

# ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE CULTURA (Kc) PARA UM SISTEMA DE ROTAÇÃO DE CULTURAS DE TRIGO E SOJA.

Débora da Silva<sup>1</sup>; Gustavo Pujol Veeck<sup>1</sup>; Debora Regina Roberti<sup>1</sup>; Genei Antonio Dalmago<sup>2</sup>  
*Autor para correspondência: debiisilva140898@gmail.com*

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

## RESUMO

O coeficiente de cultura (Kc) é a razão entre a evapotranspiração real (ET) de uma cultura e a evapotranspiração de referência (Eto), definida pelas características que distinguem a evapotranspiração da superfície cultivada da superfície de referência. Ele engloba os efeitos fenológicos e climáticos, variando com as técnicas de cultivo, manejo, estágio de desenvolvimento da cultura, condições de umidade do solo, e clima. Usando o Kc podemos estimar a ET, conhecendo assim as necessidades hídricas da cultura evitando desperdício de água e gerando redução nos custos de produção. O Kc é tabelado pela FAO para determinadas culturas. Em geral, para regiões dos EUA e Europa. Visando determiná-lo para região sul do Brasil, o objetivo desse trabalho foi calibrar o Kc para duas culturas, em um sistema comercial de rotação de culturas, trigo no inverno e soja no verão, localizado no município de Carazinho no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

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

## CULTURE COEFFICIENT (Kc) ESTIMATE FOR A ROTATION SYSTEM FOR WHEAT AND SOYBEAN CROPS

### ABSTRACT

The crop coefficient (Kc) is the ratio between the real evapotranspiration (ET) of a crop and a reference evapotranspiration (Eto), defined by the characteristics that distinguish evapotranspiration from the cultivated surface of the reference surface. It encompasses phenological and climatic effects, varying with cropping techniques, management, stage of crop development, soil moisture conditions, and climate. Using the Kc we can estimate an ET, thus knowing the water needs of the crop avoiding the consumption of water and generating a reduction in the costs of production. The Kc is set by the FAO for certain crops. In general, for US and European regions. Aiming to determine for the southern region of Brazil to calibrate the Kc for two crops, in a commercial crop rotation system, wheat in the winter and soybean in the summer, located in the municipality of Carazinho in the state of Rio Grande do Sul, Brazil.

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

### INTRODUÇÃO

A escassez hídrica mundial tem sido motivo de preocupação e discussão nos diferentes níveis da sociedade. A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que a demanda mundial de água vai aumentar em 50 % até 2030. O uso no meio rural representa 80,7% do consumo total de água no Brasil, dos quais 67,2% são destinados à irrigação, 11,1% ao consumo animal e 2,4% ao consumo humano. Estima-se que 40% desta

água não é aproveitada pelas plantas por conta de sistemas inadequados de irrigação ou vazamentos nas tubulações, com grande desperdício de energia e trabalho (EMBRAPA, 2019).

Os cultivos agrícolas de trigo e soja, tem uma importância histórica no estado do Rio Grande do Sul (RS), pois tradicionalmente foram utilizados em 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 quantidades produzidas - área plantada, na última década, pode-se afirmar que houve importante ganho de produtividade no RS através do emprego de novas tecnologias de plantio e de manejo do solo, como por exemplo, o melhoramento genético e a transgenia, os métodos de plantio direto e de agricultura de precisão. A produção agrícola é dependente de muitos fatores, entre eles a água, nutrientes e a radiação fotossinteticamente ativa. A água é um dos principais fatores limitantes da produtividade. Conhecer a necessidade hídrica da cultura em cada estágio fenológico de cultura é importante para evitar desperdício no uso da água, e aumentar a produtividade, reduzindo custos da produção.

Atualmente o método 'Eddy covariance' é uma das metodologias aceita como estimativa da evapotranspiração real (ET). Para estimar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), o método padrão usado pela FAO é o de Penman-Monteith, pois é baseado em processos físicos e incorpora parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos. O efeito das características de cada cultura nas suas necessidades hídricas, é dado pelo coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>) que apresenta a relação entre a evapotranspiração de referência e a evapotranspiração real ( $ET = K_c \cdot ET_o$ ). Os valores de K<sub>c</sub> fornecidos variam de acordo com a cultura, o estágio de crescimento, a estação de crescimento e as condições climáticas predominantes.

## **OBJETIVOS DO TRABALHO**

O objetivo desse trabalho foi calibrar o coeficiente de cultura para dois plantios, em um sistema comercial de rotação de culturas, trigo no inverno e soja no verão, localizado no município de Carazinho no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Os experimentos de campo foram realizados na safra 2015/2016, em lavoura comercial de trigo no inverno e soja no verão, no município de Carazinho, RS. O monitoramento das variáveis micrometeorológicas foi feito no centro da área experimental, cuja borda mínima foi superior a 250 metros. Ele foi realizado durante quatro ciclos de medida: para o período da cultura do trigo, intervalo entre a colheita do trigo e a semeadura da soja (Pousio trigo-soja), período da cultura da soja, e intervalo entre a cultura da soja e o início do cultivo do trigo (Pousio soja-trigo) da safra subsequente. Na análise dos dados, o trigo foi subdividido em 3 períodos. O primeiro tem início em 01/07 (trigo já emergido) até 10/07. A partir daí teve início o segundo que acabou no final do florescimento em 19/09, o terceiro período começou ao final do florescimento e terminou na colheita em 23/10. A soja foi subdividida também em 3 períodos, o primeiro começou na emergência, no dia 14/11 e foi até o início de dezembro, dia 03/12. O segundo teve início e ocorreu até o final do enchimento de grãos em 03/03. O terceiro período iniciou ao final do enchimento dos grãos e terminou na colheita em 24/03.

