

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**ALLAN HISASHI NAKAO**

**CONSORCIAÇÃO DE SORGO GRANÍFERO OU DE DUPLA APTIDÃO COM  
CAPIM-PAIAGUÁS EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO COM *Azospirillum*  
*brasiliense* PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM**

**Ilha Solteira**

**2018**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Especialidade: Sistemas de  
Produção

ALLAN HISASHI NAKAO

CONSORCIAÇÃO DE SORGO GRANÍFERO OU DE DUPLA APTIDÃO COM  
CAPIM-PAIAGUÁS EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO COM *Azospirillum*  
*brasiliense* PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

Tese apresentada à Faculdade de  
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha  
Solteira, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

**Orientador:** Prof. Dr. Marcelo Andreotti

Ilha Solteira

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

N163c Nakao, Allan Hisashi.  
Consortiação de sorgo granífero ou de dupla aptidão com capim-paiaguás em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* para produção de silagem / Allan Hisashi Nakao. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018  
139 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Especialidade: Sistemas de Produção, 2018

Orientador: Marcelo Andreotti  
Inclui bibliografia

1. Bactérias diazotróficas. 2. Cultivo outonal. 3. *Sorghum bicolor* (L.) moench.  
4. *Urochloa brizantha*.

  
Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção  
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação  
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação  
CUBA - 0909



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: CONSORCIAÇÃO DE SORGO GRANÍFERO OU DE DUPLA APTIDÃO COM CAPIM-PAIAGUÁS EM FUNÇÃO DA INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

AUTOR: ALLAN HISASHI NAKAO

ORIENTADOR: MARCELO ANDREOTTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA, especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Departamento de Frossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCO EUSTÁQUIO DE PA

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia / UNESP, Câmpus de Ilha Solteira

Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS

Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

Dr. WANDER LUIS BARROSA BORGES

Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais / Instituto Agronômico - IAC

Ilha Solteira, 23 de março de 2018

## **DEDICO,**

A Deus que sempre esteve presente em meu coração nos momentos de alegrias ou de tristezas me dando forças para seguir em frente e lutar pelos meus objetivos.

Aos meus queridos pais, Elson Koichi Nakao e Noemi Sato Nakao, pela vida, educação, dedicação e apoio durante esta caminhada, onde sem eles nada disso teria acontecido.

À minha Irmã Tabata Hissae Nakao, e a toda minha família, pelo carinho, amor, apoio e oportunidade que me concederam em todos esses anos.

À minha noiva Daniela Capelas Centeno, que não mediu esforços em me acompanhar, incentivar, animar, ajudar, esperar, acalmar e acalantar meu coração nos momentos tristes e felizes.

Muito Obrigado!

## **AGRADEÇO,**

Aos Professores Doutores do programa de Pós - Graduação em Agronomia que sempre nos foram muito atenciosos e prestativos e que além do conhecimento técnico, nos passaram experiência de vida e nos deram a prazerosa oportunidade de desfrutar de suas amizades, em especial: Marco Eustáquio de Sá, Orivaldo Arf, Edson Lazarini, Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues, Morel de Passos Carvalho, Aparecida Conceição Boliani, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, Rafael Montanari, Élcio Hiroyoshi Yano, Thiago Assis Rodrigues Nogueira, Salatiér Buzetti e Ana Maria Rodrigues Cassiolato.

Ao orientador Prof. Dr. Marcelo Andreotti, pelo profissionalismo, competência, amizade, conselhos, empenho, pela confiança em mim depositada e pela liberdade de ações na realização deste e de outros trabalhos desenvolvidos. Seus exemplos serão referência para todo meu futuro, onde certamente todos os ensinamentos serão sempre lembrados. Sou muito grato por tudo e me orgulho muito em tê-lo como orientador e amigo.

À Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Sistema de Produção, pela estrutura física exemplar, profissionalismo e incentivo aos alunos e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

À todos os funcionários da FEIS, sendo em especial: Juliano Borges, César Seleguim, Sidival Antunes, Alvino Silva, Marcelo Rinaldi, Osmar Martins da Silva, Elton Moreira, Marcia Bomfim de Souza, pela amizade e auxílio na realização das análises em seus respectivos departamentos;

Aos companheiros e companheiras do prédio Alameda Bahia, 382: Danilo Okimoto, Gabriel Conceição, Eduardo Pechoto, Vinícius Salmazo, Matheus Souza, Eduardo Cal, Paulo Eduardo Marinho, Patricia Fernanda, Monara Rosa, Sâmia Momesso Marques, Cleina Carvalho, Leticia Pagoto, Julia Ferreira Berton, Elise Carminatti, Karla Handressa, Dona Edir Rosa da Silveira e Dona Laura Vivian, pela amizade e apoio concedido durante todos esses dias de convivência, onde juntos, não nos tornamos apenas amigos e sim uma grande família.

À Gabriela Noronha e Eduardo Pechoto pela amizade e auxílio em todas as etapas de desenvolvimento deste projeto.

Aos amigos da Equipe Andreotti: Lourdes Dickmann, Viviane Modesto, Cássia Garcia, Deyvison Soares, Leandro Alves, Isabô Melina, Osvaldo Araujo, Leonardo Froio, Gilmar Cotrin, Mariana Gaioto, João Vitor Lattari, Sanderley Simões Cruz, Jefferson Garcia, Tamiris Yoshie Kiyama, Roseana Ramos, Ana Carolina Almeida, Bruno Bueno, Guilherme Franzote, Nathália Molinaro, Bruno Yabuki, Isabela Fernandes e Izabela Garcia pelo grandioso auxílio e dedicação na hora em que mais precisei da ajuda para a condução e realização deste estudo. Obrigado por me ensinar o real valor do trabalho em equipe. Só tenho que agradecer a vocês, pois este estudo somente foi possível graças ao empenho de vocês todos. Além disso, gostaria de compartilhar com vocês este momento especial e dizer que espero que a nossa amizade construída ao longo desses anos perdure para sempre.

Ao Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da FE/Unesp – Campus de Ilha Solteira, em especial, o diretor João Josué Barbosa pelo auxílio na normatização e elaboração da ficha catalográfica dessa tese.

Enfim, a todos aqueles que não foram citados, mas que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“Com talento ganhamos partidas; com trabalho em equipe e inteligência ganhamos campeonatos”

(Michael Jordan)

“Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena acreditar nos sonhos que se têm ou que os seus planos nunca vão dar certo ou que você nunca vai ser alguém...”

(Renato Russo)



## RESUMO

A agricultura brasileira tem se destacado na produção de grãos e na pecuária, principalmente no bioma Cerrado pelo aumento tecnológico e, sobretudo pelo aspecto de aliar um sistema que integraliza conjuntamente lavoura e pecuária. Objetivou-se avaliar o desempenho produtivo, qualidade bromatológica, componentes da produção de cultivares de sorgo inoculados ou não com bactérias diazotróficas, exclusivamente ou em consórcio com capim-paiaguás, bem como da produtividade de matéria seca da rebrota juntamente com o capim sobre os atributos químicos e físicos do solo e produtividade da soja em sucessão. Os experimentos foram realizados nos anos de 2015 e 2016, em Selvíria-MS. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 2 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos corresponderam a dois anos agrícolas (2015 e 2016); com cultivo de sorgo granífero e de dupla aptidão solteiros ou em consórcio com o capim-paiaguás, com ou sem a inoculação das sementes de sorgo com *Azospirillum brasilense*. O consórcio do sorgo granífero com capim-paiaguás em cultivo outonal, não alterou sua produtividade de matéria seca e de grãos, entretanto, para o de dupla aptidão, por efeito competição reduziu a produção de matéria seca de folhas, colmo e panículas. De modo geral, o consórcio dos sorgos com o capim-paiaguás e a inoculação com *A. brasilense* pouco influenciaram na quantidade e qualidade bromatológica da silagem. O aproveitamento da rebrota dos sorgos, principalmente em consórcio com o capim-paiaguás, apresentaram-se viáveis na produção de palhada remanescente no período de entressafra, pela maior produtividade de matéria seca, com maior acúmulo de nutrientes que resultaram em melhores condições de fertilidade do solo. A inoculação com *A. brasilense* nas sementes de sorgo granífero e de dupla aptidão proporcionou maior desenvolvimento, tanto do sorgo quanto do capim-paiaguás em consórcio, proporcionando incrementos na matéria seca da parte aérea de ambas as espécies vegetais, e assim incrementando a ciclagem de nutrientes e a fertilidade do solo. Com efeito da palhada do consórcio dos sorgos (granífero e de dupla aptidão) com o capim-paiaguás, e principalmente quando do uso da inoculação com *A. brasilense* houve incrementos do número de vagens por planta e da produtividade da soja em sucessão.

**Palavras-chaves:** Bactérias diazotróficas. Cultivo outonal. *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Urochloa brizantha*.

## ABSTRACT

Brazilian agriculture has been highlighted in grain production and livestock production, especially in the Cerrado biome, due to the technological increase and, above all, to the aspect of allying a system that jointly integrates agriculture and livestock. The objective of this study was to evaluate the productive performance, bromatological quality, components of the production of sorghum inoculated or not with diazotrophic bacteria, exclusively or in a consortium with Paiaguás grass, as well as the dry matter yield of the regrowth together with the grass on the chemical and physical characteristics of the soil and soybean yield in succession. The experiments were carried out in the years 2015 and 2016, in Selvíria-MS. The experimental design was a randomized block design, in a 2 x 2 x 2 factorial scheme, with four replications. The treatments corresponded: two agricultural years (2015 and 2016); cultivation of grain sorghum and dual aptitude singles or in consortium with Paiaguás grass, with or without the inoculation of sorghum seeds with *Azospirillum brasilense*. The consortium of grain sorghum with Paiaguás grass in autumnal cultivation does not alter its dry matter and grain yield. However, for the double suitability, the competition effect reduces the dry matter yield of leaves, stem and panicles. In general, the consortium of sorghum with Paiaguás grass and inoculation with *A. brasilense* had little influence on the quantity and the bromatological quality of the silage. The use of sorghum regrowth, mainly in a consortium with Paiaguás grass, were viable in the production of straw remaining during the off-season, due to the greater dry matter yield, with greater accumulation of nutrients, which resulted in better fertility conditions of soil. As a result of the sorghum consortium (graniferous and double suitability) with Paiaguás grass, and especially when using inoculation with *A. brasilense*, there were increases in the number of pods per plant and soybean yield in succession.

**Key words:** Diazotrophic bacteria. Autumnal crop. *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Urochloa brizantha*.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> 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.....	28
<b>Figura 2-</b> Semeadura do sorgo na área experimental. FEPE. Selvíria, MS.....	31
<b>Figura 3-</b> Semeadura do capim-paiaguás na área experimental. FEPE. Selvíria, MS. ....	32
<b>Figura 4-</b> Colheita do sorgo na altura de 0,25 m. FEPE. Selvíria, MS.....	34
<b>Figura 5-</b> Silos experimentais usados no processo de ensilagem nos dois anos de cultivo. FEPE. Selvíria, MS.....	35
<b>Figura 6-</b> Silos experimentais abertos 42 dias após a ensilagem. FEPE. Selvíria, MS. ....	35
<b>Figura 7-</b> Conjunto de prensa utilizado para extrair o suco da silagem. FEPE. Selvíria, MS. ....	37
<b>Figura 8-</b> Manejo da Rebrota do sorgo. FEPE. Selvíria, MS. ....	40
<b>Figura 9-</b> Simulador de decomposição (Litter Bag). FEPE. Selvíria, MS. ....	43
<b>Figura 10-</b> Coleta de anéis para caracterização física do solo. FEPE. Selvíria, MS. ....	45
<b>Figura 11-</b> Cultura da soja em estádio de V3. FEPE. Selvíria, MS. ....	48
<b>Figura 12-</b> Produtividade de massas secas da folha, colmo, panícula, total do sorgo, forrageira e produtividade de massas do sorgo granífero (MSFG, MSCG, MSPG, MSTG, MSFRG, PMSTG). A) Ano, B) Capim e C) Inoculação. Selvíria-MS. ....	52
<b>Figura 13-</b> Produtividade massas secas da folha, colmo, panícula, total do sorgo, forrageira e produtividade de massas do sorgo de dupla aptidão (MSFDP, MSCDP, MSPDP, MSTDP, MSFRDP, PMSTDP). A) Ano, B) Capim e C) Inoculação. Selvíria-MS.....	56
<b>Figura 14-</b> Acúmulo de nutrientes nas massas secas da folha, colmo, panícula, total do sorgo, forrageira e produtividade de massas do sorgo granífero (MSFG, MSCG, MSPG, MSTG, MSFRG, PMSTG) na ensilagem. A) Ano, B) Capim e C) Inoculação. Selvíria-MS.....	60
<b>Figura 15-</b> Acúmulo de nutrientes nas massas secas da folha, colmo, panícula, total do sorgo, forrageira e produtividade de massas do sorgo de dupla aptidão (MSFDP, MSCDP, MSPDP, MSTDP, MSFRDP, PMSTDP) na ensilagem. A) Ano, B) Capim e C) Inoculação. Selvíria-MS.....	63
<b>Figura 16-</b> Produtividade de massas secas da folha, colmo, panícula, total do sorgo, forrageira e produtividade de massas do sorgo granífero na rebrota (MSFG-R, MSCG-R, MSPG-R, MSTG-R, MSFRG-R, PMSTG-R). A) Ano, B) Capim e C) Inoculação. Selvíria-MS.....	85
<b>Figura 17-</b> Produtividade de massas secas da folha, colmo, panícula, total do sorgo, forrageira e produtividade de massas do sorgo de dupla aptidão na rebrota (MSFDP-R, MSCDP-R, MSPDP-R, MSTDP-R, MSFRDP-R, PMSTDP-R). A) Ano, B) Capim e C) Inoculação. Selvíria-MS.....	88

- Figura 18-** Porcentagem de matéria seca residual nos sorgos granífero e de dupla aptidão, consorciados ou não com o capim-paiaguás (A) e inoculados ou não com *Azospirillum brasilense* (B). Selvíria-MS. ....94
- Figura 19-** Porcentagem de macronutrientes nos sorgos granífero e de dupla aptidão, consorciados ou não com o capim-paiaguás. % Nitrogênio (A), % Fósforo (B), % Potássio (C), % Cálcio (D), % Magnésio (E) e % Enxofre (F). Selvíria-MS....95
- Figura 20-** Porcentagem de macronutrientes nos sorgos granífero e de dupla aptidão, inoculados ou não por *Azospirillum brasilense*. % Nitrogênio (A), % Fósforo (B), % Potássio (C), % Cálcio (D), % Magnésio (E) e % Enxofre (F). Selvíria-MS....97

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Resultados da análise química do solo da área experimental, nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade, amostrado antes da instalação do experimento. Selvíria,MS. ....	29
<b>Tabela 2-</b> Altura de plantas (APG), diâmetro médio basal de colmos (DBCG), estande final de plantas (EFPG) do sorgo granífero, em função dos tratamentos. Selvíria-MS.....	50
<b>Tabela 3-</b> Altura de plantas (APDP), diâmetro médio basal de colmos (DBCDP), estande final de plantas (EFPDP) do sorgo de dupla aptidão, em função dos tratamentos. Selvíria-MS. ....	54
<b>Tabela 4-</b> Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para a altura de plantas do sorgo de dupla aptidão (APDP), em função dos tratamentos. Selvíria-MS.....	55
<b>Tabela 5-</b> Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para a massa seca da forrageira do sorgo de dupla aptidão (MSFRDP), em função dos tratamentos. Selvíria-MS.....	59
<b>Tabela 6-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para acúmulo de Ca, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.....	61
<b>Tabela 7-</b> Desdobramento das interações significativas anos x inoculação por <i>Azospirillum brasilense</i> , para acúmulo de Ca, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.....	61
<b>Tabela 8-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para os acúmulos de N, P e K, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.....	64
<b>Tabela 9-</b> Médias de Poder tampão (PoT), teores proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos solúveis totais (CHOs) planta inteira do sorgo granífero, antes da ensilagem. Selvíria-MS.....	66
<b>Tabela 10-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para o PoT, FDN e CHOs do sorgo granífero, antes da ensilagem. Selvíria-MS.....	67
<b>Tabela 11-</b> Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para o PoT do sorgo granífero, antes da ensilagem. Selvíria-MS.....	68
<b>Tabela 12-</b> Desdobramento das interações significativas capim-paiaguás x inoculação, para o PoT e FDN do sorgo granífero, antes da ensilagem. Selvíria-MS. ....	68
<b>Tabela 13-</b> Médias de Poder tampão (PoT), teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos solúveis totais (CHOs) do sorgo dupla aptidão antes da ensilagem. Selvíria-MS. ....	69
<b>Tabela 14-</b> Desdobramento das interações significativas x capim-paiaguás, para a teores de PB, FDN e CHOs do sorgo de dupla aptidão antes da ensilagem. Selvíria-MS.....	70
<b>Tabela 15-</b> Desdobramento das interações significativas x inoculação, para o PoT, PB e CHOs do sorgo de dupla aptidão antes da ensilagem. Selvíria-MS.....	70
<b>Tabela 16-</b> Médias dos teores de Matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose	

(CEL), hemicelulose (HEM) e cinzas (CZ) expressos em % da matéria seca, em silagem de sorgo granífero. Selvíria - MS. ....	72
<b>Tabela 17-</b> Valores médios de pH, N-NH <sub>3</sub> /NT, nutrientes digestíveis totais (NDT), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), neutro (NIDN), extrato etéreo (EE), carboidratos solúveis (CHOs) e digestibilidade in vitro (D), em silagem de sorgo granífero, Selvíria –MS.....	73
<b>Tabela 18-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para teores de LIG, NIDA e EE, da silagem do sorgo granífero. Selvíria-MS. ....	75
<b>Tabela 19-</b> Desdobramento das interações significativas anos x inoculação por <i>A. brasilense</i> , para teores de FDA, LIG, CEL, NIDN, EE e CHOs, dos componentes bromatológicos da silagem do sorgo granífero. Selvíria-MS. ....	76
<b>Tabela 20-</b> Desdobramento das interações significativas de capim-paiaguás x inoculação por <i>A. brasilense</i> , para teores de MS, PB, FDN, FDA, CEL, CZ, NDT, NIDA, NIDN e CHOs, da silagem do sorgo granífero. Selvíria-MS. ....	77
<b>Tabela 21-</b> Teores de Matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e cinzas (CZ) expressos em % da matéria seca, de silagens de sorgo de dupla aptidão. Selvíria - MS. ....	79
<b>Tabela 22-</b> Valores de pH e teores de N-NH <sub>3</sub> /NT, nutrientes digestíveis totais (NDT), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), neutro (NIDN), extrato etéreo (EE), carboidratos solúveis (CHOs) e digestibilidade (D), de silagens de sorgo de dupla aptidão. Selvíria-MS. ....	80
<b>Tabela 23-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para teores de MS, PB, CZ, valores de pH, teores de NIDA e NIDN, de silagens de sorgo de dupla aptidão. Selvíria-MS. ....	81
<b>Tabela 24-</b> Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para FDN, FDA, LIG, CEL, CZ, pH, NDT, NIDN, EE e D de silagens de sorgo de dupla aptidão. Selvíria-MS. ....	82
<b>Tabela 25-</b> Desdobramento das interações significativas de capim-paiaguás x inoculação por <i>A. brasilense</i> , para teores de PB, LIG, CZ, N-NH <sub>3</sub> /NT, NIDA, NIDN e D de silagens de sorgo de dupla aptidão. Selvíria-MS.....	83
<b>Tabela 26-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para produtividade de matéria seca de folhas (MSFG-R) e total das rebrotas do sorgo granífero (MSTG-R). Selvíria-MS. ....	86
<b>Tabela 27-</b> Desdobramento das interações significativas anos x inoculação por <i>A. brasilense</i> , para produtividade de matéria seca de folhas (MSFG-R), colmos (MSCG-R), panículas (MSPG-R) e total (MSTG-R) das rebrotas do sorgo granífero. Selvíria-MS.....	87
<b>Tabela 28-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para a produtividade de matéria seca de folhas (MSFDP-R) e total (MSTDP-R) das rebrotas do sorgo de dupla aptidão. Selvíria-MS. ....	89
<b>Tabela 29-</b> Acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S das rebrotas de sorgo granífero, em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-paiaguás, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS. ....	90

<b>Tabela 30-</b> Acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S das rebrotas de sorgo dupla aptidão, em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-paiaguás, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS. ....	91
<b>Tabela 31-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para o K, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS. ....	92
<b>Tabela 32-</b> Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para o K, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.....	93
<b>Tabela 33-</b> Atributos químicos do solo na camada de 0 a 0,10 m, por ocasião da dessecação da rebrota do sorgo granífero em consórcio ou não com capim-paiaguás, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS. ....	100
<b>Tabela 34-</b> Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para os atributos químico CTC, Al, Mg e P do solo na camada de 0 a 0,10 m, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.....	101
<b>Tabela 35-</b> Desdobramento das interações significativas de capim-paiaguás x inoculação, para os atributos químico CTC, SB, Ca e P do solo na camada de 0 a 0,10 m. Selvíria-MS.....	102
<b>Tabela 36-</b> Atributos químicos do solo na camada de 0,10 a 0,20 m, por ocasião da dessecação da rebrota do sorgo granífero em consórcio ou não com capim-paiaguás, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS. ....	103
<b>Tabela 37-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para os atributos químico K e P do solo na camada de 0,10 a 0,20 m, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.....	104
<b>Tabela 38-</b> Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para teores de Al, K e M.O do solo, na camada de 0,10 a 0,20 m, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS. ....	105
<b>Tabela 39-</b> Desdobramento das interações significativas de capim-paiaguás x inoculação, para valores de CTC, K e M.O do solo, na camada de 0,10 a 0,20 m, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS. ....	106
<b>Tabela 40-</b> Atributos químicos do solo na camada de 0 a 0,10 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. ....	108
<b>Tabela 41-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para V%, Al, H+Al, M.O. e pH do solo na camada de 0 a 0,10 m, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS. ....	109
<b>Tabela 42-</b> Atributos químicos do solo na camada de 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. ....	110
<b>Tabela 43-</b> Desdobramento das interações significativas anos x inoculação do sorgo de dupla aptidão, para CTC e Al do solo na camada de 0,10 a 0,20 m. Selvíria-MS. ....	111
<b>Tabela 44-</b> 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 granífero em consórcio ou não com capim-paiaguás, durante dois anos agrícolas. Selvíria, MS. ....	113

<b>Tabela 45-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás no consórcio com sorgo granífero, para a Ds10 e EC10 do solo, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS. ....	114
<b>Tabela 46-</b> Desdobramento das interações significativas de capim-paiaguás x inoculação do sorgo granífero, para o EC20 do solo. Selvíria-MS. ....	114
<b>Tabela 47-</b> 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. ....	115
<b>Tabela 48-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás no consórcio com sorgo de dupla aptidão, para o EC10 do solo, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS. ....	116
<b>Tabela 49-</b> Médias de altura de plantas (AP), de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP), de grãos por vagem (NGV), estande final de plantas (EFP), massa de 100 grãos (M100), produtividade de grãos e índice de clorofila foliar de soja, cultivada sob palhada da rebrota de sorgo granífero. Selvíria-MS. ....	118
<b>Tabela 50-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás em consórcio com sorgo granífero, para a produtividade da soja em sucessão. Selvíria-MS. ....	119
<b>Tabela 51-</b> Desdobramento das interações capim-paiaguás x inoculação do sorgo granífero por <i>A. brasilense</i> , para NVP da soja em sucessão. Selvíria-MS. ....	120
<b>Tabela 52-</b> Médias de altura de plantas (AP), de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP), de grãos por vagem (NGV), estande final de plantas (EFP), massa de 100 grãos (M100), produtividade de grãos e índice de clorofila foliar de soja, cultivada sob palhada da rebrota de dupla aptidão. Selvíria-MS. ....	122
<b>Tabela 53-</b> Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás em consórcio com sorgo de dupla aptidão, para o número de vagens por planta de soja em sucessão. Selvíria-MS. ....	123
<b>Tabela 54-</b> Desdobramento das interações capim-paiaguás x inoculação do sorgo de dupla aptidão por <i>A. brasilense</i> , para produtividade de grãos de soja em sucessão. Selvíria-MS. ....	124



## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
2	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
2.1	ASPECTOS GERAIS DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA (ILP).....	19
2.2	<i>Urochloa brizantha</i> (Syn. <i>Brachiaria brizantha</i> ) .....	20
2.3	SORGO ( <i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM	21
2.4	QUALIDADE DE SILAGENS .....	23
2.5	INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE GRAMÍNEAS COM <i>Azospirillum</i> spp.	24
2.6	RESIDUAL DE PALHADAS NA CULTURA DA SOJA ( <i>Glycine max</i> (L.) Merrill) EM SISTEMA PLANTIO DIRETO .....	26
3	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	28
3.1	LOCALIZAÇÃO, HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL, CARACTERIZAÇÃO E PREPARO INICIAL .....	29
3.2	PRODUÇÃO DE SILAGEM DE SORGO GRANÍFERO E DE DUPLA APTIDÃO NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO .....	30
3.2.1	<b>Delineamento experimental e tratamentos para o experimento com silagem de sorgo granífero</b> .....	30
3.2.1.1	<i>Preparo da área experimental e manejo das culturas</i> .....	30
3.2.1.2	<i>Amostragens e análises</i> .....	32
3.2.1.3	<i>Análise estatística</i> .....	37
3.2.2	<b>Delineamento experimental e tratamentos para o experimento com silagem de sorgo de dupla aptidão</b> .....	37
3.2.2.1	<i>Preparo da área experimental e manejo das culturas</i> .....	38
3.2.2.2	<i>Amostragens e análises</i> .....	38
3.2.2.3	<i>Análise estatística</i> .....	39
3.3	AVALIAÇÕES REALIZADAS NO MOMENTO DA REBROTA DOS SORGOS: GRANÍFERO E DE DUPLA APTIDÃO.....	39
3.3.1	<b>Tratamentos e delineamento experimental para o sorgo granífero</b> .....	39
3.3.1.1	<i>Preparo da área experimental, manejo das culturas e amostragens do sorgo granífero</i> .....	39
3.3.1.2	<i>Análise Estatística</i> .....	40
3.3.2	<b>Tratamentos e delineamento experimental para o sorgo de dupla aptidão</b> .....	41
3.3.2.1	<i>Preparo da área experimental, manejo das culturas e amostragens do sorgo de dupla aptidão</i> .....	41

3.3.2.2	<b>Análise Estatística</b> .....	41
3.4	AVALIAÇÃO DOS TEORES DE NUTRIENTES E DECOMPOSIÇÃO DA MATÉRIA SECA DOS “LITTER BAGS” .....	42
3.4.1	<b>Delineamento Experimental</b> .....	42
3.4.2	<b>Amostragens e análise</b> .....	42
3.4.3	<b>Análise Estatística</b> .....	43
3.5	AVALIAÇÕES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E ESTOQUES DE CARBONO DO SOLO EM CADA ANO DOS EXPERIMENTOS .....	44
3.5.1	<b>Delineamento Experimental</b> .....	44
3.5.2	<b>Amostragens e Análises da fertilidade e física do solo e estoque de carbono</b> .....	44
3.5.3	<b>Análise Estatística</b> .....	45
3.6	PRODUÇÃO DA CULTURA DA SOJA SOB PALHADA DA REBROTA DE ESPÉCIES FORRAGEIRAS IMPLANTADAS NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA .....	46
3.6.1	<b>Tratamento e delineamento experimental</b> .....	46
3.6.2	<b>Preparo da área experimental e manejo da cultura</b> .....	46
3.6.3	<b>Amostragens e Análises</b> .....	48
3.6.4	<b>Análise Estatística</b> .....	49
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	50
4.1	PRODUÇÃO DE MATERIAL VEGETAL PARA ENSILAGEM DE SORGO GRANÍFERO E DE DUPLA APTIDÃO .....	50
4.2	REBROTAS DOS SORGOS. ....	83
4.3	DECOMPOSIÇÃO DA PALHADA RESIDUAL E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES.....	93
4.4	ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E ESTOQUE DE CARBONO (EC) DO SOLO. ....	98
4.5	SOJA EM SUCESSÃO ÀS REBROTAS DE SORGOS E CAPIM PAIAGUÁS.....	116
5	<b>CONCLUSÕES</b> .....	125
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	126

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs) por agregarem numa mesma área a sucessão de atividades agrícolas e pecuárias, tem benefícios sobre o ambiente e sua biodiversidade. Sendo uma prática que possibilita o fornecimento de forragem de alta qualidade, a partir do final do verão até o início da primavera e, posteriormente, de formação de palhada para o cultivo da cultura produtora de grãos.

Nestes sistemas, e especialmente na integração lavoura-pecuária (ILP), o sorgo vem sendo cultivado nas áreas de cerrado em consórcios com as espécies do gênero *Urochloa*, com resultados positivos (SILVA et al., 2013) para produção de matéria seca e/ou grãos. A utilização do sorgo se justifica, por sua adaptabilidade em situações de déficit hídrico e as condições de baixa fertilidade dos solos do Cerrado, além de proporcionar, por suas características bromatológicas, qualidade de silagem semelhantes ao milho. Portanto, pesquisas de consórcio de cultivares de sorgo com forrageiras tropicais em semeadura outonal são de grande valia, pois reportam a realidade de produção da maior parte do Cerrado, sendo alternativa para produção de alimento para o gado em quantidade e qualidade, além dos benefícios de reformar pastagens e até mesmo dar sustentabilidade ao sistema plantio direto.

Devido à crescente busca por novas tecnologias visando a sustentabilidade nos sistemas agrícolas de produção, vários trabalhos (PARIZ et al., 2010; COSTA et al., 2014b) têm apresentado como forma alternativa para o aumento da produtividade de forragem, a consorciação de culturas produtoras de grãos e capins, para economia da reforma de pastagens e uso residual de fertilizantes aplicados na cultura principal. Outra alternativa na redução dos custos é o uso comercial de bactérias diazotróficas, também vulgarmente classificadas como promotoras de crescimento de plantas (BPCPs), que além de contribuir com a fixação biológica de  $N_2$  em sistema de integração lavoura-pecuária, pelo seu efeito hormonal permite maior crescimento radicular, com melhor exploração de camadas de solo e aumentando a superfície de absorção de água e nutrientes. Porém, ainda são escassos os trabalhos na literatura sobre a produção de silagem com sorgo juntamente com o uso da inoculação de bactérias diazotróficas em sistemas de integração lavoura-pecuária, tornando relevante a pesquisa.

A utilização da inoculação das sementes de sorgo com *Azospirillum brasilense*, torna-se uma alternativa não só para aumentar a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em consórcio ou em cultivo exclusivo, mas também pelo seu efeito hormonal, em aumentar tolerância da planta ao estresse hídrico e, portanto, incrementar a produção de matéria seca de forma menos onerosa e mais viável ecologicamente. Entretanto, resultados da interação bactérias diazotróficas com o sistema integração lavoura-pecuária em termos de potencial agrônomo, fixação de nitrogênio ou promoção de crescimento são escassos na literatura.

Com base no exposto, o objetivo do trabalho da pesquisa foi avaliar em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, sob condições de sequeiro no Cerrado: 1) o desempenho produtivo e a qualidade bromatológica das silagens produzidas em diferentes sistemas de produção; 2) o efeito residual da inoculação pelo *Azospirillum* sobre o crescimento e produtividade do sorgo e/ou capim consorciados; 3) verificar os componentes da produção e produtividade de matéria seca da rebrota do sorgo juntamente com o capim-paiaguás; 3) avaliar durante a condução dos sistemas de produção, as alterações nos atributos químicos e físicos do solo na camada de 0 a 0,20 m; e 4) a produção de matéria seca residual dos sistemas de produção de silagem, pela sua quantificação e degradação na primavera e o efeito sobre a produtividade da soja em sucessão, durante os anos 2015/16 e 2016/17.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ASPECTOS GERAIS DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA (ILP)

A agricultura e a pecuária nacional, tradicionalmente, têm suas atividades realizadas em separado, sendo que ao longo dos anos, principalmente nas regiões de Cerrado, têm se verificado aumento da degradação de pastagens e do solo com redução em produtividade das culturas. Tal fato gera uma preocupação muito grande para os pecuaristas, porque as pastagens constituem a base da dieta do rebanho bovino, em virtude do seu baixo custo de produção, alto potencial produtivo e da sua boa adaptação aos diversos ecossistemas brasileiros (QUARESMA et al., 2011).

No sistema integração lavoura-pecuária, por meio da consorciação de gramíneas, a forrageira tem a função de disponibilizar alimento para a exploração pecuária, a partir do final do verão até início da primavera, e, posteriormente, de formação de palhada, para o cultivo da cultura produtora de grãos. Esse sistema é uma alternativa na busca por novas técnicas que visem a redução dos custos para formação e reforma das pastagens. Desta forma, diversas pesquisas têm sido realizadas sobre a rotação de culturas anuais com pastagens, sendo consolidados como integração lavoura-pecuária (ILP) (BRAZ; MION; GAMEIRO, 2012).

Silva et al. (2010) também relatam que o sistema ILP eleva o potencial de produção e reduz riscos de degradação das pastagens, melhorando as características químicas, físicas e biológicas do solo, além do potencial produtivo de grãos, forragens e silagem.

Os sistemas integração lavoura-pecuária são alternativas para o restabelecimento da capacidade de produção de pastagens cultivadas, garantindo sustentabilidade e a intensificação da atividade pastoral nas regiões do Cerrado. Estes sistemas têm o potencial de aumentar a produção e reduzir os riscos de degradação, melhorando as características químicas, físicas e biológicas do solo além, do potencial produtivo de grãos e forragens (MACEDO, 2009).

Em relação às áreas degradadas, a utilização de pastagens e lavouras consorciadas proporciona melhoria edáfica do solo, pela presença de palha e raízes da pastagem, resultando em aumento nos teores de carbono e capacidade de

infiltração de água, além do aumento da produção de pasto e/ou forragem para a alimentação animal na estação seca do ano (LOSS et al., 2011).

