



Acompanhamento Hídrico e Fisiológico da Soja em Latossolo Vermelho e Incorporado com Resíduo de Lixo Biodegradável

Hydric and Physiological Monitoring of Soybean in Oxisol and Oxisol Incorporated With Biodegradable Waste Residue

Alexandre de Castro Salvestro

Angela Maria Picolloto

Jean Paulo Silva Natal

Lucídio Molina Filho

José Carlini Junior

Camila Viana Vieira

Resumo: Objetivou-se neste trabalho determinar e comparar a evapotranspiração da cultura da soja no estádio vegetativo em dois solos, Latossolo vermelho e Latossolo vermelho incorporado com resíduo orgânico biodegradável, para incorporação ambiental e retenção de água, bem como, determinar as condições fisiológicas da cultura em relação à umidade. O experimento foi conduzido em Umuarama, PR, na Universidade Estadual de Maringá na casa de vegetação, semeadura foi realizada em Outubro de 2011, em vasos, com dois regimes hídricos, (capacidade de campo e 80% da capacidade de campo). Os parâmetros fisiológicos foram avaliados através do IRGA (Infrared Gas Analyze), sendo: taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (gs). A partir destas, se determinou a eficiência do uso da água (A/gs). Durante as avaliações fisiológicas foram realizadas medidas de massa dos vasos por balança gravimétrica, que juntamente com os dados da estação climatológica do local, se determinou a evapotranspiração da cultura. Concluiu-se que a evapotranspiração média da cultura na fase vegetativa foi de 3,0 mm dia⁻¹ para ambas as condições de solos e umidades, e coeficiente da cultura médio de 0,86, onde Latossolo apresentou uma eficiência do uso da agua menor do que a condição de solo incorporada com o resíduo biodegradável.

Palavras-chave: evapotranspiração; umidade de solo; soja.

Abstract: The objective of this work is to determine and compare the evapotranspiration of soybean cultivation in vegetative stage in two soils, Oxisol and Oxisol incorporated with biodegradable organic waste, for environmental incorporation and water retention, as well as to determine the physiological conditions of the culture in relation to moisture. The experiment was conducted in Umuarama, PR, at the State University of Maringá in the greenhouse. Sowing was carried out in October 2011, in pots, with two hydraulic systems (field capacity and 80% of field capacity). The physiological parameters were assessed using IRGA (Infrared Gas Analyze), as follows: net photosynthetic rate (A), stomatal conductance (gs). From these, the efficiency of water use (A / gs) was determined. During the physiological assessments, mass measurements of the pots were carried out through gravity balance, which together with the data from the meteorological station site determined the evapotranspiration of the cultivation. The conclusion was that the average evapotranspiration of the culture in the vegetative phase was 3.0 mm day⁻¹ for both moisture and soil conditions and culture coefficient of 0.86,

where Oxisol showed water use efficiency lower than the condition of soil incorporated with biodegradable waste.

Keywords: evapotranspiration; soil moisture; soy.

INTRODUÇÃO

Estudar a dinâmica de água no solo remete a um campo de pesquisa que abrange conceitos e definições contraditórias e evolutivas de vários trabalhos; evidenciar essa dinâmica a uma pesquisa de disponibilidade de água no solo disposta no estado de energia (potencial) para a planta e condizê-la a um limite volumétrico de disposição mínima, deduz uma referência de relativa significância a estabelecer critérios de reposição ideal de água para a produtividade agrícola (Salvestro, 2012).

A água é o fator mais importante e limitante a produtividade das culturas, exerce uma grande influência sobre os diversos processos fisiológicos e químicos das plantas, esta em forma de reserva no solo condicionada a planta em um potencial de disposição. Segundo Ritchie (1981), esse potencial de disposição de água está relacionado ao conceito de água disponível (AD), que é a resultante entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP). O manejo adequado de água deve ser estabelecido pela relação da água disponível dentro dos parâmetros concisos com a disponibilidade total de água no solo, necessidade hídrica da cultura, e níveis de evapotranspiração (Tormena et al., 1999).

