



Efeitos do consórcio entre sorgo inoculado ou não com *Azospirillum brasilense* e capim Paiaguás nas características físicas do solo

Isadora Nicolielo de Souza^(1*); Marcelo Andreotti⁽²⁾; Allan Hisashi Nakao⁽³⁾; Deyvison de Asevedo Soares⁽¹⁾; Eduardo Pontes Pechoto⁽¹⁾; Viviane Cristina Modesto⁽¹⁾; Débora Porto Barbosa da Silva⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira; Ilha Solteira, São Paulo, Brasil, 15385-000. (*)isa.nicolielo@gmail.com.

⁽²⁾ Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000.
Centro Universitário de Santa fé do Sul, Santa Fé do Sul, SP, Brasil, 15775-000.

RESUMO: O sorgo tem ganhado cada vez mais espaço no cenário nacional por sua rusticidade e adaptabilidade em sistemas consorciados, principalmente na segunda safra em condições de Cerrado. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do consórcio entre sorgo de dupla aptidão, inoculado ou não com *Azospirillum brasilense* e capim-paiaguás sobre compactação do solo, pela avaliação da densidade e dos estoques de carbono na camada de 0 a 0,20 m, em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, sob condições de sequeiro no Cerrado de baixa altitude. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2 x 2, com quatro repetições, em que tratamentos foram constituídos por dois anos de cultivos (2015 e 2016), em cultivo exclusivo (solteiro) ou em consórcio com o capim-paiaguás, na presença ou ausência da inoculação das sementes de sorgo dupla aptidão com a bactéria *A. brasilense*. Sistemas consorciados de sorgo de dupla aptidão com o capim paiaguás, e inoculação nas sementes de sorgo contribuem para a descompactação do solo e aumento dos estoques de carbono em camadas subsuperficiais.

Termos de indexação: Sistemas Integrados de Produção Agropecuária, bactérias promotoras de crescimento em plantas, *Sorghum bicolor* L.

INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é conhecido por sua tolerância ao déficit hídrico, quando comparado com outros cereais, o que o torna uma opção para utilização em regiões com distribuição irregular de chuvas na época do ano conhecida como segunda safra (safrinha).

Um dos motivos dos quais muitos produtores não proporcionam o manejo adequado de algumas culturas é o custo dos fertilizantes químicos, tornando intensa a busca por novas tecnologias para recuperar áreas degradadas com redução de custos de produção.

Os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs) em Sistema Plantio Direto (SPD), auxiliam na produção de forragem quando consorciados com culturas produtoras de grãos, o que torna o sorgo, alternativa viável na produção de grãos, silagem e manutenção da palhada para o SPD. Porém, para o sucesso da produção, são necessárias maiores informações do manejo adequado e desempenho em consórcio com capins tropicais (SOARES et al., 2016).

Outra alternativa para a diminuição de custos da produção é o uso de bactérias diazotróficas, que contribuem para a fixação biológica de nitrogênio e melhoram a exploração radicular nas camadas de solo favorecendo a absorção de água e nutrientes, em situações como o estresse hídrico.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos dos consórcios entre o sorgo de dupla aptidão em cultivo exclusivo (solteiro) ou em consórcio com capim-paiaguás, na presença ou ausência da inoculação nas sementes de sorgo com *Azospirillum brasilense* na compactação de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico em Cerrado de baixa altitude.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido 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, 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. Os valores de temperaturas (mínima, média e máxima) e precipitação durante o período experimental encontram-se na **Figura 1**.

O solo da área experimental, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2013), é um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso.

O estudo constou de dois anos de cultivo do sorgo dupla aptidão (A 9902), cujas parcelas e tratamentos foram alocadas no mesmo local em ambos os anos. A área experimental faz parte de um experimento de longa duração, sendo os sistemas de integração lavoura-pecuária instalados nos anos 2015 e 2016.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por dois anos (2015 e 2016); em cultivo exclusivo (solteiro) ou em consórcio com o capim-paiaguás, com ou sem a inoculação das sementes de sorgo com a bactéria *Azospirillum brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6), na dose de 100 mL/25 kg de sementes. A inoculação com o inoculante líquido foi efetuada momentos antes da semeadura, à sombra, e nas sementes de sorgo nos dois anos. As unidades experimentais foram alocadas em ambos os anos agrícolas nas mesmas parcelas.