A prática da ensilagem utilizando-se culturas produtoras de grãos consorciadas com espécies forrageiras tropicais na ILP é relativamente recente, entretanto, as pastagens formadas nestes sistemas produtivos, têm funções que vão além da alimentação dos animais, pois devem contribuir também com a melhoria do ambiente de produção, fornecendo palhada para o SPD. Os resíduos vegetais presentes na superfície do solo beneficiam as culturas semeadas em sucessão, aumentando a produtividade de grãos e proporcionando melhorias nas propriedades físicas (agregação das partículas e diminuição da compactação do solo), químicas (aumento nos teores de matéria orgânica na decomposição e mineralização dos resíduos vegetais) e biológicas do solo (aumento da atividade de microorganismos) (GARCIA et al., 2004).

Entre as forrageiras utilizadas para os sistemas de rotação, sucessão ou de consorciação de culturas na região dos Cerrados (IKEDA et al., 2007), destacam-se as gramíneas do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*). As vantagens da utilização desse gênero no sistema de integração estão no fato dessas espécies apresentarem sistema radicular abundante, que contribui para a infiltração de água, agregação e aeração do solo (KLUTHCOUSKI et al., 2004). Além disso, essas forrageiras apresentam boa adaptação, tolerância e resistência a fatores bióticos e apresentam alta produção de massa seca com bom valor nutritivo, capaz de suprir as exigências dos animais, principalmente no período seco do ano (BRIGHENTI et al., 2008).

## 2.2 *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*)

Espécies do gênero *Urochloa* passaram a ter grande importância para a pecuária brasileira, por ocuparem grandes extensões territoriais, sobretudo na região dos Cerrados. As gramíneas desse gênero constituem porção significativa, de aproximadamente 85% da área ocupada com pastagens no Brasil (BARBOSA, 2006), sendo que a maior parte da exploração na região de cerrado emprega pastagens de *U. brizantha*; *U. humidicola* e *U. decumbens*.

Entretanto, as braquiárias desenvolvem-se dentro de uma grande diversidade de habitats (várzeas e bosques sombreados até semidesertos) sendo que a maior parte dessas espécies é encontrada nas savanas africanas (RENVOIZE; CLAYTON;

KABUYE, 1996). O interesse agrônômico dado ao gênero está relacionado ao uso como plantas forrageiras em pastagens por terem boa adaptabilidade às condições edafoclimáticas e sua grande produção de fitomassa (VALLE; EUCLIDES; MACEDO, 2000).

De acordo com Machado e Valle (2011), as cultivares de *Urochloa brizantha* apresentam mudanças fenológicas quanto às dimensões de folha e colmo e quanto à qualidade nutricional da forragem que, em condição de pastejo, resultam em diferentes níveis de produtividade animal.

Sendo assim, a busca e o aprimoramento de conhecimentos na produção de bovinos em sistemas de pastagens cultivadas são eminentes. Diante disso, a Embrapa Gado de Corte lançou no final de 2013, a *Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás, com significativas vantagens, tais como a maior adaptabilidade na integração lavoura-pecuária, para produção de forragem no outono-inverno e/ou de palhada para plantio direto. Outra grande vantagem é a adaptabilidade de produção durante o período seco (EMBRAPA GADO DE CORTE, 2014), daí a necessidade de estudos do seu comportamento em áreas não irrigadas do Cerrado de baixa altitude, para que mesmo em condições de déficit hídrico, proporcione bom potencial de acúmulo de forragem com valor nutritivo para alimentação animal. Contudo, pesquisas de consórcio desta cultivar forrageira com gramíneas produtoras de grãos são escassas, uma vez que se trata de material genético recém lançado no mercado consumidor.

### 2.3 SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

O sorgo é o quinto cereal mais produzido no mundo, depois do milho, trigo, arroz e cevada (FAO, 2014), visando à produção de feno, silagem, grãos ou pasto (BOTELHO et al., 2010). Na safra 2016/2017 estimou-se uma área cultivada de 628,5 mil hectares no Brasil, sendo concentrado na região Centro-Oeste (CONAB, 2017a), pela aptidão à solos de Cerrado, tolerância a seca e menor custo de produção quando comparado ao milho. A produção é majoritariamente destinada à alimentação animal devido a sua aceitabilidade, grande valor nutritivo e produtividade (CONAB, 2011).

A cultura tem sido uma excelente opção para situações em que o déficit hídrico e as condições de baixa fertilidade dos solos oferecem maiores riscos para outras culturas como o milho. Desta forma, sua expansão é favorecida em regiões

com chuvas irregulares e, inclusive propício para uso em sucessão às culturas de verão (COELHO et al., 2002). Atualmente, o cultivo de sorgo tem colaborado para oferta de alimentos de boa qualidade alimentar, de baixo custo, tanto para pecuaristas como para a agroindústria de rações (COELHO et al., 2009).

No sistema integração lavoura-pecuária, o sorgo vem sendo cultivado nas áreas de cerrado em consórcios com as espécies do gênero *Urochloa*, com resultados positivos (SILVA et al., 2013) para produção de matéria seca e/ou grãos. Entretanto, a inconsistência dos resultados obtidos em diferentes regiões do país, evidencia a importância de se realizarem pesquisas regionalizadas, buscando melhorar a eficiência destes sistemas produtivos, tanto para safra de verão, quanto principalmente para o cultivo outonal.

Outra demanda de pesquisa para o sorgo em consórcio reside no fato de que os cultivares apresentam diferentes alturas de plantas, uma vez que o sorgo granífero tem menor estatura e, portanto, menor capacidade competitiva com a forrageira no consórcio, quando comparado ao sorgo de dupla aptidão ou forrageiro, de maior estatura e com provável maior efeito competitivo com forrageiras consorciadas. Em contrapartida, o sorgo de dupla aptidão ou mesmo o forrageiro apresentam maior produtividade de forragem do que o granífero, entretanto, com menor proporcionalidade de grãos, que tem influência direta na qualidade da forragem e/ou material a ser ensilado.

Segundo Cândido, Obeid e Pereira (2000), o sorgo granífero pode variar de 1,0 a 1,6 m de altura, classificado como de porte menor e com baixas produções de massa verde, sendo que 60% da matéria seca constituída pelos grãos. Enquanto que o de duplo propósito com porte médio, ficando entre as alturas do sorgo granífero e forrageiro, com produções intermediárias de grãos e forragem, equivalendo 20 a 30% do rendimento em grãos.

A distribuição estacional de chuvas no Brasil gera desequilíbrio na produção de forragem. No período chuvoso existe forragem em abundância para o gado, enquanto no período seco, a falta de água aliada ou não com baixas temperaturas prejudica em muito a quantidade e a qualidade do alimento. Assim, como o sorgo é uma cultura que permite tolerância a precipitações mínimas anuais de até 450 mm durante seu ciclo (IBRAHIM, 2007), seu uso para produção de silagem é viável. De modo geral, nos consórcios há necessidade de espécies forrageiras que apresentem produção elevada de matéria seca e alta qualidade nutricional do alimento para os



animais, sendo assim, uma das alternativas viáveis é a utilização de sorgo granífero ou com dupla aptidão, que pode melhorar, com seus grãos, a qualidade da matéria prima a ser ensilada, mesmo com capim em mistura.

Neste sentido, o sorgo tem ganhado espaço nos últimos anos, devido principalmente, às suas características como alto valor nutritivo, alta concentração de carboidratos solúveis, essenciais para uma adequada fermentação láctica no processo de fermentação da silagem (NEUMANN et al., 2002), bem como a sua resistência a seca e alta capacidade de rebrota. Segundo Zago (1991), após a colheita da cultura original do sorgo, a planta conserva vivo seu sistema radicular, possibilitando sua rebrota, desde que haja condições de temperatura, umidade no solo e fertilidade adequada.

A utilização do sorgo se justifica também, por suas características bromatológicas semelhantes ao milho, possibilitando fermentação adequada e armazenamento sob forma de silagem, pelos teores elevados de carboidratos solúveis, além de suas características agrônômicas que, entre outras, incluem elevada produtividade de biomassa (VON PINHO et al., 2006). De acordo com Borges (1995), a cultura do sorgo apresenta 85 a 90% do valor nutritivo comparado com o milho. Portanto, pesquisas de consórcio de cultivares de sorgo com forrageiras tropicais em semeadura outonal são de grande valia, pois reportam a realidade de produção da maior parte do cerrado, sendo alternativa para produção de alimento para o gado em quantidade e qualidade, além dos benefícios de reformar pastagens e até mesmo dar sustentabilidade ao sistema plantio direto, numa época que a produção de palhada é dificultada pelo déficit hídrico em condições de cerrado.

#### 2.4 QUALIDADE DE SILAGENS

O Brasil, possui grande potencial agrícola em produção de carne, leite e derivados para o consumo humano, entretanto, todas as regiões do país, passam por algum período crítico de indisponibilidade de forragem durante o ano devido as baixas precipitações pluviais. Para a época crítica é imprescindível ter outras fontes de alimento para os animais e dentre elas se destaca a silagem, podendo as plantas serem colhidas em época favorável de chuvas e armazenadas até a época de maior escassez de alimento. A maioria das forrageiras podem ser ensiladas, entretanto, são poucas espécies que atendem às exigências de quantidade e qualidade para a

dieta animal, com principal requisito no ponto de vista econômico e nutricional (ANDRIGUETTO et al., 2002).

A silagem de sorgo e milho, são tidas como culturas padrões para a produção de silagem (PIRES et al., 2009), devido à facilidade de cultivo, alto valor nutritivo, potencial de produção, facilidade na colheita mecanizada, bons padrões de fermentação da silagem e não necessitar das aplicações de aditivos para estimular a fermentação (ZAGO, 1991; ZAGO, 2002; PEREIRA et al., 2004). Para a preservação das características originais da planta, é necessário a atenção ao processo de fabricação da silagem, evitando as perdas quanto ao ponto ideal da colheita do material, realização de compactação adequada dentre outros fatores, que podem impedir a obtenção de uma silagem de boa qualidade, devido a perdas dos constituintes de elevado valor nutricional (IBRAHIM, 2007).

Segundo Senger et al. (2005), o material a ser ensilado deve ser picado e compactado, e o silo de ser fechado em seguida no menor tempo possível, para manter as condições anaeróbicas, assim preservando as características qualitativas da silagem. Outro procedimento de redução de perdas no procedimento na ensilagem é o tamanho das partículas, podendo facilitar na compactação e gerar condições de anaerobiose.

De maneira geral, no caso específico do milho, a qualidade da sua forragem preenche as exigências de uma boa silagem (NUSSIO; CAMPOS; DIAS, 2001). Entretanto, a cultura do sorgo tem sido uma opção para locais de baixa precipitação pluvial onde o milho não produz adequadamente (NEUMANN; RESTLE; BRONDANI, 2004; OLIVEIRA et al., 2010; ALBUQUERQUE et al., 2011).

Diante deste contexto, a cultura do sorgo tem despertado grande interesse em áreas de renovação ou recuperação de pastagens degradadas, sendo também considerado um dos principais alimentos cultivados em todo o mundo para alimentação animal, não só pela sua importância econômica, mas também pelo grande progresso que tem havido no acúmulo de conhecimentos técnicos científicos relacionados com esta espécie vegetal (LEITE, 2006).

## 2.5 INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE GRAMÍNEAS COM *Azospirillum* spp.

Uma alternativa para redução do uso de fertilizantes minerais nas culturas, que é importado na maior parte, é o uso da inoculação das sementes por bactérias diazotróficas. As bactérias da espécie *Azospirillum brasilense* tem a aptidão de além

de promover o crescimento vegetal, pela intensificação da produção de hormônios de crescimento, promover também a fixação biológica do N<sub>2</sub> e liberar amônio às gramíneas de forma associativa (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

De acordo com Barassi et al. (2008), o *Azospirillum* melhora parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, resultando também no maior teor de prolina na parte aérea e raízes, a qual está relacionada à melhoria do potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa e maior altura de plantas. Outro fator a ser considerado é que certas gramíneas, como as braquiárias, em cultivos sucessivos podem ser hospedeiras de bactérias diazotróficas nativas do solo como citado por Hungria (2011).

Os gastos com fertilizantes em gramíneas são altos, assim, a demanda por adubações pode muitas vezes, elevar os custos de produção. O aumento da demanda por fertilizantes nitrogenados, aliado ao seu elevado custo, tem direcionado as pesquisas para o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), pois trata-se de um atrativo econômico e ecológico, diminuindo a entrada de nitrogênio do uso de fertilizantes e melhorando a qualidade e quantidade dos recursos internos dos sistemas agropecuários (SAIKIA; JAIN, 2007).

Os estudos sobre aplicação de bactérias diazotróficas na cultura do sorgo, com o intuito de reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados, ainda estão em fase inicial, apesar de já dispor de alguns resultados experimentais (VAZQUEZ et al., 2012). Segundo HUNGRIA (2011), a espécie *Azospirillum brasilense* pode ser inoculada por tratamento de sementes ou em aplicação via foliar, no entanto, poucos trabalhos mostraram eficiência no tratamento de sementes de sorgo por este microrganismo.

A busca por novas tecnologias visando sustentabilidade nos sistemas agrícolas de produção estão aumentando, e alguns autores têm apresentado forma alternativa para a economia de fertilizante nitrogenado, a fixação biológica de nitrogênio, a qual pode suplementar ou, até mesmo substituir a utilização destes fertilizantes (BERGAMASCHI, 2006). Assim, devido à escassez de trabalhos na literatura sobre o uso da inoculação de bactérias diazotróficas em sistemas de integração lavoura-pecuária, torna-se relevante a pesquisa nesta linha, principalmente com o uso do sorgo em consórcio com braquiárias, na safrinha como opção de cultivo no Cerrado de baixa altitude.

A utilização da inoculação das sementes de sorgo com *Azospirillum brasilense* torna-se uma alternativa não só para aumentar a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em consórcio ou em cultivo exclusivo, mas também pelo seu efeito hormonal, o que pode aumentar a tolerância da planta ao estresse hídrico e, portanto, incrementar a produção de matéria seca de forma menos onerosa e mais viável ecologicamente. Entretanto, resultados da interação bactérias diazotróficas com o sistema integração lavoura-pecuária em termos de potencial agrônômico, fixação de nitrogênio ou promoção de crescimento são escassos na literatura.

## 2.6 RESIDUAL DE PALHADAS NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) EM SISTEMA PLANTIO DIRETO

No Brasil, a estimativa de área cultivada com soja em 2016/17 foi de 33,9 milhões de hectares, correspondendo a um crescimento de 1,9% ou 658,0 mil hectares sobre a área semeada na safra anterior, e a um volume de produção de 114,07 milhões de toneladas (CONAB, 2017a).

Um dos maiores avanços no processo produtivo da agricultura brasileira foi a introdução do Sistema Plantio Direto no Brasil, que ganhou espaço entre os produtores de soja nos últimos anos, tanto pelo fato de melhorar as propriedades químicas e físicas do solo, como auxiliar na biologia do solo. Estima-se que dos 60,7 milhões de hectares cultivados com grãos no Brasil (CONAB, 2017b), o SPD é a forma de cultivo de maior predomínio, sendo cultivado aproximadamente 32 milhões de hectares em áreas de cultivo sob este sistema no ano de 2012 (FAO, 2016). Visto a importância do sistema, Bertol et al. (1998), salientam a eficácia da cobertura do solo, passando a ser fator importante na produtividade da cultura.

A importância da cobertura do solo por restos culturais de rebrotas de sorgo e capim do gênero *Urochloa* são identificadas como alternativa econômica de rotação de culturas no sistema plantio direto por produzir alta quantidade de matéria seca, para posterior decomposição e liberação de nutrientes, resultando em boa proteção do solo por períodos de tempo mais prolongados devido à sua alta relação C/N. De acordo com Kluthcouski e Aidar (2003), a braquiária tem a função de proteger o solo com a cobertura vegetal na superfície e aumentar a supressão de plantas daninhas. Segundo Silveira et al. (2005), a palhada de gramíneas é fornecedora de nutrientes

como P e K em camadas superficiais do solo, por períodos de médio a longo prazos em sistema plantio direto. Para Rosolem, Calonego e FOLONI (2003), os restos culturais depositados na superfície do solo são fornecedores de nutrientes com liberações lenta e gradual ou até rápida ou lenta dependendo do tipo de material a decompor e a interação entre os fatores climáticos.

Em estudo para avaliação da velocidade de decomposição e mineralização de nutrientes da parte aérea de sorgo e milho, Moraes (2001) observou que a taxa média de decomposição da palhada é maior nos primeiros 42 dias após o manejo, e que a mineralização dos nutrientes é mais expressiva nos primeiros 63 dias após o manejo. Kliemann et al. (2006), realizaram um trabalho para avaliar o comportamento do sorgo, capim-mombaça, milho, braquiária, do consórcio milho e braquiária e verificaram perdas de massa das palhadas de 80, 64, 58, 56 e 56% aos 150 dias após o manejo, respectivamente.

Correia e Durigan (2006), ao avaliarem a decomposição de forrageiras *U. brizantha* (nos dois anos do estudo) e de *Eleusine coracana* (no segundo ano), observaram aumento na produção de grãos de soja comparado com o tratamento testemunha.

Em estudo realizado por Ferreira (2015), cujo objetivo foi avaliar as características agrônomicas e a produtividade de soja, cultivada em sucessão a palhadas remanescentes de *Urochloa brizantha* e *Megathyrsus maximus* em sistema de integração lavoura-pecuária, observou que o capim-Tanzânia proporciona aumento na produtividade da soja comparado com o capim-Xaraés.

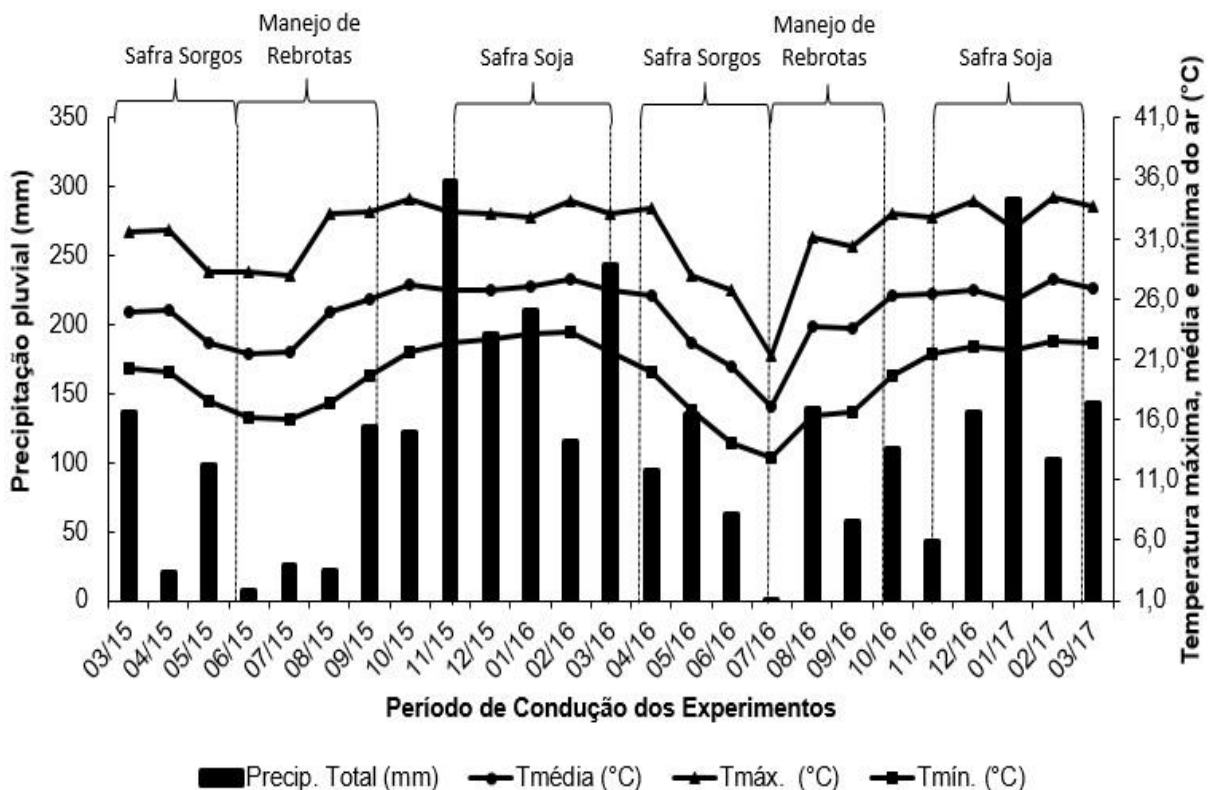
Neste aspecto, a decomposição de resíduos das espécies forrageiras, pode melhorar o desempenho da cultura durante todo o ciclo de desenvolvimento da planta, podendo até mesmo aumentar sua produtividade. Com esse intuito Torres et al. (2005), reforçam a preocupação de se produzir cobertura vegetal com capacidade de decomposição reduzida para gerar um tempo maior de palhada no sistema. Entretanto, o resultado do processo de decomposição depende da natureza do material vegetal, da quantidade de massa seca produzida, do manejo da cobertura, tipo de solo e das condições climáticas da região (KLIEMANN et al., 2006).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi composta por dois experimentos sequenciais, desenvolvidos em área de sequeiro 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, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013) é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso. Os dados climáticos durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

**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.



Fonte: Unesp (2017)

O estudo constou de dois experimentos com uso de dois cultivares de sorgo

(granífero e dupla aptidão), 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.

### 3.1 LOCALIZAÇÃO, HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL, CARACTERIZAÇÃO E PREPARO INICIAL

O solo no qual foi estabelecida a pesquisa, está sendo cultivado com culturas anuais em Sistema Plantio Direto há mais de 10 anos, sendo a cultura anterior milho. Portanto, com objetivo de caracterizá-lo inicialmente, isto é, antes da semeadura do sorgo solteiro ou em consórcio com o capim-paiaguás, foi efetuado um levantamento da fertilidade do solo nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m. Coletou-se vinte amostras de tradagem para a coleta do solo com estrutura deformada, realizados com um trado de rosca, para caracterização de sua fertilidade numa amostra composta (RAIJ et al., 2001), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1-** Resultados da análise química do solo da área experimental, nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade, amostrado antes da instalação do experimento. Selvíria,MS.

Características Químicas	Profundidade do solo (m)	
	0,0 - 0,10	0,10 - 0,20
P <sub>resina</sub> (mg dm <sup>-3</sup> )	16	17
M.O (g dm <sup>-3</sup> )	24	20
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,4	5,5
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,6	1,2
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	27	25
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	19	16
H + Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	28	28
Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0	0
S-SO <sub>4</sub> (mg dm <sup>-3</sup> )	47,6	42,2
CTC	75,6	70,2
V%	63	60

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Com base nos resultados dos atributos químicos do solo e seguindo recomendação Cantarella, Rajj e Camargo (1997), não foi necessário a aplicação de calcário. Antes da semeadura do sorgo e/ou capim em SPD, a vegetação da área experimental foi dessecada com uso de glyphosate (1,56 kg do i.a ha<sup>-1</sup>) com posterior manejo utilizando triturador horizontal de resíduos vegetais (triton).

### 3.2 PRODUÇÃO DE SILAGEM DE SORGO GRANÍFERO E DE DUPLA APTIDÃO NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO.

#### 3.2.1 Delineamento experimental e tratamentos para o experimento com silagem de sorgo granífero

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 2 x 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 granífero com a bactéria *Azospirillum brasilense*.

Cada unidade experimental foi constituída por sete linhas em espaçamento de 0,45 m entre si, com vinte metros de comprimento, totalizando 63 m<sup>2</sup>. A primeira, segunda, sexta e a sétima linhas constituíram as bordaduras. As unidades experimentais foram alocadas em ambos os anos agrícolas nas mesmas parcelas.

##### 3.2.1.1 Preparo da área experimental e manejo das culturas

Antes da instalação do experimento (05/03/2015), foi realizada a dessecação das plantas presentes na área experimental, visando à formação de palhada para a continuidade do SPD, utilizando-se o herbicida Glyphosate (1,56 kg ha<sup>-1</sup> do i.a.) e Carfentrazone etílica (20 g ha<sup>-1</sup> do i.a.), com volume de pulverização de 200 L ha<sup>-1</sup> e posterior manejo utilizando triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton) em 11/03/2015.

A cultura do sorgo granífero (Ranchero) destinado à produção de silagem de planta inteira foi semeada mecanicamente em 17/03/2015 e 06/04/2016, respectivamente para o primeiro e segundo anos. Em ambos se utilizou semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo haste (facão) para SPD, a uma



profundidade de aproximadamente 0,03 m, no espaçamento de 0,45 m, com densidade de 10 sementes  $m^{-1}$  (Figura 2).

**Figura 2-** Semeadura do sorgo na área experimental. FEPE. Selvíria, MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Em ambos os anos agrícolas, a semeadura do capim-paiaguás foi realizada simultaneamente à semeadura da cultura do sorgo granífero, sendo efetuada com outra semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo disco duplo desencontrado para SPD, onde foram semeadas nas entrelinhas da cultura produtora de grãos (Figura 3). 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 puras viáveis com  $VC=60\%$ . Desta forma, as sementes dos capins se localizaram abaixo das sementes do sorgo, seguindo as recomendações de Kluthcouski et al. (2000), com o objetivo de atrasar a emergência dos capins em relação à cultura produtora de grãos e diminuir a provável competição entre as espécies no período inicial de desenvolvimento das culturas em consórcio.

**Figura 3-** Semeadura do capim-paiaguás na área experimental. FEPE. Selvíria, MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

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 de condução do experimento, foi efetuada com 90 kg  $ha^{-1}$  de N como sulfato de amônio como fonte, 30 dias após a emergência.

A bactéria diazotrófica foi fornecida pelo inoculante AZO Total 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 granífero nos dois anos.

No dia 10/06/2015 e 12/07/2016, quando os grãos do sorgo granífero apresentavam em torno de 70% de matéria seca (MS), efetuou-se a colheita mecânica da massa vegetal para ensilagem com colhedora de forragem.

### **3.2.1.2 Amostragens e análises**

Os ciclos da cultura do sorgo granífero para confecção de silagem de planta inteira foram de 86 e 98 dias após a semeadura, no primeiro e no segundo anos, respectivamente.

Antes da colheita para confecção da silagem de planta inteira, determinou-se o estande final de plantas (EFGP), contando-se todas as plantas contidas na área útil da parcela, transformando os resultados em hectare.

Utilizou-se como área útil das parcelas experimentais para determinação dos atributos avaliados, as duas linhas centrais com 10 metros de comprimento (9 m<sup>2</sup>). Avaliou-se ainda a altura de plantas (APG) com régua graduada, assim como o diâmetro basal de colmos (DBCG) com paquímetro, em que foram avaliadas 10 plantas aleatoriamente na área útil de cada parcela experimental.

Após estas avaliações, as plantas de sorgo granífero e o capim foram cortados manualmente, a uma altura de aproximadamente 0,25 m em relação à superfície do solo, em quantidade correspondente a 1 m<sup>2</sup> nas respectivas parcelas experimentais, sendo as espécies separadas, para determinação da produtividade de massa seca/espécie, respectivamente. As plantas de sorgo e o capim foram colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72h para determinação da produtividade de massa seca (PMSTG) total de forragem, também extrapolada para kg ha<sup>-1</sup>.

Em ambos os tratamentos (cultivo exclusivo ou consórcios), as espécies foram separadas, para determinação da produtividade de massa seca/espécie, respectivamente. Na cultura do sorgo granífero, as frações folhas, colmos e panículas foram separadas, com o auxílio de uma tesoura de poda. Posteriormente as amostras de cada fração foram pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas para determinação da quantidade de cada fração na composição final da massa a ser ensilada.

Para a colheita da massa para ensilagem, utilizou-se colhedora de forragem modelo JF 1300, sendo o material picado em partículas médias de 2,5 cm. A altura de colheita das espécies para ensilagem foi de aproximadamente 0,25 m em relação à superfície do solo (Figura 4).

**Figura 4-** Colheita do sorgo na altura de 0,25 m. FEPE. Selvíria, MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Destas amostras de material para ensilagem por parcela, foram retiradas amostras de 0,300 kg para determinação do teor de macronutrientes, segundo metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Com base nestes teores, multiplicando pela produtividade de matéria seca das plantas para ensilagem calculou-se o acúmulo de macronutrientes exportados da área. As análises de macronutrientes foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Fitossanidade, Engenharia rural e Solos da FEIS/UNESP.

Nos dois anos agrícolas, o material colhido foi armazenado e adequadamente compactado em tubos de PVC, com capacidade para 5 kg de matéria verde, com flanges de silicone adaptados nas tampas para permitir o escoamento de gases e areia no fundo para a recuperação do efluente (Figura 5). Para prensagem do material vegetal ( $600 \text{ kg m}^{-3}$ ) utilizou-se prensa hidráulica manual com capacidade de pressão de até 15 toneladas. Os tubos foram hermeticamente lacrados com fitas adesivas para evitar a troca de ar com o meio, sendo que os silos foram abertos 42 dias após a vedação para ambos os anos (Figura 6). Após a abertura dos silos, foram desprezadas a camada superficial (0,10 m) de forragem em cada silo e retirada uma subamostra, por silo, de aproximadamente 0,300 kg de silagem e acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar para secagem a  $65^{\circ} \text{ C}$  por 72 horas. As amostras foram processadas em moinho de faca tipo “Willey”, passando por uma peneira de 1,0 mm, para posterior análise bromatológica.

**Figura 5-** Silos experimentais usados no processo de ensilagem nos dois anos de cultivo. FEPE. Selvíria, MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

**Figura 6-** Silos experimentais abertos 42 dias após a ensilagem. FEPE. Selvíria, MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

As amostras obtidas no momento da ensilagem foram utilizadas para a determinação do teor de proteína bruta (PB), onde foi determinado o teor de

nitrogênio utilizando-se o aparelho de destilação a vapor micro-Kjedahl, sendo em seguida multiplicado o teor de N pelo fator de conversão 6,25; também foram determinados o teor de fibra em detergente neutro (FDN), conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), carboidratos solúveis (CHOs) e poder tampão (PoT) determinados conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e Campos, Nussio e Nussio (2004).

Após a abertura dos silos e com as amostras moídas foram determinados os teores de matéria seca definitiva a 105°C, teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem), celulose (Cel), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), lignina (Lig), carboidratos solúveis (CHOs), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e digestibilidade in vitro da MS (D), conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e Campos, Nussio e Nussio (2004). A estimativa dos teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi realizada por meio da fórmula sugerida por (CAPPELLE et al., 2001). A estimativa dos teores de NDT foi realizada segundo a metodologia contida no NRC (2001).

Outra quantidade de silagem foi utilizada para a extração do suco (Figura 7), utilizando-se prensa hidráulica para a determinação do pH (3 repetições) com imediata leitura, e análise do nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>/NT) com base no nitrogênio total, realizada pelo método da destilação com óxido de magnésio e cloreto de cálcio, usando solução receptora de ácido bórico e titulação com ácido clorídrico a 0,05N (ASSOCIATION OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTRY - AOAC, 1995).

**Figura 7-** Conjunto de prensa utilizado para extrair o suco da silagem. FEPE. Selvíria, MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da FEIS/UNESP.

### **3.2.1.3 Análise estatística**

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® (FERREIRA, 1999).

### **3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos para o experimento com silagem de sorgo de dupla aptidão**

O delineamento estatístico utilizado também foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 2 x 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 de dupla aptidão

(cultivar A9902) com a bactéria *Azospirillum brasilense*.

Cada unidade experimental foi constituída por sete linhas com espaçamento de 0,45 m entre si, com vinte metros de comprimento, totalizando 63,0 m<sup>2</sup> por parcela. A primeira, segunda, sexta e a sétima linhas constituíram as bordaduras. As unidades experimentais foram alocadas no mesmo local em ambos os anos agrícolas.

### **3.2.2.1. Preparo da área experimental e manejo das culturas**

Foram adotados os mesmos procedimentos descritos anteriormente para a cultura do sorgo granífero para as operações de dessecação, preparo inicial da área, semeadura da cultura do sorgo e da espécie forrageira em consórcio, adubação mineral de semeadura e cobertura.

Para as datas de semeadura destinado à produção de silagem de planta inteira tanto o sorgo quanto o capim-paiaguás foram semeados mecanicamente, no primeiro ano em 17/03/2015, e no segundo ano em 06/04/2016. As colheitas para ensilagem do material vegetal foram realizadas em 10/06/2015 e 12/07/2016, quando a cultura do sorgo de dupla aptidão apresentava em torno de 70% de matéria seca (MS) nos grãos. Depois de ensilado, a abertura dos silos dos tratamentos, se deu também com 42 dias de vedação, assim como o efetuado para a silagem de sorgo granífero.

### **3.2.2.2. Amostragens e análises**

Os ciclos da cultura do sorgo de dupla aptidão para confecção de silagem de planta inteira foram de 86 e 98 dias após a semeadura, no primeiro e no segundo anos, respectivamente.

Antes da colheita para confecção da silagem de planta inteira de sorgo de dupla aptidão, determinou-se a altura de planta (APDP), diâmetro basal do colmo (DBCDP) e estande final de plantas (EFPDP) nas mesmas metodologias usadas para o sorgo granífero.

Após estas avaliações, foram coletados na área experimental, as plantas de sorgo de dupla aptidão e capim na área para determinação da massa seca total



produzida por hectare, seguindo a mesma metodologia utilizada na cultura do sorgo granífero.

As análises bromatológicas referentes ao material a ser ensilado e à silagem, respectivamente, foram as mesmas descritas anteriormente para a cultura do sorgo granífero.

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da FEIS/UNESP.

### **3.2.2.3. Análise estatística**

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® (FERREIRA, 1999).

