



## Curva de retenção de água do solo como indicador da qualidade física em sistemas integrados de produção<sup>(1)</sup>

**Wellington de Azambuja Magalhães<sup>(2)</sup>; Onã da Silva Freddi<sup>(3)</sup>; Flávio Jesus Wruck<sup>(4)</sup>  
Mônica Cristina Sangiovo<sup>(5)</sup>;**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) e Fundação AGRISUS.

<sup>(2)</sup> Doutorando; Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT); Cuiabá, MT; wellingtonagro@gmail.com; <sup>(3)</sup> Professor; UFMT, Campus de Sinop; <sup>(4)</sup> Pesquisador; EMBRAPA Arroz e Feijão. <sup>(5)</sup> Graduando em Agronomia; UFMT, Campus de Sinop.

**RESUMO:** Os sistemas integrados buscam otimizar a produtividade nas propriedades associando as atividades agrícola, pecuária e florestal, o que possibilita rendimentos a curto, médio e longo prazo, sem abertura de novas áreas. Neste trabalho avaliou-se a curva de retenção de água de um Latossolo Vermelho Amarelo sob cinco sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta nos seguintes arranjos florestais: Eucalipto em linha simples, linha dupla e linha tripla (Eucalipto I, II e III respectivamente), Teca em linha tripla e Pau-balsa em linha tripla. As amostras indeformadas de solo foram coletadas no sentido transversal das espécies florestais com auxílio de cilindros metálicos nas camadas de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m. Os sistemas integrados com eucalipto promoveram os maiores conteúdos de água na capacidade e ponto de murcha permanente quando comparados aos sistemas com teca e pau-balsa. Os sistemas de produção com Teca e Pau-balsa proporcionaram maior volume de água disponível. As diferentes posições de amostragem indicaram variabilidade nos valores dos atributos físicos em função das linhas das árvores. Houve menor retenção de água do solo e menor volume de água disponível às plantas na camada 0,00-0,10 m sob a linha das árvores independente dos arranjos florestais.

**Termos de indexação:** água no solo, Eucalipto, ILPF, Pau-balsa, Teca.

### INTRODUÇÃO

Segundo Barcellos et al. (2011), o ILPF constitui-se como um manejo destinado a produção sustentável por práticas de integração agrícola, pecuária e florestal na mesma área. Entretanto, pouco se sabe sob a correta condução do sistema e sua implicação na qualidade física do solo em função dos arranjos florestais.

Em razão do componente florestal implantado em meio a lavoura e pecuária, o efeito do sombreamento pode proporcionar diferentes ambientes no sistema de ILPF. Vários trabalhos tem abordado o efeito do sombreamento sobre a

pastagem (Paciullo et al., 2011; Guenni, et al., 2008) sem no entanto mensurar seu efeito sobre as propriedades físicas do solo.

A curva de retenção de água do solo (CRA) tem sido muito aplicada em estudos da qualidade física do solo, pois a tensão e o volume de água retida no solo depende da estrutura. A CRA representa a relação entre a energia com a qual a água está retida (potencial mátrico) e o conteúdo de água correspondente (Genuchten, 1980), sendo diretamente dependente do volume de poros e a forma como estes estão organizados.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a curva de retenção de água de um Latossolo Vermelho Amarelo como indicador da qualidade física entre sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta após quatro anos de sua implantação.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Unidade de Referência Tecnológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Agrossilvipastoril), Fazenda Gamada, município de Nova Canaã do Norte, MT, Brasil.

A área experimental ocupada com integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) estava ocupada anteriormente com pastagem braquiária conduzida no sistema extensivo. Em janeiro de 2009 a área foi dessecada com herbicida glifosato (1,26 kg ha<sup>-1</sup> do i.a.) e então realizada abertura de sulcos para o plantio das espécies florestais, com espaçamento de 20 m entre os renques para implantação de atividades agrícolas e pecuária. Os tratamentos constaram de cinco sistemas integrados de produção, com diferentes arranjos e densidades de árvores, conforme Tabela 1. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, de textura Argila.