No início do cultivo do trigo em 2015 foi instalado um sistema de coleta de dados Eddy Covariance, modelo EC150-SH-EB, composto com sensor analisador de H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> aberto, integrado ao anemômetro sônico CSAT3 e barômetro avançado, marca Campbell Scientific, controlado por um datalogger, modelo CR1000/Campbell.

Quando as plantas de trigo e soja atingiram os sensores instalados a 0,5 m, a torre micrometeorológica 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, foi instalado o sensor de precipitação (P), modelo TB4-L/Campbell, que

também foi conectado a um datalogger (CR1000/Campbell), com leituras e armazenagens feitas a cada minuto. A coleta dos dados foi realizada a cada semana e os mesmos foram armazenados em arquivos e organizados conforme cada ciclo de avaliação.

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 calculados usando média em bloco de 30 minutos, através do software EddyPro, que utiliza o método da covariância dos vórtices (Eddy Covariance). Para maiores informações sobre o processamento dos dados ver Veeck, 2018.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças entre ET e ETo nas duas safras ocorrem pois o ET acompanha as mudanças biológicas causadas pela cultura enquanto a ETo utiliza apenas variáveis meteorológicas para sua estimativa. Durante a safra do trigo houve pouca precipitação, assim a evapotranspiração real e a evapotranspiração de referência atingiram valores maiores que o total precipitado. Para a soja, a maior ET, 6,2 mm dia<sup>-1</sup> ocorreu no dia 24 de janeiro de 2016, enquanto que para o trigo o maior valor chegou a 5,44 mm dia<sup>-1</sup>, no dia 09 de novembro de 2015. Durante a safra de soja houve maior disponibilidade de água, como pode ser observado na figura 1 o ET acumulado para as duas culturas da figura 1 foi de 840,34 mm, enquanto que o acumulado de ETo foi de 890 mm. A precipitação total para o período das duas culturas chegou a 885,7 mm.

**Figura 1:** Evapotranspiração real (ET) e Evapotranspiração de referência (ETo) para a cultura de soja e para o trigo nos dias após a semeadura (DAS).

O quadro 1 mostra os valores de Kc para as safras de soja e trigo durante os períodos inicial, intermediário e final da estação de crescimento, seguindo os estágios de crescimento da cultura, conforme recomendado pelo boletim número 56 da (FAO) na determinação do coeficiente da cultura (Kc), bem como na duração de cada fase fenológica para as culturas de soja e trigo (ALLEN et al., 1998). As estimativas obtidas para este estudo para cultura de soja mostram um padrão semelhante ao obtido por Suyker e Verma (2009), com magnitudes na ordem das sugeridas pela FAO (Allen et al., 1998). Os maiores valores encontrados neste estudo, quando comparados aos resultados de Suyker e Verma (2009), podem estar associados a diferenças nas regiões climáticas, além dos altos valores de precipitação que favorecem maior ET.

**Quadro 1: Valores do coeficiente de cultura (Kc) em intervalos de confiança de 95% para períodos específicos de crescimento em ambas as safras. Os dados do Kc obtidos por Allen et al. (1998), Suyker e Verma (2009) para a soja de 2004, e Virnei et al. (2015) também estão incluídos.**

Soja		Kc inicial	Kc médio	Kc final
Virnei (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
Allen et al. (1998)		-	1,15	0,5
Modelo		0,77	1,2	0,63
Trigo		Kc inicial	Kc médio	Kc final
Allen et al. (1998)		0,7	1,15	0,25
Modelo		0,9	1,18	0,72

No cultivo de trigo a evapotranspiração real permaneceu maior que  $E_{To}$  durante quase todo o período, ocasionando uma diminuição nos valores do coeficiente de cultura no período entre a emergência e o espigamento, bem como no início do florescimento. Com o aumento da vegetação durante os estágios intermediários, ocorre a diminuição da exposição do solo à radiação solar direta, produzindo, um aumento nos valores de  $K_c$ . Durante as fases finais do ciclo, há uma diminuição sistemática em  $K_c$ .

Os valores de  $K_c$  para soja variaram de 0,22 para o estágio inicial a 1,5 para o intermediário, e final 0,39. O trigo apresentou valores de 0,12 na fase inicial, 1,92 nas fases intermediárias, e 0,5 no estágio final. A demanda atmosférica foi determinante para o valor de  $K_c$  observado em ambas as culturas, demonstrando a importância da calibração do  $K_c$  para condições climáticas específicas.

**Figura 2: Evapotranspiração real modelada para a cultura de soja e trigo, utilizando os valores de  $K_c$  do quadro 1. Soja e Trigo, respectivamente.**

Na figura 2 podemos observar que para a cultura de soja os 3 modelos subestimam a ET real.

A ET real foi subestimada em aproximadamente 18% pelo modelo de Suyker e Verma (2009), 6% pelo modelo de Virnei et al. (2015) e 5% pelo modelo aqui proposto, com coeficientes de correlação variando de 0,84 a 0,86 para os 3 modelos. Para a cultura de trigo, os modelos não apresentaram boa correlação, 0,41 por Allen et al. (1998) e 0,57 pelo modelo aqui proposto e subestimaram a ET real em mais de 40%.

## CONCLUSÃO / CONCLUSION

Concluimos que a ET modelada com os valores de  $K_c$  calibrados apresentam uma melhora nos dados observados na região para ambas as culturas, estes valores ainda devem ser testados em outras regiões para que possam ser usados na estimativa da evapotranspiração real dessas culturas sendo prontamente obtidos quando houver necessidade.

## 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.

VEECK, Gustavo Pujol. "Trocas de energia e massa no cultivo de soja e trigo no sul do Brasil." (2018).