## **3.3. AVALIAÇÕES REALIZADAS NO MOMENTO DA REBROTA DOS SORGOS: GRANÍFERO E DE DUPLA APTIDÃO**

### **3.3.1 Tratamentos e delineamento experimental para o sorgo granífero**

Os tratamentos foram constituídos da rebrota do sorgo granífero em áreas com cultivo de dois anos agrícolas (2015 e 2016), consorciado ou não com o capim-paiaguás, com ou sem a inoculação de *Azospirillum brasilense*, seguindo o mesmo delineamento anteriormente explicitado.

#### **3.3.1.1 Preparo da área experimental, manejo das culturas e amostragens do sorgo granífero**

As rebrotas do sorgo e/ou capim foram colhidas em 25/09/2015 e 06/10/2016 após a colheita do sorgo para ensilagem, simulando o período de vedação de uma pastagem. Nestas datas coletou-se as plantas, utilizando o método do quadrado de metal (1,0 x 1,0m), com 3 repetições por parcela. Posteriormente as amostras foram separadas em cada fração vegetal, pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 h para determinação da quantidade de cada fração (colmos, folhas e panículas e de capim quando em consórcio), que somadas resultaram na produtividade de massa seca total de forragem (sorgo e/ou capim). Destas amostras foram retiradas uma quantidade de material para determinação dos teores de N, P,

K, Ca, Mg e S, segundo a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), visando cálculo do acúmulo de macronutrientes que poderiam pela decomposição da palhada liberar gradativamente esses nutrientes, para a continuidade do sistema plantio direto.

Posteriormente a esta avaliação, a rebrota foi dessecada com o herbicida Glyphosate ( $1,56 \text{ kg ha}^{-1}$  do ingrediente ativo (i.a.)) e depois de 10 dias manejada com triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton) (Figura 8), visando a continuidade do sistema plantio direto, com acúmulo de palhada para posterior cultivo da cultura da soja em sucessão, sob as mesmas parcelas no mesmo delineamento de blocos casualizados, com esquema fatorial  $2 \times 2 \times 2$ , com 4 repetições, em ambos os anos avaliados.

**Figura 8-** Manejo da Rebrota do sorgo. FEPE. Selvíria, MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

### **3.3.1.2. Análise Estatística**

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® (FERREIRA, 1999).

### **3.3.2 Tratamentos e delineamento experimental para o sorgo de dupla aptidão**

Os tratamentos foram constituídos da rebrota do sorgo de dupla aptidão em áreas com cultivo de dois anos agrícolas (2015 e 2016), consorciado ou não com o capim-paiaguás, com ou sem a inoculação de *Azospirillum brasilense*.

#### **3.3.2.1 Preparo da área experimental, manejo das culturas e amostragens do sorgo de dupla aptidão**

As rebrotas do sorgo e/ou capim foram colhidas em 25/09/2015 e 06/10/2016 após a colheita do sorgo para ensilagem, simulando o período de vedação da pastagem. Como no sorgo granífero, as plantas coletadas utilizando-se o método do quadrado de metal (1,0 x 1,0m), com 3 repetições por parcela. Posteriormente as amostras foram separadas em cada fração vegetal, pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 h para determinação da quantidade de cada fração (colmos, folhas e panículas e de capim quando em consórcio), que somadas resultaram na produtividade de massa seca total de forragem (sorgo e/ou capim). Destas amostras foram retiradas uma quantidade de material para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), visando cálculo do acúmulo de macronutrientes que poderiam pela decomposição da palhada libera-los gradativamente, para a continuidade do sistema plantio direto.

Posteriormente a este manejo e avaliação, a rebrota foi dessecada com o herbicida Glyphosate (1,56 kg ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo (i.a.)) e depois de 10 dias manejada com triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton) (Figura 8), visando a continuidade do sistema plantio direto, com acúmulo de palhada para posterior cultivo da cultura da soja em sucessão sob as mesmas parcelas no mesmo delineamento de blocos casualizados, com esquema fatorial 2 x 2 x 2, com 4 repetições, em ambos os anos avaliados.

#### **3.3.2.2. Análise Estatística**

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® (FERREIRA, 1999).

### 3.4 AVALIAÇÃO DOS TEORES DE NUTRIENTES E DECOMPOSIÇÃO DA MATÉRIA SECA DOS “LITTER BAGS”

#### 3.4.1 Delineamento Experimental

Os tratamentos foram constituídos pela coleta de massa seca das rebrotas dos sorgos e/ou capim. O delineamento experimental foi o mesmo do experimento das forrageiras remanescentes, ou seja, em esquema fatorial 2 x 2 x 2, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por dois anos de cultivo (2015 e 2016); em cultivo exclusivo (solteiro) ou em consórcio com o capim-paiaguás, com ou sem a inoculação das sementes de sorgos (Granífero ou Dupla Aptidão) com a bactéria *Azospirillum brasilense*.

#### 3.4.2 Amostragens e análise

Após o corte das rebrotas das espécies forrageiras (sorgo e/ou capim-paiaguás), quantidade proporcional de massa verde de cada unidade experimental foi acondicionada dentro de cinco sacos de nylon (“*Litter Bags*”) de 0,06 m<sup>2</sup> (0,3 x 0,2 m) (Figura 9), sendo esses depositados em contato direto com o solo da respectiva unidade experimental e coletados aos 30; 60; 90; 120 e 150 dias após o manejo (DAM), para avaliar a decomposição da palhada por meio do remanescente de massa seca no interior do “*Litter Bag*” (estufa a 65°C por 72 h) extrapolada para kg ha<sup>-1</sup>. Para isso, foi coletada a massa fresca de dentro de cada um, onde o material foi limpo em peneira e determinada a massa seca após secagem.

Nas amostras obtidas, foram realizadas análises laboratoriais dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), dos quais pelo cálculo do acúmulo no remanescente de matéria seca foram mensuradas as taxas de liberação de nutrientes no tempo. As análises de teores nutricionais na massa seca das espécies forrageiras foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Faculdade de Engenharia-FE/UNESP/Campus de Ilha Solteira.

**Figura 9-** Simulador de decomposição (Litter Bag). FEPE. Selvíria, MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O uso do “Litter Bag” ao invés do método do quadrado de metal, para avaliação do tempo de decomposição da palha, foi devido ao fato da área estar sendo cultivada em SPD há aproximadamente dez anos, onde no momento das avaliações poderia ocorrer contaminação das amostras com palhada de cortes anteriores ao objeto de estudo.

### **3.4.3 Análise Estatística**

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® (FERREIRA, 1999). Para determinação da decomposição da palhada no tempo e liberação de nutrientes foi utilizada a análise de regressão.

### 3.5 AVALIAÇÕES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E ESTOQUES DE CARBONO DO SOLO EM CADA ANO DOS EXPERIMENTOS

#### 3.5.1 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi o mesmo das forrageiras remanescentes, ou seja, em esquema fatorial 2 x 2 x 2, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por dois anos de cultivo (2015 e 2016); em cultivo exclusivo (solteiro) ou em consórcio com o capim-paiaguás, com ou sem a inoculação das sementes de sorgos (Granífero ou Dupla Aptidão) com a *Azospirillum brasilense*.

#### 3.5.2 Amostragens e Análises da fertilidade e física do solo e estoque de carbono

Após a trituração das rebrotas de sorgo e/ou capim-paiaguás, em ambos os anos agrícolas, foram avaliadas a fertilidade do solo (RAIJ et al. 2001) por parcela, nas camadas de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m para avaliação do desempenho dos diferentes sistemas de produção. Para tanto, foram coletadas amostras em dez pontos distintos entre as linhas dentro de cada unidade experimental, com um trado de rosca e foram efetuadas as análises das amostras compostas por parcela no Laboratório de Fertilidade do Solo da FE/UNESP. Nestes mesmos pontos foram avaliados, a densidade do solo pelo método do anel volumétrico (Figura 10).

**Figura 10-** Coleta de anéis para caracterização física do solo. FEPE. Selvíria, MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Os teores de C no solo foram determinados em todos os tratamentos, também após a dessecação das rebrotas de sorgo e/ou capim-paiaguás, em ambos os anos agrícolas. Para tanto 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) e das camadas do solo (Equação 1) (BERNOUX et al., 1998).

$$E = Ds. h. C \quad (1)$$

em que E é o estoque de carbono do solo ( $t \text{ ha}^{-1}$ ); Ds, a densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ); h, a espessura da camada amostrada (cm); e C, o teor de carbono do solo ( $\text{g dm}^{-3}$ ).

### 3.5.3 Análise Estatística

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® (FERREIRA, 1999).

### 3.6 PRODUÇÃO DA CULTURA DA SOJA SOB PALHADA DA REBROTA DE ESPÉCIES FORRAGEIRAS IMPLANTADAS NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

#### 3.6.1 Tratamento e delineamento experimental

Após dessecação e corte das rebrotas de sorgos e/ou capim, visando a continuidade do sistema plantio direto, foi implantada a cultura da soja em sucessão, em ambos os anos e sobre as mesmas parcelas dos sorgos. Assim, o delineamento experimental foi o mesmo do experimento das forrageiras remanescentes, ou seja, em esquema fatorial  $2 \times 2 \times 2$ , com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por dois anos de cultivo (2015 e 2016); em cultivo exclusivo (solteiro) ou em consórcio com o capim-paiaguás, com ou sem a inoculação das sementes de sorgos (Granífero ou Dupla Aptidão) com a bactéria *Azospirillum brasilense*.

#### 3.6.2 Preparo da área experimental e manejo da cultura

Antes das semeaduras da soja (safra 2015/2016 e 2016/2017), foram realizadas novamente a dessecação das áreas com herbicidas glifosato (1,56 kg i.a. ha<sup>-1</sup>), carfentrazone etílica (20 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e haloxifope-p-metílico (60 g i.a. ha<sup>-1</sup>) para o controle de plantas daninhas.

A soja foi semeada mecanicamente em 17/11/2015 e 15/11/2016, respectivamente para o primeiro e segundo anos, utilizando-se da mesma cultivar BMX Potência RR, recomendada para a região. Utilizou-se de semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo haste (facão) para SPD (Figura 9), com espaçamento de 0,45 m entrelinhas e aproximadamente 19 sementes por metro de sulco.

Momentos antes da semeadura da cultura, as sementes foram inoculadas com *Bradyrizobium japonicum* na dose de 150 mL 50 kg<sup>-1</sup> de semente e tratadas



com o inseticida imidacloprido+tiodicarbe (0,5 L 100 kg<sup>-1</sup> de semente) e fungicida carboxina + tiram (0,3 L 100 kg<sup>-1</sup> de semente). Aplicou-se ainda molibdênio e cobalto, na dose de 100 mL 100 kg<sup>-1</sup> de semente.

Como adubação de semeadura, aplicou-se no primeiro e segundo anos 300 e 280 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 04-20-20, respectivamente.

Conforme as necessidades da cultura (Figura 11), efetuaram-se aplicações de herbicidas, inseticidas e fungicidas, na seguinte sequência: **Safra 2015/2016:** 14/12/2015: glifosato (1,56 kg i.a. ha<sup>-1</sup>) e clorimurom etílico (15 g i.a ha<sup>-1</sup>); 05/01/2016: 107,5 g ha<sup>-1</sup> i.a. de metomil, 80 e 10 g ha<sup>-1</sup> i.a. de imidacloprido + beta-ciflutrina e 60 + 24 g ha<sup>-1</sup> i.a. de azoxistrobina + ciproconazol + 0,5% de óleo mineral (v/v); 19/01/2016: 107,5 g ha<sup>-1</sup> i.a. de metomil, 24 g ha<sup>-1</sup> i.a. de flubendiamida e 56,25 g ha<sup>-1</sup> i.a. de imidacloprido; 28/01/2016: 107,5 g ha<sup>-1</sup> i.a. de metomil, 10 g ha<sup>-1</sup> i.a. de clorantraniliprole, 80 e 10 g ha<sup>-1</sup> i.a. de imidacloprido + beta-ciflutrina e 66,5 + 25 g ha<sup>-1</sup> i.a. de piraclostrobina + epoxiconazol; 05/02/2016: 129 g ha<sup>-1</sup> i.a. de metomil e 21,15 + 15,9 g ha<sup>-1</sup> i.a. de tiametoxam + lambda-cialotrina. **Safra 2016/2017:** 05/12/2016: glifosato (1,56 kg i.a. ha<sup>-1</sup>), clorimurom etílico (15 g i.a ha<sup>-1</sup>) e cletodim (96 g i.a ha<sup>-1</sup>) + 1% de óleo mineral (v/v); 06/01/2017: 129 g ha<sup>-1</sup> i.a. de metomil, 24 g ha<sup>-1</sup> i.a. flubendiamida, 80 e 10 g ha<sup>-1</sup> i.a. de imidacloprido + beta-ciflutrina e 79,8 + 30 g ha<sup>-1</sup> i.a. de piraclostrobina + epoxiconazol; 25/01/2017: 129 g ha<sup>-1</sup> i.a. de metomil, 10 g ha<sup>-1</sup> i.a. de clorantraniliprole, 28,2 + 21,2 g ha<sup>-1</sup> i.a. de tiametoxam + lambda-cialotrina, 60 + 24 g ha<sup>-1</sup> i.a. de azoxistrobina + ciproconazol; 02/02/2017: 129 g ha<sup>-1</sup> i.a. de metomil, 24 g ha<sup>-1</sup> i.a. flubendiamida e 80 e 10 g ha<sup>-1</sup> i.a. de imidacloprido + beta-ciflutrina; 15/02/2017: 80 e 10 g ha<sup>-1</sup> i.a. de imidacloprido + beta-ciflutrina e 24 g ha<sup>-1</sup> i.a. flubendiamida.

**Figura 11-** Cultura da soja em estágio de V3. FEPE. Selvíria, MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

### **3.6.3 Amostragens e Análises**

Com relação às avaliações da cultura da soja, foram realizadas por ocasião do florescimento (R1), leituras indiretas do teor foliar de clorofila, utilizando-se clorofilômetro digital (CFL 1030 - Falker), equipamento portátil que permite medições instantâneas na folha por leituras ICF. As leituras foram feitas no terceiro trifólio completamente desenvolvido, a partir do ápice da planta, com uma média de 10 leituras por folíolo, em cinco plantas/parcela.

Foram realizadas também no estágio R1, determinações dos teores de macronutrientes foliares, onde foram coletados para tanto, uma média de 20 trifólios/parcela (3º trifólio a partir do ápice da planta), aleatoriamente. As folhas foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C por 72 h, e posteriormente moídas em moinho tipo Wiley para determinação dos teores nutricionais conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Na colheita do primeiro (17/03/2016) e segundo anos (03/03/2017) foram avaliadas as características produtivas e produtividade de grãos da soja. Para tanto, foram coletadas as plantas contidas nas três linhas centrais com 4 m de comprimento de cada parcela (área útil), onde foi determinada a população de

plantas, extrapolada para 1 ha. Também foram coletadas dez plantas aleatoriamente por unidade experimental e determinados a altura de inserção da primeira vagem, o número total de vagens por planta, o número médio de grãos por vagem e a massa de 100 grãos (13% de base úmida). Para determinação da produtividade de grãos, 3 linhas de 2 metros da parcela foram colhidas, trilhadas mecanicamente, pesadas, e posteriormente calculada e extrapolada para  $\text{kg ha}^{-1}$  e corrigidos para o teor de 13% de umidade.

#### **3.6.4 Análise Estatística**

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® (FERREIRA, 1999).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PRODUÇÃO DE MATERIAL VEGETAL PARA ENSILAGEM DE SORGO GRANÍFERO E DE DUPLA APTIDÃO

No primeiro ano de cultivo houve maior altura de plantas (APG) para o sorgo granífero (Tabela 2). Este resultado pode estar relacionado à maior população de sorgo e produtividade de forrageira (MSFRG) no mesmo ano (Figura 12A), o que favoreceu o estiolamento da planta. Esse fato pode ocorrer porque em altas populações, as plantas tendem a crescer mais rápido, a fim de evitar sombreamento, porém podem afetar outros órgãos da planta como seu diâmetro de colmo e a área foliar (TAIZ; ZEIGER, 2004). Assim, evidencia-se a importância do conhecimento das espécies forrageiras e a densidade de plantas em consórcio.

**Tabela 2-** Altura de plantas (APG), diâmetro médio basal de colmos (DBCG), estande final de plantas (EFPG) do sorgo granífero, em função dos tratamentos. Selvíria-MS.

Tratamentos	APG	DBCG	EFPG
	------(cm)	-----	(plantas ha <sup>-1</sup> )
<b>Ano</b>			
1º Ano	139,3a	1,69	154.907
2º Ano	127,9b	1,66	143.287
<b>Capim</b>			
Com	133,5	1,61b	145.555
Sem	133,7	1,74a	152.638
<b>Inoculação</b>			
Com	134,7	1,70	147.685
Sem	132,5	1,65	150.509
<b>Teste F</b>			
Ano (A)	46,67**	0,46ns	1,86ns
Capim (C)	0,01ns	8,01**	0,69ns
Inoculação (I)	1,67ns	0,87ns	0,11ns
A x C	0,73ns	0,42ns	0,04ns
A x I	1,52ns	1,87ns	0,14ns
C x I	2,53ns	0,17ns	1,10ns
A x C x I	3,91ns	0,73ns	0,20ns
DMS	3,49	0,10	17.711
CV (%)	3,56	8,22	16,16

Nota: 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.

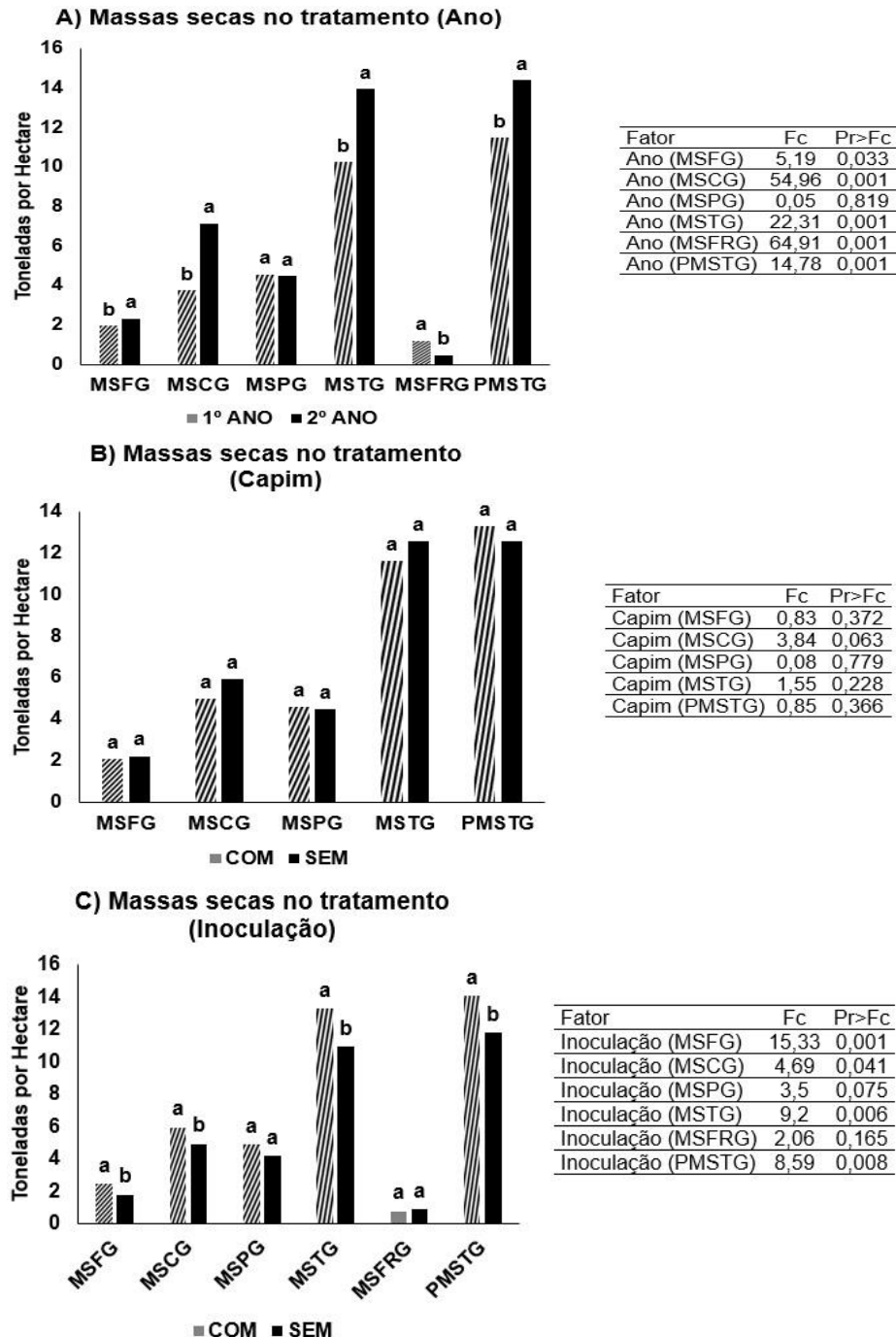
Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Para o diâmetro basal do colmo (DBCG), os anos não influenciaram nos resultados. Contudo, para o consórcio com capim-paiaguás, as plantas do sorgo granífero apresentaram menor DBCG do que em monocultivo, por conta da competição. Mateus et al. (2011) trabalhando com dois capins (Mombaça e Marandu) consorciados ou não com sorgo granífero, observaram que os consórcios, independente da espécie, proporcionaram diâmetro basal de colmo superior ao monocultivo, entretanto em cultivo de primavera/verão, com maior disponibilidade hídrica. Vale ressaltar que os valores deste atributo foram superiores a 1,5 cm, o que é considerado um valor adequado para o sorgo, o qual aumenta a capacidade de resistir ao acamamento e proporcionar maiores armazenamento e posterior translocações de água e nutrientes para os grãos. O maior diâmetro basal do colmo está associado na capacidade da planta em armazenar fotoassimilados resultando diretamente no enchimento dos grãos (KAPPES et al., 2011). Para o estande final de plantas não houve diferença significativa por efeito dos tratamentos.

De maneira geral, as produtividades de massa seca do sorgo granífero diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) durante os dois anos agrícolas (Figura 12A). Verifica-se que os maiores valores para massa seca da folha, colmo, total do sorgo granífero e produtividade de massa seca capim + sorgo (MSFG, MSCG, MSTG e PMSTG), foram obtidos no 2º ano de cultivo, enquanto que a massa seca da forrageira (MSFRG) foi maior no 1º ano. Esse fato pode estar relacionado à quantidade de palhada remanescente das rebrotas de sorgo do ano anterior e da soja antecessora e às condições climáticas, com aumento de temperatura e precipitação pluvial durante o período de realização do experimento (Figura 1), o que proporcionou melhor desenvolvimento das plantas. Entretanto, o capim-paiaguás (MSFRG) se desenvolveu mais no 1º ano de cultivo devido à menor quantidade de folhas do sorgo, ocasionando menor sombreamento e competição entre as espécies (Figura 12A).

Em virtude da alta produtividade de massa seca obtida pelo sorgo granífero no 2º ano (2016), constatou-se que a matéria seca total (sorgo granífero + capim) foi superior ao 1º ano em 2,9 t ha<sup>-1</sup>, mesmo com resultados superiores do capim no 1º ano.

**Figura 12-** Produtividade de massas secas da folha, colmo, panícula, total do sorgo, forrageira e produtividade de massas do sorgo granífero (MSFG, MSCG, MSPG, MSTG, MSFRG, PMSTG). A) Ano, B) Capim e C) Inoculação. Selvíria-MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Com relação à consorciação com o capim-paiaguás, as massas das frações do sorgo granífero foram semelhantes, mesmo com a competição entre as plantas em consórcio (Figura 12B). Em consonância com os resultados de Crusciol et al. (2011), não houve diferença na produtividade de grãos de sorgo consorciado com capim-

marandu, comparado com o monocultivo. Segundo Kluthcouski e Aidar (2003), o sorgo granífero apresenta grande poder competitivo, podendo ser semeado simultaneamente com gramíneas forrageiras. Uma das hipóteses também, pode estar na liberação de compostos alelopáticos por parte do granífero, podendo influenciar no desenvolvimento das plantas forrageiras.

A MSFG, MSCG, MSTG e, conseqüentemente o PMSTG (Figura 12C), apresentaram maiores produtividades com a inoculação da bactéria. A influência da inoculação com *A. brasilense* tem sido reportada por outros autores, como Nakao et al. (2014), que trabalhando com inoculação via foliar na cultura do sorgo, obtiveram ganhos de massa seca de colmos, folhas e panículas. Segundo Dobbelaere et al. (2001), essas bactérias tem a função de fixar biologicamente o nitrogênio atmosférico e/ou promover mecanismos de crescimento, que maximizam a capacidade das plantas em absorver e assimilar nutrientes do solo e aumentar a produtividade.

Para a altura do sorgo de dupla aptidão (APDP), no primeiro ano (Tabela 3) houve maior crescimento comparado com o segundo ano, fato ocorrido também para o sorgo granífero (Tabela 2), pelo efeito de maior população e provável estiolamento das plantas. Para o estande de plantas, verificou-se que o primeiro ano foi superior ao segundo, onde a maior deposição de palhada sobre o solo, após o manejo das rebrotas de sorgos e capins provenientes dos consórcios instalados no ano agrícola anterior, pode ter interferido na germinação das sementes no segundo ano. Para amenizar esse efeito na cultura do milho, Pariz et al. (2011), utilizaram um triturador de resíduos vegetais após a dessecação química para manejo dos capins, fato também realizado no presente estudo. Contudo, o sorgo pode ter efeito também alelopático na germinação e crescimento de plantas em sucessão sob sua palhada, liberando aleloquímicos durante sua decomposição (PEIXOTO; SOUZA, 2002).

A consorciação com o capim-paiaguás resultou em menor diâmetro médio basal de colmos (DBC DP). Tal fato pode estar associado a competição por fatores de crescimento durante o consórcio. Tais resultados demonstram o comportamento da cultura do sorgo de dupla aptidão quando em consórcio com capins do gênero *Urochloa*, onde em cultivo outonal, pela maior limitação hídrica, há maior competição entre as plantas no consórcio. Não houve efeito da inoculação para o diâmetro médio basal de colmos (DBC DP).

**Tabela 3-** Altura de plantas (APDP), diâmetro médio basal de colmos (DBCDP), estande final de plantas (EFPDP) do sorgo de dupla aptidão, em função dos tratamentos. Selvíria-MS.

Tratamentos	APDP	DBCDP	EFPDP
	----- (cm)	-----	(pl. ha <sup>-1</sup> )
<b>Ano</b>			
1º Ano	210a	1,36	169.722a
2º Ano	192b	1,41	148.148b
<b>Capim</b>			
Com	200	1,33b	158.333
Sem	202	1,45a	159.537
<b>Inoculação</b>			
Com	202	1,40	155.925
Sem	200	1,38	166.944
<b>Teste F</b>			
Ano (A)	186,79**	0,73ns	8,10**
Capim (C)	2,21ns	5,17*	0,02ns
Inoculação (I)	1,45ns	0,10ns	3,47ns
A x C	3,85ns	0,01ns	0,42ns
A x I	21,88**	0,01ns	0,02ns
C x I	0,26ns	1,78ns	3,29ns
A x C x I	2,83ns	0,06ns	0,98ns
DMS	2,77	0,10	15.755
CV (%)	1,87	10,55	13,48

Nota: 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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Observou-se interação entre anos de cultivo e inoculação ou não com o *Azospirillum brasilense* para APDP (Tabela 3). No desdobramento da interação (Tabela 4) constatou-se que no primeiro ano houve maior crescimento nas plantas inoculadas, enquanto que no segundo ano (maior disponibilidade hídrica), não houve efeito significativo. Quando se comparou a APDP dentro do ano de cultivo, houve aumento quando inoculado no primeiro ano e diminuição para o segundo ano.

Kappes et al. (2013) trabalhando com a inoculação com *Azospirillum brasilense* em sementes de milho no cerrado de baixa altitude, constataram aumento na altura de plantas. Também Longhini et al. (2016) relataram efeito positivo na altura de plantas na cultura do milho inoculados com a bactéria, o que acarretou em significativo incremento da produção, em relação às sementes não inoculadas.



**Tabela 4-** Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para a altura de plantas do sorgo de dupla aptidão (APDP), em função dos tratamentos. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	APDP (cm)	
1º Ano	214 aA	206 aB
2º Ano	190 b	194 b

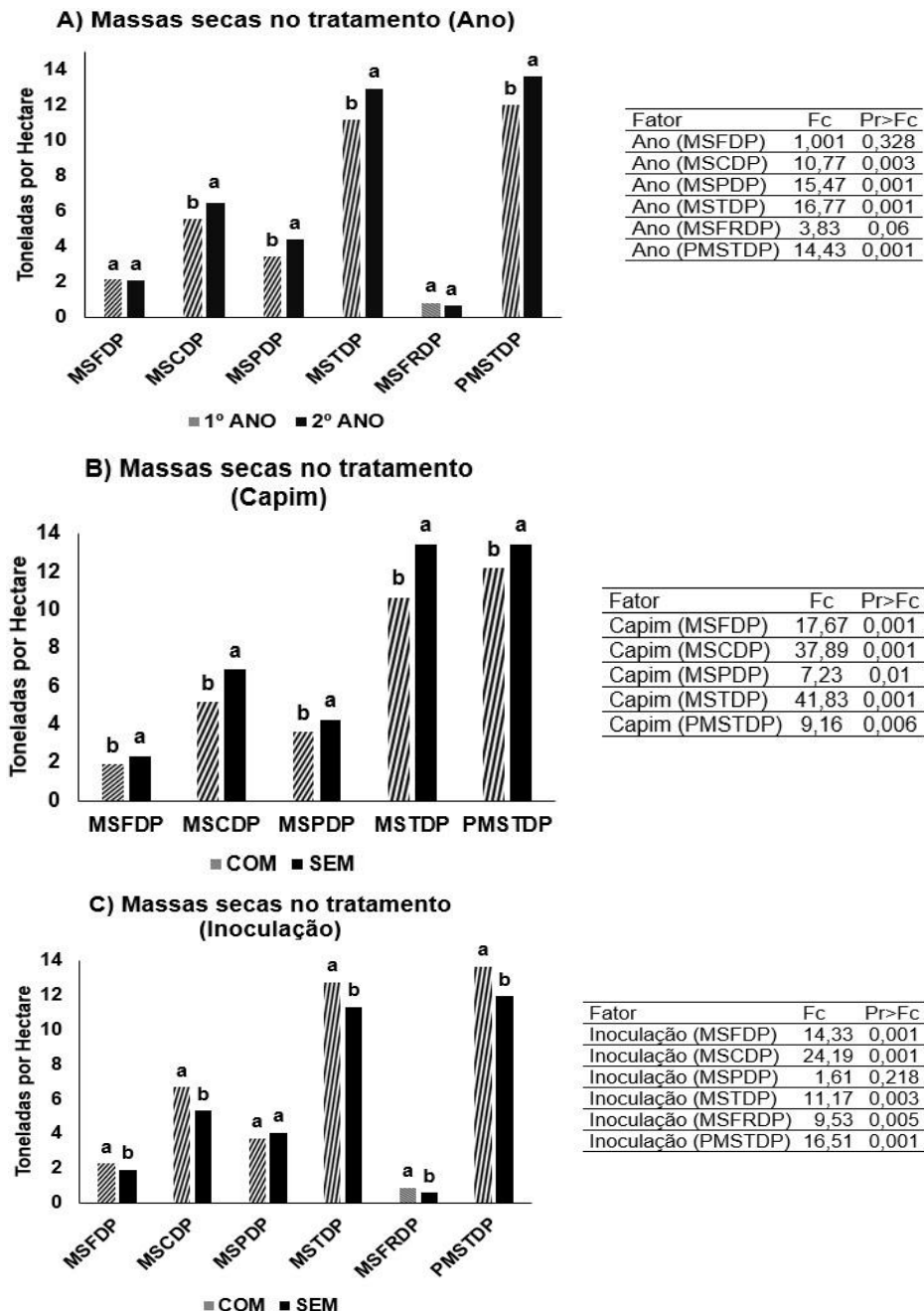
Nota: Médias seguidas de letras distintas minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

As produtividades de massa seca de colmo e panículas do sorgo de dupla aptidão no segundo ano (Figura 13A) foram superiores ao primeiro ano, indicando que as condições experimentais de resíduos deixados pelo primeiro ano devido a rebrota do sorgo e capim com posterior palhada, apresentam aspectos positivos pela cobertura do solo e reciclagem de nutrientes, principalmente quando observado a produtividade de massa seca total das plantas do sorgo de dupla aptidão, com aumento na produtividade total da massa antes da ensilagem (Figura 13A). Destaca-se ainda a maior precipitação pluvial no segundo ano (Figura 1), justificando esse maior acréscimo na produção de massa seca.

A produtividade de massa seca total (PMSTDP) antes da ensilagem (sorgo dupla aptidão + capim-paiaguás) manteve-se similar para ambos os anos de cultivo, evidenciando aumentos significativos na produção de matéria seca no consórcio (Figura 13A). Tal resultado assemelha-se ao que ocorreu também com o sorgo granífero (Figura 13A). Isso mostra a importância de realizar trabalhos desta natureza por maiores períodos de tempo.

**Figura 13-** Produtividade massas secas da folha, colmo, panícula, total do sorgo, forrageira e produtividade de massas do sorgo de dupla aptidão (MSFDP, MSCDP, MSPDP, MSTDP, MSFRDP, PMSTDP). A) Ano, B) Capim e C) Inoculação. Selvíria-MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O decréscimo de produção de folhas, colmos, panículas, conseqüentemente massa seca total do sorgo consorciado (0,43; 1,71; 0,65; 2,79; 1,28 t ha<sup>-1</sup>), respectivamente (Figura 13B), advém da competição com o capim. Assim, o consórcio é uma tecnologia a ser estudada em diferentes épocas de cultivo, para

conhecimento quanto ao comportamento das espécies na competição, que é fundamental para obtenção de produtividade satisfatória da cultura de grãos e da formação da pastagem, uma vez que tendo competição entre as culturas pode inviabilizar o cultivo consorciado (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003). Essa competição poderia ser minimizada com a semeadura do capim, em maiores profundidades, permitindo o atraso de sua emergência, metodologia esta que foi colocada em prática, porém sem sucesso.

