

## FLUXO DE CALOR NO SOLO EM CULTURAS DE MILHO E SOJA SOB PLANTIO DIRETO E PREPARO CONVENCIONAL

Flávia Comiran<sup>1</sup>, Homero Bergamaschi<sup>2</sup>, Genei Antonio Dalmago<sup>3</sup>, Lucieta Guerreiro Martorano<sup>4</sup>, Cleusa Adriane Menegassi Bianchi<sup>5</sup>, Bruna Maria Machado Heckler<sup>1</sup>

**ABSTRACT** – The objective of this work was to quantify variations on the heat fluxes in soils cropped with maize and soybeans, in no-tillage and conventional tillage systems. Two field experiments were carried out in Eldorado do Sul, Brazil, in 2002/03 (maize) and 2003/04 (soybeans), with irrigation. Measurements of soil heat flux were taken by sensors (plates) Rebs model HFT3, at 1cm deep, in the crop row space. It was found higher heat fluxes in the maize than in the soybeans crops, both in the diurnal and nocturnal periods. As the leaf area index increased, in both the crops, the daily amplitude of the soil heat flux was reduced, due to shading of the surface by the canopy. The diurnal heat flux was higher than the nocturnal heat flux in the soil. The soil heat flux was higher in the conventional tillage than in the no-tilt soil. Differences among the soil tillage systems were higher at the beginning of the crop cycle, and decreased as the leaf area index increased.

### INTRODUÇÃO

A condução de calor no perfil do solo é influenciada por vários fatores, mas depende, principalmente, do balanço de radiação na superfície. A marcha diária do fluxo de calor no solo determina o seu aquecimento e, também, o seu resfriamento diário e estacional.

Durante o dia a superfície do solo é aquecida pela radiação solar. Em conseqüência, o solo vai se aquecendo e o sentido do fluxo no perfil é da superfície para as camadas mais profundas. À noite, ocorre perda de calor do solo para a atmosfera e os gradientes térmicos no solo se invertem.

Grande parte dos agricultores da região sul do Brasil adota o plantio direto, em que a palha da cultura de inverno é mantida na superfície do solo. Segundo Dalmago et al. (2003), a palha altera a refletância da superfície e reduz o fluxo de calor para o perfil. Ela tende a formar uma barreira entre a atmosfera e o solo, restando uma camada de ar com baixa condutividade térmica. Pelo mesmo efeito, a palha reduz a perda noturna de calor, diminuindo a amplitude térmica.

O crescimento das plantas aumenta a interceptação de radiação solar, fazendo com que o fluxo de calor no solo diminua (Dalmago, 2003). Cada espécie tem um padrão típico de sombreamento, em função da arquitetura e do arranjo de plantas. Isto determina, por exemplo, que a soja, atinja a eficiência máxima de interceptação de radiação solar, num período mais curto que o milho (Martorano et al. 2005) (Bergamaschi, et al. 2004).

Considerando as variações do fluxo de calor no solo e sua importância para avaliar o balanço energético do sistema solo-planta-atmosfera, o objetivo deste trabalho foi quantificar variações do fluxo de calor num solo cultivado com milho e soja, em sistemas de plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

### MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em 2002/03 e 2003/04, em Eldorado do Sul, na Depressão Central do Rio Grande do Sul (30°05'S; 51°40'W; alt. 40m). O solo é um Argissolo Vermelho Distrófico típico, e o clima é subtropical do tipo Cfa (Köppen), com temperatura do ar média anual de 19,2°C e precipitação pluvial média anual de 1.446mm.

Utilizou-se uma área de 0,5 ha, sendo a metade cultivada em plantio direto (PD) e a outra metade em preparo convencional (PC). Ambas foram cultivadas com milho ou soja no verão e aveia preta (*Avena strigosa*) + ervilhaca (*Vicia sativa*) no inverno. No primeiro ano foi cultivado o milho híbrido simples Pioneer 32R21, semeado em 25/11/02, com espaçamento de 75cm entre linhas e população de 67.000 plantas ha<sup>-1</sup>. No segundo ano foi semeada a cultivar de soja tardia FEPAGRO-RS10 em 20/11/03, com espaçamento entre linhas de 40cm, totalizando 300.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Ambas espécies foram irrigadas por aspersão, mantendo-se a umidade do solo entre 80 e 100% da capacidade de campo. Os demais tratamentos culturais seguiram recomendações técnicas para as respectivas culturas.