A faixa de 20 m entre os renques de árvores foi ocupada por lavoura nos anos de 2009 à 2011. A partir de março de 2011 a pastagem foi introduzida em meio a lavoura de milho, a qual foi pastejada a partir de junho de 2011. A taxa de lotação média da



área foi de 3,7 animais ha<sup>-1</sup>, com ganho de 1,04 kg dia<sup>-1</sup> animal<sup>-1</sup>, nas fases de recria e terminação.

**Tabela 1.** Descrição dos sistemas integrados de produção.

Sistema	Arranjo florestal
Eucalipto I	Eucalipto em linha simples: 2 m entre árvores e 20 m entre linhas (250 árvores ha <sup>-1</sup> ).
Eucalipto II	Eucalipto em linha dupla: 3 m x 2 m entre árvores e 20 m entre linhas (434 árvores ha <sup>-1</sup> ).
Eucalipto III	Eucalipto em linha tripla: 3 m x 3 m x 2 m entre árvores e 20 m entre linhas (577 árvores ha <sup>-1</sup> ).
Teca	Teca em linha tripla: 3 m x 3 m x 2 m entre árvores e 20 m entre linhas (577 árvores ha <sup>-1</sup> ).
Pau-Balsa	Pau-balsa em linha tripla: 3 m x 3 m x 2 m entre árvores e 20 m entre linhas (577 árvores ha <sup>-1</sup> ).

Dentro de cada sistema de produção considerou-se cinco posições de amostragem, com o intuito de avaliar a variabilidade das propriedades físicas do solo sob diferentes ambientes proporcionados pelo ILPF. As posições de amostragem ficaram definidas no sentido transversal aos renques das espécies florestais sendo: a 10 m das árvores (P1), a 5 metros (P2), sob as árvores (P3), e novamente a 5 m (P4) e a 10 m (P5).

Em maio de 2013 retirou-se uma amostra indeformada por posição de amostragem nas camadas de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m, considerando-se três repetições por sistema de produção, num total de 150 amostras indeformadas. As amostras indeformadas foram obtidas por meio de cilindros metálicos de 0,049 m de diâmetro e 0,05 m de altura.

As amostras indeformadas foram saturadas por meio de elevação gradual de uma lâmina de água por 24 h e então submetidas aos potenciais mátrico ( $\Psi$ ) de -10, -30, -60, -80 e -100 hPa em mesa de tensão; e -300, -600, -1000, -3000, -5000 e -15000 hPa em câmaras de Richards (Klute, 1986). Após o equilíbrio das amostras em cada tensão, foram determinados seus conteúdos de água (Gardner, 1986). Os ajustes das CRA foram realizados pelo modelo proposto por Genuchten (1980), com a restrição  $m=1-1/n$ , minimizando a soma dos quadrados dos desvios, utilizando o software SWRC (Dourado Neto et al., 2001), obtendo assim os parâmetros empíricos de ajuste,  $\alpha$ ,  $m$  e  $n$ , fixando-se o  $\Theta_s$  (umidade de saturação) no valor

correspondente à porosidade total.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equação de Genuchten (1980) explicou mais de 97% da retenção de água do solo ( $R^2 > 0,97$ ), com valores de F altamente significativos ( $p < 0,01$ ) para todas as amostras. Os coeficientes  $\Theta_s$ ,  $\Theta_r$ ,  $\alpha$  e  $n$  foram estatisticamente significativos, não apresentando valores nulos em seus limites de confiança. As curvas de retenção de água do solo se diferenciaram entre os sistemas de produção nas profundidades 0,00–0,10 m e 0,10–0,20 m (**Figura 1**). Os valores da umidade volumétrica de saturação ( $\Theta_s$ ) ficaram abaixo dos 0,50 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> apresentando uma suave redução com aumento da tensão em todos os sistemas de ILPF. Segundo Marques (2002) essa tendência pode estar relacionada ao maior volume de microporos e menor de macroporos no solo. Desta forma, os macroporos perdem água retida por capilaridade a baixa tensão, enquanto os microporos retêm água até potenciais mais negativos, promovendo maior retenção quando existem em maior proporção (Hillel, 1971).