Do mesmo modo que esse resultado (Figura 13B) pode indicar que o espaçamento entre as linhas de 0,45 m, a alta população de plantas e até mesmo a genética da cultivar de porte mais alto tem efeito significativo no comportamento das espécies em consórcio. Porém em trabalho realizado por Garcia et al. (2013), o consórcio de forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Urochloa* com milho não resultaram em efeito significativo de competição para a produtividade de grãos, contudo em área irrigada no cultivo de primavera/verão e com milho espaçado de 0,90 m entrelinhas. Também Costa et al. (2012), avaliando o consórcio de milho com duas espécies de *Urochloa* (*brizantha* e *ruziziensis*) em sistema plantio direto, não observaram diferença na produtividade de matéria seca da parte aérea da cultura.

Avaliando os aspectos agronômicos de genótipos de sorgo, Botelho et al. (2010) constataram produções de MS para o sorgo Volumax de 16,6 t ha<sup>-1</sup>, Qualimax de 14,3 t ha<sup>-1</sup>, BRS 610 de 17,5 t ha<sup>-1</sup> e AG 2005E de 13,7 t ha<sup>-1</sup>, próximas ao AG 2005E de duplo propósito.

Os incrementos verificados na MSFDP, MSCDP, MSTDP, MSFRDP e PMSTDP das plantas inoculadas (Figura 13C) podem ser associados à produção de hormônios pelas bactérias, que estimulam a densidade e o comprimento de pelos radiculares (OKON; LABANDERA-GONZALEZ, 1994), resultando em maior absorção de água e nutrientes disponíveis no solo. Os resultados obtidos corroboram com outros publicados, em que há respostas positivas relacionadas a planta de sorgo em presença de bactérias diazotróficas. Bergamaschi et al. (2007), estudando a ocorrência de bactérias em sorgos forrageiros, constataram resultados satisfatórios quanto a fixação de nitrogênio e produção de ácido indol-acético in vitro.

Com um aumento de 1,71 t ha<sup>-1</sup> superior ao não inoculado para a produtividade de massa seca total, evidencia a importância das bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum*. De acordo com Dartora et al. (2013), a combinação de estirpes de *A. brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* proporcionam melhores desenvolvimentos

na cultura do milho comparado com a testemunha, principalmente na matéria seca da parte aérea. Cabe ressaltar o efeito da inoculação com *Azospirillum*, com dados experimentais de campo, em que Okon e Vanderleyden (1997) concluíram que a inoculação de gramíneas como sorgo, milho e arroz, respondem em ganhos de produtividades pela fixação biológica de nitrogênio e substâncias promotoras de crescimento, aumentando a superfície de absorção das raízes das plantas e, conseqüentemente, no aumento do volume de substrato do solo explorado, nas mais variadas condições de clima e solo. De acordo com Bashan, Holguin e De-Bashan (2004), os benefícios proporcionados pela bactéria, podem ser atribuídas pelas produções de auxinas, giberilinas e citocininas, o que aumentariam a produtividade de matéria seca, como verificado nesta pesquisa.

Pôde-se notar que a cultivar de dupla aptidão produz mais colmo do que folhas e panícula (Figura 13), indicando uma maior concentração de fibras na silagem, o que pode resultar em silagem de baixa qualidade. Tais resultados contrastam com os obtidos por Avelino et al. (2011) que, estudando híbridos de sorgo, duplo-propósito e forrageiro, observaram que o sorgo de dupla finalidade, produz mais panículas do que folhas e colmo. Esse resultado permite concluir que o híbrido A9902, para expressar maior capacidade de produção de panículas, deve ser cultivado em maiores espaçamentos na consorciação com capins, e também serem conduzidos experimentos regionalizados.

No desdobramento da interação entre anos de cultivo com e sem a inoculação (Tabela 5) para a MSFRDP, verificou-se diferenças significativas, ocorrendo aumentos de produtividade no 2º ano associado a inoculação. Evidencia-se a viabilidade da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas sementes de sorgo, pelo efeito no capim em consórcio, mesmo não inoculado, pois incrementa a produção de forragem durante a entressafra, no período de maior escassez para alimentação animal ou formação de palhada para o SPD.

De modo geral, o consórcio avaliado dentro de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), não alterou a produtividade final de matéria seca do sorgo granífero, possibilitando quantidades adequadas de massa vegetal para a ensilagem, permitindo ainda, que com os rebrotes dos sorgos (Granífero e de Dupla Aptidão) e do capim-paiaguás, a formação de palhada para continuidade do sistema plantio direto para a safra de verão em região de Cerrado. Além disso é possível reduzir o

custo da formação das pastagens e ofertar alimento para o gado no período de entressafra, em que a oferta de forragem é reduzida.

**Tabela 5-** Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para a massa seca da forrageira do sorgo de dupla aptidão (MSFRDP), em função dos tratamentos. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	MSFRDP (t ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	0,86	0,81 a
2º Ano	0,91 A	0,43 bB

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Para o acúmulo de nutrientes do sorgo granífero dentro dos anos de cultivo com e sem consórcio com capim e inoculados ou não com *Azospirillum brasilense* para produção de silagem (Figura 14), deve-se destacar o S que apresentou os maiores valores, principalmente no segundo ano de cultivo.

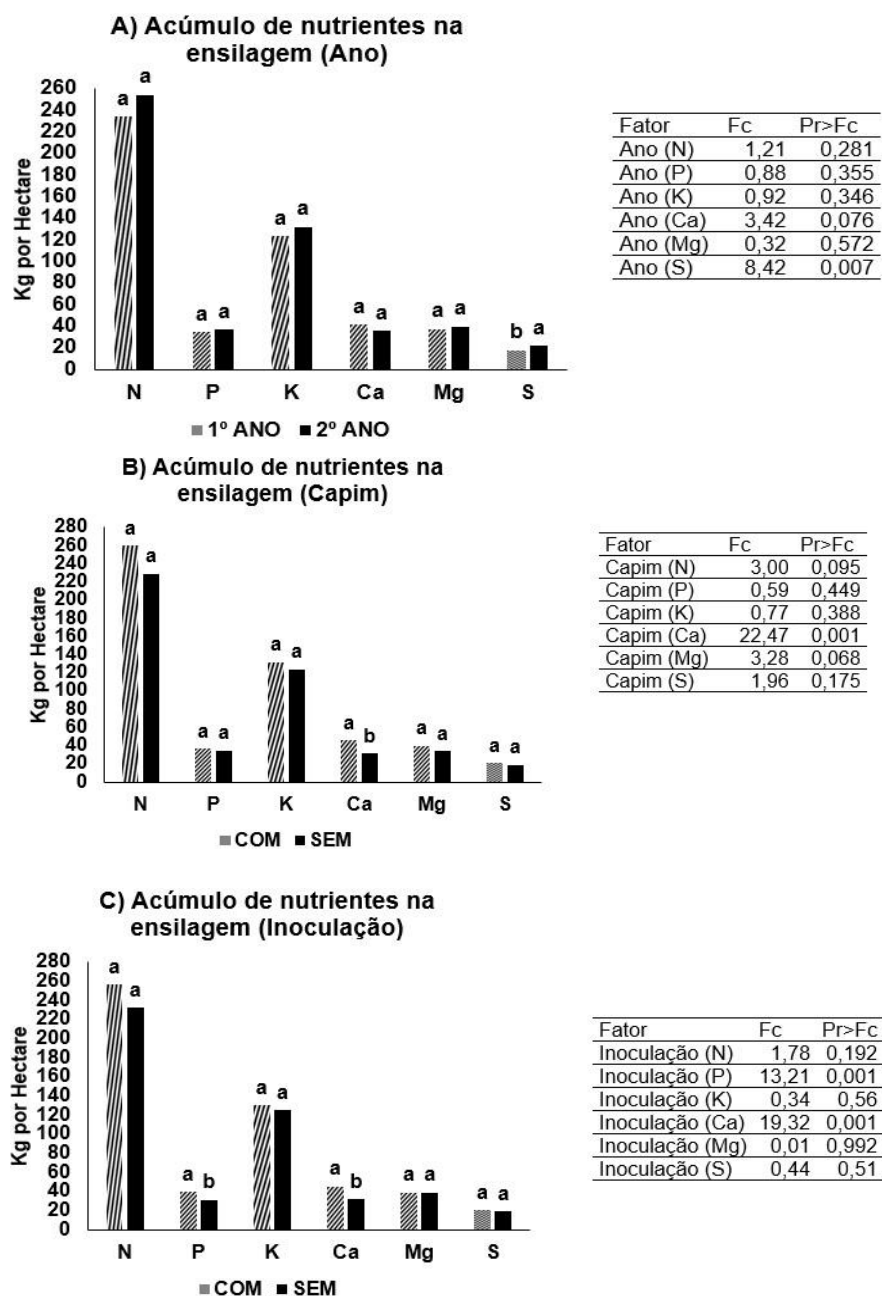
O reflexo da maior produção de matéria seca, no segundo ano (Figura 12A), o qual atingiu 2,9 t ha<sup>-1</sup> em relação ao primeiro ano, aumentou a quantidade de nutrientes extraídos da área, porém para os nutrientes N, P, K, Ca e Mg não foram observadas diferenças significativas (Figura 14A). É importante salientar que esses aumentos, mesmo não significativos, estão próximos dos obtidos para os incrementos na produção de matéria seca.

A quantidade de nutrientes acumulada no sorgo consorciado com o capim-paiaguás diferiu significativamente apenas para o Ca. No geral, houve aumento no acúmulo de nutrientes por conta da produção de material seco total (Figura 12B) propiciando um acúmulo maior de nutrientes (Figura 14B). Esses resultados confirmam que mesmo em condições de baixa precipitação pluvial, a cultivar aqui testada de *U. brizantha*, apresenta tolerância à deficiência hídrica, com capacidade de absorção de nutrientes em camadas mais profundas do solo pela presença de raízes vigorosas como relatado por Barducci et al., (2009). Assim, essas forrageiras conseguem se desenvolver em ambientes em que a maioria das culturas produtoras de grãos não conseguiriam produzir adequadamente.

O acúmulo de nutrientes na matéria seca das plantas de sorgo com ou sem capim-paiaguás, com inoculação por bactérias diazotróficas, apresentou respostas

significativas para o P e o Ca, aumentando sua concentração. Esse acúmulo de MS e nutrientes (Figuras 12C e 14C) podem ser explicados pela maior exploração radicular das plantas inoculadas pela bactéria, tratando-se de uma estratégia para buscar nutrientes e, mesmo imóveis no solo, como no caso do fósforo.

**Figura 14-** Acúmulo de nutrientes nas massas secas da folha, colmo, panícula, total do sorgo, forrageira e produtividade de massas do sorgo granífero (MSFG, MSCG, MSPG, MSTG, MSFRG, PMSTG) na ensilagem. A) Ano, B) Capim e C) Inoculação. Selvíria-MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

No desdobramento da interação entre ano com e sem o capim-paiaguás (Tabela 6) e inoculado ou não por *Azospirillum brasilense* (Tabela 7), para o acúmulo de Ca, verificaram-se diferenças significativas entre o primeiro ano consorciado e inoculado, ocorrendo aumentos expressivos no acúmulo. A explicação para o efeito do consórcio está na produtividade de massa seca da forrageira ter sido maior no primeiro ano (Figura 12A). Para efeito da inoculação, tal resultado está no fato do crescimento adequado no primeiro ano, podendo ter promovido crescimento pelas bactérias, o que possibilitou crescimento radicular em profundidade, explorando maior volume de solo e absorvendo nutrientes pouco móveis como o Ca.

**Tabela 6-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para acúmulo de Ca, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim-paiaguás	
	Com	Sem
	Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	53,7 aA	28,9 B
2º Ano	37,7 b	33,8

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

**Tabela 7-** Desdobramento das interações significativas anos x inoculação por *Azospirillum brasilense*, para acúmulo de Ca, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	53,9 aA	28,8 B
2º Ano	36,5 b	35,0

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Com relação ao acúmulo de nutrientes pelo sorgo de dupla aptidão para a colheita do material a ser ensilado, deve-se destacar o K, Ca, Mg e S que apresentaram aumento nos valores no segundo ano de cultivo (Figura 15A). Nesta mesma modalidade com o sorgo granífero (Figura 14A), não foram evidenciados aumentos para K, Ca e Mg, somente para S, quando comparado com os anos de cultivo. Esse maior acúmulo de nutrientes remanescentes se deu no segundo ano de cultivo, conseqüentemente, resultando em maiores quantidades de nutrientes

deixados na superfície do solo por conta da rebrota do sorgo e capim do primeiro ano.

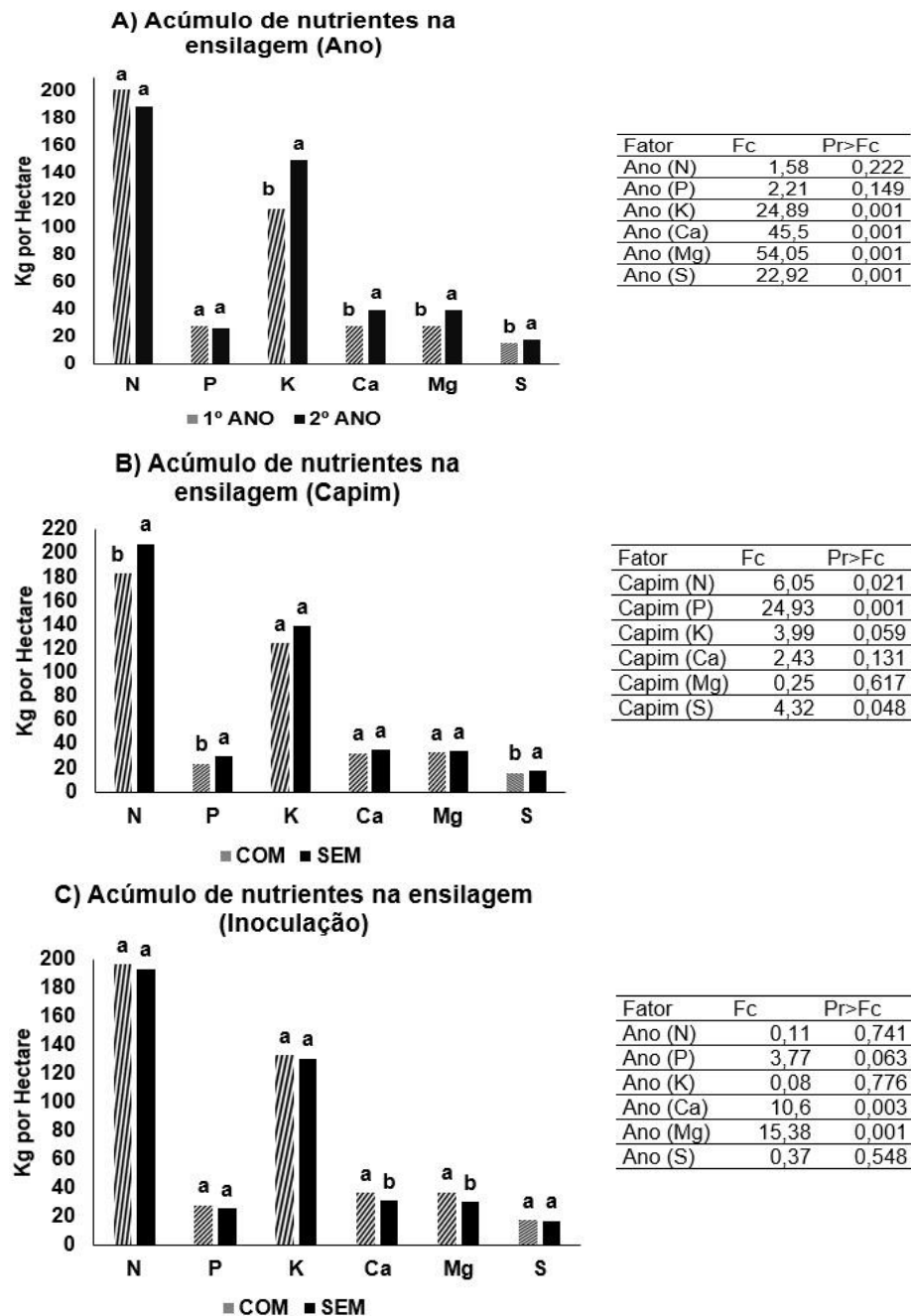
A quantidade de N acumulada a ser ensilada do sorgo de dupla aptidão não foi influenciada pelos anos de cultivo (Figura 15A). Uma das hipóteses se deve, provavelmente, ao histórico da área de cultivo, que se encontrava há mais de 10 anos sob SPD, momento este em que a mineralização do nitrogênio passa a ser maior que a imobilização (ANGHINONI, 2007). Evidenciando assim, que o sistema produtivo avaliado, apesar de ser caracterizado por elevada necessidade de N por ambas as culturas em consórcio, proporcionou condições satisfatórias ao desenvolvimento das plantas, proporcionando acúmulos de N em quantidades semelhantes.

Para a consorciação com o capim-paiaguás, verificou-se que houve diferença significativa com relação ao N, P e S acumulados, em função das modalidades de cultivo da cultura do sorgo para ensilagem (Figura 13B). De acordo com Costa et al. (2014a), a consorciação de culturas é um dos meios para se elevar a produtividade de sistemas de produção integrados. Neste contexto, dentre os benefícios deste sistema produtivo, devem ser consideradas as vantagens relacionadas com a conservação e a melhoria da fertilidade do solo, em decorrência da maior produção de massa verde das plantas forrageiras visando a produção de silagem.

De acordo com o estudo de Pitta et al. (2001), o sorgo tem a capacidade de aumentar linearmente as extrações de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em relação aos níveis de produtividade, onde a maior exigência do sorgo refere-se ao N e ao K, seguindo-se do Ca, Mg e P. Desta forma, o incremento de produtividade de massa seca com a inoculação por *Azospirillum brasilense* (Figura 13C), pode trazer inúmeros benefícios aos sistemas produtivos, como no caso com o aumento do acúmulo de Ca e Mg com a inoculação (Figura 15C). Outro fator a ser considerado no acúmulo de nutrientes no material vegetal do sorgo de dupla aptidão para ensilagem, é o histórico da área de cultivo, que se encontrava há mais de 10 anos sob SPD, e à própria fertilidade do solo e condições de cultivo, em que as precipitações pluviais favoreceram o melhor desenvolvimento das culturas consorciadas, mesmo na época seca.



**Figura 15-** Acúmulo de nutrientes nas massas secas da folha, colmo, panícula, total do sorgo, forrageira e produtividade de massas do sorgo de dupla aptidão (MSFDP, MSCDP, MSPDP, MSTDP, MSFRDP, PMSTDP) na ensilagem. A) Ano, B) Capim e C) Inoculação. Selvíria-MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Verificou-se interação significativa para as quantidades de N, P e K acumuladas no sorgo de dupla aptidão em função dos anos x consorciado ou não com capim-paiaguás (Tabela 8). As maiores quantidades de N e P foram verificadas na modalidade de cultivo consorciado no primeiro ano. Entretanto, quando não

houve a consorciação, no segundo ano, os acúmulos foram significativamente maiores, havendo, portanto, competição entre as espécies neste segundo ano. Tal fato se deve principalmente, pela maior PMSTDP obtida neste tratamento (Figura 13B). Entretanto, apesar da pequena diferença, deve-se ressaltar a extrema importância desses nutrientes nestes sistemas produtivos consorciados, uma vez que podem melhorar, pela liberação dos nutrientes como palhada, ou a qualidade da silagem, conseqüentemente, melhorando o sistema produtivo como um todo.

**Tabela 8-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para os acúmulos de N, P e K, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim-paiaguás	
	Com	Sem
	N (kg ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	203,0 a	200,3
2º Ano	163,0 bB	215,1 A
	P (kg ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	26,7 a	28,1
2º Ano	20,9 bB	30,6 A
	K (kg ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	115,1	112,9 b
2º Ano	134,2 B	167,9 aA

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Na composição bromatológica do material a ser ensilado do sorgo granífero (Tabela 9) foram observadas diferenças significativas entre as modalidades de cultivo (consorciado ou não com capim-paiaguás) para poder tampão e carboidratos solúveis, e entre os tratamentos com e sem inoculação, para FDN. Entre os anos de cultivo todas os atributos avaliados apresentaram diferenças significativas.

De acordo com Woolford (1984), os teores de CHOs e o PoT, são fatores importantes sobre o potencial da planta forrageira a ser ensilada, e a relação entre poder tampão e carboidratos solúveis deve ser inferior a 3,0 para possibilitar a obtenção de silagem de qualidade satisfatória, o que foi observado nessa pesquisa.

Os carboidratos solúveis do material ensilado contribuem para a rápida fermentação, com produção de ácidos orgânicos de pronta disponibilidade de nutrientes para as bactérias e rápida redução do pH, o que estabiliza a fermentação e auxilia na obtenção de uma silagem de boa qualidade (MURDOCH et al., 1975; SILVA et al. 1999a).

Entre os anos de cultivo, os maiores valores do PoT e FDN, foram verificados no primeiro ano, diferente do CHO que se apresentaram em maiores concentrações no segundo ano. Tal fato se deve, provavelmente, à participação do componente forrageiro na composição final do material ensilado. As frações fibrosas da planta (colmo + folhas), juntamente com o capim-paiaguás em consórcio, podem ter influenciados nos resultados. Em sistemas de consórcio, a participação de capins na constituição final da massa ensilada, também aumenta o teor final de fibras, tendo em vista a idade avançada dos capins em consórcio, pois estes foram implantados simultaneamente à sementeira da cultura produtora de grãos.

De acordo com Bergamaschine et al. (2006), os valores de poder tampão e carboidratos solúveis de gramíneas forrageiras em cultivo solteiro, não proporcionam eficiência no processo fermentativo. Assim, estudos com a cultura do sorgo se justificam por seu valor nutritivo e suas características agrônomicas, além de apresentar baixo poder tampão (FERNANDES et al., 2009).

Para os teores de proteína bruta, verificou-se que no primeiro ano, a concentração foi 11,5 % superior ao segundo ano, evidenciando um maior conteúdo energético nas necessidades nutricionais dos ruminantes. Entretanto, os valores de PB, apresentaram-se acima dos 7% considerados adequados por Van Soest (1994), demonstrando eficiência desta cultivar, mesmo em consórcio com capim.

A participação das panículas pode influenciar na maior quantidade de PB na ensilagem, onde para os anos de cultivo não houve efeito significativo (Figura 12A). Entretanto, o primeiro ano apresentou maiores quantidades de PB comparado ao segundo (Tabela 9). De acordo com o trabalho de Silva et al. (1999b), verificaram-se que quanto maior a participação da panícula na ensilagem, houve maior teor de PB que o conjunto folhas + colmo. Nascimento et al. (2008), trabalhando com sorgo granífero em Vienne, França, observaram valores entre 9,83 a 10,98% PB nas silagens. Enquanto que Flaresso et al. (2000), testando 8 cultivares de sorgo para ensilagem, observaram médias de 7,1% de PB em Ituporanga-SC.

**Tabela 9-** Médias de Poder tampão (PoT), teores proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos solúveis totais (CHOs) planta inteira do sorgo granífero, antes da ensilagem. Selvíria-MS.

Tratamentos	PoT	PB	FDN	CHOs
	-----% MS-----			
<b>Sorgo</b>				
1º Ano	25,45a	12,41a	54,56a	9,21b
2º Ano	19,46b	11,13b	51,07b	9,77a
<b>Capim</b>				
Com	23,10a	11,95	52,42	10,12a
Sem	21,81b	11,59	53,21	8,86b
<b>Inoculação</b>				
Com	22,36	11,51	51,27b	9,17b
Sem	22,55	12,02	54,36a	9,81a
<b>Teste F</b>				
Ano (A)	158,0**	15,73**	32,5**	10,77**
Capim (C)	74,3**	1,24ns	1,66ns	55,10**
Inoculação (I)	1,65ns	2,56ns	25,1*	13,81**
A x C	13,02**	0,13ns	7,80*	52,94**
A x I	30,87**	3,66ns	0,31ns	0,52ns
C x I	198,2**	2,04ns	8,26**	3,38ns
A x C x I	4,03ns	0,03ns	3,78ns	3,76ns
DMS	0,31	0,67	1,26	0,35
CV (%)	1,89	7,76	3,28	5,05

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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O desdobramento da interação anos e modalidades de cultivo referente ao PoT, FDN e CHOs, encontra-se na Tabela 10. Foram obtidos maiores valores de poder tampão no primeiro ano em relação ao segundo, independente da modalidade de cultivo. De acordo com Lavezzo (1985), materiais com elevado poder tampão resultam em problemas na ensilagem pela dificuldade na redução rápida do pH.

Segundo Woolford (1984), o rápido abaixamento do pH é mais importante do que o próprio valor de pH obtido no final do processo fermentativo, pois ele está relacionado ao fato que a acidificação rápida reduz o crescimento e desenvolvimento de bactérias indesejáveis, que promoveriam fermentações secundárias e redução no valor nutritivo das silagens.

No segundo ano houve diferenças entre os tratamentos com e sem capim-paiaguás para FDN e CHOs, sendo maiores os valores de FDN e menores os valores de CHOs para o tratamento sem consórcio. Isso ocorreu pela maior participação de colmos, que constituem a parcela mais fibrosa da planta na massa

final a ser ensilada em relação ao primeiro ano (Figura 12A), devido à menor precipitação (Figura 1), e em relação ao tratamento consorciado com capim (Figura 12B), devido à maior quantidade de limbo foliar, derivado do capim, na massa final a ser ensilada.

**Tabela 10-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para o PoT, FDN e CHOs do sorgo granífero, antes da ensilagem. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim-paiaguás	
	Com	Sem
PoT		
1º Ano	25,82 aA	25,07 aB
2º Ano	20,38 bA	18,55 bB
FDN (%MS)		
1º Ano	55,02 a	54,10
2º Ano	49,83 bB	52,32 A
CHOs (%MS)		
1º Ano	9,22 b	9,20 a
2º Ano	11,02 aA	8,52b B

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O desdobramento da interação anos e tratamentos com e sem inoculação referente ao PoT encontra-se na Tabela 11. No primeiro ano agrícola observou-se maior valor de PoT para o tratamento sem inoculação e no segundo ano agrícola para o tratamento inoculado.

Quando se compara os tratamentos com e sem inoculação e as modalidades de cultivo (Tabela 12), observa-se que o tratamento consorciado com capim-paiaguás apresentou maiores valores para PoT e FDN quando não houve a inoculação do sorgo com *Azospirillum*, fato este atribuído ao aumento de colmos na massa vegetal a ser ensilada, e portanto, mais fibrosos que aumentam a FDN e o PoT. Enquanto que, com o capim em consórcio e inoculação do sorgo, pelo efeito de folhas do capim e grãos do sorgo na massa a ser ensilada, houve redução da FDN e conseqüentemente do PoT.

**Tabela 11-** Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para o PoT do sorgo granífero, antes da ensilagem. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	PoT	
1º Ano	24,93 aB	25,96 aA
2º Ano	19,78 bA	19,14 bB

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

**Tabela 12-** Desdobramento das interações significativas capim-paiaguás x inoculação, para o PoT e FDN do sorgo granífero, antes da ensilagem. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	PoT	
Com Capim	21,95 bB	24,26 aA
Sem Capim	22,77 aA	20,85 bB
	FDN (%MS)	
Com Capim	50,00 bB	54,85 A
Sem Capim	52,54 a	53,88

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Na Tabela 13, constam os valores de PoT, PB, FDN e CHOs do sorgo de dupla aptidão antes da ensilagem. Observa-se que o PoT, de forma geral, apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, com exceção na consorciação com o capim-paiaguás. Houve aumento quando inoculado com a bactéria e valores superiores no primeiro ano de condução, novamente pelo efeito de maior crescimento da bactéria e pela maior limitação hídrica no primeiro ano (Figura 1), o que acarreta maior concentração fibrosa nas plantas com estresse hídrico. De acordo com Lavezzo (1985), materiais com elevado poder tampão resultam em problemas na ensilagem, necessitando aumentar o teor de ácido láctico, com objetivo de diminuir o pH para valores adequados.

Assim como para o material ensilado de sorgo granífero, o de dupla aptidão também apresentou relação inferior a 3,0 entre poder tampão e carboidratos solúveis, como o preconizado por Woolford (1984) para um bom potencial de ensilagem

Os teores de PB do sorgo de dupla aptidão para ensilagem variaram entre 8,53% a 10,52%, sendo que no sorgo granífero a variação foi de 11,13% a 12,41%,

ou seja, sorgos com quantidades maiores de grãos em sua panícula determinam aumento na porcentagem de PB, evidenciando melhorias na manutenção da população de microrganismos do rúmen de bovinos (Tabela 13).

**Tabela 13-** Médias de Poder tampão (PoT), teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos solúveis totais (CHOs) do sorgo dupla aptidão antes da ensilagem. Selvíria-MS.

Tratamentos	PoT	PB	FDN	CHOs
	-----% MS-----			
<b>Sorgo</b>				
1º Ano	21,70a	10,52a	56,23b	10,09b
2º Ano	18,61b	8,53b	60,38a	16,03a
<b>Capim</b>				
Com	20,21	9,36	56,97	13,14
Sem	20,09	9,69	59,64	12,98
<b>Inoculação</b>				
Com	20,44a	9,15b	56,56	14,02a
Sem	19,86b	9,90a	60,05	12,10b
<b>Teste F</b>				
Ano (A)	466,10**	71,28**	6,03ns	543,7**
Capim (C)	0,74ns	2,00ns	2,49ns	0,36ns
Inoculação (I)	16,59**	10,16**	4,28ns	56,76**
A x C	3,41ns	29,69**	8,0**	36,10**
A x I	37,73**	4,72*	3,59ns	29,05**
C x I	0,17	0,33ns	2,26ns	0,01ns
A x C x I	3,82	0,65ns	3,52ns	0,36ns
DMS	0,29	0,48	3,51	0,52
CV (%)	2,01	6,99	8,20	5,52

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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O desdobramento da interação anos e modalidades de cultivo referente aos teores de PB, FDN e CHOs, encontram-se na Tabela 14. Foram obtidos maiores valores de PB e menores valores de CHOs no primeiro ano em relação ao segundo, independente da modalidade de cultivo, o que pode ser explicado pela diferença na precipitação e temperatura entre os anos (Figura 1), pois as condições edafoclimáticas estão entre os fatores que influenciam os teores de PB da planta de sorgo como apontados por Gaggiotti, Romero e Bruno (1992), em conjunto com o comportamento agrônômico da cultivar e o estágio de maturação.

**Tabela 14-** Desdobramento das interações significativas x capim-paiaguás, para a teores de PB, FDN e CHOs do sorgo de dupla aptidão antes da ensilagem. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim-paiaguás	
	Com	Sem
PB (%MS)		
1º Ano	11,00 aA	10,05 aB
2º Ano	7,72 bB	9,34 bA
FDN (%MS)		
1º Ano	56,65 B	64,12 aA
2º Ano	57,29	55,17 b
CHOs (%MS)		
1º Ano	9,40 bB	10,78 bA
2º Ano	16,87 aA	15,19 aB

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O desdobramento da interação anos e tratamentos com e sem inoculação referente a PoT, PB e CHOs encontra-se na Tabela 15. No primeiro ano agrícola observou-se maiores valores de PoT e PB e menor de CHOs independente da inoculação.

**Tabela 15-** Desdobramento das interações significativas x inoculação, para o PoT, PB e CHOs do sorgo de dupla aptidão antes da ensilagem. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
PoT		
1º Ano	22,43 aA	20,97 aB
2º Ano	18,46 b	18,76 b
PB (%MS)		
1º Ano	9,89 aB	11,15 aA
2º Ano	8,41 b	8,65 b
CHOs (%MS)		
1º Ano	10,36 b	9,82 b
2º Ano	17,68 aA	14,38 aB

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Os tratamentos com inoculação, independente do ano estudado, apresentaram maiores valores de PB e CHOs que os tratamentos não inoculados. Uma hipótese para esses resultados no primeiro ano é o efeito concentração pela



menor produção de matéria seca em relação ao segundo ano, assim com maiores valores de PB, enquanto que por efeito da inoculação pode estar aliado à maior absorção de água pela maior precipitação no segundo ano (Figura 1) associado ao aumento da área radicular nos tratamentos com inoculação (efeito hormonal), resultando em menor estresse hídrico nas plantas de sorgo, além do fato de que a *A. brasilense*, por ser diazotrófica, pelo incremento em N, pode ter contribuído com o incremento do teor de PB.

Na Tabela 16 foram observadas diferenças significativas entre os anos agrícolas para todos os atributos avaliados, entretanto, sem uma padronização de causa e efeito. Com relação aos teores de PB, os valores estão acima dos 7% considerados adequados por Van Soest (1994) para boa digestibilidade do alimento no rúmen. Entre os sistemas de cultivo observou-se diferenças significativas no cultivo em consórcio capim-paiaguás e com incrementos de FDN, FDA, celulose e cinzas, pois pela competição com capim e maior crescimento de colmos do sorgo, a estratégia da planta é aumentar sua capacidade competitiva por água e nutrientes, e, portanto, com maiores teores fibrosos e de cinzas. Enquanto que nos tratamentos com e sem inoculação houve diferença apenas para o teor de hemicelulose e cinzas quando da inoculação, fato atribuído ao maior acúmulo de nutrientes como verificado anteriormente (Figura 14 C).