O sorgo em consórcio ou não foi destinado à produção de silagem de planta inteira semeado mecanicamente em 17/03/2015 e 06/04/2016, respectivamente para o primeiro e segundo anos. Em ambos se utilizou a profundidade de aproximadamente 0,03 m, no espaçamento de 0,45 m, com densidade de 10 sementes m^{-1} .

Em ambos os anos agrícolas, a semeadura do capim-paiaguás foi realizada simultaneamente à semeadura, nas entrelinhas da cultura do sorgo. As sementes foram depositadas na profundidade de aproximadamente 0,06 m, no espaçamento de 0,45 m, utilizando-se cerca de 10 kg ha^{-1} de sementes com valor cultural (VC) de 60%.

Na adubação de semeadura do sorgo utilizou-se 12 kg de N, 90 kg de P_2O_5 e 30 kg de K_2O por hectare para ambos os anos. A adubação de cobertura, em ambos os anos, foi efetuada com 90 kg ha^{-1} de N (sulfato de amônio), 30 dias após a emergência.

Ao final do experimento, foram determinados em todos os tratamentos, após a dessecação das rebrotas de sorgo e/ou capim-paiaguás, em ambos os anos agrícolas teores de C e densidade do solo (DS). Para os teores de C, as amostras de solo foram secas ao ar, homogeneizadas, moídas,

passadas em peneiras a 100 mesh e analisadas segundo metodologia de Raij et al. (2001). Os estoques de C foram calculados a partir dos valores de C e dos valores da densidade do solo coletadas nas parcelas, em 10 diferentes pontos, pelo método do anel volumétrico (DANIELSON; SUTHERLAND, 1986).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com auxílio do programa estatístico SISVAR®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de manejo com sorgo de dupla aptidão apresentou redução do estoque de carbono nas camadas do solo em decorrência dos anos de cultivo (**Tabela 1**), pelo fato de maior exportação de material vegetal nos 2 anos de produção de silagem. De acordo com Rosa et al. (2017), o aumento no teor de carbono no solo melhora a qualidade física, química e biológica pelo aumento da matéria orgânica do solo.

Para a densidade do solo, os altos valores observados na camada superficial indicam que o uso intensivo do solo, com dois cultivos anuais (sorgo silagem e soja para grãos), e, portanto, intenso tráfego de maquinário, pode ter promovido a sua compactação, semelhante ao relatado por Costa et al. (2015). Mesmo nos sistemas que foram consorciados com capim-paiaguás, com maiores quantidades de palhada residual, houve incremento significativo na densidade do solo. Santos et al. (2011), também observaram aumento de densidade na camada superficial 0 a 0,20 m, com respectivo decréscimo na macroporosidade das áreas estudadas em sistemas de integração lavoura-pecuária. Enquanto que Carvalho et al. (2016), em estudo conduzido em Capão do Leão, RS, no bioma Pampa, em que avaliaram o efeito da ILP nos atributos físicos, químicos e biológicos de um solo hidromórfico, verificaram a redução da densidade do solo apenas na camada de 0-0,05 m, ao longo do tempo.

Torna-se importante salientar que, os valores para o estoque de carbono verificados na presente pesquisa, em todas as épocas de avaliação (**Tabela 1**), diminuíram ao longo do experimento, demonstrando o impacto que a colheita para silagem pode proporcionar na captação do material orgânico.

Em relação ao desdobramento da interação anos \times com ou sem o capim-paiaguás para EC10 do solo (**Tabela 2**), observou-se que entre os anos, sem o consórcio houve redução dos valores de um ano para o outro, porém quando da presença do



consórcio no segundo ano de cultivo, ele aumentou de 17,66 para 21,14 Mg ha⁻¹, demonstrando a importância do capim na produção de fitomassa para sustentabilidade do SPD.

CONCLUSÕES

O consórcio do sorgo dupla-aptidão com o capim-paiaguás e a inoculação com *Azospirillum brasilense* proporcionaram melhoria da qualidade física do solo, com manutenção de sua densidade e aumento nos estoques de carbono na camada de 0 a 0,20 m.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão de bolsa estudos de doutorado ao terceiro autor.