A restrição de água é o principal fator que delimita os fenômenos de crescimento, desenvolvimento e produção. Dimensionar a quantidade mínima de água que o solo disponibiliza a planta sem que haja danos irreparáveis nesse fenômeno é de fundamental valia, segundo Lima et al. (2011), informações quantitativas de evapotranspiração e evaporação são necessárias nos vários campos científicos que tratam dos numerosos problemas de manejo da água.

Vários são os fatores fisiológicos que sofrem influência com a fração de água disponível, entre eles destaca-se a fotossíntese, Machado et al. (2005) mediram a taxa de fotossíntese para três variedades de citrus, foram de 9,8, 13,0 e 12,8 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em 'Valência', 'Murcote' e 'Tahiti', respectivamente, indicando diferentes capacidades de transporte de elétrons e eficiência de assimilação de CO_2 de acordo com o condicionamento hídrico.

Contudo, esses fatores fisiológicos, na medida em que o potencial hídrico do solo se altera, irão refletir na turgescência da planta, que serve como indicador do ponto de murcha permanente. A conservação dessa turgescência segundo Kramer e Boyer, (1995), demonstra um mecanismo efetivo de tolerância à seca quando o potencial hídrico decresce, enfatizando a relação hídrica de disponibilidade mínima de água a planta com sua fisiologia e quantidade de reposição de água adequada para sua produtividade.

A identificação de um valor limiar de potencial hídrico, em que o processo fotossintético começaria a declinar seria de grande relevância, pois determinaria uma escala do status hídrico do solo e da planta, que resultaria provavelmente, em grandes reduções de produtividade biológica (Cavate, 2007).

Reafirmando esse conceito de relação hídrica e fisiologia Machado *et al.* (1993), acrescentou ainda os fatores climáticos são como interventores na fotossíntese em consequência do estresse hídrico, os referentes autores concluem que a taxa de fotossíntese aumenta com a irradiância, cujos valores mais elevados ocorreram em horários próximos às 13 horas do que em outros períodos, quando as temperaturas foram mais elevadas e a umidade relativa do ar menor, tendo como consequência, maior demanda transpiratória das plantas, porém, sob deficiência hídrica a demanda transpiratória não é atendida e consequentemente, ocorre o fechamento dos estômatos e queda da fotossíntese.

Nesse sentido objetivou-se no trabalho determinar a evapotranspiração da cultura da soja no estádio de desenvolvimento, bem como, as condições fisiológicas da cultura para Latossolo vermelho e Latossolo incorporado com resíduo de lixo biodegradável, em duas condições de umidades na fase vegetativa (capacidade de campo e 80% da capacidade de campo) até alcançar o ponto de murcha permanente.

O resíduo de lixo biodegradável foi incorporado, na tentativa de melhorar a disponibilidade de água a planta no respectivo solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campus Avançado de Umuarama (CAU), pertencente ao Departamento de Ciências Agronômicas, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Estadual de Maringá, localizado no Município de Umuarama, PR, no período de novembro a janeiro de 2012. O local do ensaio encontra-se nas coordenadas 23°25'31" de latitude Sul, 51°56'19" de longitude a Oeste de Greenwich e 542m de altitude.

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação, sob condições naturais dia/noite (temperatura do ar mínima, máxima e umidade relativa de: 13,4, 38,8 °C e 60 %, respectivamente, verificada durante o período de execução do experimento).

O solo que foi utilizado para instalar o experimento em vasos foi um Latossolo Vermelho, com e sem incorporação de resíduo de lixo urbano biodegradável (25% do volume do vaso).

Para a caracterização química e física dos solos foram coletadas amostras nas profundidades de 0 a 20 cm. A análise química do Latossolo utilizado na camada de 0 – 20 cm, a qual apresentou as seguintes características químicas: pH em água = 5,7, $\text{Al}^{+3} = 0,1 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Ca} + \text{Mg} = 1,91 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{K} = 0,07 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{P} = 3,3 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{H} + \text{Al} = 3,97 \text{ cmolc dm}^{-3}$; matéria orgânica = 2,5 g dm^{-3} e saturação por bases = 33,28%. A composição granulométrica encontra-se apresentada na Tabela 1 para o LATOSSOLO e na Tabela 2 encontra-se a caracterização química para o resíduo. As análises foram realizadas no laboratório Labofértil no município de Umuarama.