No primeiro ano agrícola (Tabela 16) observou-se maior teor de matéria seca que no segundo ano, decorrente da diferença de precipitação (Figura 1). Segundo Mülbach (1999), o maior teor de matéria seca está associado à maior tensão osmótica, o que causa aumento na concentração de nutrientes que inibe o surgimento de fermentações indesejáveis, causadas por bactérias clostrídicas, sem prejudicar assim a fermentação láctica. O excesso de umidade, por sua vez, representa maior resistência à redução de pH na fermentação, influenciando negativamente a qualidade da silagem obtida (FRANÇA et al., 2011).

Para Araújo et al. (2007), silagens devem apresentar entre 30 a 35% de MS para uma boa fermentação láctea, valores acima dos encontrados para o sorgo granífero neste trabalho. Entretanto, França et al. (2011) estudando diferentes híbridos de sorgo encontraram silagens com menos de 25% de matéria seca e com bom perfil fermentativo e alta concentração de ácidos lácteos.

**Tabela 16-** Médias dos teores de Matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e cinzas (CZ) expressos em % da matéria seca, em silagem de sorgo granífero. Selvíria - MS.

Tratamentos	MS	PB	FDN	FDA	LIG	CEL	HEM	CZ
	-----%MS-----							
Sorgo								
1º Ano	28,61a	9,99	53,63a	34,75b	4,17b	28,60b	18,86a	5,58b
2º Ano	27,49b	10,36	52,06b	44,79a	6,68a	36,20a	7,27b	6,01a
Capim								
Com	28,30	10,08	53,83a	40,95a	5,52	33,32a	12,93	5,60b
Sem	27,80	10,27	51,86b	38,58b	5,32	31,48b	13,20	5,99a
Inoculação								
Com	28,26	10,21	53,41	39,94	5,55	32,52	13,48a	5,99a
Sem	27,84	10,15	52,28	39,59	5,30	32,27	12,66b	5,60b
Teste F								
Ano (A)	4,73*	4,02ns	7,40*	74,2**	86,9**	80,4**	81,7**	22,3**
Capim (C)	0,94ns	1,02ns	11,6**	20,8**	2,49ns	20,1**	1,26ns	18,5**
Inoculação (I)	0,68ns	0,11ns	3,85ns	0,44ns	3,93ns	0,36ns	11,3**	18,2**
A x C	1,44ns	1,71ns	0,11ns	0,01ns	5,32*	0,50ns	2,20ns	2,90ns
A x I	1,96ns	1,47ns	4,12ns	9,31**	10,7**	16,6**	2,46ns	3,81ns
C x I	7,13*	38,8**	29,9**	38,4**	0,45ns	40,7**	0,08ns	34,7**
A x C x I	0,24ns	3,58ns	3,58ns	3,10ns	0,01ns	3,40ns	2,86ns	2,99ns
DMS	1,06	0,38	1,19	1,07	0,26	0,85	0,50	0,18
CV (%)	5,16	5,13	3,08	3,69	6,64	3,59	5,25	4,42

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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Na Tabela 17 observa-se diferenças significativas entre os anos de cultivo para NIDA, NIDN, EE, CHOs e D. Entre os sistemas de cultivo com ou sem o capim houve diferenças para NDT, NIDA, NIDN e EE e nos tratamentos com e sem inoculação houve diferença apenas para NIDN, EE e CHOs.

Os maiores valores de FDN, hemicelulose e digestibilidade da MS no primeiro ano agrícola e de FDA, lignina, celulose, cinzas, NIDA, NIDN, EE e CHOs no segundo ano agrícola podem ser explicados pela menor precipitação no primeiro ano (Figura 1), pois quando há restrição hídrica há incremento nos componentes fibrosos de difícil digestão. Importantes parâmetros nesta afirmativa são os teores de NIDA e NIDN que se relacionam à fração nitrogenada indigestível, correspondendo à proteína associada à lignina, complexos tanino-proteína e produtos oriundos da reação de Maillard, altamente resistentes às enzimas microbianas e indigestíveis ao longo do trato gastrointestinal (LICITRA; HERNANDEZ; VAN SOEST, 1996).

**Tabela 17-** Valores médios de pH, N-NH<sub>3</sub>/NT, nutrientes digestíveis totais (NDT), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), neutro (NIDN), extrato etéreo (EE), carboidratos solúveis (CHOs) e digestibilidade in vitro (D), em silagem de sorgo granífero, Selvíria –MS.

Tratamentos	pH	N- NH <sub>3</sub> /NT	NDT	NIDA	NIDN	EE	CHOs	D
-----%MS-----								
<b>Sorgo</b>								
1º Ano	3,75	7,02	61,42b	0,14b	0,33b	2,43b	3,12b	74,93a
2º Ano	3,72	6,63	62,07a	0,51a	0,38a	3,02a	3,75a	63,71b
<b>Capim</b>								
Com	3,71	6,78	61,33b	0,30b	0,32b	2,58b	3,42	68,90
Sem	3,76	6,87	62,15a	0,36a	0,39a	2,88a	3,44	69,74
<b>Inoculação</b>								
Com	3,77	6,88	61,51	0,33	0,34b	2,65b	3,26b	69,27
Sem	3,71	6,77	61,98	0,33	0,37a	2,81a	3,61a	69,36
<b>Teste F</b>								
Ano (A)	0,34ns	1,16ns	7,41*	168,0**	29,3**	225**	88,1**	255**
Capim (C)	0,95ns	0,06ns	11,0**	37,23**	36,0**	57,8**	0,09ns	1,44ns
Inoc. (I)	1,53ns	0,11ns	3,86ns	0,24ns	8,15**	17,0**	27,6**	0,01ns
A x C	0,01ns	0,38ns	0,11ns	24,8**	2,85	20,0**	2,89ns	2,12ns
A x I	0,37ns	0,12ns	3,90ns	0,14ns	33,2**	7,83*	17,2**	0,01ns
C x I	3,28ns	0,47ns	30,0**	8,20**	5,16*	0,03ns	19,1**	0,21ns
A x C x I	1,56ns	3,28ns	3,59ns	3,60ns	0,27ns	3,26ns	2,78ns	2,12ns
DMS	0,09	0,73	0,49	0,02	0,22	0,08	0,13	1,45
CV (%)	3,62	14,65	1,10	8,54	8,45	4,09	5,50	2,86

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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O teor de lignina de uma forrageira é o principal fator limitante da digestibilidade pela incrustação dos polissacarídeos da parede celular, tornando-os menos acessíveis à ação e bactérias (VAN SOEST, 1994), o que explica a diferença de quase 10% de digestibilidade in vitro da MS entre os anos estudados (Tabela 17).

Para Van Soest (1994) o teor de FDN é o fator mais limitante no consumo de volumosos por animais, sendo que teores superiores a 60% na MS correlacionam-se de forma negativa com o consumo de forragem. O teor de FDA tem importância na digestibilidade, sendo que forragens com valores de FDA em torno de 40% ou mais, apresentam baixo consumo e digestibilidade (NUSSIO; MANZANO; PEDREIRA, 1998). Assim, com exceção da silagem do segundo ano agrícola para FDA, todos os tratamentos apresentaram valores condizentes com silagens de boa qualidade para FDN e FDA, segundo os critérios dos autores citados. Também podem ser

consideradas silagens de boa qualidade de acordo com Borges (1995), pois apresentaram valores de digestibilidade *in vitro* da MS acima dos 55% preconizados pelo autor.

O tratamento consorciado com capim-paiaguás apresentou maiores valores de FDN, FDA e celulose e menores valores de NDT, NIDA, NIDN e EE que as parcelas de sorgo solteiro. Isso pode ter ocorrido pela participação da forrageira no material ensilado, que pela idade avançada, aumentou os teores de fibras e lignina, e conseqüentemente, reduziu a quantidade de nutrientes digestíveis totais. O mesmo foi observado por Costa (2014) na silagem de milho consorciado com capins Tanzânia e Xaraés em que a autora afirma que o aumento no teor final de fibras na silagem se deu pela idade avançada dos capins em consórcio quando implantados simultaneamente à sementeira da cultura produtora de grãos.

Nos tratamentos onde houve a inoculação do sorgo com *Azospirillum* foram obtidos valores menores de NIDN, EE e CHOs que nos tratamentos sem a inoculação, embora não tenha havido diferença significativa na digestibilidade da matéria seca (Tabela 17).

De acordo com Woolford (1984) e McDonald et al. (1991), o pH e o nitrogênio amoniacal são parâmetros normalmente empregados na qualificação do processo de ensilagem. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para nenhuma das duas variáveis, caracterizando um adequado processo de ensilagem e armazenamento.

Todos os tratamentos apresentaram silagens com valores de pH próximos aos determinados por Ferreira (2001) como ideais para silagens bem conservadas, entre 3,8 e 4,2; e valores de nitrogênio amoniacal abaixo de 10%, o que preconiza uma silagem de ótima qualidade (BENACCHIO, 1965; ARFC,1987). Segundo França et al. (2011), valores de pH acima de 4,2 indicam alta proteólise e produção de ácido butírico, subproduto do desdobramento do ácido láctico e carboidratos residuais por microorganismos indesejáveis, com caráter básico que prejudica a qualidade do produto ensilado (FERREIRA et al., 2007).

O nitrogênio amoniacal corresponde à quantidade de proteína degradada durante a fase de fermentação (MACEDO et al., 2012) e por isso, níveis de amônia superiores a 20% são indicativos de silagens mal preservadas, de acordo com McDonald et al. (1991), sendo derivados do catabolismo de aminoácidos, entre outros produtos de degradação, como aminas, cetoácidos e ácidos graxos, por via

de três processos bioquímicos: deaminação, descarboxilação e reações de oxidação e redução. Portanto, independentemente dos tratamentos aqui avaliados, como os valores ficaram abaixo de 7% (Tabela 17) de N-NH<sub>3</sub>, caracteriza-se um adequado processo de ensilagem e armazenamento, sem reflexo nos resultados obtidos.

O desdobramento das modalidades de cultivo dentro de cada ano para teores de lignina, NIDA e EE estão expostos na Tabela 18. Os tratamentos consorciados com capim-paiaguás apresentaram menores valores de NIDA e EE que os de sorgo solteiro, independente do ano de cultivo, pois com a presença do capim na massa ensilada há redução percentual da participação de colmos do sorgo, que contém maiores percentuais fibrosos e de ceras, caracterizadas no EE.

**Tabela 18-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para teores de LIG, NIDA e EE, da silagem do sorgo granífero. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim-paiaguás	
	Com	Sem
LIG (%MS)		
1º Ano	4,42 bA	3,92 bB
2º Ano	6,63 a	6,72 a
NIDA (%MS)		
1º Ano	0,14 b	0,15b
2º Ano	0,46 aB	0,57aA
EE (%MS)		
1º Ano	2,37 bB	2,49 bA
2º Ano	2,79 aB	3,26 aA

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O extrato etéreo representa a fração gordurosa da silagem e fornece 2,25 vezes mais energia que os carboidratos e proteínas (SILVA et al., 2014), podendo aumentar a eficiência alimentar e reduzir a emissão de gases pelos animais (IVAN et al., 2013). Os valores encontrados em todos os tratamentos estão abaixo dos 5% considerados limites por Silva et al. (2014), que afirmaram que valores de gordura acima dessa faixa podem resultar em distúrbios digestivos e redução no consumo do alimento pelos efeitos deletérios nos microrganismos ruminais.

O desdobramento dos tratamentos com ou sem inoculação dentro de cada ano para teores de FDA, lignina, celulose, NIDN, EE e CHOs estão expostos na Tabela 19. Todas as variáveis apresentaram maiores valores no segundo ano agrícola em comparação ao primeiro, independente da inoculação. Tal resultado

advém do efeito de limitação hídrica (Figura 1) e, portanto, maior produção de fibras e lignina pelas plantas em consórcio antes da ensilagem, o que se refletiu na silagem produzida no primeiro ano.

Para EE e CHOs os maiores teores foram constatados nos tratamentos sem inoculação, independente do ano estudado. Enquanto que para FDA, lignina, celulose e NIDN, os maiores valores foram obtidos nos tratamentos inoculados no primeiro ano agrícola e não inoculados no segundo ano agrícola, portanto sem a padronização entre causa e efeito.

**Tabela 19-** Desdobramento das interações significativas anos x inoculação por *A. brasilense*, para teores de FDA, LIG, CEL, NIDN, EE e CHOs, dos componentes bromatológicos da silagem do sorgo granífero. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
FDA (%MS)		
1º Ano	35,71 bA	33,79 bB
2º Ano	44,17 a	45,40 a
LIG (%MS)		
1º Ano	4,51 bA	3,84 bB
2º Ano	6,59 a	6,76 a
CEL (%MS)		
1º Ano	29,56 bA	27,63 bB
2º Ano	35,49 aB	36,92 aA
NIDN (%MS)		
1º Ano	0,28 bB	0,37 A
2º Ano	0,40 a	0,37
EE (%MS)		
1º Ano	2,29 bB	2,57 bA
2º Ano	3,00 a	3,05 a
CHOs (%MS)		
1º Ano	3,08 b	3,16 b
2º Ano	3,43 aB	4,06 aA

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O desdobramento dos tratamentos com ou sem inoculação dentro de cada modalidade de cultivo para os componentes bromatológicos da silagem constam na Tabela 20. Houve diferenças entre as modalidades de cultivo para o teor de MS da silagem apenas nas parcelas inoculadas com *Azospirillum*, justificada pelo maior acúmulo de nutrientes (Figura 14 C) e conseqüentemente de cinzas (Tabela 16). Os valores de NDT, NIDA e NIDN foram maiores nos tratamentos sem capim,

independente da inoculação, pelo fato do maior percentual de colmos de sorgo na massa ensilada e portanto, maior quantidade de fibras.

**Tabela 20-** Desdobramento das interações significativas de capim-paiaguás x inoculação por *A. brasilense*, para teores de MS, PB, FDN, FDA, CEL, CZ, NDT, NIDA, NIDN e CHOs, da silagem do sorgo granífero. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	MS (%)	
Com Capim	29,19 aA	27,40B
Sem Capim	27,33 b	28,27
	PB (%MS)	
Com Capim	10,69 aA	9,48bB
Sem Capim	9,73 bB	10,82aA
	FDN (%MS)	
Com Capim	52,82 B	54,84 aA
Sem Capim	54,00 A	49,72 bB
	FDA (%MS)	
Com Capim	39,52 B	42,39 aA
Sem Capim	40,36 A	36,80 bB
	CEL (%MS)	
Com Capim	32,13 B	34,51 aA
Sem Capim	32,91 A	30,04 bB
	CZ (%MS)	
Com Capim	5,53 b	5,68
Sem Capim	6,45 aA	5,53 B
	NDT (%MS)	
Com Capim	61,26 A	60,91 bB
Sem Capim	61,75 B	63,04 aA
	NIDA (%MS)	
Com Capim	0,29 b	0,31 b
Sem Capim	0,38 aA	0,34 aB
	NIDN (%MS)	
Com Capim	0,32 b	0,33 b
Sem Capim	0,36 aB	0,41 aA
	CHOs (%MS)	
Com Capim	3,41 a	3,47 b
Sem Capim	3,10 bB	3,75 aA

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Na Tabela 21 foram observadas diferenças significativas entre os anos agrícolas para todas as variáveis bromatológicas da silagem de sorgo de dupla aptidão, com exceção do teor de PB, que também estava, como no granífero, acima

dos 7% considerados adequados para boa digestibilidade (VAN SOEST,1994). Em relação à porcentagem de matéria seca, todos os tratamentos apresentaram valores dentro da faixa considerada ideal por Araújo et al. (2007) para uma boa fermentação láctea, entre 30 e 35%.

Entre os sistemas de cultivo (com ou sem o capim Paiaguás em consórcio) observou-se diferenças apenas para cinzas, e nos tratamentos com e sem inoculação houve diferenças para FDN, lignina, celulose, hemicelulose e cinzas (Tabela 21).

Os valores de FDN e FDA para a silagem de sorgo de dupla aptidão, ao contrário da silagem de sorgo granífero, ficaram próximos aos limites de qualidade impostos por Van Soest (1994) e Nussio, Manzano e Pedreira (1998), que determinaram que valores acima de 60% de FDN e acima de 40% de FDA representam um menor consumo e digestibilidade do material pelos animais. A explicação pode ser devido à maior concentração de panículas na massa final do sorgo granífero em relação ao de dupla aptidão (SILVA et al., 1999b). Entretanto, os valores de FDN e FDA não influenciaram negativamente nos valores de digestibilidade *in vitro* da MS (Tabela 22) em relação ao sorgo granífero (Tabela 17).

Na Tabela 22 observou-se diferenças significativas entre os anos para todas as variáveis bromatológicas, com exceção do EE, que permaneceu na faixa ideal, abaixo de 5% (SILVA et al., 2014). Entre os sistemas de cultivo observou-se diferenças para pH, NIDA e NIDN, enquanto que nos tratamentos com e sem inoculação houve diferença para pH, NDT, NIDA, EE e CHOs. A presença ou não do capim e do inoculante não influenciaram na digestibilidade da MS.

Os maiores valores de FDN, hemicelulose, nitrogênio amoniacal e digestibilidade da MS no primeiro ano agrícola e de FDA, lignina, celulose, cinzas, pH, NDT, NIDA, NIDN e CHOs no segundo ano agrícola podem ser explicados, como nos tratamentos de sorgo granífero, pela menor precipitação no primeiro ano (Figura 1) e uma maior concentração de componentes fibrosos no segundo ano agrícola em decorrência do possível estresse hídrico no primeiro ano.

Assim como na silagem de sorgo granífero, na de sorgo de dupla aptidão todos os tratamentos apresentaram valores de pH e de nitrogênio amoniacal menores que 3,8 e 10%, respectivamente, indicando silagens de boa qualidade segundo Ferreira (2001), Benacchio (1965) e ARFC (1987).



De acordo com Keplin (1992), para se obter uma silagem de alta energia com elevados valores de PB e NDT, a cultivar utilizada deve apresentar alta proporção de grãos em relação ao material ensilado, o que pode explicar os valores nas silagens produzidas a partir do sorgo granífero (Tabela 17), em relação ao de dupla aptidão (Tabela 22).

**Tabela 21-** Teores de Matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e cinzas (CZ) expressos em % da matéria seca, de silagens de sorgo de dupla aptidão. Selvíria - MS.

Tratamentos	MS	PB	FDN	FDA	LIG	CEL	HEM	CZ
	%	%MS						
<b>Sorgo</b>								
1º Ano	32,11b	7,81	61,72a	40,58b	5,31b	33,06b	21,21a	5,03b
2º Ano	33,77a	7,78	58,40b	50,73a	7,21a	42,02a	7,67b	5,23a
<b>Capim</b>								
Com	32,97	7,68	60,21	45,50	6,23	37,78	14,38	5,30a
Sem	32,91	7,91	59,90	45,80	6,29	37,30	14,50	4,95b
<b>Inoculação</b>								
Com	33,14	7,80	60,80a	46,05	6,18b	37,96a	14,85a	5,04b
Sem	32,75	7,79	59,32b	45,26	6,35a	37,12b	14,03b	5,22a
<b>Teste F</b>								
Ano (A)	11,4**	0,1ns	30,56**	39,15**	24,35**	76,18**	91,85**	6,83*
Capim (C)	0,01ns	4,1ns	0,27ns	0,33ns	0,51ns	1,66ns	0,13ns	19,7**
Inoc. (I)	0,63ns	0,1ns	6,04*	2,42ns	4,35*	5,07*	6,20*	5,49*
A x C	10,2**	5,42*	1,86ns	1,10ns	2,97ns	0,07ns	1,67ns	22,3**
A x I	0,65ns	3,2ns	4,79*	7,62*	44,8**	4,86*	0,02ns	17,9**
C x I	0,30ns	6,01*	0,08ns	0,26ns	64,7**	2,06ns	0,11ns	5,72*
A x C x I	2,61ns	3,8ns	3,54ns	3,68ns	0,24ns	3,90ns	0,01ns	1,05ns
DMS	1,01	0,23	1,24	1,05	0,17	0,77	0,68	0,16
CV (%)	4,21	4,07	2,83	3,15	3,75	2,81	6,44	4,33

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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Os tratamentos consorciados com capim-paiaguás apresentaram menores valores de NIDA e NIDN (Tabela 22), como no sorgo granífero, fato explicado pelo material vegetal de capim colhido com idade mais avançada, e portanto, mais fibroso, com N como parte de parede celular (VAN SOEST,1994), enquanto que para valores de pH, as parcelas de sorgo solteiro apresentaram maiores valores pelo fato de menor digestibilidade da MS e menor conteúdo de CHOs.

Nos tratamentos com a inoculação do sorgo por *Azospirillum* foram obtidos valores maiores de FDN, celulose, hemicelulose e CHOs e menores de lignina, cinzas, pH, NDT, NIDA e EE que nos tratamentos sem a inoculação, entretanto sem diferença significativa na digestibilidade da MS. A possível explicação seria uma maior absorção de água pelas plantas de sorgo inoculadas, pela possibilidade de maior área de sistema radicular, pois as plantas sob estresse hídrico apresentam maior concentração dos componentes fibrosos como lignina que plantas hidratadas.

**Tabela 22-** Valores de pH e teores de N-NH<sub>3</sub>/NT, nutrientes digestíveis totais (NDT), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), neutro (NIDN), extrato etéreo (EE), carboidratos solúveis (CHOs) e digestibilidade (D), de silagens de sorgo de dupla aptidão. Selvíria-MS.

Tratamentos	pH	N- NH <sub>3</sub> /NT	NDT	NIDA	NIDN	EE	CHOs	D
	-----%MS-----							
<b>Sorgo</b>								
1º Ano	3,62b	6,51a	58,04b	0,27b	0,27b	2,38	3,71b	70,72a
2º Ano	3,65a	5,41b	59,43a	0,46a	0,32a	2,30	4,84a	61,31b
<b>Capim</b>								
Com	3,61b	5,92	58,67	0,35b	0,29b	2,29	4,35	65,44
Sem	3,66a	6,00	58,80	0,38a	0,30a	2,38	4,20	66,60
<b>Inoculação</b>								
Com	3,62b	5,75	58,43b	0,36b	0,30	2,20b	4,42a	66,66
Sem	3,65a	6,17	59,04a	0,37a	0,29	2,48a	4,13b	65,37
<b>Teste F</b>								
Ano (A)	20,8**	28,0**	30,5**	37,8**	77,7**	1,0ns	66,8**	25,1**
Capim (C)	31,1**	0,15ns	0,2ns	25,7**	4,52*	1,4ns	1,1ns	2,78ns
Inoc. (I)	17,9**	3,99ns	6,00*	6,07*	0,83ns	13,7**	4,39*	3,37ns
A x C	4,84*	0,37ns	1,8ns	6,70*	15,6**	0,6ns	0,3ns	0,34ns
A x I	6,44*	0,84ns	4,78*	0,86ns	8,63**	76,4**	2,1ns	19,6**
C x I	2,3ns	7,52*	0,08ns	13,1**	22,68**	4,12ns	3,14ns	6,88*
A x C x I	1,40ns	0,09ns	3,85ns	0,52ns	3,70ns	3,98ns	3,80ns	3,14ns
DMS	0,15	0,43	0,52	0,01	0,01	0,15	0,28	1,44
CV (%)	0,57	9,87	1,21	4,63	5,78	8,92	9,16	2,98

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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O desdobramento das modalidades de cultivo dentro de cada ano para teores de MS, PB, cinzas, pH, NIDA e NIDN estão expostos na Tabela 23. Os valores de MS, NIDA e NIDN foram menores no primeiro ano agrícola que no segundo, independente da presença do capim, o que pode ser explicado pela diferença de

precipitação entre os anos (Figura 1), uma vez que teores de NIDA e NIDN correspondem principalmente as proteínas associada às frações fibrosas, como lignina (LICITRA; HERNANDEZ; VAN SOEST, 1996).

**Tabela 23-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para teores de MS, PB, CZ, valores de pH, teores de NIDA e NIDN, de silagens de sorgo de dupla aptidão. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim-paiaguás	
	Com	Sem
MS (%)		
1º Ano	31,36 bB	32,86 A
2º Ano	34,59 aA	32,95 B
PB (%MS)		
1º Ano	7,83	7,79
2º Ano	7,54 B	8,02 A
CZ (%MS)		
1º Ano	5,39 A	4,67 bB
2º Ano	5,22	5,24 a
pH (%MS)		
1º Ano	3,61 B	3,63 bA
2º Ano	3,62 B	3,68 aA
NIDA (%MS)		
1º Ano	0,26 b	0,27 b
2º Ano	0,44 aB	0,48 aA
NIDN (%MS)		
1º Ano	0,28 b	0,26 b
2º Ano	0,31 aB	0,34 aA

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O desdobramento dos tratamentos com ou sem inoculação dentro de cada ano para os componentes bromatológicos da silagem de sorgo dupla aptidão estão expostos na Tabela 24. Os maiores valores de FDA, lignina, celulose, pH, NDT e NIDN foram obtidos no segundo ano agrícola, independente da inoculação.

No segundo ano agrícola a maior digestibilidade da MS foi observada nos tratamentos inoculados com *Azospirillum*, indicando que em condições de maior disponibilidade de água (Figura 1) há melhora na qualidade da silagem com a inoculação pela redução nos teores fibrosos de difícil digestão (Tabela 21). Segundo Van Soest (1994), o teor de lignina de uma forrageira é o principal fator limitante da digestibilidade, e, portanto, tratamentos que reduzam seus teores tendem a

augmentar a digestibilidade da silagem produzida. Ainda assim, todos os tratamentos apresentaram silagens com digestibilidade acima de 55% e seriam consideradas de boa qualidade por Borges (1995).

**Tabela 24-** Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para FDN, FDA, LIG, CEL, CZ, pH, NDT, NIDN, EE e D de silagens de sorgo de dupla aptidão. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
FDN (%MS)		
1º Ano	63,11aA	60,32B
2º Ano	58,48b	58,32
FDA (%MS)		
1º Ano	41,68bA	39,48bB
2º Ano	50,42a	51,03a
LIG (%MS)		
1º Ano	5,50bA	5,12bB
2º Ano	6,85aB	7,58aA
CEL (%MS)		
1º Ano	33,89bA	32,23bB
2º Ano	42,02a	42,01a
CZ (%MS)		
1º Ano	5,10	4,95b
2º Ano	4,97B	5,49aA
pH (%MS)		
1º Ano	3,61	3,62a
2º Ano	3,63B	3,68bA
NDT (%MS)		
1º Ano	57,46bB	58,62bA
2º Ano	59,39a	59,46a
NIDN (%MS)		
1º Ano	0,28bA	0,26bB
2º Ano	0,32a	0,33a
EE (%MS)		
1º Ano	1,92bB	2,84aA
2º Ano	2,49aA	2,12bB
D (%MS)		
1º Ano	69,82a	71,62a
2º Ano	63,50bA	59,13bB

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O desdobramento dos tratamentos com ou sem inoculação dentro de cada modalidade de cultivo para os componentes bromatológicos estão expostos na

Tabela 25. Houve diferenças entre as modalidades de cultivo para os teores de PB, NIDA, NIDN e digestibilidade da MS da silagem apenas nas parcelas não inoculadas com *Azospirillum*, em que sem o capim, pelos maiores teores de PB, houve menores concentrações fibrosas, e conseqüentemente maior digestibilidade da matéria seca, haja vista que nestes tratamentos não há presença do capim de idade avançada na massa ensilada, e por efeito do *Azospirillum* pode ter ocorrido maior crescimento do sorgo e acúmulo de N, como relatado por Bergamaschi (2006).

**Tabela 25-** Desdobramento das interações significativas de capim-paiaguás x inoculação por *A. brasilense*, para teores de PB, LIG, CZ, N-NH<sub>3</sub>/NT, NIDA, NIDN e D de silagens de sorgo de dupla aptidão. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	PB (%MS)	
Com Capim	7,83	7,54b
Sem Capim	7,78	8,04a
	LIG (%MS)	
Com Capim	5,81bB	6,65aA
Sem Capim	6,54aA	6,04bB
	CZ (%MS)	
Com Capim	5,31a	5,30
Sem Capim	4,77bB	5,14A
	N-NH <sub>3</sub> /NT (%MS)	
Com Capim	5,43bB	6,41A
Sem Capim	6,08a	5,93
	NIDA (%MS)	
Com Capim	0,35	0,35b
Sem Capim	0,36B	0,40aA
	NIDN (%MS)	
Com Capim	0,31A	0,27bB
Sem Capim	0,29B	0,32aA
	D (%MS)	
Com Capim	66,99A	63,88bB
Sem Capim	66,32	66,87a

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

#### 4.2 REBROTAS DOS SORGOS.

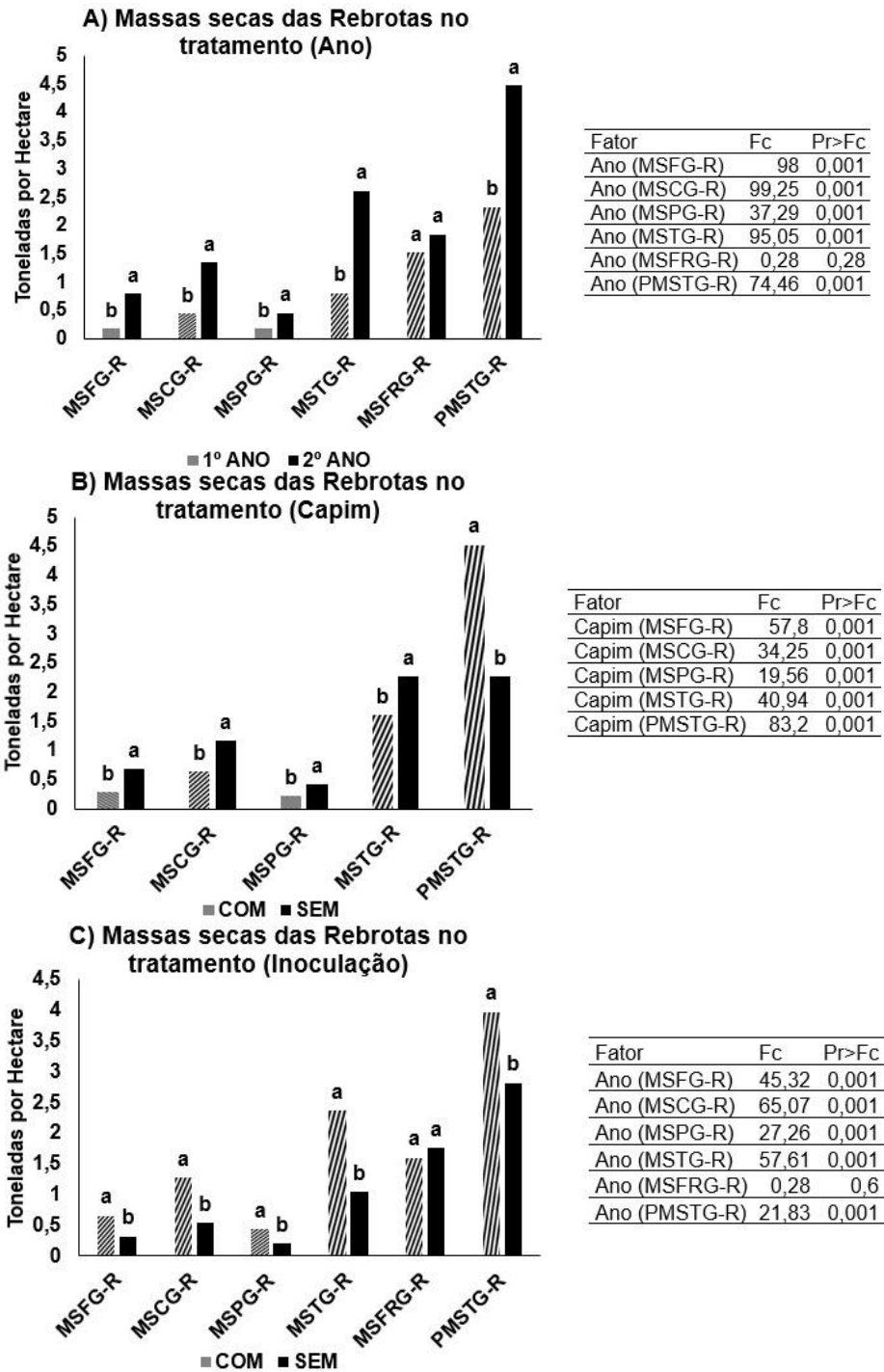
Nas Figuras 16 e 17 estão apresentados os resultados obtidos para produtividade de matéria seca das rebrotas do sorgo granífero e de dupla aptidão,

respectivamente. Para o sorgo granífero, as produtividades foram superiores no segundo ano de cultivo (Figura 16A), pela maior precipitação pluvial neste ano (Figura 1). Esse resultado demonstra que mesmo exportando grandes quantidades de matéria seca e nutrientes por conta de duas safras de silagens (Figura 12), os sistemas produtivos apresentaram-se como técnicas viáveis, proporcionando o bom estabelecimento das forrageiras, seja em função do consórcio ou da inoculação com bactérias diazotróficas.

Os resultados observados neste trabalho são numericamente inferiores aos encontrados por Botelho et al. (2010), que obtiveram produtividades de 12,3; 12,7; 9,5 e 9,3 t ha<sup>-1</sup> de MS total nas rebrotas, trabalhando com os genótipos de sorgo Volumax, BRS 610, AG 2005E e Qualimax, respectivamente, entretanto, neste caso todas as cultivares testadas são forrageiras e cultivadas na safra de primavera/verão.

Normalmente, as cultivares de sorgo, após o primeiro corte, tem a capacidade de rebrote, o que caracteriza estas plantas como excelentes opções para o cultivo em propriedades rurais visando o fornecimento de palhada residual para a continuidade do SPD. Entretanto, quando em consórcio com espécies forrageiras, como as do gênero *Urochloa*, como efetuado na presente pesquisa, a competição com o capim-paiaguás após o corte, diminuiu a capacidade de rebrote do sorgo. No presente trabalho, verificou-se que após a colheita das culturas para ensilagem, o sorgo pouco se desenvolveu, dando lugar para o crescimento das espécies forrageiras que foram implantadas em função do consórcio (Figura 16B).

