



# XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas  
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

## IMPACTO DE SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO DE UM LATOSSOLO DO CERRADO

**Glenio Guimarães Santos<sup>(1)</sup>; Robélio Leandro Marchão<sup>(2)</sup>; Euzébio Medrado da Silva<sup>(2)</sup>; Pedro Marques da Silveira<sup>(3)</sup>; Thierry Becquer<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Professor do Departamento de Engenharias, CPCE - Universidade Federal do Piauí, CEP 64900-000, Bom Jesus, PI. E-mail: gleniogm@gmail.com;

<sup>(2)</sup> Pesquisador da Embrapa Cerrados, Caixa Postal 08223, CEP 73310-970, Planaltina, DF; <sup>(3)</sup> Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO; <sup>(4)</sup> Pesquisador do Institut de Recherche pour le Développement UMR 210 Eco&Sols 2, Place Viala, Bat. 12 F-34060 Montpellier Cedex 1, France

**Resumo** – Objetivou-se neste estudo avaliar o impacto de sistemas de integração lavoura-pecuária sobre os atributos físico-hídricos em Latossolo do Cerrado. O experimento foi conduzido na Embrapa Arroz e Feijão, Município de Santo Antônio de Goiás, GO, em Latossolo Vermelho Acriférrico típico. Os seis sistemas de uso avaliados na safra 2005/2006 foram: P1 – pastagem de *Urochloa brizantha* com quatro anos de uso; P2 – pastagem de *U. brizantha* com dois anos de uso; P3 – pastagem de *U. brizantha* com três anos de uso; C1 – soja sob plantio direto; C2 – arroz sob plantio convencional; C3 – milho consorciado com *U. brizantha* sob plantio direto; CE - cerrado nativo; PC - pastagem contínua de *U. decumbens*. A pastagem em rotação nos sistemas de integração lavoura-pecuária, mesmo permanecendo por um período de quatro anos, não favorece a qualidade física do solo em comparação à pastagem contínua. A curva de retenção de água do solo deve ser utilizada em conjunto com outros atributos físico-hídricos para inferir sobre a qualidade física do solo.

**Palavras-Chave:** compactação; curva de retenção de água; estrutura do solo; rotação de culturas; sistemas integrados

### INTRODUÇÃO

A crescente expansão da atividade agropecuária no Cerrado tem levado a questionamentos quanto à qualidade dos sistemas de manejo e uso do solo. O uso contínuo e inadequado do solo pode levar a uma degradação da sua qualidade física, manifestada pelos seus valores elevados de densidade do solo e baixa aeração.

A magnitude dessas alterações, principalmente nos atributos físicos do solo, depende do manejo que é aplicado nas áreas, tanto na fase de agricultura, quanto na fase pecuária. Considerando que cerca de 70-80% destas áreas (Kluthcouski et al., 2003) encontram-se em algum estágio de degradação física, química ou biológica, a adoção dos sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) pode ser uma estratégia viável para a renovação e recuperação de pastagens degradadas. Ainda, deve-se considerar que existem poucos estudos relacionados aos atributos físico-hídricos, como condicionadores da qualidade do solo em ILP. Assim, o objetivo desse

trabalho foi avaliar os impactos de sistemas de integração lavoura-pecuária sobre os atributos físico-hídricos em Latossolo do Cerrado.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Embrapa Arroz e Feijão, Município de Santo Antônio de Goiás, GO, em Latossolo Vermelho Acriférrico típico (Santos et al., 2010).

Os sistemas de manejo estudados (Tabela 1) compõem uma unidade demonstrativa de ILP de aproximadamente 97 ha, onde foram avaliados sistemas agrícolas baseados na produção consorciada de grãos com forrageiras tropicais do gênero *Urochloa spp.* Cada um deles compreende um piquete com área média de 13,5 ha, em que o pastejo ocorre durante todo o ano na fase pastagem ou ainda na entressafra nos sistemas consorciados.