Tabela 1 –Granulometria do Latossolo para as camadas de 0-20 cm.

Identificação da Amostra	%			
	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA
0-20	36	36	03	25

Fonte: autoria própria.**Tabela 2 - Resultado da análise química do resíduo urbano biodegradáveis.**

Parâmetros	Resultados	Unidade
Cálcio	6.152,910	mg/kg Ca+2
Carbono Orgânico Total	399.798,000	mg/kg COT
Magnésio	2.501,724	mg/kg Mg
Nitrogênio Total	1.166,06	mg/kg N2
Nitrato	21.855	mg/kg N-NO3
Nitrito	391,275	mg/kg N-NO2
Amônia	339,800	mg/kg NH3
Nitrogênio Amoniacal	413,130	mg/kg N-NH3
Nitrogênio Kjeldahl Total	752,930	NKT
pH	8,070	---
pH em CaCl2	7,910	---
Potássio	4.809,570	mg/kg N2 k
Sódio	1.914,010	mg/kg Na
Enxofre	1.380,104	mg/kg S
Fósforo total	2.846,490	mg/kg P
Sólidos Suspensos Voláteis	358.460,000	mg/kg
Umidade Total	43,530	% H2O

Fonte: autoria própria.

Os solos contidos nos vasos foram mantidos em duas umidades, próximos a 80% da capacidade de campo e na capacidade de campo até a fase de pré-florescimento, onde se determinou o ponto de murcha permanente. A capacidade de campo foi encontrada após o tempo em que a drenagem dos solos tornou-se insignificante.

Já os vasos de 80% da CC foram determinados através de medidas diárias de massa utilizando balança gravimétrica e dados da estação climatológica do local, determinando a evapotranspiração da cultura e consequentemente a lamina de reposição para controle das condições hídricas.

As plantas foram irrigadas duas vezes ao dia, obedecendo à demanda evapotranspirométrica, tomada num evaporímetro dentro da casa de vegetação.

Durante a análise do ponto de murcha permanente, nos dias claros e com poucas nuvens, foram realizadas medidas das taxas de assimilação de CO₂,

transpiração e condutância estomática, com um sistema portátil de medidas de fotossíntese (IRGA, Infra-red Gas Analyzer), essas variáveis foram medidas durante o período entre 10h00min e 12h00min em todas as plantas.

Nas medidas de assimilação de CO₂, transpiração e condutância estomática, foram utilizadas folhas completamente expandidas, exposta ao sol durante todo período de medida, segundo Machado *et al.* (1994).

Foi também analisado, o coeficiente da cultura (K_c), para fase de desenvolvimento, encontrado pela relação da evapotranspiração da cultura (ET_c) e evapotranspiração de referência (ET₀), sendo a ET_c determinada pela umidade dos vasos e a ET₀ pelo evaporímetro.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial, cujos fatores foram: duas condições hídricas (capacidade de campo e 80% da capacidade de campo), duas condições de solo (LATOSOLO com e sem incorporação de resíduo urbano biodegradável), com 8 repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da evapotranspiração da cultura (ET_c) para Latossolo com umidade na capacidade de campo (CC) e 80% de CC, estão apresentados na Figura 1 para o Latossolo com e sem incorporação do resíduo, sendo demonstradas algumas médias das unidades experimentais em relação as repetições, respectiva a cada curva nos gráficos.

Os valores de ET_c variaram de 1,6 a 4,7 mm dia⁻¹, com valor médio de 3,0 mm dia⁻¹ para ambas condições de solo, na fase de desenvolvimento (estádio vegetativo) ate o pré-florescimento, ponto de maior exigência hídrica, onde paralelamente ao trabalho foi avaliado o ponto de murcha permanente (PMP), que resulta para o Latossolo em 7% da umidade base peso (Salvestro, 2012).