**Figura 16-** Produtividade de massas secas da folha, colmo, panícula, total do sorgo, forrageira e produtividade de massas do sorgo granífero na rebrota (MSFG-R, MSCG-R, MSPG-R, MSTG-R, MSFRG-R, PMSTG-R). A) Ano, B) Capim e C) Inoculação. Selvíria-MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

A inoculação de sementes de sorgo realizadas na semeadura proporcionou efeito residual com maior produção de matéria seca da rebrota em todas as

componentes morfológicas do sorgo e do capim quando em consórcio (MSFG-R, MSCG-R, MSPG-R, MSTG-R e PMSTG-R - Figura 16C). Esses resultados podem ser atribuídos tanto ao efeito da fixação biológica do nitrogênio quando dos mecanismos de promoção de crescimento, que maximizam o volume radicular e a capacidade das plantas absorverem e assimilarem nutrientes do solo (DOBBELAERE et al., 2001). Também Nakao et al. (2014), em seu trabalho realizado com inoculação de *A. brasilense* via foliar no sorgo granífero, entretanto em primeiro corte, constataram maiores massas secas para o colmos, folhas e panículas nos tratamentos inoculados com as bactérias diazotróficas.

No desdobramento da interação entre anos de cultivo, com ou sem o capim-paiaguás (Tabela 26), para produtividade de matéria seca das folhas e total do sorgo das rebrotas, observou-se que o sorgo sobressaiu quando não há consorciação e sempre no segundo ano de cultivo. Assim, ficou evidente que quando a existência de consorciação do capim-paiaguás com o sorgo granífero na safrinha, há redução de seu crescimento por conta da competição, fato este mais expressivo com limitação hídrica (primeiro ano). No entanto, para continuidade do SPD, onde o intuito é deixar mais palhada no sistema, a consorciação com capim-paiaguás é viável (Figura 16B) como demonstrado na PMSTG-R.

**Tabela 26-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para produtividade de matéria seca de folhas (MSFG-R) e total das rebrotas do sorgo granífero (MSTG-R). Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim-paiaguás	
	Com	Sem
MSFG-R (t ha <sup>-1</sup> )		
1º Ano	0,11b	0,24b
2º Ano	0,48aB	1,13aA
MSTG-R (t ha <sup>-1</sup> )		
1º Ano	0,49bB	1,13bA
2º Ano	1,83aB	3,40aA

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Na Tabela 27 do desdobramento entre anos, com ou sem inoculação, para MSFG-R, MSCG-R, MSPG-R e MSTG-R, fica evidente o efeito da bactéria nas rebrotas do sorgo granífero, onde provavelmente o *A. brasilense* continuou



promovendo crescimento vegetal, pela intensificação da produção de hormônios, e também, em promover a fixação biológica do N<sub>2</sub>, primordial ao rebote das plantas.

**Tabela 27-** Desdobramento das interações significativas anos x inoculação por *A. brasilense*, para produtividade de matéria seca de folhas (MSFG-R), colmos (MSCG-R), panículas (MSPG-R) e total (MSTG-R) das rebrotas do sorgo granífero. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	MSFG-R (t ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	0,24b	0,11b
2º Ano	1,09aA	0,52aB
	MSCG-R (t ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	0,61bA	0,29bB
2º Ano	1,92aA	0,78aB
	MSPG-R (t ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	0,24b	0,18b
2º Ano	0,63aA	0,28aB
	MSTG-R (t ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	1,10bA	0,52bB
2º Ano	3,64aA	1,58aB

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

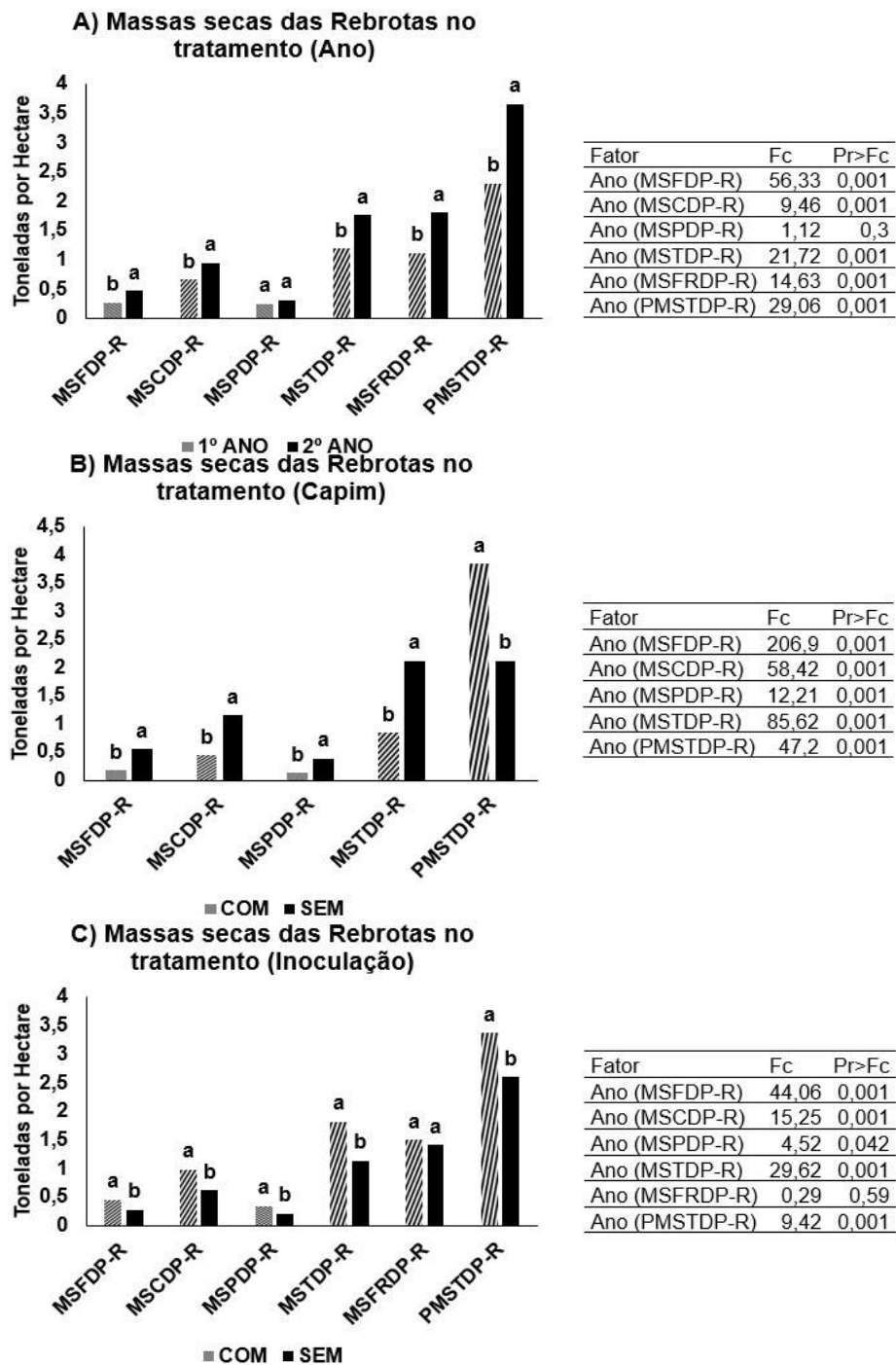
Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Os valores apresentados na Figura 17 demonstram as produtividades de matéria seca das rebrotas do sorgo de dupla aptidão para os diferentes tratamentos. Constata-se que o segundo ano foi a que mais se destacou na produção de massa seca (forrageira + sorgo de dupla aptidão) com uma produção de 3,66 t ha<sup>-1</sup>, sendo superior ao primeiro ano (1,35 t ha<sup>-1</sup>). Esse comportamento para altas produtividades no segundo ano, pode estar relacionado às maiores precipitações pluviárias (Figura 1), melhorando seu desenvolvimento. Segundo Magalhães e Durães (2003), plantas em condições de estresse hídrico, tendem a diminuir o seu metabolismo, enrolando suas folhas e cessando seu crescimento como mecanismo de defesa. Assim, as plantas conduzidas em condições de estresse hídrico no solo, precisam ser adaptadas tolerando essas condições.

A produtividade de matéria seca do sorgo de dupla aptidão no consórcio com capim-paiaguás é alterada pela da competição, no entanto, a PMSTDP-R é maior quando somada a MS dos rebrotas de sorgo e capim, deixando no local quantidades satisfatórias de palhada para liberação de nutrientes e retenção de umidade como

no caso particular do trabalho de Costa et al. (2015a), em que a cobertura morta foi o fator determinante na diminuição da evapotranspiração.

**Figura 17-** Produtividade de massas secas da folha, colmo, panícula, total do sorgo, forrageira e produtividade de massas do sorgo de dupla aptidão na rebrota (MSFDP-R, MSCDP-R, MSPDP-R, MSTDP-R, MSFRDP-R, PMSTDP-R). A) Ano, B) Capim e C) Inoculação. Selvíria-MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Observa-se que as produtividades de matéria seca do sorgo e/ou capim, quando o sorgo foi inoculado por *Azospirillum brasilense*, aumentaram significativamente, entretanto sem efeito para MSFRDP-R. Esses resultados evidenciam a importância das bactérias nas culturas produtoras de forragem e grãos, tendo a capacidade de aumentar sua produção, sendo uma das hipóteses o aumento do volume de raízes, o que melhora a capacidade da planta obter mais água ou que tenha maior eficiência no seu uso, resistindo melhor à seca.

Para o desdobramento das interações dos anos x consórcios ou não com capim para MSFDP-R e MSTDP-R (Tabela 28), observou-se que com a ausência do consórcio a produtividade destas duas componentes tendem a aumentar, resultado que pode ser atribuído ao efeito de competição das plantas em consórcio.

**Tabela 28-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para a produtividade de matéria seca de folhas (MSFDP-R) e total (MSTDP-R) das rebrotas do sorgo de dupla aptidão. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim-paiaguás	
	Com	Sem
	MSFDP-R (t ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	0,14B	0,40bA
2º Ano	0,21B	0,73aA
	MSTDP-R (t ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	0,70B	1,67bA
2º Ano	0,97B	2,56aA

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Para o acúmulo de nutrientes na rebrota do sorgo granífero (Tabela 29) verifica-se que houve resposta significativa dos anos de condução, em que mesmo após o primeiro ano de condução do experimento e retirada de material vegetal para ensilagem, a rebrota acumulou maiores quantidades de nutrientes, apresentando grande incremento de adubo verde e palhada para a continuidade do sistema plantio direto. Assim, foi muito válida a ideia desse sistema em reciclar nutrientes durante a permanência da palhada e incrementar a produtividade de grãos em sucessão, seja em sorgo safrinha, milho ou como no presente estudo, a soja em cultivo de verão.

Quando foi utilizado o consórcio sorgo/capim-paiaguás, houve um aumento no acúmulo de N, P, K, Ca e Mg. Isso pode ser devido principalmente à maior produção de matéria seca das rebrotas em consorciação (Figura 16B). Do mesmo

modo, quando houve a inoculação por *A. brasilense*, aumentou-se os acúmulos de N, P, Ca e Mg, uma vez que as produções de matéria seca também foram superiores quando a realização da inoculação nas sementes de sorgo granífero (Figura 16C).

**Tabela 29-** Acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S das rebrotas de sorgo granífero, em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-paiaguás, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----					
Sorgo						
1º Ano	40,74b	3,48b	22,00b	8,07b	9,00b	24,08
2º Ano	56,40a	5,63a	40,96a	16,91a	13,51a	25,04
Capim						
Com	67,83a	5,81a	45,56a	16,98a	16,70a	23,75
Sem	29,31b	3,30b	17,40b	8,00b	5,81b	25,37
Inoculação						
Com	59,61a	5,69a	32,41	14,96a	14,12a	24,01
Sem	37,53b	3,41b	30,54	10,01b	8,40b	25,11
Teste F						
Ano (A)	19,24**	17,06**	57,32**	60,86**	10,80**	0,76ns
Capim (C)	99,42**	23,22**	99,85**	62,90**	62,83**	2,20ns
Inoculação (I)	38,27**	19,10**	0,56ns	19,12**	17,37**	1,01ns
A x C	2,65ns	1,21ns	0,02ns	0,54ns	0,04ns	0,08ns
A x I	3,55ns	2,22ns	1,58ns	2,59ns	1,84ns	3,89ns
C x I	0,18ns	2,07ns	3,30ns	0,00ns	2,15ns	0,23ns
A x C x I	0,40ns	1,48ns	3,95ns	0,28ns	0,48ns	1,25ns
DMS	7,42	1,08	5,20	2,35	2,85	2,27
CV (%)	20,79	32,36	22,50	25,65	34,49	12,61

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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Deve-se ressaltar também que nas áreas destinadas à produção de silagem são retiradas grandes quantidades de nutrientes, causando deficiência no solo. Com a ausência de resíduos, o solo pode ficar com baixo teor de matéria orgânica, menor retenção de água e demasiadamente compactado, prejudicando o preparo e o estabelecimento da cultura subsequente, com resultados negativos na produtividade final. As rebrotas dos sorgos consorciados com capim-paiaguás podem ajudar a minimizar os efeitos negativos sobre o solo dessas áreas de cultivo principalmente na reposição de material orgânico. De modo geral, foi observado resultados positivos, mostrando que as forrageiras, proporcionam a ciclagem de nutrientes,

podendo melhorar a fertilidade do solo. Além do que, esta tecnologia não apresenta dificuldades para emissão de rebrotas desde que haja o manejo e sistematização correta na área a ser cultivada. Com isso, haverá uma produtividade satisfatória das rebrotas em consórcio, principalmente com a inclusão das forrageiras que atenderá um dos requisitos básicos para a sustentabilidade do SPD, a cobertura permanente do solo, garantindo estabilidade econômica para o produtor.

O acúmulo de nutrientes da rebrota do sorgo de dupla aptidão (Tabela 30) assemelhou-se à variação dos nutrientes nos anos de condução, do mesmo modo que para o granífero, com aumento significativo para o N, P, K, Ca e Mg no segundo ano. O acúmulo de S para os dois tipos de sorgo avaliados não apresentou aumento entre anos de avaliação, como também na consorciação com a forrageira e inoculação pela bactéria. De acordo com Mateus et al. (2011), estudando o sorgo-de-guiné (*Sorghum bicolor* subespécie *bicolor* raça *guinea*) tem alta produção de matéria seca e ciclagem de N, P e K.

**Tabela 30-** Acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S das rebrotas de sorgo dupla aptidão, em cultivo exclusivo ou em consórcio com o capim-paiaguás, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----					
<b>Sorgo</b>						
1º Ano	37,10b	3,31b	21,87b	6,85b	6,84b	24,74
2º Ano	52,24a	4,37a	46,58a	13,39a	8,34a	24,65
<b>Capim</b>						
Com	61,93a	4,63a	51,17a	13,58a	10,60a	24,31
Sem	27,41b	3,05b	17,28b	6,67b	4,57b	25,08
<b>Inoculação</b>						
Com	52,23a	4,56a	37,49a	12,08a	9,32a	24,05
Sem	37,10b	3,12b	30,96b	8,17b	5,85b	24,68
<b>Teste F</b>						
Ano (A)	15,94**	12,84**	79,23**	33,25**	4,90*	0,47ns
Capim (C)	82,91**	28,54**	99,13**	37,19**	79,14**	0,57ns
Inoculação (I)	15,91**	23,61**	5,54*	11,90**	26,09**	1,61ns
A x C	0,86ns	1,92ns	15,27**	3,55ns	1,46ns	0,66ns
A x I	2,44ns	2,74ns	5,14*	2,37ns	1,72ns	1,65ns
C x I	1,45ns	0,40ns	0,24ns	0,01ns	0,01ns	3,52ns
A x C x I	0,30ns	0,03ns	3,10ns	0,09ns	14,94	0,98ns
DMS	7,88	0,61	5,77	2,35	1,41	2,11
CV (%)	24,00	21,69	22,93	31,65	25,27	11,62

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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Houve incrementos de nutrientes por ocasião da consorciação do capim-paiaguás nos resíduos das rebrotas das culturas. Em condições de adequado suprimento de água (segundo ano – Figura 1), condições estas que podem ocorrer esporadicamente em regiões de inverno seco. O cultivo consorciado pode fornecer cobertura vegetal e nutrientes, mostrando-se uma opção viável mesmo com a competição das duas espécies em consórcio. Do mesmo modo, a influência da inoculação por *A. brasilense* em aumentar sua área radicular de absorção de água e nutrientes podem ser uma hipótese para o aumento da produtividade de matéria seca da rebrota e conseqüentemente a quantidade de nutrientes acumulados na parte aérea das plantas. De modo geral, o sorgo tem a característica de ser tolerante à seca devido ao seu maior volume radicular (NOUR; WELBEL, 1978), conferindo às plantas maior eficiência rebrotas mesmo sob déficit hídrico, pelo maior comprimento das raízes.

Nas Tabelas 31 e 32 estão os resultados médios dos acúmulos de K nas interações dos anos de condução com ou sem capim-paiaguás, e inoculado ou não com *A. brasilense*, respectivamente. Verificou-se elevada quantidade de K para as duas interações evidenciando aumento no segundo ano, mesmo sem consórcio e inoculação. O consórcio e inoculação dentro dos anos, fica nítido a importância dos consórcios e a inoculação no aumento de K. Assim consórcio e inoculação facilitam na reposição desse nutriente por meio de rebrotas das plantas, tendo em vista principalmente a complexidade destes sistemas produtivos, com alta taxa de exportação do K via silagem.

**Tabela 31-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para o K, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim-paiaguás	
	Com	Sem
	K (kg ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	33,39bA	10,35bB
2º Ano	68,95aA	24,21aB

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

**Tabela 32-** Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para o K, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	K (kg ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	21,99b	21,75b
2º Ano	52,99aA	40,16aB

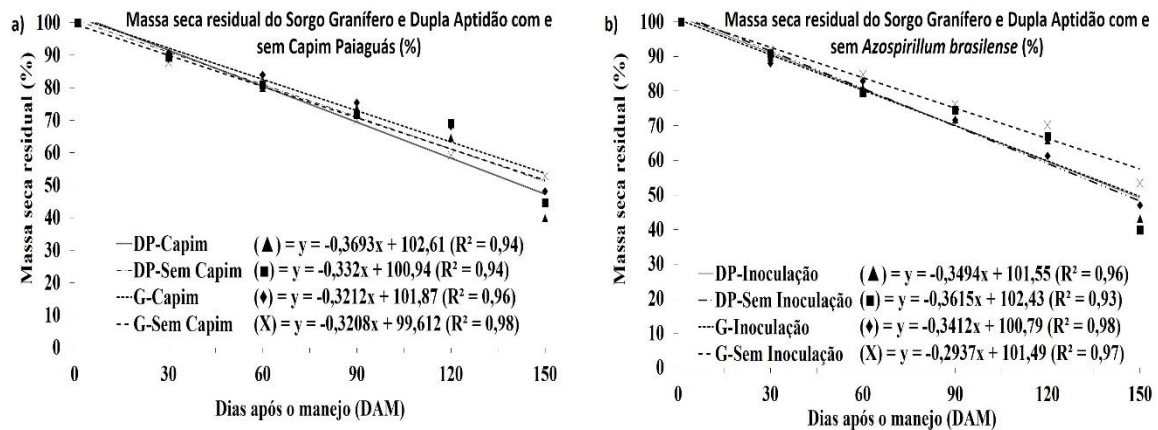
Médias seguidas de letras distintas minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.3 DECOMPOSIÇÃO DA PALHADA RESIDUAL E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES.

Com relação às porcentagens médias de matéria seca contidas nos bags para os sorgos (Granífero e Dupla Aptidão), com e sem capim-paiaguás, e com e sem inoculação por *Azospirillum brasilense*, os resultados estão apresentados nas Figuras 18A e 18B, respectivamente, caracterizando a decomposição gradual e durabilidade de pelo menos 50% da palhada, mesmo 150 dias após dessecação e manejo mecânico com triturador horizontal.

O tempo necessário para decompor 50% da massa seca dos resíduos de sorgos mesmo consorciados e inoculados foi em torno de 150 dias, sendo que em todos os tratamentos houve uma decomposição mais rápida no início da avaliação. Para Bortolli (2016), trabalhando com sorgo forrageiro, houve decomposição de 50% do compartimento mais prontamente decomponível dos resíduos do sorgo com 144 dias. De acordo com Teixeira et al. (2012), a decomposição do sorgo apresentou o tempo de meia vida de 75 dias. Torres e Pereira (2008), estudando sorgo para palhada, verificaram 118 dias para 50% de decomposição da palhada.

**Figura 18-** Porcentagem de matéria seca residual nos sorgos granífero e de dupla aptidão, consorciados ou não com o capim-paiaguás (A) e inoculados ou não com *Azospirillum brasilense* (B). Selvíria-MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Na Figura 19, estão apresentadas as porcentagens de liberação de nutrientes dos sorgos granífero e de dupla aptidão dentro da consorciação ou não com o capim-paiaguás. A liberação de N no sorgo dupla aptidão consorciado foi mais rápida no tratamento com ausência do capim. Uma das hipóteses para tal resultado pode estar na quantidade de capim-paiaguás presente no consórcio, o que caracterizou 1,73 t ha<sup>-1</sup> a mais de palhada (Figura 17B), evidenciando uma maior disponibilidade de folhas presentes e facilidade de decomposição (Figura 18A).

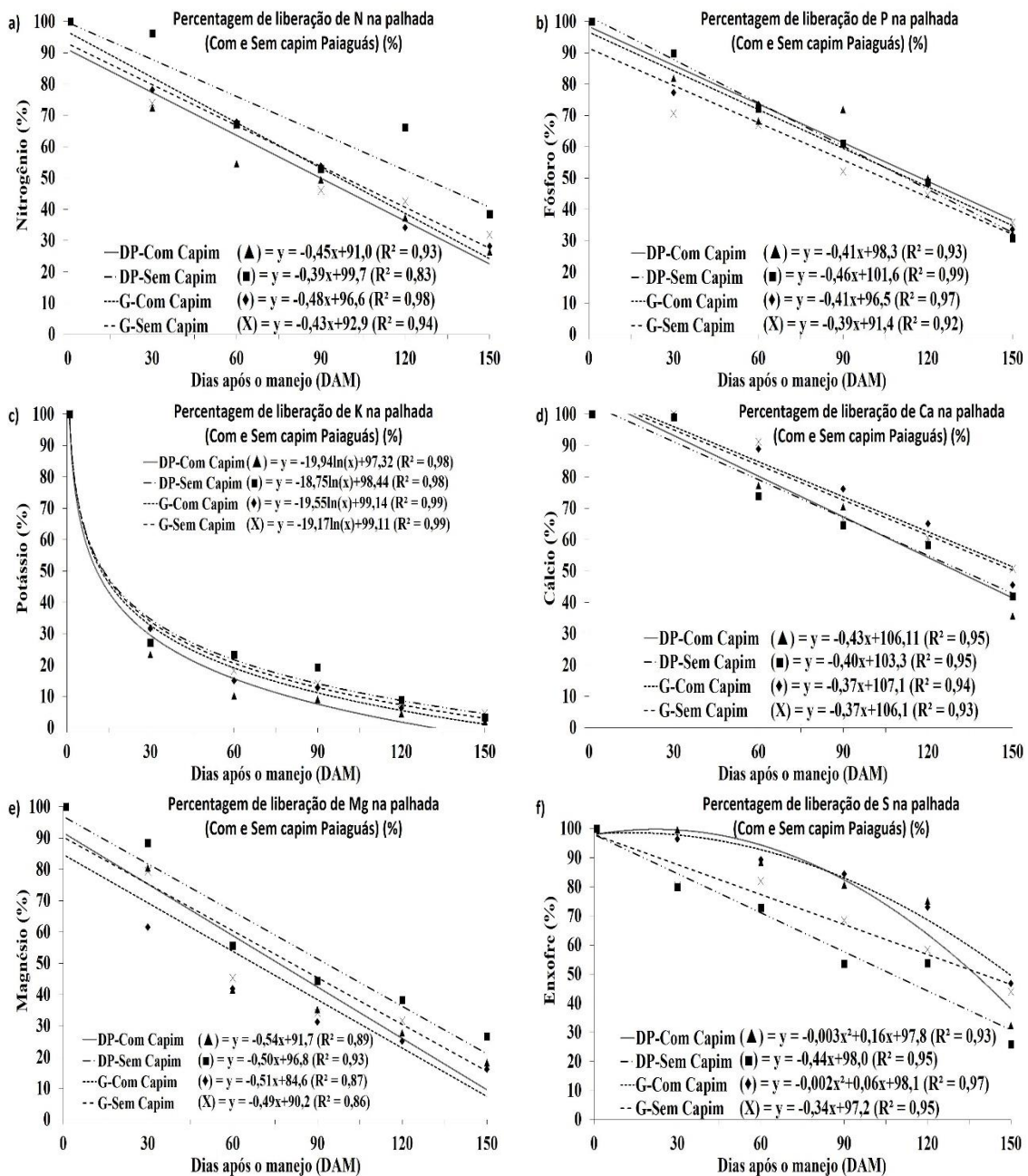
Nas Figuras 19 B e E estão apresentados os ajustes para o P e Ca residual, em que se verificam modelos lineares decrescentes semelhantes, apresentando aos 150 dias liberação de 60 a 70% dos nutrientes. De acordo com Costa et al., (2014b) a liberação do nutriente P da palhada de sorgo está relacionada a intensidade e duração das chuvas no local, visto que houve incidência de chuvas no período de avaliação (Figura 1).

Para a taxa de liberação de K nos sorgos consorciados ou não houve ajustes de modelos exponenciais, em que se verificou rápida liberação no início e, aos 30 dias, praticamente 70% do nutriente da massa seca remanescente tinha sido liberado ao solo. Os resultados assemelham-se aos obtidos por Santos et al. (2008), onde o K teve liberação de 80% no período de 30 dias após o manejo da cultura, pois o nutriente não tem função estrutural nos tecidos vegetais. Desta forma é importante que o uso da palhada remanescente no início da liberação do nutriente,



uma vez que é rápida a disponibilidade, representando um risco de perda por lixiviação (SANZONOWICZ; MIELNICZUK, 1985).

**Figura 19-** Porcentagem de macronutrientes nos sorgos granífero e de dupla aptidão, consorciados ou não com o capim-paiaguás. % Nitrogênio (A), % Fósforo (B), % Potássio (C), % Cálcio (D), % Magnésio (E) e % Enxofre (F). Selvíria-MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

De modo geral, as quantidades de Mg e S são reduzidas drasticamente com a decomposição da palhada, ajustando-se, em sua maioria à modelos lineares

decrecentes (Figuras 19 E e F). Contudo, esses elementos podem ainda ser utilizados pelos cultivos subsequentes pela capacidade da palhada reciclar, considerando fonte de M.O, possibilitando maior liberação de nutrientes (CAIRES, 2000). As palhas mantidas na superfície do solo protegem e acumulam grandes quantidades de nutrientes, que são liberados lentamente pela ação de microrganismos (FRANCHINI et al., 2000). Pode-se considerar ainda, que as condições climáticas, a espécie vegetal e do tipo de solo interfere na rápida ou intensa disponibilidade dos nutrientes (ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003).

A liberação de nutrientes pelos resíduos vegetais, avaliada em função dos sorgos granífero e de dupla aptidão inoculados ou não por *Azospirillum brasilense*, constam na Figura 20. De forma geral, a decomposição da palha ao longo do tempo, de todos os materiais vegetais, assumiu o comportamento linear na liberação dos nutrientes.

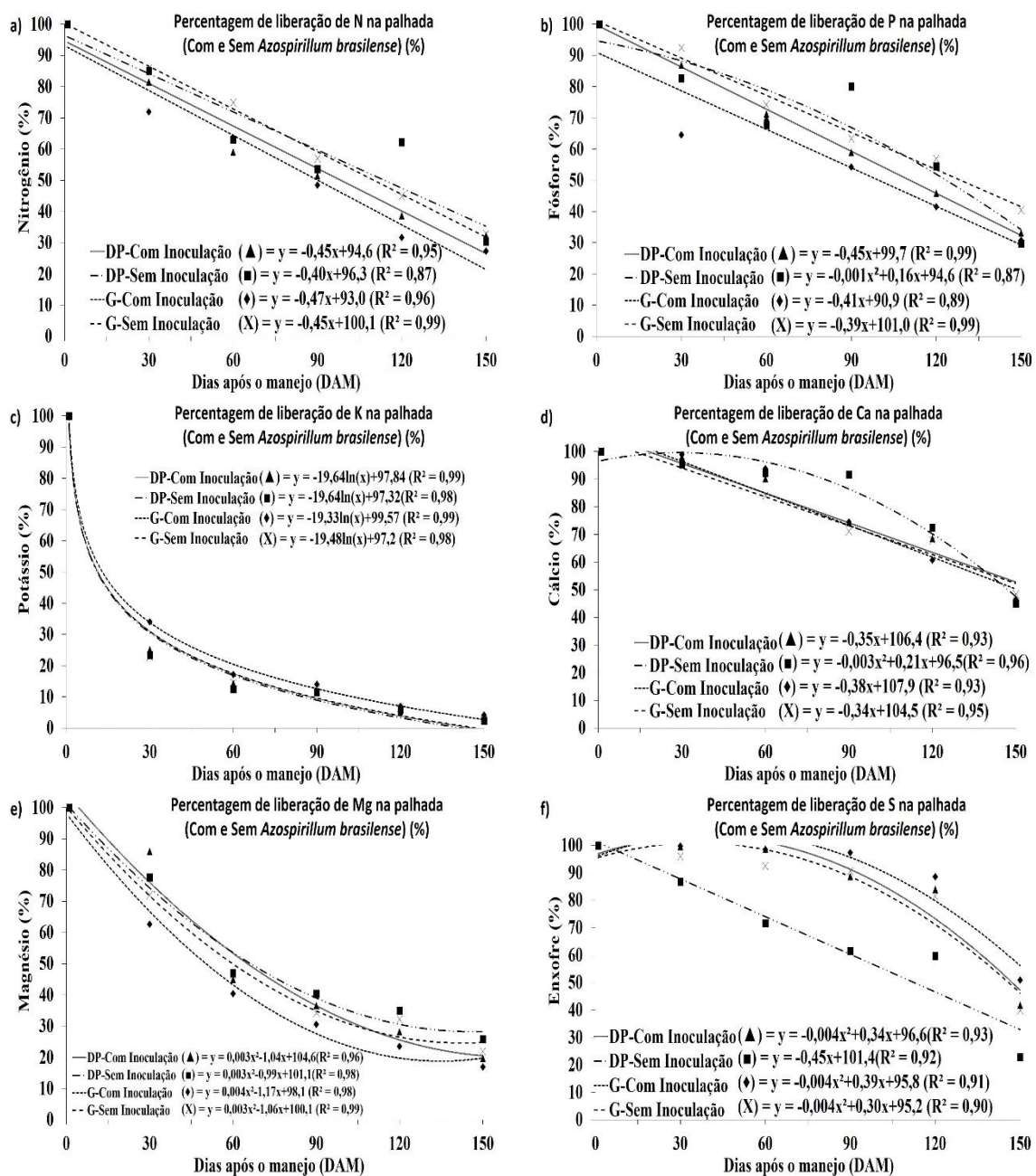
A taxa de liberação do nitrogênio (Figura 20A) apresentou comportamento linear, independentemente do tratamento, com decréscimo dos valores em função dos dias de avaliações, o que provavelmente indica que há mobilização deste elemento na mesma tendência de decomposição das palhadas remanescentes de sorgo granífero e de dupla aptidão (Figura 18 B). De modo geral, o P teve o mesmo comportamento que o N. Segundo Gama-Rodrigues, Gama-Rodrigues e Brito (2007), o N e o P são rapidamente disponibilizados nos primeiros meses de decomposição da palha. Assim, tem grande importância estudar o comportamento dos nutrientes serem liberados ou fixados em compostos orgânicos, para o sincronismo entre o manejo e o plantio da cultura sucessora (SILVA; MENDONÇA, 2007). A inoculação por *A. brasilense* (Figura 20) também proporcionou resultados satisfatórias como a consorciação (Figura 19), melhorando na quantidade de nutrientes fornecidos pelo maior acúmulo e matéria seca (Tabelas 29 e 30).

O K novamente, foi o nutriente com liberação mais rápida (Figura 20 C) independentemente dos tratamentos, com o maior valor percentual logo nos primeiros 30 dias de avaliação (modelos exponenciais). Ao final dos 150 dias de avaliação, as palhadas disponibilizaram para o solo 100% do nutriente, entretanto quando o sorgo granífero foi inoculado com a bactéria, a liberação foi de 95% no final da avaliação. Em trabalho realizado por Giacomini et al. (2003), avaliando a

liberação de nutrientes do tecido vegetal de aveia, ervilhaca e nabo forrageiro, constatou-se que a liberação de K é mais rápida em 4,5 vezes do que a do P.

Para Ca, Mg e S, de acordo com Amado (2000), a velocidade em que estes nutrientes são liberados da palhada está na mesma proporção do decréscimo da massa seca da palhada.

**Figura 20-** Porcentagem de macronutrientes nos sorgos granífero e de dupla aptidão, inoculados ou não por *Azospirillum brasilense*. % Nitrogênio (A), % Fósforo (B), % Potássio (C), % Cálcio (D), % Magnésio (E) e % Enxofre (F). Selvíria-MS.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Na avaliação da liberação de Mg da palha das espécies vegetais com ou sem a inoculação (Figura 20 E), constatou-se que todos tiveram comportamentos quadráticos. Talvez tal comportamento se deva à redução na quantidade de substrato, que possivelmente mantiveram maiores níveis de umidade e possibilitaram atividade microbiana mais intensa. Para Marschner (1995), 70% do Mg está acumulado no vacúolo da célula, possibilitando liberação acentuada, uma vez que esta quantidade não faz parte de outros constituintes estruturais celulares.