Em cada sistema foram coletadas, no ponto médio de cada camada, amostras de solo em três trincheiras, dispostas em um transecto no sentido de maior comprimento do piquete, nas camadas de 0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30, 0,40-0,50, 0,70-0,80 m. Ainda, para a área CE e sistemas PC, P1 e C2, considerados os mais contrastantes às ações antrópicas, foram coletadas amostras na camada 1,40-1,50 m. Em cada camada de solo retiraram-se quatro amostras indeformadas, em anéis volumétricos de aço inoxidável de 5,1 cm de altura e 5,0 cm de diâmetro. As amostras foram coletadas entre os meses de maio e julho de 2006.

A curva de retenção de água do solo (CRA) foi obtida pelo método da centrífuga (Reatto et al., 2008); ao final deste processo de desorção da água, a densidade do solo ( $D_s$ , em  $g\ cm^{-3}$ ) foi mensurada pelo método do anel volumétrico, obtendo-se a massa do solo seco na estufa a 105°C; a CRA foi ajustada ao modelo de van Genuchten (1980) adaptado por Santos (2010); umidade gravimétrica de saturação ( $\theta_s$ ) e saturação efetiva ( $Se$ ) foram obtidas conforme Santos (2010).

Para cada uma das áreas e em cada camada de solo foi construída uma CRA. As curvas foram comparadas entre si, por camada de solo, utilizando o procedimento descrito por Silva e Azevedo (2002), considerando-se a soma de quadrados dos erros (SQerro) obtidos no ajuste da CRA. A partir dessa comparação foi possível

determinar um valor de F (Silva e Azevedo, 2002) para realizar as comparações entre os sistemas de manejo e entre as camadas avaliadas. Os gráficos das CRA foram construídos, por meio do Programa Microsoft Excel.

Os atributos macroporosidade (Ma; em  $g\ g^{-1}$ ), porosidade total (PT; em  $g\ g^{-1}$ ) e (microporosidade efetiva (Mie;  $g\ g^{-1}$ ) foram calculados conforme Santos (2010) e a densidade de partículas (Dp), obtida conforme Claessen (1997). Por se tratar de estudo que visa simular as interações dos sistemas ILP que ocorrem em uma propriedade, utilizou-se para comparação das médias dos atributos físico-hídricos o teste “t” de Student, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados da Tabela 2, verifica-se que todos os atributos físico-hídricos em todos os sistemas foram alterados, quando comparados com a área CE. Os sistemas que apresentaram os maiores impactos negativos no conjunto de valores dos seus atributos físico-hídricos, em relação à área CE, foram os sistemas C2, P3, C1, P2, P1, C3 e PC, em ordem, respectivamente. Com exceção da área CE, os demais sistemas apresentaram alterações significativas para todas as profundidades estudadas.

As alterações de maior intensidade nos atributos físico-hídricos, com efeitos contrários à qualidade física do solo ocorreram nas camadas de solo variando entre 0,10-0,30 m, para todos os sistemas avaliados excetuando-se as áreas CE e PC. Estes resultados demonstram, para este estudo, que as alterações provocadas pelo uso de implementos agrícolas, dentro dessa profundidade são mais impactantes sobre a qualidade física do solo, do que as alterações provenientes do pisoteio animal durante o pastoreio, sobre a camada superficial do solo.

Analisando as alterações dos atributos físico-hídricos, em função dos diferentes sistemas de manejo, observa-se que o sistema C2 foi o que apresentou os maiores impactos negativos sobre a estrutura do solo. Verifica-se, nas camadas entre 0,10-0,30 m, que os valores mais elevados para Ds foram verificados nesse sistema, contribuindo para redução significativa nos valores de  $\theta_s$ , Se, PT, Ma e Mie. Essa área foi submetida a preparo convencional, utilizando grade aradora, por duas safras consecutivas (Tabela 1), o que pode explicar a redução da sua qualidade estrutural, verificada por meio de alterações negativas dos atributos físico-hídricos avaliados.