Esta umidade está em similaridade com os trabalhos que evidenciaram o ponto de murcha permanente, para solos com textura arenosa, de acordo com Fooladmand (2007), Puckett *et al.* (1985), citados por Ghanbarian, *et al.* (2009), os valores encontrados para a referente classe textural do solo, 0,089 (m³ m⁻³), 0,062 (m³ m⁻³), totalizando em base peso 6,2 e 8,9%, respectivamente.

A lamina evapotranspirada *não diferiu* em relação à variação das umidades mantidas no solo na fase vegetativa, ate atingir o PMP, nos dois solos estudados, Freitas *et al.*, (1985), trabalharam com três faixas de umidade em relação a capacidade de campo para o trigo em 40-60%, 60-80% e 80-100%, concluíram que a mudança da faixa de umidade de 40-60 para 60-80% proporcionou maior variação das médias de evapotranspiração da cultura, do que a de 60-80 para a de 80-100% da máxima capacidade de água armazenada no solo.

Segundo ainda os referidos autores, tal fato de que a variação da ET_c, seja menor na umidade de 80-100% em relação a outras umidades estudadas, independente do estádio de desenvolvimento da planta, corroborando com a ideia

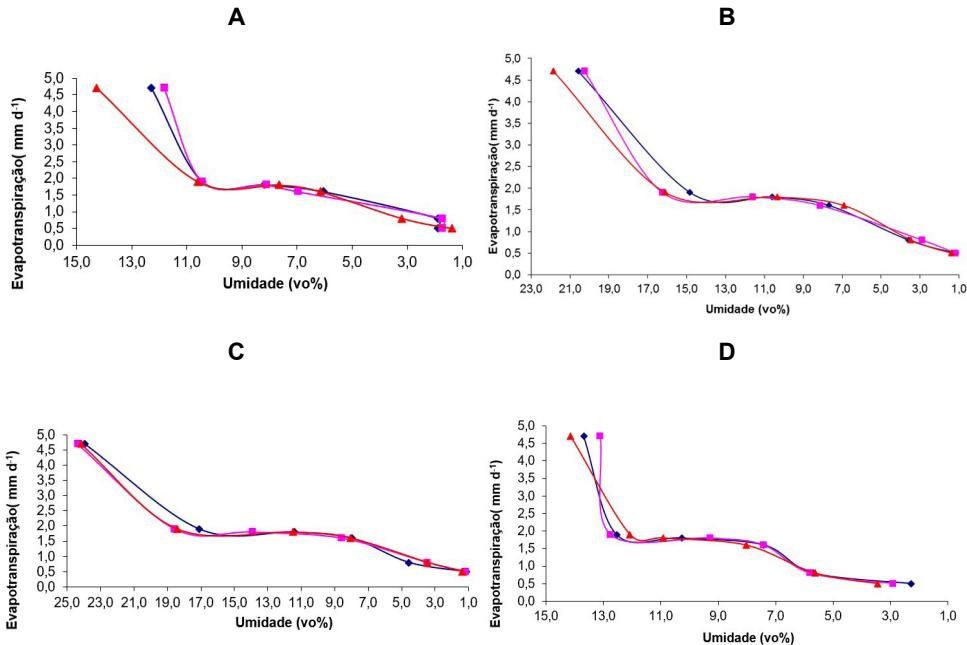
do trabalho não ter diferido a evapotranspiração em relação à umidades de mantidas até o pré-florescimento e as condições de solo.

De acordo com a Figura 1A e 1B, o acompanhamento da ETc em relação aos diferentes condicionamentos hídricos para o Latossolo, apresentou o mesmo comportamento com uma tendência de máxima demanda evapotranspirométrica no inicio da coleta de dados até a uma diminuição na avaliação do ponto de murcha permanente (7% do volume em base peso), essa mesma análise é feita para o Latossolo incorporado, apresentando o mesmo acompanhamento evapotranspirométrico, conforme Figura 1C e 2C.

