

Utilização da temperatura da folha na avaliação do estado hídrico da soja em sistema de integração lavoura pecuária em plantio direto⁽¹⁾

Tiago Lima Ferreira⁽²⁾; Diego Cecagno⁽³⁾; Taíse Robinson Kunrath⁽⁴⁾; Amanda Posselt Martins⁽⁴⁾; Ibanor Anghinoni⁽⁵⁾; Paulo César de Faccio Carvalho⁽⁶⁾;

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq e apoio da Agrisus.

⁽²⁾ Estudante de pós-graduação; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, Rio Grande do Sul; E-mail: tiagolimaf@gmail.com; ⁽³⁾ Estudante de graduação; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽⁴⁾ Estudante de pós-graduação; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽⁵⁾ Professor Titular; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽⁶⁾ Professor Associado; Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RESUMO: Em função da complexidade dos processos que ocorrem em sistemas integrados de produção de alimentos, persistem, ainda, indagações quanto à avaliação de seu impacto no sistema solo-planta-atmosfera, principalmente, no tocante a resposta das plantas à disponibilidade hídrica no solo. O objetivo deste estudo foi avaliar o estado hídrico da planta de soja utilizando a temperatura da folha em um Latossolo Vermelho distroférrico submetido à integração lavoura-pecuária em plantio direto. A área de pesquisa é constituída de um sistema de integração lavoura-pecuária com cultivo de soja no verão e aveia preta + azevém no inverno, manejada com diferentes alturas de manejo do pasto: 10, 20, 30 e 40 cm de altura e testemunha sem pastejo. A temperatura da folha da soja foi medida cinco dias de cada mês, nos períodos da manhã e da tarde, desde a semeadura até a colheita. Apenas no mês de dezembro foram verificados maiores temperaturas da folha na maior intensidade de pastejo (10 cm) em relação aos demais tratamentos. O impacto do resíduo da pastagem na redução do estresse hídrico também foi verificado no ΔT folha-ar, com valores positivos nos tratamentos com menor produção de resíduo, 10 e 20 cm. A temperatura da folha e os índices obtidos a partir da mesma apresentaram potencial de aplicabilidade na avaliação do estado hídrico da planta de soja. Em condições de estiagem, o estado hídrico da soja foi maior nos tratamentos com maior produção de resíduo, independentemente da presença de animais.

Termos de indexação: resíduo, estresse hídrico, água disponível.

INTRODUÇÃO

Na última década, o manejo do solo tem sido o foco de muitos trabalhos, pois abrange técnicas diferenciadas para condução de sistemas produtivos e de menor impacto ambiental. Esta tendência já vem sendo evidenciada pela explosão da adesão do sistema de plantio direto (Boddey et al., 2010).

Todavia, jaz na diversificação e intensificação de cultivos das áreas já exploradas a nova fronteira de avanço para a produção de alimentos.

Neste prisma, sistemas integrados como o de integração lavoura-pecuária têm obtido êxito na busca pela intensificação sustentável (Freidrich, 2010). Na contramão, a dificuldade de avaliar a resposta das plantas à fertilidade do solo (física, química e biológica) em sistemas mais complexos advém do nível organizacional atingido (Vezzani, 2011). Neste nível de abordagem, é necessário focar na compreensão dos processos físico-químicos, mecânicos, hidráulicos, bioquímicos e fisiológicos ao longo do tempo.

A disponibilidade de água no solo é o fator mais restritivo para que os demais processos relacionados ao desenvolvimento das plantas ocorram. A dificuldade em mensurar o estado hídrico das plantas no *continuum* solo-planta-atmosfera advém da complexidade dos processos que ocorrem na interface solo-raiz (Whitmore et al., 2009).