Entre as áreas sob pastagens, o menor impacto na estrutura física do solo foi verificado no sistema PC, enquanto que a área P3 apresentou as maiores alterações de ordem negativa na camada antropizada, variando entre 0-0,30 m. No geral, as três áreas envolvidas nas sequências sob rotação lavoura/pecuária apresentaram alterações negativas, no que diz respeito aos atributos físico-hídricos avaliados, quando comparadas à área CE, tanto na camada superficial, onde o efeito do pisoteio animal se manifestou mais intensamente, quanto na camada subsuperficial, em que o efeito da grade aradora foi mais evidente. Porém, os valores observados não

foram suficientes para interferir no desenvolvimento da gramínea, nem na produtividade média de forragem por área. Ao contrário das áreas sob rotação gramínea/leguminosa, a área PC que permaneceu por mais de 19 anos sem intervenção, por meio de implementos agrícolas, mostrou-se como sendo a área sob pastagem com a melhor estrutura física, como pode ser constatado por meio da Tabela 2, em todas as profundidades avaliadas.

Analisando graficamente os resultados das comparações das curvas de retenção de água do solo (CRA) entre os sistemas (Figura 1), verifica-se nas três primeiras camadas de solo, que todas as CRA dos sistemas de manejo foram significativamente diferentes da CRA do CE, excetuando-se as áreas C2 e C3, que foram semelhantes na camada 0-0,10 m.

Ainda, observam-se diferenças significativas das CRA entre todos os sistemas, quando comparadas com CE, na camada variando entre 0,10-0,30 m, considerada como sendo a área-limite para profundidade de trabalho da grade aradora. As diferenças verificadas entre os sistemas, dentro dessa camada, mais uma vez, reforçam a suposição de que o uso desse tipo de implemento agrícola provoca efeito negativo na estrutura do solo. Na camada 0,10-0,20 m de solo, o sistema C2 foi o que apresentou os maiores impactos negativos para os atributos Ds,  $\theta_s$ , Se, PT, Ma e Mie dentre todos os sistemas avaliados, contrapondo os resultados observados para esse sistema na camada superficial de 0-0,10 m.

Estas decorrências demonstram que, analisando apenas a CRA, o preparo do solo da área C2 teria um efeito positivo sobre os atributos físico-hídricos na 0-0,10 m, contudo, os resultados evidenciam que o preparo do solo, por dois anos consecutivos, prejudicou a qualidade física do solo.

Nas camadas mais profundas observou-se que, mesmo havendo uma tendência de aproximação das curvas com o aumento da profundidade (0,70-0,80 m), excetuando-se o sistema PC, todos os demais se distinguiram significativamente da CRA do CE, o que também se verificou para o sistema C2 da camada 1,40-1,50 m. Como a CRA também expressa a porosidade estrutural do solo, essas alterações podem estar associadas ao agressivo sistema radicular das gramíneas e a biota do solo, como por exemplo, a presença de bioporos, não estando relacionadas ao manejo do solo, decorrentes dos sistemas de uso. Desta forma, diferentemente dos resultados encontrados por Marchão et al. (2007) e Borges et al. (2009), os resultados aqui apresentados indicam que a CRA analisada individualmente não pode ser considerada como indicadora sensível da qualidade física do solo.

## CONCLUSÕES

1. O uso de grade aradora por mais de dois anos compromete a qualidade do solo na camada 0,10-0,30 m de profundidade dos sistemas de integração lavoura-pecuária.

2. Nas condições do presente estudo, a pastagem em rotação nos sistemas de integração lavoura-pecuária, mesmo permanecendo por um período de quatro anos,

não favorece a qualidade física do solo em comparação à pastagem contínua.

3. A curva de retenção de água do solo deve ser empregada em conjunto com outros atributos físico-hídricos para inferir sobre a qualidade física do solo.

#### REFERÊNCIAS

BORGES, T.A.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, E.M. e GOEDERT, W. Avaliação de parâmetros físico-hídricos de Latossolo Vermelho sob pastejo e sob cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13:18-25, 2009.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1997. 212p. (Embrapa-CNPQ. Documentos, 1).