Entre as respectivas condições de solo, a evapotranspiração apresentou a mesma média, uma vez que as condições climáticas são as mesmas, esperava-se, apenas, uma diferença de acordo com a umidade para o Latossolo incorporado com resíduo de lixo biodegradável, já que o resíduo aumentaria a umidade do solo, condicionando assim uma taxa de evapotranspiração maior, uma vez que, a ETc está diretamente ligada a um fato Ks que depende da umidade do solo. Porém essa diferença de umidade e aumento do ETc *não foi comprovado estatisticamente*.

O coeficiente da cultura (kc), figura 2, demonstrado através de médias das unidades experimentais em relação as repetições, apresentou valor médio de 0,81 para ambas situações. Esse valor de Kc corrobora com Mendes (2006), que para o estádio de desenvolvimento (estádio vegetativo) da soja, encontrou valores de Kc variando entre 0,45 e 1,02 no estádio de maior necessidade hídrica da cultura, pré-florescimento. Um fator necessário para que haja um manejo hídrico adequado para projetos de irrigação é ter conhecimento da quantidade de água a ser aplicada em cada cultura, e o coeficiente de cultura (Kc) é um parâmetro importante nessa tomada de decisão (Costa, 2007).

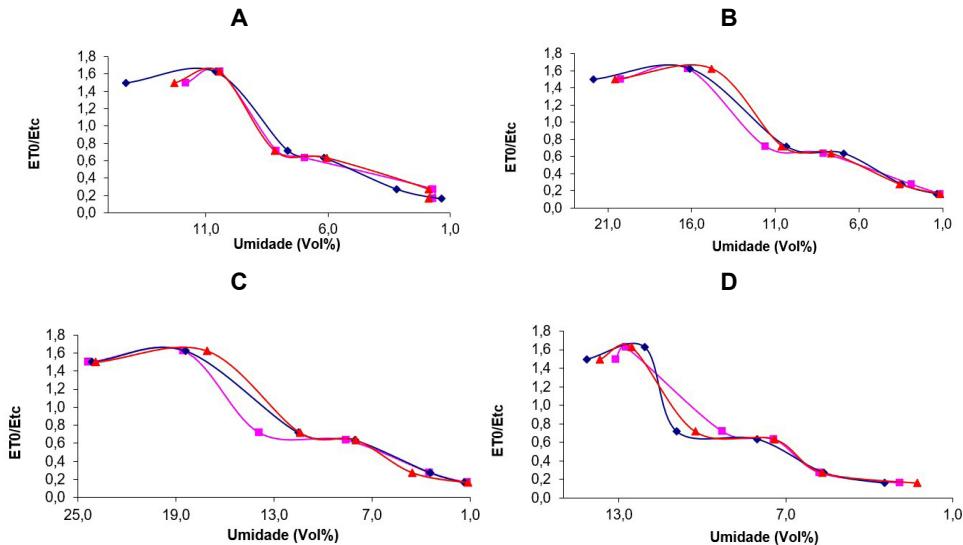
Figura - Comportamento da evapotranspiração da soja para latossolo com e sem incorporação de resíduo na fase vegetativa em relação a umidade: (A) umidade a 80% da capacidade de campo mantido na fase de desenvolvimento para Latosso, (B) umidade a capacidade de campo mantido na fase de desenvolvimento para Latossolo, (C) umidade a 80% da capacidade de campo mantido na fase de desenvolvimento para Latossolo incorporado, (D) umidade a capacidade de campo mantido na fase de desenvolvimento para Latossolo incorporado.



Fonte: autoria própria.

A variação do K_c (ETo/ETc), tem o comportamento similar para ambas condições de umidade e solos, esse fator ocorre de acordo com os estádios fenológicos da cultura. No início, após a emergência da planta e enquanto a sua cobertura vegetal não é completa, os valores desse coeficiente são pequenos. Ao final do estágio vegetativo, a cultura está com a cobertura vegetal completa e o crescimento do sistema radicular estabilizado. Por outro lado, há um decréscimo dos seus valores ao atingir a fase de maturação (Reichardt, 1987). De acordo com Allen *et al.* (1998), o K_c também é afetado pelas condições climáticas predominantes e disponibilidade de água no solo.