No presente trabalho, a percentagem de liberação do S no sorgo de dupla aptidão com inoculação e granífero com e sem inoculação, apresentaram menores persistências (Figura 20 F), com tendência de estabilidade nos primeiros meses para depois liberar o nutriente. Do modo semelhante ao S, foi liberação do cálcio da palhada de sorgo de dupla aptidão sem a inoculação (Figura 20 D).

É de suma importância ressaltar ainda que nestes sistemas produtivos, mesmo aos 150 dias após o manejo das espécies forrageiras, em que grande parte do material vegetal havia se decomposto, ainda havia quantidades consideráveis de nutrientes estruturais na palhada, principalmente de N, P, Ca e Mg e S, e, portanto, podem ainda ser utilizados pelos cultivos subsequentes. Nesse contexto, os resultados do presente trabalho demonstram o potencial de utilização dos consórcios com inoculação em sistemas de ILP sob SPD, tanto para produção de forragem de qualidade no inverno/primavera (entressafra) e/ou palhada das rebrotas para a cultura da soja em sucessão na região do Cerrado, pois além de seus resíduos protegerem o solo contra a erosão, promovem ainda a ciclagem de nutrientes.

#### 4.4 ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E ESTOQUE DE CARBONO (EC) DO SOLO.

Nas Tabelas 33 e 36 estão apresentados os resultados obtidos para os atributos químicos avaliados na camada de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 ao final do cultivo do sorgo granífero, após as plantas expressarem seu potencial produtivo de rebrotas.

Pode-se observar alterações nos teores de P, M.O., K, Al e valores de pH do solo na camada de 0 a 0,10 m, enquanto que na camada mais profunda (0,10 a 0,20 m) apenas para o pH, diminuindo de uma safra agrícola para outra. Lembrando-se que a prática da silagem estabelece uma elevada exportação de nutrientes (Figura

14), o que pode alterar a quantidade de nutrientes do solo. O teor de Al do solo aumentou significativamente após um ano agrícola, podendo evidenciar o efeito de redução do pH de um ano para outro. Esta redução de pH e incremento do Al trocável é comum em sistemas de alta extração e exportação de nutrientes, atrelados ao efeito de adubação nitrogenada e decomposição da palhada em SPD (COSTA et al.2015b).

No consórcio com o capim-paiaguás, verificou-se diferenças significativas para pH, P, K, Ca, H+Al, Al, SB e V% na camada de 0 a 0,10 m. Conseqüentemente, a área em que foi implantado o consórcio sorgo granífero/capim-paiaguás, apresentou aumento no pH, Ca, SB e V%, embora diminuição no P, K, H+Al e Al. Entretanto, mesmo com a redução dos teores de P e K, que são importantes nutrientes para as plantas no sistema, a consorciação teve benefícios no incremento do pH e conseqüente diminuição do Al do solo, com respectivo aumento da SB e V%. Esse efeito positivo do consórcio na fertilidade do solo também foi na camada de 0,10 a 0,20 m (Tabela 37).

A inoculação com *Azospirillum brasilense* melhorou a qualidade química do solo nas profundidades de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m em áreas de cultivo com sorgo granífero. Para a profundidade de 0 a 0,10 m, os efeitos positivos da inoculação foram significativos para os atributos pH, P, Ca, Mg, SB, CTC, Al e V%, enquanto que na camada de 0,10 a 0,20 m, o foram para pH, P, K, Ca, Mg, SB, CTC, Al e V%, colocando em destaque o aumento da CTC do solo. Esse efeito comprova o provável incremento de crescimento radicular da cultura inoculada com *A. brasilense* (BARASSI et al., 2008), que por sua vez gera material vegetal passível de decomposição para tornar-se M.O., com conseqüente aumento da CTC em solos tropicais (COSTA et al., 2015b).

**Tabela 33-** Atributos químicos do solo na camada de 0 a 0,10 m, por ocasião da dessecação da rebrota do sorgo granífero em consórcio ou não com capim-paiaguás, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

Tratamentos	pH	P	MO	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
	(CaCl <sub>2</sub> )	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							
<b>Ano</b>											
1º Ano	4,9a	16,9a	21,8a	2,4a	15,9	14,1	31,2	2,5b	32,7	64,0	50,5
2º Ano	4,4b	13,6b	20,7b	0,8b	16,5	14,5	31,7	5,4a	31,8	63,5	49,0
<b>Capim</b>											
Com	4,7a	14,5b	21,6	1,4b	18,1a	15,5	27,9b	3,0b	35,17a	63,0	54,3a
Sem	4,5b	16,0a	20,9	1,9a	14,3b	13,0	35,0a	4,9a	29,4b	64,5	45,2b
<b>Inoculação</b>											
Com	4,9a	16,5a	21,3	1,6	20,6a	17,1a	30,6	2,4b	39,3a	69,9a	55,4a
Sem	4,4b	14,0b	21,2	1,6	11,7b	11,5b	32,3	5,4a	25,2b	57,6b	44,1b
<b>Teste F</b>											
Ano (A)	30,57**	32,28**	5,67*	99,58**	0,19ns	0,20ns	0,08ns	20,50**	0,14ns	0,07ns	0,27ns
Capim (C)	5,14*	6,67*	2,55ns	16,26**	9,12**	8,19**	20,44**	8,91**	5,62*	0,88ns	9,68**
Inoc. (I)	33,20**	19,63**	0,06ns	0,04ns	49,44**	42,36**	1,22ns	22,82**	34,62**	61,81**	14,62**
A x C	0,13ns	2,58ns	0,92ns	2,50ns	4,12ns	2,29ns	2,65ns	0,15ns	2,22ns	2,16ns	0,05ns
A x I	3,53ns	38,75**	1,21ns	3,01ns	1,41ns	5,88*	0,62ns	4,79*	2,98ns	11,77**	0,40ns
C x I	3,41ns	23,68**	3,03ns	0,09ns	8,24**	3,39ns	2,99ns	1,80ns	4,71*	38,69**	0,01ns
A x C x I	0,57ns	0,53ns	1,92ns	3,54ns	0,03ns	0,24ns	2,88ns	0,55ns	0,20ns	3,02ns	2,02ns
DMS	0,16	1,18	0,90	0,25	2,60	1,76	3,26	1,29	4,93	3,23	6,07
CV (%)	4,87	10,6	5,84	20,9	22,0	16,9	14,2	39,2	20,9	6,95	16,7

Nota: 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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Para CTC, Al, Mg e P, houve efeito significativo para interação ano e inoculado ou não com a bactéria. A CTC, Mg e P, foram influenciadas pela inoculação, com aumento de seus valores, nos dois anos de cultivo. Enquanto que para o Al houve redução dos teores no solo na camada de 0 a 0,10 m, portanto, com resultados positivos quanto ao efeito da inoculação (Tabela 34). Esses resultados na camada superficial com a inoculação podem ser derivados da maior produção de massa vegetal (Figura 16), que pelo processo de decomposição (Figura 19) libera nutrientes ao solo, bem como ácidos orgânicos que carregam o Al para camadas mais profundas (MENDONÇA et al., 2015; COSTA et al., 2015b).

**Tabela 34-** Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para os atributos químico CTC, Al, Mg e P do solo na camada de 0 a 0,10 m, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	67,5bA	60,5aB
2º Ano	72,4aA	54,7bB
	Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	1,7	3,3b
2º Ano	3,2B	7,6aA
	Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	15,8A	12,3B
2º Ano	18,3A	10,7B
	P (mg dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	20,0aA	13,8B
2º Ano	13,1b	14,1

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Na Tabela 35, estão os desdobramentos das interações consórcio e inoculação, observando-se que de modo geral, a presença do capim-paiaguás no consórcio com sorgo granífero inoculado incrementou de modo geral a fertilidade do solo na camada de 0 a 0,10 m, com exceção ao P, que sem o capim, parece ter sido menos exportado do solo após colheita do material vegetal para ensilagem. Os demais atributos foram incrementados, novamente pelo efeito de maior produção de massa vegetal (Figura 16), que pelo processo de decomposição (Figura 19) libera nutrientes ao solo.

**Tabela 35-** Desdobramento das interações significativas de capim-paiaguás x inoculação, para os atributos químico CTC, SB, Ca e P do solo na camada de 0 a 0,10 m. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	CTC ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ )	
Com Capim	74,1aA	52,0bB
Sem Capim	65,8b	63,2a
	SB ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ )	
Com Capim	44,8aA	25,5B
Sem Capim	33,9bA	25,0B
	Ca ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ )	
Com Capim	24,3aA	11,8B
Sem Capim	16,9bA	11,6B
	P ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	
Com Capim	14,4b	14,6
Sem Capim	18,7aA	13,3B

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.



**Tabela 36-** Atributos químicos do solo na camada de 0,10 a 0,20 m, por ocasião da dessecação da rebrota do sorgo granífero em consórcio ou não com capim-paiaguás, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

Tratamentos	pH	P	MO	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
	(CaCl <sub>2</sub> )	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							
<b>Ano</b>											
1º Ano	5,1a	10,9	18,6	1,0	18,3	13,3	27,1b	1,8b	31,5	59,9b	53,8
2º Ano	4,6b	12,1	18,0	1,1	17,5	13,9	32,6a	4,3a	32,6	62,8a	49,9
<b>Capim</b>											
Com	5,0a	12,4a	18,8a	1,3a	20,5a	15,4a	28,4	2,0b	37,3a	63,3a	56,9a
Sem	4,7b	10,6b	17,9b	0,8b	15,4b	11,7b	31,4	4,1a	26,7b	59,4b	46,9b
<b>Inoculação</b>											
Com	5,1a	12,5a	18,4	1,3a	22,9a	16,2a	26,2b	0,9b	40,5a	64,3a	61,3a
Sem	4,5b	10,5b	18,3	0,8b	13,0b	11,0b	33,5a	5,2a	23,6b	58,4b	42,4b
<b>Teste F</b>											
Ano (A)	17,52**	2,74ns	3,67ns	1,18ns	0,29ns	0,41ns	11,10**	17,73**	0,37ns	8,21**	1,46ns
Capim (C)	6,02*	5,62*	9,16**	12,17**	11,98**	19,76**	3,22ns	12,03**	31,74**	14,78**	9,46**
Inoc. (I)	31,82**	7,32*	0,25ns	12,63**	45,47**	39,11**	19,49**	53,04**	81,25**	34,15**	33,93**
A x C	0,09ns	6,44*	3,30ns	21,28**	0,01ns	0,46ns	2,63ns	0,01ns	0,43ns	0,04ns	0,29ns
A x I	2,79ns	2,21ns	6,36*	28,31**	0,96ns	4,13ns	4,24ns	15,15**	2,09ns	3,39ns	4,23ns
C x I	0,72ns	2,74ns	10,43**	27,04**	3,12ns	0,41ns	0,50ns	0,85ns	2,06ns	6,79*	0,21ns
A x C x I	0,22ns	2,99ns	4,07ns	3,65ns	0,36ns	1,36ns	3,42ns	0,25ns	0,01ns	0,39ns	0,71ns
DMS	0,21	1,53	0,63	0,32	3,04	1,71	3,39	1,21	3,87	2,10	6,70
CV (%)	6,01	18,23	4,76	40,12	23,22	17,20	15,55	53,53	16,57	4,70	17,72

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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Na camada de 0,10 a 0,20 m, analisando-se o desdobramento da interação dos anos de cultivo x com ou sem o capim Paiaguás em consócio com sorgo granífero (Tabela 37), verifica-se que houve efeitos significativos para teores de K e P do solo, aumentados por residuais de adubações das culturas do sistema de um ano para o outro e pela ciclagem do material vegetal em maior quantidade quando do consócio com o capim (Tabela 29 e Figura 18), demonstrando que a presença da forrageira é primordial na manutenção da fertilidade do solo em sistemas integrados de produção, como apontado por Costa et al. (2015b) em áreas de produção de silagem de milho e sorgo.

Com a alta extração de nutrientes pela silagem, houve redução na concentração de nutrientes em relação à condição inicial do experimento (Tabela 1). Somente para o K, no tratamento do segundo ano de cultivo e no consócio com capim, houve maior teor que o inicial. Portanto, o capim-paiaguás demonstrou sua capacidade em reciclar K de camadas profundas do solo, sendo depois depositadas mais na sub superfície pelo efeito rápido de liberação durante a decomposição da palhada (Figura 19 C), pois de acordo com Silva (2013), as gramíneas forrageiras têm a capacidade de extrair grandes quantidades de K do solo.

**Tabela 37-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para os atributos químico K e P do solo na camada de 0,10 a 0,20 m, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim-paiaguás	
	Com	Sem
	K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	0,92b	1,10a
2º Ano	1,81aA	0,55bB
	P (mg dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	10,8b	11,0
2º Ano	14,0aA	10,3B

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Analisando o desdobramento da interação entre anos e inoculação, na camada de 0,10 a 0,20 m, para o sorgo granífero, os tratamentos sem a inoculação apresentaram maior teor de Al quando comparado à presença da bactéria (Tabela 38). Evidenciando a diminuição do Al trocável com o uso de *Azospirillum brasilense*,

e também incrementos de M.O. e K do solo. Fica assim evidente, que mesmo em sub superfície, com a inoculação, pela maior produção de palhada (Figura 16) e provável crescimento radicular (efeito hormonal da bactéria), durante o processo de decomposição (Figura 19) além de liberar nutrientes ao solo, e ácidos orgânicos que carregam o Al para camadas mais profundas (MENDONÇA et al., 2015), houve incrementos do teor de M.O., fundamental na sustentabilidade do SPD (COSTA et al., 2015b).

**Tabela 38-** Desdobramento das interações significativas anos x inoculação, para teores de Al, K e M.O do solo, na camada de 0,10 a 0,20 m, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	0,87B	2,87bA
2º Ano	1,06B	7,65aA
	K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	0,87b	1,15a
2º Ano	1,87aA	0,49bB
	M.O (g dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	18,37	19,00a
2º Ano	18,56A	17,62bB

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Com resultados satisfatórios para fertilidade do solo com a presença do capim no consórcio com o sorgo granífero, aliado a sua inoculação, a interação dos dois tratamentos também evidenciaram aspectos positivos para os valores de CTC, K e M.O (Tabela 39). Os atributos químicos aumentam quando em consórcio e com uso da inoculação, levando a hipótese de que a imobilização parcial dos nutrientes adquiridos pelas bactérias e na palhada são liberados posteriormente pelas suas decomposições. De acordo com Okon e Vanderleyden (1997), as bactérias podem atuar no crescimento das plantas, as quais resultam em uma planta mais vigorosa e produtiva (HUNGRIA, 2011), sendo possível absorver maiores quantidades de nutrientes em camadas mais profundas do solo pelo maior crescimento radicular, que depois serão disponibilizados pela decomposição.

**Tabela 39-** Desdobramento das interações significativas de capim-paiaguás x inoculação, para valores de CTC, K e M.O do solo, na camada de 0,10 a 0,20 m, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	CTC ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ )	
Com Capim	67,6aA	59,0B
Sem Capim	61,1bA	57,8B
	K ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ )	
Com Capim	2,05aA	0,68B
Sem Capim	0,69b	0,95
	M.O ( $\text{g dm}^{-3}$ )	
Com Capim	19,43aA	18,28B
Sem Capim	17,50b	18,34

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Os resultados referentes à análise química do solo para as áreas do sorgo de dupla aptidão, nas profundidades de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m, são apresentados nas Tabelas 40 e 43.

Os atributos químicos do solo na dessecação e manejo da rebrota do sorgo de dupla aptidão foram influenciados pelo ano de cultivo. Avaliando-se os valores verificou-se que houve diferença entre os anos de cultivo, principalmente para pH, M.O., K, Mg, SB e V%, em que nas duas camadas foram maiores no primeiro ano, e, conseqüentemente, no segundo ano, houve incremento para H+Al e Al.

De modo geral, a fertilidade do solo decresceu no segundo ano comparado ao primeiro ano, tanto para as áreas com cultivo do sorgo granífero, quanto para as áreas com o de dupla aptidão nas duas profundidades, fato considerado normal pela alta exportação de material vegetal ensilado e da cultura da soja em sucessão. Neste sistema de consorciação, as forrageiras produzem grandes quantidades de palhada, após a colheita para ensilagem, em que sua rebrota pode acumular nutrientes, que pela mineralização do material orgânico incrementa a acidificação do solo, contudo, aumentando a disponibilidade dos nutrientes catiônicos.

Entre as modalidades de consórcio ou não com o capim-paiaguás, verificou-se que os maiores valores dos atributos químicos do solo foram obtidos quando do consórcio com o capim-paiaguás com o sorgo de dupla aptidão, com maiores

valores principalmente na camada superficial (0 a 0,10 m) para M.O., Mg, SB e V% e redução dos teores de Al e H+Al.

Os resultados apresentados na presente pesquisa, levando-se em consideração as alterações nos atributos químicos, se devem em parte, ao elevado acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície do solo (4,53 t ha<sup>-1</sup> no consórcio e 2,27 t ha<sup>-1</sup> sem o consórcio), em que no processo de decomposição da massa vegetal residual, proporcionam um aporte de nutrientes no solo, causando um estímulo da atividade biológica que resulta em alterações na fertilidade do solo. Provavelmente também, com a inserção de mais uma cultura como a forrageira ao sistema, os maiores valores podem estar relacionados aos nutrientes mineralizados das raízes em sub superfície. Fica assim evidente que a presença da forrageira em consórcio com o sorgo é primordial na manutenção da fertilidade do solo em sistemas integrados de produção, como apontado por Costa et al. (2015b) em áreas de produção de silagem de milho e sorgo forrageiro.

Em relação aos atributos químicos nas áreas com a inoculação do sorgo pela bactéria diazotrófica, pode-se constatar resultados significativos na camada de 0,10 a 0,20 m para P, CTC, SB e V% (Tabela 42). Sendo assim, pode-se inferir que apesar de não ter resultados satisfatórios na camada superficial, a camada mais profunda teve melhorias na fertilidade do solo, sendo tal prática eficiente em manter os níveis de fertilidade durante o período avaliado, e inclusive, com melhoria de alguns atributos com as rebrotas e inoculação por *Azospirillum brasilense*, desempenhando um papel de extrema importância no desenvolvimento das plantas e na sua produtividade, atestando a eficiência da inoculação, que pela maior produção de palhada (Figura 17) e acúmulo de nutrientes, além do provável crescimento radicular (efeito hormonal da bactéria), durante o processo de decomposição (Figura 20) é capaz de liberar nutrientes ao solo.

**Tabela 40-** Atributos químicos do solo na camada de 0 a 0,10 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.

Tratamentos	pH	P	MO	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
	(CaCl <sub>2</sub> )	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							
<b>Ano</b>											
1º Ano	5,2a	23,6a	25,2a	3,7a	27,2a	17,6a	26,3b	0,3b	48,5a	74,8	64,3a
2º Ano	4,4b	13,7b	21,5b	1,1b	18,9b	13,7b	40,5a	5,1a	33,8b	74,3	45,1b
<b>Capim</b>											
Com	4,9a	19,2	24,2a	2,7	23,7	18,1a	30,5b	1,4b	44,5a	75,0	58,9a
Sem	4,7b	18,2	22,5b	2,2	22,3	13,3b	36,3a	4,0a	37,8b	74,2	50,6b
<b>Inoculação</b>											
Com	4,8	21,6a	23,3	1,8b	24,5	16,3	33,5	3,0	42,7	76,2	55,9
Sem	4,8	15,9b	23,4	3,1a	21,5	15,1	33,3	2,4	39,6	73,0	53,5
<b>Teste F</b>											
Ano (A)	95,07**	13,55**	31,10**	38,87**	21,74**	9,78**	99,58**	76,35**	21,91**	0,04ns	58,42**
Capim (C)	5,40*	0,14ns	6,67*	1,83ns	0,57ns	15,16**	27,39**	22,09*	4,50*	0,14ns	11,12**
Inoc. (I)	0,01ns	4,37*	0,04ns	8,87**	2,85ns	1,12ns	0,01ns	1,39ns	0,93ns	1,87ns	0,93ns
A x C	11,63**	1,60ns	10,00**	1,18ns	3,81ns	2,71ns	47,91**	22,09**	3,56ns	0,57ns	14,93**
A x I	0,21ns	1,24ns	2,31ns	0,01ns	0,40ns	0,05ns	1,26ns	1,39ns	0,19ns	1,31ns	0,26ns
C x I	0,06ns	1,04ns	1,07ns	2,37ns	1,69ns	2,46ns	3,24ns	0,36ns	0,04ns	1,33ns	0,02ns
A x C x I	0,05ns	0,26ns	1,51ns	0,01ns	0,35ns	0,56ns	2,14ns	0,02ns	0,38ns	2,40ns	0,07ns
DMS	0,16	5,55	1,33	0,86	3,66	2,52	2,29	1,11	6,49	4,77	5,17
CV (%)	4,70	38,01	7,83	39,04	21,79	22,03	9,39	55,88	21,61	8,76	12,9

Nota: 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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O desdobramento da interação anos x com ou sem a forrageira para as áreas de sorgo de dupla aptidão, na camada de 0 a 0,10 m do solo, revelaram resultados diferentes aos do sorgo granífero, porém significativos para os atributos V%, Al, H+Al, M.O e pH do solo (Tabela 41). Sendo que quando houve consórcio depois de um ano de experimento, os valores de V%, teores de M.O. e pH aumentaram, enquanto que para Al e H+Al houve redução de seus teores. Fato este interessante, e que pode ser atribuído ao efeito de maior produtividade de matéria seca da rebrota do sorgo de dupla aptidão em consórcio com o capim-paiaguás (Figura 17), que durante o processo de decomposição (Figura 20) além de liberar nutrientes ao solo, fornece ácidos orgânicos que carregam o Al para camadas mais profundas (MENDONÇA et al., 2015), além de incrementar do teor de M.O., fundamental na sustentabilidade do SPD (COSTA et al., 2015b).

**Tabela 41-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás, para V%, Al, H+Al, M.O. e pH do solo na camada de 0 a 0,10 m, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim-paiaguás	
	Com	Sem
	V (%)	
1º Ano	63,6a	65,0a
2º Ano	54,1bA	36,1bB
	Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	0,37b	0,37b
2º Ano	2,56aB	7,65aA
	H+Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	27,25b	25,37b
2º Ano	33,81aB	47,31aA
	M.O (g dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	25,0	25,4a
2º Ano	23,4A	19,7bB
	pH (CaCl <sub>2</sub> )	
1º Ano	5,2a	5,28a
2º Ano	4,6bA	4,22bB

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

**Tabela 42-** Atributos químicos do solo na camada de 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.

Tratamentos	pH	P	MO	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
	(CaCl <sub>2</sub> )	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							
<b>Ano</b>											
1º Ano	5,7a	11,2	19,9a	1,8a	23,0	14,9a	24,6b	0,81b	39,6a	64,3b	61,0a
2º Ano	4,8b	9,1	17,5b	0,9b	20,6	12,9b	36,9a	2,59a	34,5b	71,5a	47,6b
<b>Capim</b>											
Com	5,1	8,8b	18,6	1,5	22,2	15,4a	29,2	1,53	39,1	68,4	56,9
Sem	4,9	11,5a	18,8	1,2	21,5	12,3b	32,3	1,87	35,1	67,4	51,8
<b>Inoculação</b>											
Com	5,3a	11,7a	18,8	1,1b	26,9	16,4a	29,9	0,48b	44,4a	74,4a	60,5a
Sem	4,7b	8,5b	18,6	1,7a	16,7	11,4b	31,6	2,92a	29,8b	61,4b	48,2b
<b>Teste F</b>											
Ano (A)	29,25**	4,01ns	24,02**	12,43**	3,59ns	4,35*	31,8**	15,91**	5,56*	5,48*	30,68**
Capim (C)	3,37ns	6,33*	0,17ns	1,53ns	0,29ns	11,86**	1,96ns	0,59ns	3,54ns	0,11ns	4,21ns
Inoc. (I)	43,44**	9,54**	0,12ns	6,44*	64,78**	30,60**	0,59ns	29,79**	45,71**	18,99**	25,35**
A x C	0,80ns	0,06ns	0,02ns	1,15ns	4,48ns	1,31ns	0,02ns	0,01ns	2,58ns	1,12ns	1,44ns
A x I	0,67ns	0,02ns	1,29ns	1,19ns	0,44ns	0,88ns	2,86ns	8,64**	0,80ns	6,63*	0,48ns
C x I	0,60ns	0,02ns	0,05ns	3,07ns	3,31ns	0,04ns	0,03ns	0,31ns	0,63ns	0,19ns	0,03ns
A x C x I	2,74ns	0,01ns	0,30ns	0,88ns	3,31ns	0,81ns	1,02ns	0,70ns	2,39ns	0,14ns	3,75ns
DMS	0,16	2,13	0,99	0,47	2,62	1,85	4,48	0,92	4,45	6,12	4,99
CV (%)	4,61	28,89	7,26	47,02	16,43	18,31	19,85	65,2	16,46	12,35	12,59

Nota: 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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.



No desdobramento da interação entre anos e inoculação do sorgo de dupla aptidão, para a camada de 0,10 a 0,20 m do solo, constatou-se que houve diferenças significativas para CTC e Al (Tabela 43). Os valores CTC do solo após dois anos de cultivo com o sorgo de dupla aptidão inoculado com a bactéria mostrou aspectos positivos no aumento de seus valores, como discutido de modo semelhante para o sorgo granífero que pela maior produção de palhada (Figura 17) e acúmulo de nutrientes, além do provável crescimento radicular (efeito hormonal da bactéria), durante o processo de decomposição (Figura 20) é capaz de liberar nutrientes ao solo e incrementar os teores de M.O responsáveis por boa parte da CTC em solos tropicais. Enquanto que para o Al houve diminuição dos teores em sub superfície, aspecto positivo no controle de toxidez para as plantas, e neste caso, atribuído ao fato que durante o processo de decomposição (Figura 20) além de liberar nutrientes ao solo, fornece ácidos orgânicos que carregam o Al para camadas mais profundas do solo (MENDONÇA et al., 2015).

**Tabela 43-** Desdobramento das interações significativas anos x inoculação do sorgo de dupla aptidão, para CTC e Al do solo na camada de 0,10 a 0,20 m. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	67,0b	61,7
2º Ano	81,8aA	61,2B
	Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	0,25	1,37b
2º Ano	0,71B	4,46aA

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Para a avaliação do estado físico do solo no intuito de verificar o nível de compactação têm sido amplamente utilizada a densidade do solo, enquanto que para reportar a qualidade do solo, a determinação do estoque de carbono. Com base nos resultados obtidos, nas amostras de solo coletadas após o manejo dos rebrotes do sorgo granífero, com ou sem o consórcio com o capim-paiaguás e inoculação com *A. brasilense*, pode-se inferir que a densidade do solo nas áreas de de segundo ano de cultivo, na profundidade de 0,10 a 0,20 m, foi maior, sendo que quanto maior a densidade, menor a porosidade do solo (Tabela 44). Tal fato se deve provavelmente ao histórico da área de cultivo e ao tempo de adoção do SPD

(aproximadamente 14 anos), em que o não revolvimento do solo, pode causar compactação, atrelado aos 2 anos de tráfego intenso na colheita do material para ensilagem. Solos argilosos com densidades de  $1,27 \text{ kg dm}^{-3}$  causam prejuízos na produtividade das culturas pela diminuição do crescimento radicular (CARNEIRO et al., 2009). Entretanto, diante dos resultados obtidos no presente trabalho, não foi observado qualquer tipo de impedimento ao desenvolvimento das culturas, uma vez que foram verificadas elevadas produtividades em todos os sistemas de produção.

Solos compactados podem reduzir o sistema radicular das culturas, diminuindo na produtividade (ROSOLEM; FOLONI; TIRITAN, 2002; SILVA; ROSOLEM, 2002). Portanto, adoções para o aumento do volume e profundidade radiculares são de extrema importância, pois estas são responsáveis pelas reservas de nutrientes utilizados para suprir os processos metabólicos do vegetal e também aumentar os teores de matéria orgânica no solo pela sua decomposição. De acordo com Machado et al. (2007), áreas com média de três anos com rotação lavoura-pastagem, podem deixar de 5 a  $10 \text{ t ha}^{-1}$  de massa seca de raízes de *U. brizantha*, na camada de 0 – 0,20 m de solo. Diante disto, o sistema proposto com o capim-paiaguás é uma alternativa para contribuir na descompactação do solo, porém por tempo longo, melhorando o ambiente para o desenvolvimento das culturas.

Houve redução do estoque de carbono superficial no segundo ano de cultivo, apesar do SPD e ILP serem considerados uma atividade com potencial para sequestrar carbono no solo. Uma das hipóteses é a alta extração de material verde na ensilagem (em torno de  $13 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), proporcionando diminuição de palhada no sistema.

Houve efeito significativo da interação entre os anos de condução do experimento com a presença e ausência do capim-paiaguás, para a densidade do solo e estoque de carbono na camada superficial do solo (Tabela 45). Assim, os maiores valores de Ds10 e EC10 foram verificados principalmente, no primeiro ano consorciado com capim-paiaguás, sendo que o solo com densidade maior indica um solo menos poroso e com maior estoque de carbono. De acordo com Wendling et al. (2005), a matéria seca das culturas deixadas sobre o solo, melhoram os teores de matéria orgânica como também incrementam na taxa acumulativa do estoque de carbono do solo.

**Tabela 44-** 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 granífero em consórcio ou não com capim-paiaguás, durante dois anos agrícolas. Selvíria, MS.

Tratamentos	Ds10	Ds20	EC10	EC20
	-----kg dm <sup>-3</sup> -----		-----Mg ha <sup>-1</sup> -----	
<b>Sorgo</b>				
1º Ano	1,54	1,54b	19,58a	16,80
2º Ano	1,53	1,59a	18,53b	16,81
<b>Capim</b>				
Com	1,52	1,55	19,18	17,08
Sem	1,55	1,58	18,93	16,54
<b>Inoculação</b>				
Com	1,53	1,54b	19,07	16,57
Sem	1,54	1,60a	19,04	17,04
<b>Teste F</b>				
Ano (A)	0,20ns	1,46*	6,05*	0,01ns
Capim (C)	2,37ns	1,58ns	0,35ns	1,55ns
Inoculação (I)	0,11ns	6,07*	0,01ns	1,17ns
A x C	12,90**	0,06ns	9,32**	1,21ns
A x I	1,84ns	0,30ns	3,24ns	4,01ns
C x I	3,10ns	1,22ns	0,01ns	7,50*
A x C x I	0,87ns	1,01ns	0,44ns	3,82ns
DMS	0,04	0,05	0,88	0,90
CV (%)	3,80	4,47	6,34	7,32

Nota: 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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

No desdobramento da ausência ou presença do capim e inoculado ou não com *A. brasilense*, houve efeito no EC20 (Tabela 46), aumentando a quantidade de C no solo na presença do capim-paiaguás e com a inoculação. Fato este que permite inferir sobre a melhoria que o *Azospirillum brasilense* pode proporcionar para o sorgo e o capim em consórcio. Possivelmente, este resultado seja oriundo do aumento das raízes pelo efeito hormonal causado pela bactéria, assim incrementando não só a deposição de matéria seca de raízes, como também a deposição de material vegetal na superfície do solo (Figura 16).

**Tabela 45-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás no consórcio com sorgo granífero, para a Ds10 e EC10 do solo, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim -paiaguás	
	Com	Sem
	Ds10 (kg dm <sup>-3</sup> )	
1º Ano	1,56a	1,52b
2º Ano	1,48bB	1,58aA
	EC10 (Mg ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	20,36aA	18,80B
2º Ano	18,01b	19,06

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

**Tabela 46-** Desdobramento das interações significativas de capim-paiaguás x inoculação do sorgo granífero, para o EC20 do solo. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	EC20 (Mg ha <sup>-1</sup> )	
Com Capim	17,44a	16,72
Sem Capim	15,70bB	17,37A

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

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 47), 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. (2015b). Mesmo nos sistemas que foram consorciados com capim-paiaguás, com maiores quantidades de palhada residual (Figura 17), 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. Carvalho et al. (2016), em estudo conduzido em Capão do Leão, RS, no bioma Pampa, em que avaliaram o efeito do 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 e cultivares de sorgo (granífero ou de dupla aptidão - Tabelas 44 e 47), diminuíram ao longo do experimento, demonstrando o impacto que a colheita para silagem pode proporcionar na captação do material orgânico.

**Tabela 47-** 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. Selvíra, MS.

Tratamentos	Ds10	Ds20	EC10	EC20
	-----kg dm <sup>-3</sup> -----		-----t ha <sup>-1</sup> -----	
<b>Sorgo</b>				
1º Ano	1,48b	1,60	21,80a	18,60a
2º Ano	1,54a	1,62	19,40b	16,56b
<b>Capim</b>				
Com	1,51	1,62	21,35a	17,62
Sem	1,51	1,60	19,85b	17,54
<b>Inoculação</b>				
Com	1,53	1,63	20,78	17,88
Sem	1,50	1,59	20,41	17,28
<b>Teste F</b>				
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

Nota: 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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Em relação ao desdobramento da interação anos x com ou sem o capim-paiaguás para EC10 do solo, 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, houve aumento de 17,66 para 21,14 Mg ha<sup>-1</sup>, demonstrando a importância do capim na produção de fitomassa para sustentabilidade do SPD.