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. e AIDAR, H. Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570p.

MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M.; SANTOS JR., J.D.G.; SÁ, M.A.C.; VILELA, L. e BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas

de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:873-882, 2007.

REATTO, A.; SILVA, E.M.; BRUAND, A.; MARTINS, E.S. e LIMA, J.E.F.W. Validity of the centrifuge method for determining the water retention properties of tropical soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 72:1547-1553, 2008.

SANTOS, G.G. Impacto de sistemas de integração lavoura-pecuária na qualidade física do solo. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. 122p. (Tese de Doutorado).

SANTOS, G.G.; SILVEIRA, P.M.; MARCHÃO, R.L.; BECQUER, T.; RIOS, A.J.W. e RODRIGUES, C. Descrição morfológica de perfis de solos da Fazenda Capivara da Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 51p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 258).

SILVA, E.M. e AZEVEDO, J.A. Influência do período de centrifugação na curva de retenção de água em solos de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1487-1494, 2002.

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

**Tabela 1.** Sistemas de manejo do solo em experimento de integração lavoura-pecuária, Santo Antônio de Goiás, GO

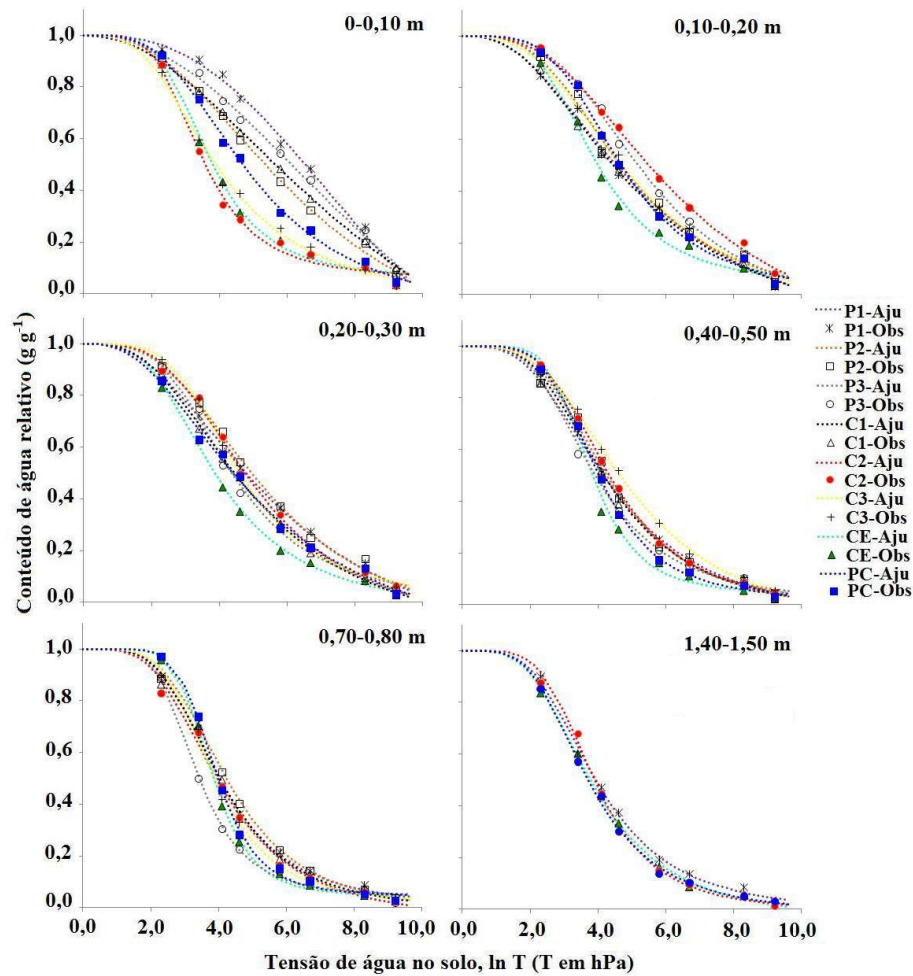
Sistemas de manejo	Sequência anual das culturas (verão/inverno) no período 1999-2006
Sistema P1	pousio - soja/pousio - soja/pousio - soja/pousio - milho + <i>Urochloa brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - <i>U. brizantha</i>
Sistema P2	pousio - milho/pousio - milho + <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - soja + <i>U. brizantha</i> /milho -milho + <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - arroz <sup>1</sup> /feijão - soja + <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - <i>U. brizantha</i>
Sistema P3	pousio - milho/milheto - soja + <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - milho + <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - soja/milho - milho + <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - <i>U. brizantha</i>
Sistema C1	feijão - milho/feijão - soja <sup>1</sup> /cevada <sup>1</sup> - milho + <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - soja
Sistema C2	feijão - milho/feijão - soja <sup>1</sup> /cevada - milho + <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - soja/feijão <sup>1</sup> - arroz <sup>1</sup>
Sistema C3	pousio - pousio/pousio - pousio/pousio - milho + <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - <i>U. brizantha</i> / <i>U. brizantha</i> - <i>U. brizantha</i> - soja/feijão - arroz <sup>1</sup> /feijão - milho + <i>U. brizantha</i>
Cerrado nativo (CE)	-
Pastagem contínua (PC)	<i>U. decumbens</i>

