



## Qualidade física de um Latossolo após consórcio milho/capim-marandu em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*

Viviane Cristina Modesto<sup>(1)</sup>, Marcelo Andreotti<sup>(1)</sup>, Deyvison de Asevedo Soares<sup>(1)</sup>,  
Leandro Alves Freitas<sup>(2)</sup>, Osvaldo Araújo Júnior<sup>(1)</sup>, Eduardo Augusto Pontes  
Pechoto<sup>(1)</sup>, Leonardo de Lima Froio<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, Cep: 15385-000. [vivianemodesto@hotmail.com](mailto:vivianemodesto@hotmail.com)

<sup>(2)</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil, Cep: 85960-000

**RESUMO:** O manejo adequado do solo, em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária, proporciona melhoria em sua estrutura física refletindo na produtividade de culturas. Objetivou-se avaliar as alterações da macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, estoque de carbono e resistência mecânica à penetração em duas profundidades: 0,00 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso cultivado em SIPA e sob Sistema Plantio Direto, em área irrigada, após as safras e entressafras de 2014/15 e 2015/16. O delineamento experimental utilizado no primeiro experimento foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, sendo os tratamentos: Milho (exclusivo) inoculado, consórcio com capim-marandu sem inoculação, consórcio com inoculação das sementes do capim-marandu, consórcio com inoculação das sementes do milho, milho (exclusivo) sem inoculação e consórcio com inoculação em ambas as sementes (milho e capim-marandu). As parcelas do segundo experimento foram alocadas no mesmo local do primeiro experimento. O delineamento experimental deste segundo experimento foi o DBC, com quatro repetições em três tratamentos no capim-marandu após colheita do milho: aplicação do inoculante via foliar, ureia à lanço (50 kg ha<sup>-1</sup> de N a cada corte, num total de 4 cortes) e controle. A utilização de forrageiras em sistema de rotação de culturas, proporcionou melhoria da qualidade física do solo, e no estoque de carbono, independente dos tratamentos, após dois anos de cultivo, refletindo na redução da compactação, viabilizando o sistema em região de Cerrado de baixa altitude.

**Termos de indexação:** Atributos físicos do solo; bactérias promotoras de crescimento; SIPAs

Os atributos físicos do solo, podem ser considerados como indicadores eficientes da qualidade dos solos, principalmente pelo fato de variarem de acordo com o sistema de manejo e de permitirem o monitoramento contínuo (PRAGANA et al., 2012) a um custo relativamente baixo.

Sistemas de manejo diversificados e tecnificados, como os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs) e o Sistema Plantio Direto (SPD) tem-se tornado cada vez mais frequente devido aos benefícios proporcionados na qualidade física, química e microbiológica do solo, além possibilitarem, em uma mesma área, a produção de grãos e de forragem para manutenção do SPD ou fornecimento ao animal em época de escassez de alimento.

Outra tecnologia promissora é a utilização de bactérias diazotróficas promotoras de crescimento, cujos efeitos principais estão na fixação biológica do N<sub>2</sub> atmosférico e produção de fitormônios, os quais promovem o aumento do sistema radicular, principalmente de radículas, resultando em melhor absorção de água e nutrientes (VOGEL et al., 2013) refletindo na economia de fertilizantes, principalmente os nitrogenados.

Considerando-se a importância dos SIPAs em SPD na melhoria dos atributos físicos do solo e da alta demanda por fertilizantes nitrogenados, objetivou-se avaliar em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico sob irrigação mecânica no Cerrado, as alterações nos atributos físicos do solo após consórcio ou não de milho e capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) inoculado ou não nas sementes com *Azospirillum brasilense*, e na entressafra o efeito do capim-marandu inoculado via foliar ou com aplicação de ureia à lanço sobre estes mesmos atributos solo.

### INTRODUÇÃO



## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi composta por dois experimentos sequenciais desenvolvidos sob irrigação mecânica (pivô central) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FE/UNESP), localizada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul (20°20'05" S e 51°24'26" W, altitude de 335 m). O tipo climático da região é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

O solo da área experimental é caracterizado por LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (SANTOS et al., 2013) e apresentava um histórico de cultivo com culturas anuais em Sistema Plantio Direto há 12 anos, sendo a soja a cultura anterior à implantação da pesquisa. Portanto, com objetivo de caracterizá-lo inicialmente, isto é, antes da semeadura dos sistemas de produção avaliados (outubro de 2014), foram coletadas 20 amostras nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, em pontos aleatórios na área experimental (Tabela 1) para determinação de: densidade (Ds), macroporosidade (MA), microporosidade (MI) e porosidade total (PT), pelo método do anel volumétrico e da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997). Nesses mesmos pontos, determinaram-se os valores da resistência mecânica à penetração (RMP), utilizando o penetrômetro de impacto do tipo STOLF, 1991.

