfatoriamente a ETr. Desta forma, os resultados deste trabalho indicam que futuras estimativas do Kc para o trigo para a região sul do Brasil são de grande importância para melhor representação da evapotranspiração da cultura, o que pode evitar prejuízos com estimativas incorretas do uso da água na agricultura.

## APOIO / ACKNOWLEDGMENT

A equipe agradece a UFSM, CNPq, CAPES, FAPERGS e Embrapa-Trigo por todo o apoio recebido. A equipe agradece também aos funcionários da Embrapa Trigo, Elisson S. S. Pauletti e Cristian M. Plentz, que auxiliaram na condução do experimento e coletas dos dados e a Granja Capão Alto pela parceria no trabalho.

## REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, Richard G. et al. Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

EMBRAPA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, (2018). **Agropensa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 10 jun. 2019.

MOREIRA, Virnei Silva et al. Seasonality of soil water exchange in the soybean growing season in southern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 2, p. 103-113, 2015.

SUYKER, Andrew E. and VERMA, Shashi B. Evapotranspiration of irrigated and rainfed maize-*soybean* cropping systems. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, n. 3-4, p. 443-452, 2009.

Veeck, Gustavo Pujol. **Trocas de energia e massa no cultivo de soja e trigo no sul do Brasil.** Dissertação de Mestrado em Física, Universidade Federal de Santa Maria, 2018