<sup>(1)</sup>Áreas cultivadas sob preparo convencional do solo utilizando grade aradora.

**Tabela 2.** Valores médios de atributos físico-hídricos conforme sistemas de manejo e uso do solo e da profundidade de amostragem<sup>1</sup>

Variáveis <sup>2</sup>	Profundidade (m)	P1	P2	P3	C1	C2	C3	CE	PC
Ds (g cm <sup>-3</sup> )	0-0,10	1,271a	1,268a	1,311a	1,255a	1,074b	1,067b	0,824b	1,270a
	0,10-0,20	1,258cd	1,317c	1,404ab	1,400b	1,440a	1,310c	1,071e	1,265d
	0,20-0,30	1,317c	1,336bc	1,316c	1,355ab	1,381a	1,262d	1,110d	1,241d
	0,40-0,50	1,135cd	1,178bc	1,242ab	1,225b	1,217bc	1,272a	1,041d	1,085d
	0,70-0,80	1,058de	1,122ab	1,175a	1,081bc	1,061cd	1,005f	1,002f	1,029ef
	1,40-1,50	1,032ab	-	-	-	1,054a	-	1,010b	1,008b
θs (g g <sup>-1</sup> )	0-0,10	0,366ef	0,382cd	0,354f	0,370de	0,508bc	0,514ab	0,671a	0,367ef
	0,10-0,20	0,388b	0,353c	0,309de	0,326d	0,295e	0,350c	0,502a	0,382b
	0,20-0,30	0,361cd	0,345ef	0,352de	0,338ef	0,332f	0,372bc	0,475a	0,400ab
	0,40-0,50	0,460bc	0,439c	0,401d	0,407d	0,402d	0,373e	0,516a	0,490ab
	0,70-0,80	0,511c	0,458e	0,440e	0,491d	0,519c	0,549b	0,573a	0,543b
	1,40-1,50	0,539a	-	-	-	0,514b	-	0,545a	0,556a
Se (g g <sup>-1</sup> )	0-0,10	0,163d	0,182c	0,158d	0,187c	0,331b	0,340ab	0,435a	0,187c
	0,10-0,20	0,172c	0,161c	0,144d	0,137de	0,119e	0,178bc	0,287a	0,210ab
	0,20-0,30	0,151cd	0,147cd	0,183b	0,146d	0,165c	0,189b	0,262a	0,221ab
	0,40-0,50	0,240bc	0,245b	0,225bc	0,217cd	0,228bc	0,192d	0,315a	0,314a
	0,70-0,80	0,297d	0,259e	0,263e	0,297d	0,341c	0,359b	0,376a	0,366ab
	1,40-1,50	0,315c	-	-	-	0,337b	-	0,295bc	0,363a
PT (g g <sup>-1</sup> )	0-0,10	0,420c	0,420c	0,392c	0,426bc	0,561ab	0,572a	0,803a	0,413c
	0,10-0,20	0,432bc	0,394c	0,357d	0,345de	0,324e	0,408bc	0,571a	0,425b
	0,20-0,30	0,404bc	0,394c	0,389cd	0,388cd	0,364d	0,433ab	0,560a	0,441ab
	0,40-0,50	0,519ab	0,491bc	0,445cd	0,451cd	0,462bc	0,431d	0,615a	0,563a
	0,70-0,80	0,590bc	0,537de	0,500e	0,565cd	0,590bc	0,640a	0,650a	0,629a
	1,40-1,50	0,625bc	-	-	-	0,589c	-	0,660a	0,648ab
Ma (g g <sup>-1</sup> )	0-0,10	0,078c	0,094c	0,079c	0,111bc	0,271a	0,254ab	0,379a	0,124c