O fluxo de calor no solo foi medido com placas modelo HFT3 (marca REBS), a 1cm de profundidade e distanciadas em 15cm da linha de milho e 10cm da linha de soja. As medidas foram tomadas a cada 30s e suas médias foram armazenadas a cada 30min num "datalogger" Campbell CR10. Convencionou-se que valores positivos indicam fluxo de calor descendente, para o interior do perfil, enquanto o sinal negativo indica sentido contrário.

As avaliações foram feitas até o máximo crescimento da área foliar do milho (IAF=4,5) e até o total sombreamento do solo pela soja (IAF=5,5). Foram feitos estudos de casos, comparando as duas culturas em condições semelhantes de umidade no solo, radiação solar incidente e índice de área foliar.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições meteorológicas dos dois anos foram semelhantes, o que possibilitou estabelecer comparações quanto ao fluxo de calor no solo. Nos 105 dias do ciclo do milho a precipitação pluvial, somada à irrigação, foi de 656 mm. Para os 150 dias do ciclo da soja este total foi de 961 mm. Nos dois períodos, a radiação solar diária incidente média foi de 19,3MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e 20,5MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente. A temperatura diária do ar média foi de 23,7°C no primeiro ano e de 22,6°C no segundo ano.

A Figura 1 apresenta a marcha diária do fluxo de calor no solo para o milho e para a soja, em ambos sistemas de manejo de solo. O fluxo de calor, tanto diurno quanto noturno, foi maior na cultura do milho do

<sup>1</sup> Acadêmica da Faculdade de Agronomia/UFRGS. Bolsista PIBIC/CNPq. E-mail: [flaviacomiran@pop.com.br](mailto:flaviacomiran@pop.com.br)

<sup>2</sup> Dr., Prof. Fac. Agronomia da UFRGS. Bolsista do CNPq. E-mail: [homerobe@ufrgs.br](mailto:homerobe@ufrgs.br)

<sup>3</sup> Eng. Agro, Dr. Depto. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia/UFRGS. Bolsista PD/CNPq.

<sup>4</sup> Embrapa Solos. Doutoranda em Fitotecnia/Agrometeorologia na UFRGS.

<sup>5</sup> Eng. Agro, Mestre em Fitotecnia/Agrometeorologia pela UFRGS, atuando no Convênio CONAB/UFRGS.

que na soja. Os valores máximos para o milho foram de 379 e 305  $W m^{-2}$ , enquanto para a soja foram de 245 e 113  $W m^{-2}$ , para os sistemas PC e PD, respectivamente. Essas variações podem ser atribuídas a diferenças de espaçamento, densidade de semeadura e arquitetura de plantas adotadas nas respectivas culturas.

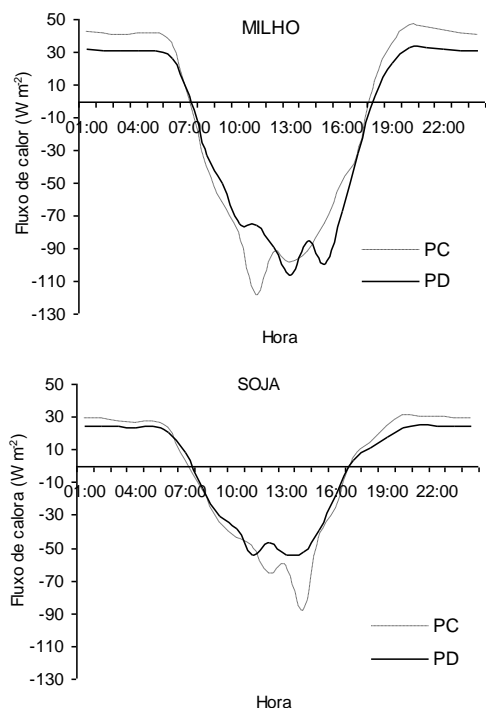


Figura 1. Fluxo de calor no solo ( $MJ m^{-2}$ ) em milho (2002/03) e soja (2003/04). Eldorado do Sul, RS.