**Tabela 48-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás no consórcio com sorgo de dupla aptidão, para o EC10 do solo, durante dois anos agrícolas. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim-paiaguás	
	Com	Sem
	EC10 (Mg ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	21,55	22,04a
2º Ano	21,14A	17,66bB

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

#### 4.5 SOJA EM SUCESSÃO ÀS REBROTAS DE SORGOS E CAPIM PAIAGUÁS.

Na Tabela 49 constam os valores dos componentes morfológicos, da produção e a produtividade da soja das safras 2015/16 e 2016/17 sobre a palhada de sorgo granífero. No primeiro ano da soja na palhada de sorgo granífero, evidenciou-se maiores alturas de plantas (AP), de inserção da primeira vagem (AIPV) e estande final de plantas (EFP), justificado pela menor quantidade de palhada residual da rebrota do sorgo neste ano. Enquanto que no segundo ano, pela maior quantidade de palhada residual pode ter dificultado a plantabilidade, e emergência das plântulas diminuindo sua população, e, por ser de hábito de crescimento indeterminado, houve maior produção de ramos laterais, e menor altura de plantas. Em contrapartida, para o primeiro ano, com maiores populações houve maior estiolamento das plantas e conseqüentemente, maiores alturas (AP e AIPV). De acordo com Mauad et al. (2010), plantios mais adensados aumentam a competição intraespecífica pelas plantas por água, nutrientes e principalmente por luz, resultando no estiolamento.

A produtividade de grãos foi significativamente maior no segundo ano de cultivo e também quando cultivada em área onde foi realizada o consórcio de sorgo granífero e capim-paiaguás. Em locais em que houve inoculação do sorgo granífero

por *A. brasilense*, a soja apresentou incrementos significativos no número de grãos por planta (NGP), entretanto com diminuição do número de vagens por planta (NVP).

**Tabela 49-** Médias de altura de plantas (AP), de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP), de grãos por vagem (NGV), estande final de plantas (EFP), massa de 100 grãos (M100), produtividade de grãos e índice de clorofila foliar de soja, cultivada sob palhada da rebrota de sorgo granífero. Selvíria-MS.

Tratamentos	AP	AIPV	NVP	NGP	NGV	EFP	M100	PROD	ICF
	------(cm)-----		------(nº)-----				(g)	(kg ha <sup>-1</sup> )	
<b>Sorgo</b>									
1º Ano	110,2a	19,5a	39,0	78,3b	2,0b	347.530a	14,2	3343b	50,3a
2º Ano	103,5b	14,4b	41,2	94,6a	2,3a	295.833b	13,7	4385a	41,3b
<b>Capim</b>									
Com	107,6	16,8	40,4	89,4	2,2	323.842	13,7	4170a	46,1
Sem	106,0	17,0	39,8	83,5	2,1	319.521	14,1	3558b	45,5
<b>Inoculação</b>									
Com	107,8	16,6	35,7b	94,6a	2,1	313.734	14,0	4027	46,7
Sem	105,9	17,2	44,4a	78,3b	2,1	329.629	13,8	3701	44,9
<b>Teste F</b>									
Ano (A)	16,77**	79,2**	2,19ns	13,88**	13,81**	35,28**	1,90ns	28,11**	64,60**
Capim (C)	0,89ns	0,11ns	0,17ns	1,83ns	1,76ns	0,24ns	1,04ns	9,67**	0,30ns
Inoculação (I)	1,34ns	1,10ns	34,0**	14,00**	0,42ns	3,33ns	0,18ns	2,74ns	2,66ns
A x C	1,00ns	0,08ns	2,42ns	0,15ns	1,12ns	0,02ns	1,04ns	7,20*	0,26ns
A x I	0,01ns	3,03ns	0,36ns	0,15ns	0,42ns	1,16ns	0,20ns	0,39ns	4,07ns
C x I	0,64ns	0,28ns	4,50*	0,54ns	0,76ns	0,18ns	0,04ns	0,77ns	3,38ns
A x C x I	0,01ns	0,01ns	1,99ns	0,97ns	0,07ns	0,04ns	2,65ns	1,04ns	0,01ns
DMS	3,40	1,20	3,08	9,08	0,15	18.099	13,95	408	2,33
CV (%)	4,33	9,63	10,45	14,28	9,68	7,65	7,27	14,38	6,92

Nota: 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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.



No desdobramento da produtividade de grãos de soja dentro das modalidades de consórcio ou não com capim e anos de cultivo, constata-se que os maiores valores foram constatados nos tratamentos de consórcio com capim-paiaguás e no segundo ano de cultivo de soja (Tabela 50). Tal fato pode ser explicado pela maior disponibilidade de nutrientes advindos desta palhada do consórcio (Tabela 29 e Figura 19), que melhoraram a fertilidade do solo (Tabelas 33 a 39), assim aumentado os números de grãos por vagem e por planta (Tabela 49), determinantes na maior produtividade de grãos mesmo em menores populações de plantas em relação ao primeiro ano. Portanto, o uso de consórcios de sorgo com capim, após 2 anos de cultivo, com maior deposição de palhada, mesmo em cultivo para silagem, é determinante para aumento de produtividade da soja como apontado por Costa et al. (2015b), após colheita de silagens de milho e sorgo forrageiro em diferentes consórcios com capins Marandu e Tanzânia.

**Tabela 50-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás em consórcio com sorgo granífero, para a produtividade da soja em sucessão. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Capim-paiaguás	
	Com	Sem
	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )	
1º Ano	3385b	3301
2º Ano	4954aA	3816B

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O desdobramento da interação do consórcio ou não com capim dentro da modalidade de inoculação ou não com *A. brasilense*, para número de vagens por planta (Tabela 51), demonstra que independentemente se em consórcio com capim ou não, a inoculação das sementes de sorgo granífero proporciona incrementos significativos, podendo influenciar na produtividade final da soja, demonstrando certo efeito residual da inoculação do sorgo sobre a soja, pelo efeito hormonal dessa bactéria em aumentar o volume radicular (BARASSI et al., 2008) e reduzir os efeitos de estresse hídrico, que normalmente aumenta o abortamento de vagens.

**Tabela 51-** Desdobramento das interações capim-paiaguás x inoculação do sorgo granífero por *A. brasilense*, para NVP da soja em sucessão. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com NVP	Sem
Com Capim	43,1A	37,6B
Sem Capim	45,7A	33,9B

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Na Tabela 52 constata-se que houve efeito dos anos de para a altura de plantas, de inserção da primeira vagem, estande final de plantas, massa de cem grãos e índice de clorofila foliar, todos os maiores valores no primeiro ano, o que caracteriza o maior crescimento vegetativo na maior população, por efeito de estiolamento, assim com maior altura de plantas e de inserção da primeira vagem, o que acarretou em maior competição intraespecífica, reduzindo os números de grãos por planta e por vagem, explicando o efeito compensatório de maior massa de 100 grãos. Contudo, no segundo ano, com menor população, mesmo com redução da massa de 100 grãos houve incremento significativo no número de grãos por planta e vagem e, assim na produtividade sob palhada da rebrota do sorgo de dupla aptidão, semelhante ao que ocorreu também nas áreas de sorgo granífero.

Deve-se destacar também as maiores produtividades de soja neste segundo ano pelo maior aporte de palhada produzido nas rebrotas (Tabela 30) o que favorece o desenvolvimento inicial das plântulas, e permite maior longevidade das mesmas até o final do ciclo da cultura, provavelmente pela liberação de nutrientes, retenção de umidade do solo, e controle de plantas daninhas.

De forma geral, os resultados das populações de plantas da soja sob palhada de sorgo granífero (Tabela 49) e dupla aptidão (Tabela 52) tiveram o mesmo comportamento de que mesmo com redução do estande, sua produtividade aumentou, podendo ser justificado pela capacidade que a cultivar utilizada (BMX Potência RR), de crescimento indeterminado apresenta quando sujeita a variação no arranjo espacial de plantas, com efeito de compensação no número de ramificações, de vagens e grãos por planta, de forma inversamente proporcional à variação do seu estande de plantas.

Para a altura de inserção de primeira vagem os valores estão de acordo com os encontrados na literatura para colheita mecanizada, que segundo Peixoto e Souza (2002), deve estar próximo a 15 ou 20 cm.

Os resultados demonstram que a operação de semeadura da soja sobre as palhadas da rebrotas de sorgo de dupla aptidão em consórcio ou não com capim-paiaguás são viáveis, com destaque quando da inoculação do sorgo antecessor com *A. brasilense* (Tabela 52), pois promoveram aumento significativo da produtividade da soja quando semeadas em áreas que receberam inoculações por dois anos com a bactéria, demonstrando o efeito residual da inoculação da área (cultura antecessora), e que pelo efeito hormonal dessa bactéria em aumentar o volume radicular (BARASSI et al., 2008) pode reduzir os efeitos de estresse hídrico, que normalmente aumenta o abortamento de vagens (Tabela 53).

**Tabela 52-** Médias de altura de plantas (AP), de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagens por planta (NVP), de grãos por planta (NGP), de grãos por vagem (NGV), estande final de plantas (EFP), massa de 100 grãos (M100), produtividade de grãos e índice de clorofila foliar de soja, cultivada sob palhada da rebrota de dupla aptidão. Selvíria-MS.

Tratamentos	AP	AIPV	NVP	NGP	NGV	EFP	M100	PROD	ICF
	------(cm)-----		------(nº)-----				(g)	(kg ha <sup>-1</sup> )	
<b>Sorgo</b>									
1º Ano	112,2a	18,5a	36,8	77,1b	2,0b	348.611a	14,5a	3409b	50,5a
2º Ano	105,4b	15,1b	38,0	84,5a	2,2a	323.958b	13,5b	3990a	40,2b
<b>Capim</b>									
Com	107,6	16,7	37,9	81,1	2,1	335.185	13,9	3761	45,7
Sem	110,0	16,9	36,9	80,5	2,1	337.384	14,1	3638	45,0
<b>Inoculação</b>									
Com	109,1	17,2	38,2	82,6	2,1	314.158b	14,2	3910a	45,9
Sem	108,4	16,4	36,6	79,1	2,1	358.410a	13,8	3489b	44,9
<b>Teste F</b>									
Ano (A)	18,69**	51,32**	1,33ns	7,62*	8,90**	7,22*	9,89**	2,31**	112,5**
Capim (C)	2,34ns	0,30ns	0,81ns	0,04ns	0,57ns	0,05ns	0,29ns	0,91ns	0,47ns
Inoculação (I)	0,24ns	2,58ns	2,08ns	1,71ns	0,02ns	23,26**	1,52ns	10,65**	0,98ns
A x C	0,42ns	1,19ns	0,03ns	2,45ns	2,75ns	1,82ns	0,30ns	3,56ns	2,19ns
A x I	0,30ns	0,01ns	4,42*	0,90ns	1,75ns	3,20ns	0,04ns	0,51ns	1,23ns
C x I	1,59ns	0,33ns	3,59ns	1,51ns	0,25ns	0,14ns	3,28ns	6,62*	0,19ns
A x C x I	1,97ns	0,08ns	2,72ns	2,51ns	1,53ns	1,97ns	1,85ns	3,29ns	3,48ns
DMS	3,26	1,01	2,24	5,52	0,09	19.080	0,67	267	2,02
CV (%)	4,08	8,17	8,17	9,30	5,82	7,72	6,58	9,85	6,06

Nota: 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.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

No desdobramento da interação entre anos de cultivo com ou sem inoculação do sorgo de dupla aptidão, verifica-se que no segundo ano de cultivo, com a inoculação, houve aumento do NVP da soja (Tabela 53), corroborando o anteriormente discutido do efeito hormonal da bactéria sobre o crescimento radicular e na redução dos efeitos de estresse hídrico, que normalmente aumentam o abortamento de vagens. Segundo Okon e Vanderleyden (1997), bactérias do gênero *Azospirillum* promovem ganhos em produtividade de importantes culturas nas mais variadas condições de clima e solo; não só por aumentarem a fixação biológica do N<sub>2</sub>, mas também por auxiliar no aumento da superfície de absorção das raízes da planta e, conseqüentemente, no aumento do volume de substrato do solo explorado, papel este, fundamental na absorção de nutrientes. Tal constatação é justificada pelo fato da inoculação modificar a morfologia do sistema radicular, aumentando tanto o número de radículas, quanto diâmetro das raízes laterais e adventícias.

**Tabela 53-** Desdobramento das interações significativas anos x capim-paiaguás em consórcio com sorgo de dupla aptidão, para o número de vagens por planta de soja em sucessão. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	NVP	
1º Ano	36,4b	37,1
2º Ano	39,9aA	36,1B

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

No desdobramento das interações com ou sem capim-paiaguás e com ou sem a inoculação para a produtividade da soja semeada sobre a rebrota do sorgo de dupla aptidão, (Tabela 54), verifica-se que o consórcio da forrageira com o sorgo inoculado pelo *Azospirillum brasilense* proporcionou maior produtividade de grãos de soja, demonstrando que o efeito da bactéria é mais significativo quando há maior quantidade de palhada sobre o solo, que melhoram a ciclagem de nutrientes (Tabela 30 e Figura 19) e as condições físico-químicas do solo (Tabelas 40, 42 e 47).

**Tabela 54-** Desdobramento das interações capim-paiaguás x inoculação do sorgo de dupla aptidão por *A. brasilense*, para produtividade de grãos de soja em sucessão. Selvíria-MS.

TRATAMENTO	Inoculação	
	Com	Sem
	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )	
Com Capim	4137aA	3385B
Sem Capim	3682b	3593

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

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

## 5 CONCLUSÕES

O consórcio do sorgo granífero com capim-paiaguás em cultivo outonal, não alterou sua produtividade de matéria seca e de panícula. Para o de dupla aptidão, por efeito competição reduziram a produção de matéria seca de folhas, colmo e panículas.

O consórcio dos cultivares de sorgo com o capim-paiaguás e a inoculação com *Azospirillum brasilense* influenciaram positivamente na quantidade e qualidade bromatológica da silagem.

O aproveitamento da rebrota dos sorgos, principalmente em consórcio com o capim-paiaguás, apresentaram-se viáveis na produção de palhada remanescente no período de entressafra, com maior acúmulo de nutrientes que resultaram em melhores condições de fertilidade do solo.

A inoculação com *Azospirillum brasilense* nas sementes de sorgo granífero e de dupla aptidão proporcionou maior desenvolvimento, tanto do sorgo quanto do capim-paiaguás em consórcio, proporcionando incrementos na matéria seca da parte aérea de ambas as espécies vegetais, e assim com incremento da ciclagem de nutrientes e a fertilidade do solo.

Com efeito da palhada do consórcio dos sorgos (granífero e de dupla aptidão) com o capim-paiaguás, e principalmente quando do uso da inoculação com *Azospirillum brasilense* houve incrementos do número de vagens por planta e da produtividade da soja em sucessão.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, G. V.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. S.; MENDES, M. C. Espaçamento e densidade de semeadura para o sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 278-285, 2011.
- AMADO, T. J. C. Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2000. p. 105-111.
- ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARD, L.; FLEMMING, J. S.; GEMAEL, A.; SOUZA, G. A.; BONA FILHO, A. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos de nutrição animal, os alimentos**. São Paulo: Nobel, 2002. v. 1. 395 p.
- ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 873-928.
- ARAUJO, V. L., RODRIGUES, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [S. l.], v. 59, p. 168-174, 2007.
- ARFC. Technical committee on responses to nutrients. Report n.2. Characterization of feedstuffs. **Nutrient Abstract Review**, Ser. B. v. 57, p 713-736, 1987.
- ASSOCIATION OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 13. ed. Washington: AOAC, 1995. 1015 p.
- AVELINO, P. M.; NEIVA, J. N. M.; ARAUJO, V. L.; ALEXANDRINO, E.; SANTOS, A. C.; RESTLE, J. Características agronômicas e estruturais de híbridos de sorgo em função de diferentes densidades de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 534-541, 2011.
- BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L. E.; CASANOVAS, W. M.; PEREYRA, M. A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) **Azospirillum spp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 49-59.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. *Azospirillum*-plant relationship physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.
- BARBOSA, R. A. **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. 206 p.



BARDUCCI, R.S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, É.; PUTAROV, T.C.; SARTI, L.M.N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, p.211-222, 2009.

BENACCHIO, S. Niveles de melaza en silo experimental de milho criollo (*Sorghum vulgare*). **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 14, n. 4, p. 651-658, 1965.

BERGAMASCHINE, A. F.; PASSIPIÉRI, M.; VERIANO FILHO, W. V.; ISEPON, O. J. CORREA, L. A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurcheada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 4, p. 1454-1462, 2006.

BERGAMASCHI, C.; ROESCH, L. F. W.; QUADROS, P. D.; CAMARGO, F. A. O. Occurrence of diazotrophic bacteria associated with forage sorghum cultivars. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 727-733, 2007.

BERTOL, I., CIPRANDI, O., KURTZ, C., BAPTISTA, A.S. Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 705-12, 1998.

BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; CERRI, C. C.; BOURENNANE, H. Modeling vertical distribution carbon in Oxisols of the Western Brazilian Amazon (Rondônia). **Soil Science**, Madison, v.163, p.941-951, 1998.

BORGES, A. L. C. C. **Qualidade de silagens de genótipos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação**. 1995. 104 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

BORTOLLI, M. A. **Adubação de sistemas: antecipação de adubação nitrogenada para a cultura do milho em integração lavoura-pecuária**. 2016. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco. 2016.

BOTELHO, P. R. F.; PIRES, D. A. A.; SALES, E. C. J.; ROCHA JUNIOR, V. R.; JAYME, D. G.; REIS, S. T. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de ensilagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 3, p. 287-297, 2010.

BRAZ, F. P.; MION, T. D.; GAMEIRO, A. H. Análise socioeconômica comparativa de sistemas de integração lavoura-pecuária em propriedades rurais nas regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 42, n. 2, mar./abr. 2012.

BRIGHENTI, A. M.; SOBRINHO, F. S.; COSTA, T. R.; ROCHA, W. S. D.; MARTIN C. E.; FERREIRA, L.H.C. **Integração Lavoura-Pecuária: A cultura do girassol consorciada com *Brachiaria ruzizienses***. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2008. 10 p. (Circular Técnica, 96).

CAIRES, E. F. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiências no estado do Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. CD-ROM.

CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.

CÂNDIDO, M. J. D.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G. Avaliação da produção e do valor nutritivo das silagens de cinco híbridos de sorgo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. 1 CD ROM.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Boletim Técnico 100: Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo; IAC, 1997. p. 43-71.

CAPPELLE, E. R.; FILHO, S. C. V.; SILVA, J. F. C.; CECON, P. R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 1837- 1856, 2001.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 147-157, 2009.

CARVALHO, J. S.; KUNDE, R.J.; STÖCER, 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.

COELHO, A. M.; WAQUIL, A. M.; KARAM, D.; CASELA, R. C.; RIBAS, P. M.. Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 100, p. 1-24, 2002. (Arquivo do Agrônomo, 14).

COELHO, A. M. et al. **Cultivo do sorgo**. Sistema de Produção/Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, n. 2, 2009. Disponível em: <[www.cnpms.embrapa.br/publicações/sorgo.4ed/index.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicações/sorgo.4ed/index.htm)>. Acesso em: 01 set 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Produção de sorgo cresce 11%**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/noticia-imprensa.php?id=22803>>. Acesso em: 05 dez. 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de Grãos**, v. 5, Safra 2017/18: segundo levantamento. Brasília, DF, 2017a. 125 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, **Acompanhamento da safra brasileira de Grãos**, v. 4, Safra 2016/17: décimo levantamento, Brasília, DF, 2017b. 164 p.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Influência do tipo e quantidade de resíduos vegetais associados a herbicidas residuais no desenvolvimento da cultura da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 65, p. 421-432, 2006.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, 2012.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M.; SANTOS, F. G.; PARIZ, C. M. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 4, p. 1223-1233, 2014a.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; FERNANDES, J. C.; CAVASANO, F. A.; ULIAN, N. A.; PARIZ, C. M.; SANTOS, F. G. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 2, p. 166-73, 2014b.

COSTA, N. R. **Desempenho técnico e econômico da produção de milho e sorgo para silagem e soja em sucessão em sistema irrigado de integração lavoura-pecuária no cerrado**. 2014. 226 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2014.

COSTA, E. J. B.; SOUZA, E. S.; BARROS JUNIOR, G.; NUNES FILHO, J.; SOUZA, J. R.; TABOSA, J. N.; LEITE, M. L. M. V. Cultivo de sorgo em sistema de vazante com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 2, p. 182-195, 2015a.

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, MG, v. 39, n. 3, p. 852-863, 2015b.

CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes consorciados com capim-marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1234-1240, 2011.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 11-37.

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.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 17, p. 1023-1029, 2013.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLERO-MELLADO, J.; AGUIRRE, J. F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal of Plant Physiology**, East Melbourne, v. 28, n. 9, p. 871-879, 2001.

DOBBELAERE, S.; OKON, Y. The plant growth-promoting effect and plant responses. In ELMERICH, C.; NEWTON, W.E. (eds.). **Associative and Endophytic Nitrogen-Fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 145-170.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 2013. 353 p.

EMBRAPA GADO DE CORTE. **BRS Paiaguás, uma nova força para a pecuária, 2014**. Disponível em: <<http://www.unipasto.com.br/produtos/brs-paiaguas.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Coarse grains**. [S. l.], 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/010/ai466e/ai466e04.htm>>. Acesso em: 01 abr. 2014.

FERNANDES, F. E. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; PEREIRA, O. G.; CARVALHO, G.G.P.; OLIVINDO, C. S. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 11, p. 2111- 2115, 2009.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: Sistema de análise de variância. Lavras: UFLA/DEX, 1999.

FERREIRA, J. J. **Estágio de maturação do milho e do sorgo o ideal para ensilagem**. In: CRUZ, J. C. et al. (Ed.). Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 405-428.

FERREIRA, J. P. **Desempenho técnico e econômico de forrageiras tropicais em sistema integrado de produção no cerrado de baixa altitude**. 2015. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2015.

FERREIRA, A. C. H.; RODRIGUEZ, N. M.; NEIVA, J. N. M.; CAMPOS, W. E.; BORGES, I. Características químico-bromatológicas e fermentativas do capim-elefante ensilado com níveis crescentes de subproduto da agroindústria do abacaxi. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 54, p. 098-106, 2007.

FLARESSO, J.Á.; GROSS, C.D.; ALMEIDA, E.X. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 1608-1615, 2000. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **FAOSTAT Crops**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 20 de set. 2016.

FRANÇA, A. F. S.; OLIVEIRA, R. P.; RODRIGUES, J. A. S.; MIYAGI, E. S.; SILVA, A. G.; PERON, H. J. M. C.; ABREU, J. B. R.; BASTOS, D. C. Características fermentativas da silagem de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 12, p. 383-391, 2011.

FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 459-467, 2000.

GAGGIOTTI, M. C.; ROMERO, L. A.; BRUNO, O. Cultivares de sorgo forrageiros para silaje. II: características fermentativas y nutritivas de los silajes. **Revista Argentina Producción Animal**, Buenos Aires, v. 12, p. 163-167, 1992.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região Noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 1421-1428, 2007.

GARCIA, R.; ROCHA, F. C.; BERNARDINO, F. S.; GOBBI, K. F. Forrageira utilizadas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L; SILVA, A. A. da; AGNES, E. L. (Ed.). **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa-MG: UFV, p. 331-352, 2004.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; FILHO, M. C. M. T.; SALATIER, B.; CELESTRINO, T. S.; LOPES, K. S. M. Desempenho agrônômico da cultura do milho e espécies forrageiras em sistema de Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 589-595, 2013.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa soja, 2011. 38 p. (Documentos, 325).

IBRAHIM, G. H. F. **Perfil fermentativo das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 2007. 41 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

IKEDA, F. S.; MITJA, D.; VILELA, L.; CARMONA, R. Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 11, p. 1545-1551, 2007.

IVAN, M.; PETIT, H. V.; CHIQUETTE, J.; WRIGHT, A. D. G. Rumen fermentation and microbial population in lactating dairy cows receiving diets containing oilseeds rich in C-18 fatty acids. **British Journal Nutrition**, Cambridge, v. 109, n. 7, p. 1211-1218, 2013.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.

KEPLIN, L. A. S. **Recomendação de sorgo e milho (silagem) safra 1992/93**. CCLPL, Castro, v. 1, n. 8, p. 16-19, 1992. Encarte Técnico da Revista Batavo.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, p. 21-28, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, J. L. da S.; SILVA, J. G. da; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé – tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. (Circular técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 185-223.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. Opções de integração lavoura-pecuária. p 129-42. In J. KLUTHCOUSKI, L. F. STONE & H. AIDAR. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: CNPAF, 2003. 569 p.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H.; COBUCCI, T. Integração lavoura - pecuária e o manejo de plantas daninhas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 106, p. 1-20, 2004. Encarte Técnico.

LAVEZZO, W. Silagem de capim-elefante. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 132, 1985.

LEITE, M. L. M. V. **Crescimento vegetativo do sorgo sudão (*Sorghum sudanense* (piper) stapf), em função da disponibilidade de água no solo e fontes de fósforo**. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; Van SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.

LONGHINI, V. Z.; SOUZA, W. C. R.; ANDREOTTI, M.; SOARES, N. A.; COSTA, N. R. Inoculation of diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization in topdressing in irrigated corn. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 29, p. 338-347, 2016.

LOSS, A.; PEREIRA, M. P.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n.10, p. 1269-1276, 2011.

MACEDO, M. C. M., Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, p. 133-146, 2009.

MACEDO, C. H. O.; ANDRADE, A. P.; SANTOS, E. M.; SILVA, D. S.; SILVA, T. C.; EDVAN, R. L. Perfil fermentativo e composição bromatológica de silagens de sorgo em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 2, p. 371-382, 2012.

MACHADO, L. A. Z.; FABRÍCIO, A. C.; ASSIS, P. G. G.; MARASCHIN, G. E. Estrutura do dossel em pastagens de capim-Marandu submetidas a quatro ofertas de lâminas foliares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p.1495-1501, 2007.

MACHADO, L. A. Z.; VALLE, C. B. Desempenho agrônômico de genótipos de capim-braquiária em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n.11, p.1454-1462, 2011.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da produção de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4 p. (Comunicado técnico, 87).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P.F. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n.10, p. 1161-1169, 2011.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; ALMEIDA NETO, A. I.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic, 1995. 889 p.

MATEUS, G. P.; BORGHI, E.; CASTRO, G. S. A.; GARCIA, R. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes na parte aérea do sorgo de Guiné gigante. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 1000-1008, 2011.

McDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 339 p.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; YANO, E. H.; PEREIRA, F. C. B. L. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n.1, p. 183-193, 2015.

MORAES, R.N.S. **Decomposição das palhadas de sorgo e milheto, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto**. 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729 p.

MÜLBACH, P. R. F. **Silagem: produção com controle de perdas**. In: LOBATO, J. F. P.; BARCELLOS, J. O. J.; KESSLER, A. M. et al. (Ed.) *Produção de bovinos de corte*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1999. p. 97-120,

MURDOCH, J. C.; BALCH, D. A.; HOLDSWORTH, M. C.; WOOD, M. The effect of chopping, lacerating and wilting of herbage on the chemical composition of silage. **Journal of the British Grassland Society**, Edinburg, v. 10, n. 2, p. 181-186, 1975.

NAKAO, A. H.; SOUZA, M. F. P.; DICKMANN, L.; CENTENO, D. C.; RODRIGUES, R. A. F. Resposta do sorgo granífero à aplicação de diferentes doses e épocas de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via foliar. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2702-2714, 2014.

NASCIMENTO, W. G.; PRADO, I. N.; JOBIM, C. C.; EMILE, J. C.; SARALT, F.; HUYGUE, C. Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p. 896-904, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 8. ed. Washington: National Academy Press, 2001. 381 p.



NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BERNARDES, R. A. C.; ARBOITE, M. Z.; CERDOTESE, L.; PEIXOTO, L. A. de O. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n.1, p.302-312, 2002.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. Avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) ou milho (*Zea mays*, L.) na produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 438-452, 2004.

NOUR, A. M.; WEIBEL, D. E. Evaluation of root characteristics in grain sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, n. 2, p. 217-218, 1978.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; PEDREIRA, C. G. S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15, 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1998. p. 203-242.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2001. p. 127-145.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C. Agronomic application of *Azospirillum*: An evaluation of 20 years worldwide field incubation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, n. 12, p. 1591-1601, 1994.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **Applied and Environment Microbiology**, Washington, v. 6, n. 7, p. 366-370, 1997.

OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. P. S. O.; ALMEIDA, V. V.; PEIXOTO, C. A. M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo Sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 1, p. 61-67, 2010.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Massa seca e composição bromatológica de quatro espécies de braquiárias semeadas na linha ou a lanço, em consórcio com milho no sistema plantio direto na palha. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 147-154, 2010.

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M. BERGAMASCHINE, A. F.; BUZETTI, S.; COSTA, N. R.; CAVALLINI, M. C.; ULIAN, N. A.; LUIGGI, F. G. Yield chemical composition and chlorophyll relative content of Tanzania and Mombaça grasses irrigated and fertilized with nitrogen after corn intercropping. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 4, p. 728-738, 2011.

PEIXOTO, M. F.; SOUZA, I. F. Efeitos de doses de imazamox e densidades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 252-258, 2002.

PEREIRA, M. N.; VON PINHO, R. G.; BRUNO, R. G. S.; CALESTINE, G. A. Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 358-363, 2004.

PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; CARVALHO JUNIOR, J. N.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T. Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 422-427, 2009.

PITTA, G. V. E.; VASCONCELLOS, C. A.; ALVES, V. M. C. Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 519-544.

QUARESMA, J. P. S.; ALMEIDA, R. G.; ABREU, J. G.; CABRAL L. S.; OLIVEIRA, M. A.; CARVALHO, D. M. G. Produção e composição bromatológica do capim-tifton 85 (*Cynodon* spp.) submetido a doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 145-150, 2011.

RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284 p.

RENVOIZE, S. A.; CLAYTON, W. D.; KABUYE, C. H. S. Morphology, taxonomy and natural distribution of *Brachiaria* (Trin.) Griseb.. In: Miles, J. W.; MASS, B. L.; VALLE, C. B. (Ed.) **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. Cali: CIAT; Campo Grande: EMBRAPA CNPDC, 1996. Cap.1, p. 1-15.

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.

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. **Soil and Tillage Research**, Madison, v. 65, p. 109-115, 2002.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 355-362, 2003.

SAIKIA, S. P.; JAIN, V. Biological nitrogen fixation with non-legumes: an achievable Target or a dogma? **Current Science**, Bangalore, v. 92, n. 3, p. 317-322, 2007.

SANTOS, F. C.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SEDIYAMA, C. S. Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1661-1674, 2008.

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**, Brasília, DF, v. 46, p.1339-1348, 2011.

SANZONOWICZ, C.; MIELNICZUK, J. Distribuição do potássio no perfil de um solo, influenciado pela planta, fontes e métodos de aplicação de adubos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, p. 45-50, 1985.

SENGER, C.C.D.; MÜHLBACH, P.R.F.; BONNECARRÈRE SANCHEZ, L.M.; NETTO, D.P.; LIMA, L.D. Composição e digestibilidade 'in vitro' de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1393-1399, 2005.

SILVA, F. F. da; GONCALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; CORREA, C. E. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BRITO, A. F.; MOURAO, G. B. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folhas/panícula. 1. Avaliação do processo fermentativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 28, p. 14-20, 1999a.

SILVA, J. M.; FEIJÓ, G. L. D.; THIAGO, L. R. L. S.; KICHEL, A. N.; PORTO, J. C. A. Desempenho animal e avaliação do potencial produtivo de forragens para ensilagem, por intermédio de diferentes fontes de suplementação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, p. 642-653, 1999b.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de soja em razão da sucessão de cultivos e da compactação do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 855-860, 2002.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; V. ALVARES, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 275-374.

SILVA, H. P.; GAMA, J. C. M.; NEVES, J. M. G.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; KARAM, D. Levantamento das plantas espontâneas na cultura do girassol. **Revista Verde**, Cataguases, v. 5, n. 1, p. 162-167, 2010.

SILVA, A. G.; MORAES, L. E.; HORVATHY NETO, A.; TEIXEIRA, I. R.; SIMON, G. A. Consórcio na entrelinha de sorgo com braquiária na safrinha para produção de grãos e forragem. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3475-3488, 2013. Suplemento 1.

- SILVA, A. G. de B. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto rico em sódio em propriedades químicas e físico-hídricas de um Argissolo e produtividade de capim Tifton 85 no município de Lins**. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2013. 83p.
- SILVA, A. M.; OLIVEIRA, R. L.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; BEZERRA, L. R.; CARVALHO, S. T.; ABREU, C. L.; LEÃO, A. G. Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação de ruminantes. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus-PI, v. 5, p. 370-379, 2014.
- SILVEIRA, C. P.; NACHTIGALL, G.; MONTEIRO, F. A. Calibração do modelo e validação do sistema integrado de diagnose e recomendação para o capim-Braquiária. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 520-527, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Arned, 2004. 710 p.
- TEIXEIRA, M. B.; LOSS A.; PEREIRA M. P.; PIMENTEL C. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo Nutrient cycling and decomposition of crop residues of four cover crops for soil. **IDESIA**, Arica, v. 30, n. 1, p. 55-64, Enero-Abril, 2012.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C. & FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 609-618, 2005.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. MG, 32, p.1609-1618, 2008.
- VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 17., Piracicaba, 2000. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 200. p. 65-108.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994.
- VAZQUEZ, G. H.; SILVA, M. R. R. da.; SOUSA, J. F. dos S.; MORAIS, B. F. de. Fontes de *Azospirillum brasilense* e Doses de Nitrogênio em Cobertura na Cultura do Sorgo Granífero. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29. **Anais...** Água de Lindóia, 2012. p.1627-1633.
- VON PINHO, R.G; VASCONCELOS, R. C; BORGES, I. D; REZENDE, A. V. Influência da altura de corte das plantas nas características agrônômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 266- 279, 2006.

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.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 305 p.

ZAGO, C. P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 169-217.

ZAGO, C. P. Híbridos de milho e sorgo para silagem: características agronômicas e nutricionais. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 1, 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 351-371.