As principais mudanças ocorridas nas propriedades físicas dos arranjos florestais em ILPF com Teca e Pau-balsa deve-se principalmente a densidade de árvores. Os tratamentos com Teca e Pau-balsa são formados por arranjo florestal em renques de linha tripla (3 x 3 x 2 m entre árvores) espaçados por 20 m em cultivo com braquiária. Ao longo de 50 meses de condução do sistema ILPF, as árvores de Teca e Pau-balsa formaram copas suficientes para diminuir consideravelmente a entrada de luminosidade no sistema impedindo desta forma o desenvolvimento da braquiária por completo para formação de cobertura do solo. O pouco desenvolvimento da gramínea associado ao pisoteio dos animais culminaram para menor proteção física do solo nestes sistemas.

Sob a posição de amostragem P3, foi constatado o menor volume de água na capacidade de campo (100 hPa) e no ponto de murcha permanente (15000 hPa) (**Figura 2**). O volume de água disponível que é produto da diferença entre a CC e PMP também foi inferior neste local de amostragem. As alterações observadas na posição de amostragem P3 pode ser atribuída em função da projeção da copa das árvores que propicia um local sombreado na maior parte do dia, oferecendo aos bovinos em pastejo, uma região de melhor condição térmica. Assim, este local sofre maior influência do pisoteio dos animais, culminando em alterações na estrutura do solo. Este mesmo comportamento foi observado por Souza-Neto et al. (2014) ao avaliar os atributos físicos do solo em sistemas ILPF, quando observou maior preferência dos animais pela região sombreada,



sem no entanto quantificar diferenças significativas entre o local sombreado e não sombreado.

Oliveira et al. (2007) avaliaram o desempenho produtivo de braquiária sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril e, constataram menor produção de matéria seca sob a copa das árvores, independente do arranjo de plantio do eucalipto. Os autores atribuíram este comportamento à maior radiação solar incidente na linha das árvores culminando para menor disponibilidade hídrica para o eucalipto e braquiária, acarretando desta forma maior competição entre as culturas, principalmente por água. Esta observação se confirma no presente trabalho ao observar a curva de retenção de água do solo entre as posições de amostragem (**Figura 2**). O baixo desenvolvimento vegetativo da braquiária associado ao pisoteio dos animais culminaram para alterações dos atributos físicos do solo sob a linha das árvores (posição P3) na camada 0,00-0,10 m, levando a menor retenção de água do solo neste local.

## CONCLUSÕES

Os sistemas integrados em arranjo florestal com eucalipto promoveram os maiores conteúdos de água na capacidade e ponto de murcha permanente quando comparados aos sistemas com teca e pau-balsa.

Houve menor retenção de água do solo e menor volume de água disponível às plantas na camada 0-0,10 m sob a linha das árvores independente dos arranjos florestais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pelo auxílio financeiro ao projeto e pela bolsa concedida ao primeiro autor. À EMBRAPA Agrossilvipastoril e à Fazenda Gamada pela seção da área experimental.

## REFERÊNCIAS

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DASILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B. ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C. & GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesq. Agropec. Bras.*, 46:1-12, 2011.

BARCELLOS, A. de O.; MEDRADO, M. J. S.; GRISE, M. M.; SKORUPA, L. A. & ROCHA, W. S. D. Base conceitual, sistemas e benefícios da ILPF. In: BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O. & STONE, L. F., ed. Marco

referencial: integração lavoura-pecuária-floresta. Brasília, DF: Embrapa, 2011. p.23-37.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. & LOPES, P. P. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo, modelo Van Genuchten. Soil Water Retention Curve, SWRC (version 3,00 beta). Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2001.

GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:892-898, 1980.

GUENNI, O.; SEITER, S.; FIGUEROA, R. Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. *Tropical Grasslands*, 42:75-87, 2008.

HILLEL, D. Soil and Water. Physical principles and processes. New Yor, Academic Press, 1971. 288p.

KLEIN, V. A. & LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:857-867, 2002.

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. Methods of soil analysis: Part 1 -Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.635-660.

MARQUES, J. D.; LIBARDI, P. L. & van LIER, Q. J. Relação entre horizontes pedológicos e propriedades hidráulicas em dois Latossolos. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:567-577, 2002.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; SANTOS, I. P. A.; HIGASHIKAWA, E. M. & VENTURIN, N. Produtividade de Braquiária brizantha (Hocht. ex. A. Rich) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. *Ciênc. agrotec.*, 31:748-757, 2007.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; FERNANDES, P.B.; MULLER, M.D.; PIRES, M.F.A.; FERNANDES, E.N. & XAVIER, D.F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. *Pesq. Agropec. Bras.*, 46:1176-1183, 2011.

SOUZA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M. & LAL, RATTAN. Physical quality of an oxisol under na integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian Cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 38:608-618, 2014.

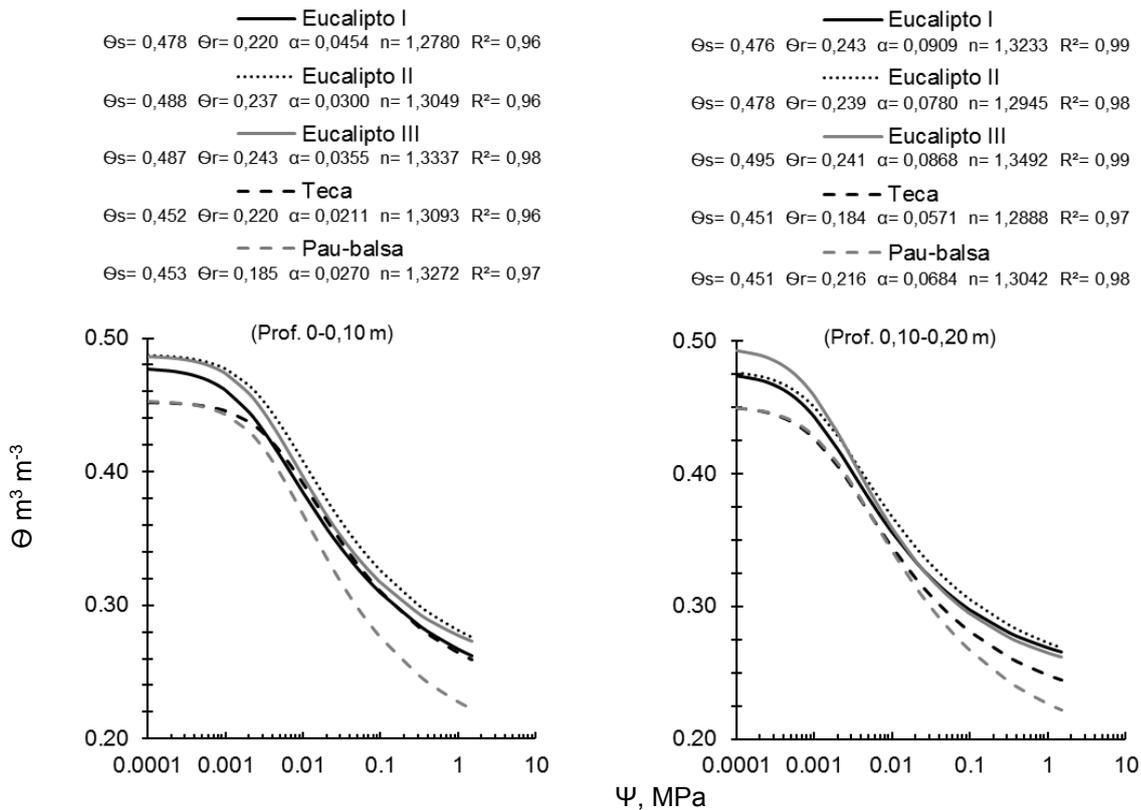


Figura 1. Curvas de retenção de água do solo nos sistemas integrados com Eucalipto, Pau-balsa e Teca.

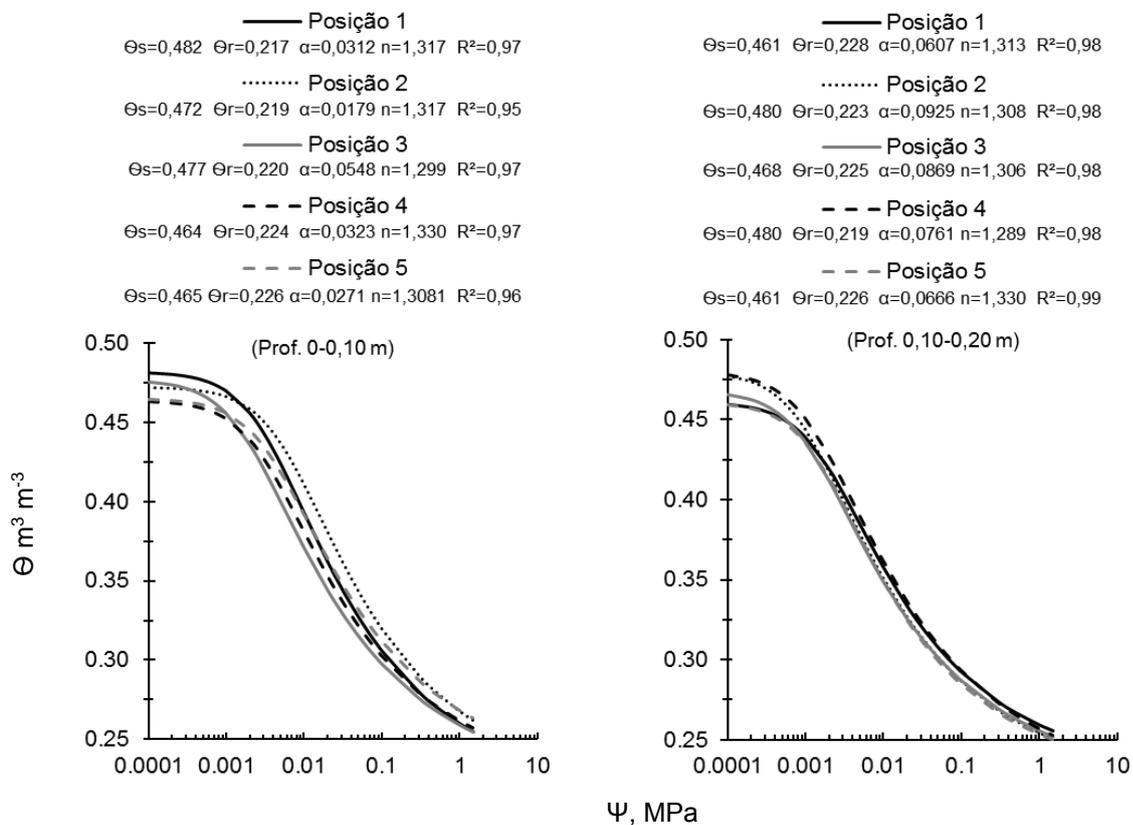


Figura 2. Curvas de retenção de água do Latossolo Vermelho-Amarelo nos sistemas integrados com Eucalipto I, II e III, Teca e Pau-balsa em função da posição de amostragem.