Antes da instalação do experimento, para ambos os anos agrícolas, foi realizada a dessecação utilizando-se o herbicida Glyphosate (1,44 kg ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo (i.a.)), com volume de pulverização de 200 L ha<sup>-1</sup> e posterior manejo mecânico utilizando triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton), visando à erradicação da flora daninha e formação de palhada para continuidade do SPD.

Na semeadura do milho e do consórcio, em 11/11/2014 (safra 2014/15) e 17/11/2015, (safra 2015/16), as sementes foram inoculadas ou não com a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6), fornecida pelo inoculante líquido na dose de 100 mL/25 kg de sementes (9x10<sup>8</sup> UFC/mL), tanto para o milho quanto para o capim-marandu. A inoculação ocorreu momentos antes da semeadura, à sombra, e nas sementes.

A cultura do milho (híbrido precoce DKB 390 YG e DKB 350 PRO, utilizados nas safras 2014/15 e 2015/16) foram semeadas mecanicamente por meio de semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo haste (facão) para SPD, a uma profundidade de aproximadamente 0,05 m, espaçamento de 0,45 m e cerca de 3,3 sementes m<sup>-1</sup> objetivando-se atingir um estande final próximo a 66.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Em ambos os anos agrícolas, a semeadura da forrageira (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) foi realizada após a semeadura do milho, sendo efetuada com outra semeadora-adubadora, com mecanismo sulcador do tipo disco duplo desencontrado para SPD, em que as sementes foram acondicionadas no compartimento do fertilizante da semeadora e depositadas na profundidade de 0,06 m, no espaçamento de 0,17 m, utilizando-se aproximadamente 7 kg ha<sup>-1</sup> de sementes puras viáveis (VC=70 %) para o capim-marandu. Desta forma, as sementes do capim ficaram abaixo das sementes de milho, seguindo atrasando a emergência do capim em relação à cultura produtora de grãos e diminuir a provável competição entre as espécies no período inicial de desenvolvimento das culturas.

O delineamento experimental utilizado no primeiro experimento foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, sendo os tratamentos: milho (exclusivo) inoculado, consórcio com capim-marandu sem inoculação, consórcio com inoculação das sementes do capim-marandu, consórcio com inoculação das sementes do milho, milho (exclusivo) sem inoculação e consórcio com inoculação em ambas as sementes (milho e capim-marandu). A colheita do milho aconteceu nas respectivas datas: 20/03/2015 e 16/03/2016.

As parcelas do segundo experimento foram alocadas na mesma área. O delineamento experimental do segundo experimento foi o DBC, com quatro repetições em três tratamentos: aplicação do inoculante via foliar, ureia à lanço (50 kg ha<sup>-1</sup> de N) e controle, totalizando 4 cortes, com intervalo médio de 30 dias. Ao final da última coleta, no ano de 2016, foram avaliados os mesmos atributos físicos da caracterização inicial do solo.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk a 5% para verificação da normalidade dos dados, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de



LSD a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software "R".

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve influência significativa na camada subsuperficial (0,10 – 0,20 m) para macroporosidade (MA20), microporosidade (MI20) e porosidade total (PT20) **tabela 2**. Para a MA20 o melhor resultado foi obtido no tratamento controle, já para MI20, o tratamento com aplicação de ureia se destacou dos demais.

O aumento da quantidade de macroporos relaciona-se com a maior exploração do perfil do solo pelos diferentes sistemas radiculares das plantas em consórcio, que se decompõe, contribuindo para formação da arquitetura permanente de poros, contribuindo beneficentemente com a agregação e estrutura do solo (COSTA et al., 2015), além da infiltração de água.

Quando comparada à fase de instalação do experimento (**Tabela 1**), houve redução da densidade (DS), fato que pode ser justificado pelo desenvolvimento radicular vigoroso e profundo da *Urochloa* e aos consórcios utilizados, que por explorarem o solo em profundidade, proporcionaram maior aeração, aumento da porosidade, conseqüentemente reduzindo a DS, além da decomposição do material vegetal.

Apesar de não apresentarem resultados significativos, o estoque de carbono (EC) nas duas camadas os resultados obtidos foram inferiores ao observado na implantação do experimento em novembro de 2014 (17,17 t ha<sup>-1</sup>), o que pode ser justificado pela diminuição da densidade do solo ao longo dos anos, proporcionada pelas práticas de manejo adotadas como a utilização de rotação de culturas e consorciação, além da redução do tráfego na área em razão do período de pastagem após a colheita do milho.