Neste âmbito, a temperatura da folha (TF) tem sido um parâmetro fisiológico útil na avaliação do estado hídrico das plantas (Kirkham, 2005). A TF resulta do balanço de energia da planta, sendo importante para o controle fisiológico da evaporação. Com o aumento do grau de estresse hídrico da planta, a transpiração tende a reduzir e a TF aumenta. De acordo com Jones (1992), o equilíbrio da taxa de evaporação depende da energia de radiação e quando a temperatura da folha é igual a do ar, tem-se uma condição de troca energética eficiente no sistema “evaporação de equilíbrio”.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o estado hídrico da planta de soja utilizando a temperatura da folha em um Latossolo Vermelho distroférrico submetido à integração lavoura-pecuária em plantio direto com diferentes intensidades de pastejo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento no qual o trabalho foi realizado vem sendo conduzido desde maio de 2001 no

município de São Miguel das Missões, na região fisiográfica do Planalto Médio - RS.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico com textura argilosa. Antes do início do experimento a área vinha sendo cultivada em sistema plantio direto desde 1994, com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) no inverno e soja (*Glycine max*) no verão. No inverno do ano de 2000 a área foi utilizada para o pastejo de animais pela primeira vez. No outono de 2001, após a colheita da soja, foi iniciado o experimento com estabelecimento da pastagem de aveia preta + azevém (*Lolium multiflorum* Lam.). Em novembro desse ano, antes da implantação da soja, foi feita uma aplicação superficial de calcário na dose recomendada para elevar o pH do solo até 5,5 para o sistema de plantio direto consolidado (CFS RS/SC, 1995).

Os tratamentos constam de diferentes alturas de manejo do pasto: 10, 20, 30 e 40 cm, distribuídas num delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, sendo a altura da pastagem acompanhada a cada 14 dias, pelo método Sward stick (Bircham, 1981). Nas áreas entre os blocos o pastejo é excluído, sendo considerada essa área como de referência. Em torno de 45 dias após a semeadura da pastagem era realizada uma adubação nitrogenada de cobertura, com dose variando de 45 a 90 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia.

Tem-se utilizado bovinos jovens, com idade ao redor de 12 meses em pastejo contínuo. Geralmente, os animais entram na área quando a pastagem atinge um acúmulo médio em torno de 1500 kg de MS ha⁻¹. De uma forma geral, os animais iniciam o ciclo de pastejo em julho e permanecem na área até novembro.

Para o presente trabalho, todas as amostragens foram realizadas apenas no primeiro bloco. As avaliações de TF foram realizadas em dois horários (às 04:00 e às 12:00 hs), cinco dias de cada mês ao longo de todo o ciclo da cultura da soja. A temperatura da folha foi medida utilizando um termômetro infravermelho com amplitude térmica de -10 a 60 °C, emissividade padronizada em 0,98 e um campo de visão de 2.8⁰. Os valores de TF foram medidos a aproximadamente 15 cm do centro da superfície da folha adaxial, sendo avaliadas quatro plantas em cada tratamento. A TF medida na parte da manhã foi considerada como a temperatura de base (TB), ao passo que a da tarde a temperatura de máximo estresse (TME).

Ao longo do ciclo da soja, as condições meteorológicas no protocolo foram monitoradas pela estação Nexus modelo 35.1075.1. A partir dos dados meteorológicos foi calculada a diferença de temperatura entre a folha e o ar (ΔT). Com os dados de TF também foi calculado a recuperação de temperatura da soja (RT) pela seguinte equação: TB (dia x) – TME (dia x-1).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise variância (ANOVA) e, quando significativo no intervalo de confiança de 5%, realizou-se o teste de DMS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição das chuvas na safra de soja 2011/12 é apresentada na Tabela 1. Destaca-se a baixa quantidade assim como distribuição irregular das chuvas ao longo do ciclo da cultura. A precipitação acumulada no ciclo da soja foi de 360 mm. Este valor representa uma condição de estresse hídrico visto que a cultura da soja demanda de 650 a 700 mm de água no ciclo e, durante a fase crítica (R1-R6) o volume ideal de água situa-se entre 120 a 300 mm (Monteiro, 2009).

Tabela 1. Precipitação pluvial ao longo do ciclo da cultura da soja.