Entre os sistemas de manejo do solo, o fluxo médio total diário foi maior em preparo convencional do que em plantio direto, tanto na cultura do milho quanto da soja (Tabela 1). Isto se deve a que em PD há redução da entrada de energia no solo devido ao maior albedo e ao sombreamento causados pela palha. Além disso, em plantio direto também há aumento na retenção de água no solo (Dalmago, 2004), a qual influencia os processos de transferência de energia, devido ao seu elevado calor específico.

Em condições semelhantes de umidade no solo, radiação solar incidente e índice de área foliar, o fluxo de calor no solo foi maior em milho do que na soja. A amplitude diária do fluxo de calor foi maior quando o solo estava seco e menor com o solo úmido (Tabela 1), embora mantendo o mesmo padrão de variação apresentado Figura 1.

Com IAF próximo de 1, em geral, o fluxo de calor no solo foi maior em preparo convencional do que em plantio direto. Embora o maior crescimento inicial das plantas em PC do que no PD (Dalmago, 2004), predominou o efeito da maior umidade no solo e da presença da palha no plantio direto. Na condição de solo úmido o fluxo foi menor do que em solo seco, mas a diferença entre os sistemas de preparo do solo tendeu a aumentar. As diferenças entre sistemas diminuiram mais com o aumento do IAF.

A energia incidente sobre a superfície e transmitida para o interior do solo, durante o dia, foi maior do que a energia que saiu do mesmo à noite. Portanto, uma fração de energia foi armazenada no perfil, em ambas culturas. Isto parece ser esperado, por

se tratar de culturas de primavera-verão, época em que o solo armazena calor. Assim sendo, as diferenças entre as entradas e saídas não equivaleram, para ambos sistemas de preparo do solo (Tabela1).

Tabela 1. Fluxo de calor no solo e radiação global ( $R_s$ ) em milho e soja em preparo convencional (PC) e plantio direto (PD), em função de índice de área foliar (IAF) e umidade do solo. Eldorado do Sul, RS. 2002/03 e 2003/04

	Fluxo de calor no solo ( $MJ m^{-2}dia^{-1}$ )			
	MILHO		SOJA	
	noite	dia	noite	Dia
Média do período avaliado	$R_s=215,81$		$R_s=229,57$	
PC	1,83	-2,67	1,29	-1,54
PD	1,33	-2,56	1,09	-1,24
Solo seco				
IAF=1,0	$R_s=265,81$		$R_s=253,25$	
PC	3,13	-5,97	1,51	-2,54
PD	2,52	-6,60	0,97	-1,81
IAF max	$R_s=232,74$		$R_s=219,35$	
PC	0,90	-1,46	0,49	-1,40
PD	0,70	-1,29	0,59	-0,66
Solo úmido				
IAF=1,0	$R_s=240,70$		$R_s=226,46$	
PC	2,73	-5,55	1,58	-1,61
PD	1,75	-4,77	1,73	-1,22
IAF máx	$R_s=214,74$		$R_s=199,67$	
PC	1,53	-0,58	0,62	-0,88
PD	1,54	-0,62	0,64	-0,55

## REFERÊNCIAS

- Bergamaschi, H.; Dalmago, G. A.; Bergonci, J. I.; et al. Solar radiation intercepted by maize crops as function of soil tillage systems and water availabilities. In: 13<sup>th</sup> International Soil Conservation Organization Conference. Proceedings ... Brisbane, July 2004.
- Dalmago, G. A. Dinâmica da água no solo em cultivos de milho sob plantio direto e preparo convencional. UFRGS. Porto Alegre. 2004. 244p. (Tese de doutorado).
- Dalmago, G. A., Bergamaschi, H., Comiran, F. et al. Reflectância para radiação fotossinteticamente ativa e fluxo de calor em solo sob plantio direto e preparo convencional. In: X Reunión Argentina y IV Reunión Latinoamericana de Agrometeorología. Mar del Plata. Anales... 2005 (CD-ROM).
- Martorano, L.G., Bergamaschi, H., Dalmago, G.A. et al. Eficiências de interceptação e uso da radiação solar pela soja irrigada e não irrigada, em plantio direto e preparo convencional. In: XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorología. Campinas. Anais... 2005 (CD-ROM).