Os resíduos vegetais produzidos pelos SIPAs em Sistema Plantio Direto proporcionam incremento nos ECs e nos teores de matéria orgânica do solo, além de serem indispensáveis no aumento do tamanho e estabilidade de agregados, favorecendo o controle da resistência do solo à compactação (COSTA et al., 2015). A resistência mecânica à penetração (RMP) foi influenciada pelos sistemas utilizados,

sendo que na camada superficial, os valores se mantiveram abaixo de 3,0 Mpa, valores inferiores aos observados na fase inicial do experimento (**Figura 1**). O aumento da RMP é uma das conseqüências diretas da compactação do solo (KIRKEGAARD et al, 1993) e é restritivo ao crescimento radicular das culturas quando esses valores encontram-se na faixa de 1,5 a 3 Mpa (BEUTLER et al., 2001).

## CONCLUSÕES

A inoculação com *A. brasilense* nas sementes de milho e capim-marandu, além da aplicação foliar em capim-marandu proporcionou incremento no sistema radicular pela ação de fitormônios, contribuindo para melhora dos atributos físicos do solo.

Os sistemas de manejo proporcionam redução da compactação do solo, nas camadas superficiais e subsuperficiais.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pela concessão da bolsa de doutorado da segunda autora, através do processo 2014/02697-1.

## REFERÊNCIAS

- BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; FERREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na Região dos Cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, p. 167-177, 2001.
- COSTA, N. R., ANDREOTTI, M., LOPES, K. S. M., YOKOBATAKE, K. L., FERREIRA, J. P., PARIZ, C. M., LONGHINI, V. Z. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 3, p. 852-863. 2015.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.
- KIRKEGAARD, J. A.; SO, H. B.; TROEDSON, R. J. Effect of compaction on the growth of pigeon pea on clays soils. III. Effect of soil type and water regime on plant response. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 26, n. 2, p. 163-178, 1993.



LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M. R.; NOBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, J. A. Qualidade Física de Latossolos Amarelos sob Plantio Direto na Região do Cerrado Piauiense. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, n.5, p.1591- 1600, 2012.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

VOGEL; G. F.; MARTINKOSKI, L.; MARTINS, P. J.; BICHEL, A. Desempenho agrônômico de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: uma revisão. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, Maringá, v. 6, n. 3, p. 567-578, 2013.

**Tabela 1** - Caracterização inicial dos atributos físicos do solo. Selvíria – MS (2014).

Profundidade (m)	MA <sup>1</sup>	MI	PT	DS	RMP	UG
		----- m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----		kg dm <sup>-3</sup>	MPa	g kg <sup>-1</sup>
0,00-0,10	0,07	0,37	0,44	1,48	2,580	221
0,10-0,20	0,07	0,36	0,44	1,48	2,363	227

<sup>1</sup>MA: macroporosidade, MI: microporosidade, PT: porosidade total, DS: densidade do solo, RMP: resistência mecânica à penetração e UG: umidade gravimétrica do solo.

**Tabela 2-** Atributos físicos do solo e estoque de carbono nas camadas 0 – 0,10 e de 0,10-0,20 m, após a condução do capim-marandu implantado em ocasião do consórcio com a cultura do milho em área irrigada no ano de 2016.

Tratamentos	MA10	MI10	PT10	MA20	MI20	PT20	DS10	DS20	EC10	EC20
	----- m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----						-- kg dm <sup>-3</sup> --	-- t ha <sup>-1</sup> --		
	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns
<i>A. brasilense</i>	0,088	0,388	0,476	0,072b	0,330b	0,402b	1,02	1,16	14,5	16,8
Ureia	0,104	0,416	0,520	0,090b	0,410a	0,500a	1,00	1,10	13,5	15,1
Controle	0,134	0,344	0,478	0,116a	0,370ab	0,486a	1,00	1,09	13,9	14,7
CV (%)	43,60	11,51	14,43	13,47	9,76	9,06	7,13	4,37	6,48	8,60

\*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade. Macroporosidade (MA10), microporosidade (MI10), porosidade total (PT10), densidade do solo (DS10) e estoque de carbono (EC10) na camada de 0,00-0,10 m. Macroporosidade (MA20), microporosidade (MI20), porosidade total (PT20), densidade do solo (DS20) e estoque de carbono (EC20) na camada de 0,10-0,20 m.

**Figura 1-** Resistência mecânica à penetração nas camadas de 0 a 0,10 e de 0,10 a 0,20 m, ao final da condução do SIPA em área irrigada no ano de 2016.