Mês	Decêndio	Precipitação (mm)
Nov	1	41,1
	2	0
	3	0
Dez	1	22,7
	2	2,9
	3	17,3
Jan	1	0
	2	5,5
	3	4,1
Fev	1	24,1
	2	37,1
	3	53,7
Mar	1	22,7
	2	8,9
	3	36,5
Abr	1	45,7
	2	26,9
	3	10,3
Total		360

Conforme esperado, as plantas de soja, independentemente do tratamento, apresentaram valores mais elevados de TF na avaliação da tarde em relação à matinal (**Figura 1**). A TF acompanhou a temperatura do ar (TA) com valores mais elevados nos meses de dezembro e janeiro (**Figuras 2a e b**). No mês de dezembro foram verificados maiores valores de TF na maior intensidade de pastejo (10 cm) em relação aos demais tratamentos. Todavia, para melhor compreensão do impacto da TF no estado hídrico da soja, se fez necessário avaliar a diferença entre a TF e a TA (ΔT), visto sua utilidade como indicador de estresse hídrico.

O efeito das intensidades de pastejo no ΔT no ciclo da soja é observado na **Figura 3**. Valores mais negativos significam menor grau de estresse hídrico ao passo que quão mais próximos de zero e,

principalmente, valores positivos, representam aumento no estado de estresse hídrico da planta.

Apesar da baixa precipitação no ciclo da soja, o predomínio de valores positivos de ΔT folha-ar somente foi verificado no período da tarde no mês de dezembro (**Figura 2a**). Na avaliação da manhã de janeiro, os tratamentos com maior produção de resíduo (40 cm e SP) obtiveram ΔT folha-ar mais negativo, indicando menor estresse hídrico que os demais. Por outro lado, neste mesmo mês, no período da tarde, o menor grau de estresse foi observado nos tratamentos com menor resíduo (10 e 20 cm). O impacto do resíduo na redução do estresse hídrico também foi verificado no mês de março (enchimento de grãos), onde os tratamentos com menor produção de resíduo (10 e 20 cm) apresentaram valores positivos de ΔT folha-ar na parte da tarde. Em sistemas integrados de produção, o resíduo da pastagem se torna um diferencial quanto ao armazenamento de água no solo (Franzluebbbers et al., 1995) que, por sua vez, influencia no estado hídrico das plantas.

Analisando a RT verificou-se, de um modo geral, uma maior recuperação das plantas de soja com o aumento na quantidade de resíduo que permaneceu do ciclo de pastejo (**Figuras 3a, b e c**).

A quantidade de resíduo que permaneceu no solo após o ciclo de pastejo favoreceu a redução nas perdas por evaporação e contribuiu para menor grau de estresse da planta de soja, redundando em maiores rendimentos (Costa, 2013). Índices baseados na temperatura da folha ou dossel, por serem medidas indiretas do aparato estomático, tem aplicabilidade na avaliação da disponibilidade hídrica no solo (Ehrler, 1973) e, conseqüentemente, no rendimento das plantas (Jung & Scott, 1979).

O importante em sistemas integrados é, então, buscar um equilíbrio na produção de resíduos no ano, favorecendo a ciclagem de nutrientes e, principalmente, a ciclagem hídrica. Assim, reduzem-se as oscilações da produtividade animal e de grãos, em função do regime hídrico.

CONCLUSÕES

A precipitação acumulada no ciclo da cultura não foi suficiente para atender a demanda da cultura.

A temperatura da folha de soja (manhã e tarde), a diferença entre a temperatura da folha e a do ar e a recuperação da temperatura podem ser usadas na avaliação do estado hídrico da planta de soja

Em condições de estigação, os tratamentos com maior produção de resíduo redundaram em plantas de soja com melhor estado hídrico.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão da Bolsa e à Fundação AGRISUS pelo apoio na participação do

XXXIV CBCS e ao Grupo de Pesquisa em Integração Lavoura-Pecuária da UFRGS

REFERÊNCIAS

BIRCHAM, J.S. Herbage growth and utilization under continuous stocking management. Thesis (Ph.D), University of Edinburgh, Edinburgh, 1981. 384 p.