REFERÊNCIAS

- BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; CERRI, C. C.; BOURENNANE, H. Modeling vertical distribution carbon in Oxisols of the Western Brazilian Amazon (Rondonia). **Soil Science**, Madison, v.163, p.941-951, 1998.
- CARVALHO, J. S.; KUNDE, R.J.; STÖCKER, C. M.; LIMA, A. C. R.; SILVA, J. L.S. Evolução de atributos físicos, químicos e biológicos em solo hidromórfico sob sistemas de integração lavoura-pecuária no bioma Pampa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1131-1139, 2016.
- COSTA N. R., ANDREOTTI, M., LOPES, K. S. M., YOKOBATAKE, K. L., FERREIRA, J. P., PARIZ, C. M., BONINI, C. S. B., LONGHINI, V. Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, n.3, p. 852-863, 2015.
- DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. (ed.). **Methods of soil analysis**. 2 ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v. 1, p. 443-461.
- RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 284 p.
- RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. C. **Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 7 p. (Circular Técnica, 119).
- ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; LIMA, G. P.; PACHECO, F. P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 221-230, 2017.
- SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M.; SILVEIRA, P. M.; BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1339-1348, 2011.
- 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. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- SOARES, D. A. et al. Manejo da Adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* para a produção de grãos e palha de sorgo na Integração Lavoura-Pecuária. In: CONGRESSO DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Milho e Sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar**. Bento Gonçalves: Cnms, 2016. p.530-535.
- WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, p. 487-494, 2005.

Figura 1- Dados meteorológicos obtidos da estação situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP, no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul, no período de março/2015 a março de 2017.

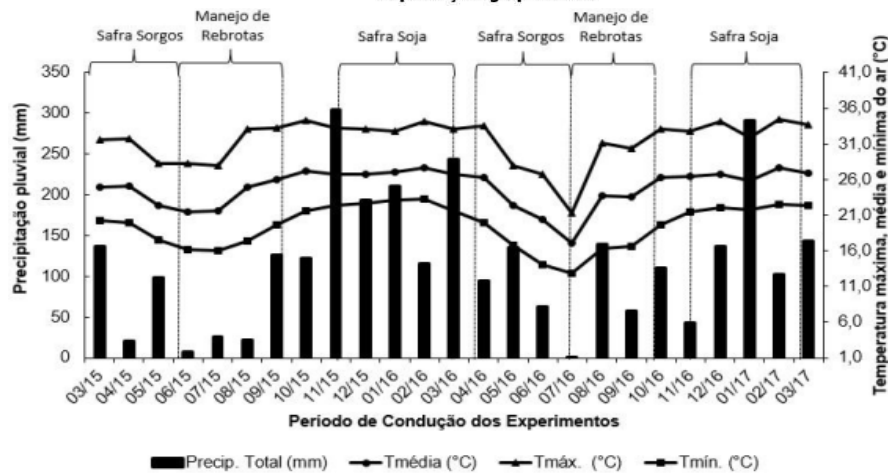


Tabela 1- Médias de Densidade do solo (DS) e estoque de carbono (EC) nas camadas de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m, por ocasião da dessecação da rebrota do sorgo de dupla aptidão em consórcio ou não com capim-paiaguás, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS, 2018.

Tratamentos	Ds10		Ds20		EC10		EC20	
	-----kg dm ⁻³ -----				-----Mg ha ⁻¹ -----			
Sorgo								
1º Ano	1,48b		1,60		21,80 a		18,60 a	
2º Ano	1,54a		1,62		19,40 b		16,56 b	
Capim								
Com	1,51		1,62		21,35 a		17,62	
Sem	1,51		1,60		19,85 b		17,54	
Inoculação								
Com	1,53		1,63		20,78		17,88	
Sem	1,50		1,59		20,41		17,28	
Teste F								
Ano (A)	6,55*		0,12ns		13,93**		16,22**	
Capim (C)	0,01ns		0,43ns		5,43*		0,02ns	
Inoculação (I)	1,85ns		1,31ns		0,32ns		1,41ns	
A x C	0,19ns		0,18ns		9,51**		0,29ns	
A x I	0,66ns		0,22ns		0,92ns		0,34ns	
C x I	3,10ns		0,53ns		0,01ns		0,10ns	
A x C x I	0,10ns		0,01ns		1,03ns		0,12ns	
DMS	0,04		0,06		1,33		1,05	
CV (%)	4,28		5,82		8,81		8,16	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo.

Tabela 21- Desdobramento das interações significativas dos anos x com ou sem o capim-paiaguás no consórcio com sorgo de dupla aptidão, para o EC10 do solo, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS, 2018.

TRATAMENTO	Capim -paiaguás	
	Com	Sem
	EC10 (Mg ha ⁻¹)	
1º Ano	1,56 a	1,52 b
2º Ano	1,48 bB	1,58 aA

Médias seguidas de letras distintas minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.