	0,10-0,20	0,123bc	0,113bc	0,088cd	0,082d	0,064d	0,136ab	0,226a	0,124b
	0,20-0,30	0,107cd	0,099cd	0,123bc	0,115bcd	0,091d	0,135ab	0,229a	0,135ab
	0,40-0,50	0,179bc	0,160c	0,160bc	0,149c	0,162bc	0,134c	0,301a	0,235ab
	0,70-0,80	0,238cd	0,203e	0,240c	0,225de	0,255bc	0,300a	0,306a	0,285ab
	1,40-1,50	0,251b	-	-	-	0,256b	-	0,281a	0,296a
Mie (g g <sup>-1</sup> )	0-0,10	0,341ab	0,325bc	0,314d	0,315cd	0,290e	0,318cd	0,424a	0,289e
	0,10-0,20	0,309ab	0,281cd	0,269ef	0,263fg	0,260g	0,272de	0,346a	0,302bc
	0,20-0,30	0,297b	0,295b	0,266c	0,272c	0,272c	0,297b	0,330a	0,306ab
	0,40-0,50	0,340a	0,332a	0,285e	0,302cd	0,300d	0,296de	0,314bc	0,328ab
	0,70-0,80	0,352a	0,334bc	0,257c	0,340bc	0,338ab	0,341ab	0,345ab	0,343ab
	1,40-1,50	0,373a	-	-	-	0,333b	-	0,37a	0,351b

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de "t", a 5% de probabilidade. <sup>2</sup>Ds - densidade do solo; θs - umidade gravimétrica do solo na amostragem; Se - saturação efetiva; PT - porosidade total; Ma - macroporosidade; Mie - microporosidade efetiva. P1 - pastagem de *Urochloa brizantha* com quatro anos de uso; P2 - pastagem de *U. brizantha* com dois anos de uso; P3 - pastagem de *U. brizantha* com três anos de uso; C1 - soja sob plantio direto; C2 - arroz em plantio convencional; C3 - *U. brizantha* em consórcio com milho; CE - cerrado nativo; PC - pastagem contínua de *U. decumbens*, com 19 anos de uso.



**Figura 1:** Curvas do conteúdo relativo de água (CRA) versus tensão da água no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária nas camadas de 0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30, 0,40-0,50, 0,70-0,80 e 1,40-1,50 m. P1 - pastagem de *Urochloa brizantha* com quatro anos de uso; P2 - pastagem de *U. brizantha* com dois anos de uso; P3 - pastagem de *U. brizantha* com três anos de uso; C1 - soja sob plantio direto; C2 - arroz em plantio convencional; C3 - Milho consorciado com *U. brizantha*; CE - cerrado nativo; PC - pastagem contínua de *U. decumbens*, com 19 anos de uso.