BODDEY, R.M. et al. Carbon accumulation at depth in Ferrasols under zero-till subtropical agriculture. *Global change biology*, Illinois, 16:784-795, 2010.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - CFRS/SC. Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3ª Ed. Núcleo Regional Sul, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Passo Fundo/RS, 1995. 223 p.

COSTA, S.E.V.G.A. Intervalo hídrico ótimo no solo e estado hídrico das plantas em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto. Porto Alegre: UFRGS, 2013. 99p. (Material de Exame de Qualificação).

EHRLER, W.L. Cotton leaf temperatures as related to soil water depletion and meteorological factors. *Agronomy Journal*, 65:404-409, 1973.

FRANZLUEBBERS, A.J.; HONS, F.M.; ZUBERER, D.A. Tillage and crop effects on seasonal dynamics of soil CO₂ evolution, water content, temperature, and bulk density. *Applied Soil Ecology*, 2:95-109, 1995.

FREIDRICH, T. Sustainable crop production intensification and the global development of conservation agriculture: the FAO's view. In: *Crop World Congress & Exhibition*, Londres, 2010.

JONES, H.G. Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology, Cambridge (2 Ed.), 1992. 428p.

JUNG, P.K. & SCOTT, H.D. Leaf water potential, stomatal resistance, and temperature relations in field-grown soybeans. *Agronomy Journal*, 72:986-990, 1980.

KIRKHAM, M.B. Principles of soil and plant water relations. Elsevier Academic Press, 2005. 500 p.

MONTEIRO, J.E.B.A. (Org.) Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. 1. Ed. Instituto Nacional de Meteorologia, 2009. 530 p.

VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. O solo como sistema, 2011. 104 p.

WHITMORE, A.P. & WHALLEY, W.R. Physical effects of soil drying on roots and crop growth. *Journal of Experimental Botany*, 60(10):2845-2857, 2009.

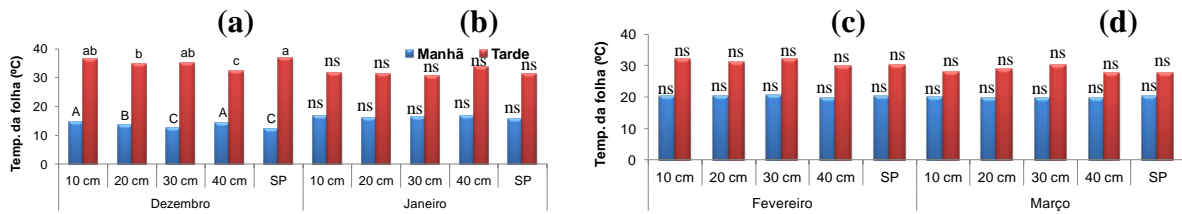


Figura 1. Temperatura da folha de soja em períodos diários nos meses de dezembro (a), janeiro (b), fevereiro (c) e março (d). Médias seguidas por letras iguais no período do dia não diferem entre si pelo teste do DMS ($p < 0,05$).