Figura 2- Comportamento do coeficiente da cultura (kc) da soja para Latossolo incorporado com resíduo de lixo biodegradável, na fase de vegetativa em relação a umidade: (A) Kc da soja para umidade a 80% da capacidade de campo para Latossolo, (B) Kc da soja para umidade na capacidade de campo para Latosso, (C) Kc da soja para umidade a 80% da capacidade de campo para Latossolo Incorporado, (D) Kc da soja para umidade na capacidade de campo para Latossolo Incorporado.



Fonte: autoria própria.

Em relação à avaliação fisiológica o presente trabalho refere que a eficiência intrínseca do uso da água, para o Latossolo é menor que para o incorporado com o resíduo de lixo biodegradável em ambas as condições de umidade, este resultado corrobora com a ideia de que a incorporação de material no solo proporciona um condição maior de água disponibilidade de água, o que não quer dizer que armazena mais água para planta, evidenciando o mesma taxa de evapotranspiração para as condições de solo encontradas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as condições experimentais e a resposta das variáveis estudadas:

A evapotranspiração de referência média no estádio de desenvolvimento (vegetativo) a soja foi de 3,0 mm dia⁻¹.

O Coeficiente da cultura (kc) médio para fase vegetativa foi de 0,81.

A eficiência intrínseca do uso da agua, para o Latossolo é menor que para o Latossolo incorporado com o resíduo de lixo biodegradável.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; PAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Roma: FAO, 1998. 328p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- CAVATE P.C. **Morfologia, relações hídricas e fotossíntese em duas cultivares de Coffea canephora submetidas ao deficit hídrico.** 2007. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Programa de pós-graduação, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- COSTA, G, F; MARENCO, R. A. **Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (Carapa guianensis).** Acta Amazônica, v. 37, 2007, p. 229 – 234.
- GHANBARIAN, A., MILLAN, H., **The relationship between surface fractal dimension and soil water content at permanent wilting point.** Geoderma, 151 ed., p 224-232, 2009.
- FREITAS J.G. ;CARDOSO A.A.; SEDIYAMA.C.S; FERREIRA.P.A;MOURA.W.F. **Trigo: Efeito de três faixas de umidade na evapotranspiração real e na produção de grãos e seus componentes.** 1984.16p. Tese (Mestrado Departamento de fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 1985.
- LIMA J. R. S.; DANTAS A.C.A; OLIVEIRA C.A.B.L; SOUZA E.S; SILVA I.F. **Balanço de energia e evapotranspiração de feijão caupi sob condições de sequeiro.** Revista Ciência Agronômica, v. 42, p. 65-74, 2011.
- KRAMER P.J.; BOYER J.S. **Water relations of plants and soils.** San Diego: Academic, 1995. 495p.
- MACHADO,E.C.; QUAGGIO,J.A. LAGÔA,A.M.A.; FURLANI,P.R. **Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeiras com clorose variegada dos citrus.** Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, vol.6, p.53-57,1994.
- MENDES R.S. **Determinação da Evapotranspiração por métodos direto e indiretos e dos coeficientes de cultura da soja para o distrito federal.** 2006.71p.Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasilia 2006.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas.** São Paulo: Manole, 1987.
- SALVESTRO A. C.; FREITAS P. S. L.; REZENDE R.; DALLACORT. R.; VIEIRA C. V. **Permanent wilting point of bean cultivated in Dystric Nitosols and Rhodic Ferralsols.** Journal of Food, Agriculture & Environment, Finland, v.10, p.462-466. 2012.
- TORMENA, C. A.; SILVA, A.P.; GONÇALVES, A.P.A.;FOLEGATTI, M.V. **Intervalo ótimo de potencial de água no solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.3, n.3, p.286-292. 1999.