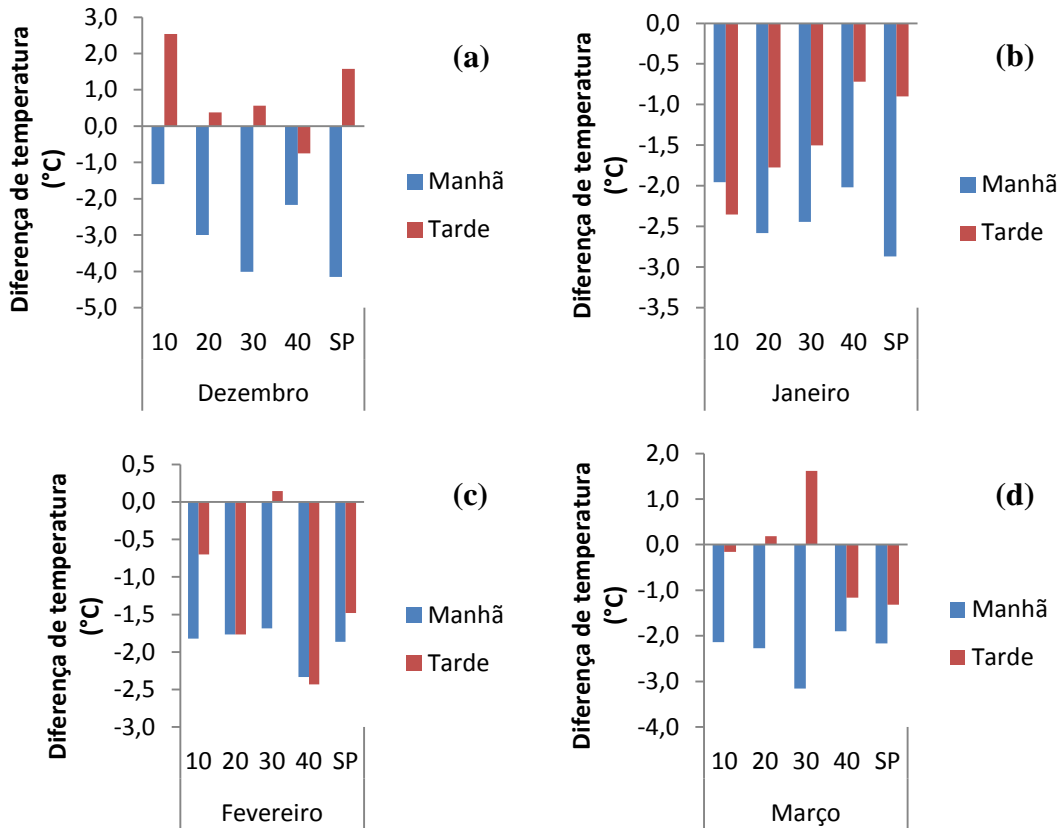


Figura 2. Diferença de temperatura entre a folha da soja e o ar (ΔT folha-ar) nos meses de dezembro (a), janeiro (b), fevereiro (c) e março (d).

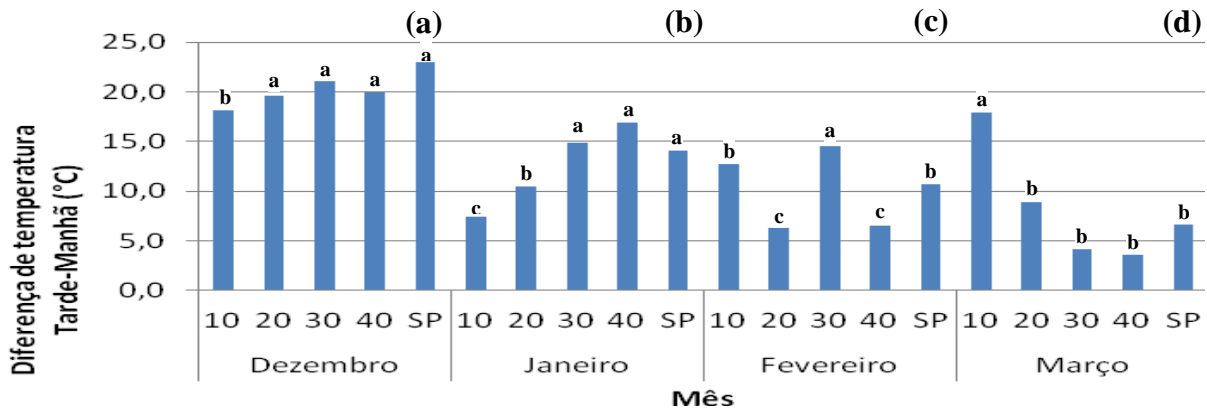


Figura 3. Diferença de temperatura entre a folha da soja e o ar (ΔT folha-ar) nos meses de dezembro (a), janeiro (b), fevereiro (c) e março (d). Médias seguidas por letras iguais no mês não diferem entre si pelo teste do DMS ($p < 0,05$).