

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

VIVIANE CRISTINA MODESTO

**DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO DA CULTURA DO MILHO E DA
PASTAGEM DE CAPIM MARANDU APÓS O CONSÓRCIO EM FUNÇÃO DA
INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense***

Ilha Solteira
2017

VIVIANE CRISTINA MODESTO

**DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO DA CULTURA DO MILHO E DA
PASTAGEM DE CAPIM MARANDU APÓS O CONSÓRCIO EM FUNÇÃO DA
INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense***

Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira - UNESP como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Doutor em Agronomia. Especialidades:
Sistemas de Produção.

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI
Orientador

Ilha Solteira
2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Modesto, Viviane Cristina.

M691d Desempenho técnico e econômico da cultura do milho e da pastagem de capim marandu após o consórcio em função da inoculação com *Azospirillum* *Brasilense* / Viviane Cristina Modesto. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2017
110 f.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia.
Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2017

Orientador: Marcelo Andreotti

Inclui bibliografia

1. Zea Mays L. 2. *Urochloa brizantha*. 3. Bactérias promotoras de crescimento. 4. Sistemas integrados. 5. Composição bromatológica. 6. Atributos do solo.

CRB 8 4740



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Desempenho técnico e econômico da cultura do milho e da pastagem de capim-marandu após o consórcio em função da inoculação com *Azospirillum brasiliense*

AUTORA: VIVIANE CRISTINA MODESTO

ORIENTADOR: MARCELO ANDREOTTI

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

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

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

Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

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

Prof. Dr. EDSON LAZARINI

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

Profa. Dra. NÍDIA RAQUEL COSTA

Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS

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

Ilha Solteira, 29 de setembro de 2017

Dedico...

Aos meus pais Alício e Josefa, por sempre me apoiarem e incentivarem em todas as etapas da minha vida, e pelo exemplo de vida, honestidade, determinação, amor e apoio incondicional para com a família.

Ofereço...

Aos meus sobrinhos: Alícia, Vanessa, Pedro Miguel e Joaquim, por toda amor e leveza que trazem à minha vida.

Agradecimentos

A Jesus Cristo, o filho de Deus, por me guiar, estendendo sempre suas mãos nos momentos difíceis, me dando saúde e coragem para enfrentar os obstáculos.

À Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, campus de Ilha Solteira, em especial ao programa de Pós-graduação em Agronomia/Sistemas de Produção pela estrutura física e oportunidade oferecida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior - CAPES, pela concessão de bolsa de estudo nos primeiros meses do curso de Doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de Doutorado e ao relator dos relatórios científicos pelas sugestões (FAPESP - processo: 2014/02697-1).

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Andreotti pela confiança depositada em mim, pelos ensinamentos durante esses anos de convivência, profissionalismo, paciência, orientação na condução deste trabalho e por contribuir para a evolução do meu aprendizado.

Aos membros da banca de qualificação Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá por quem tenho imensa admiração e respeito e Prof. Dr. Thiago Assis Rodrigues Nogueira pelas valiosas contribuições para o artigo.

Aos membros da banca de defesa Dr. Gustavo Pavan Mateus, Prof. Dr. Edson Lazarini, Prof. Dr. Marcelo C. M. Teixeira Filho e Prof. Dr^a Nídia Raquel Costa pelas sugestões e generosas contribuições para o trabalho.

À professora Dr^a Heloiza Ferreira Alves do Prado pelo auxílio e gentileza na condução das análises de prolina livre.

Ao professor Dr. Omar Jorge Sabbag pela disponibilidade e auxílio na condução da análise econômica.

A todos os docentes do programa de Pós-Graduação em Agronomia - Sistemas de Produção, pela atenção e pelos conhecimentos transmitidos, os quais contribuíram para minha formação profissional.

Aos professores do curso de graduação em Zootecnia da FCAV - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, e de Pós-graduação em Produção Vegetal da mesma instituição, pelos ensinamentos e contribuição.

Aos técnicos do Laboratório de Fertilidade do Solo, Carlinhos e João, e do Laboratório de Nutrição de Plantas, Marcelo Rinaldi, pela amizade, atenção e auxílio nas análises.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa pela presteza, atenção e auxílio durante a condução do experimento.

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação e ao José Carlos (Seção Técnica Administrativa) pela atenção e profissionalismo.

Aos funcionários da Biblioteca, pelas correções e gentileza.

A todos que participaram da equipe de pesquisa do Prof. Dr. Marcelo Andreotti pelo auxílio na condução do experimento e pelos momentos de descontração.

Aos meus amigos Allan, Lourdes, Deyvison, Leandro, Nídia, Sheila e Tiago pela convivência harmoniosa, cafés da tarde, congressos e auxílio na condução do experimento.

À toda minha família, amigos e colegas de pesquisa, que estando presentes ou não, sempre torceram pelo meu sucesso e sempre me incentivaram durante esta caminhada.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Muito Obrigada!!!

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

VIVIANE CRISTINA MODESTO – Nasceu em 12 de fevereiro de 1981, na cidade de Andradina – SP. Como acadêmica, concluiu o curso de graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal – SP em dezembro de 2005, onde o iniciou curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) em agosto de 2011. Durante o mestrado, foi bolsista CAPES. De julho a dezembro de 2013 foi bolsista do programa Emerging Leaders in the Americas (ELAP), realizando estágio na Université Laval, Québec, Canadá, junto ao Departament des Sols et de Génie Agroalimentaire. Iniciou o curso de Doutorado em Agronomia (Sistemas de Produção) em março de 2014 pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Engenharia - Unesp, Câmpus de Ilha Solteira, Ilha Solteira – SP, foi bolsista FAPESP de junho de 2014 a junho de 2017. Na vida acadêmica publicou diversos resumos em anais de eventos, além de artigos científicos em periódicos com corpo editorial nacional e internacional.

RESUMO

O uso de bactérias diazotróficas promotoras de crescimento, aliados à adubação nitrogenada em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs), têm proporcionado resultados satisfatórios na região do Cerrado brasileiro. Sendo assim, objetivou-se em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso cultivado em SIPA e sob Sistema Plantio Direto (SPD), em área irrigada e de sequeiro, no Cerrado de baixa altitude, durante as safras e entressafras de 2014/15 e 2015/16 avaliar, no primeiro experimento, o efeito da inoculação ou não por *Azospirillum brasilense* nas sementes de milho e de capim-marandu sobre o crescimento, componentes de produção e produtividade de matéria seca, parte aérea e grãos. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, sendo os tratamentos: T1 - Milho (exclusivo) inoculado, T2 - consórcio com capim-marandu sem inoculação, T3 - consórcio com inoculação das sementes do capim-marandu, T4 - consórcio com inoculação das sementes do milho, T5 - Milho (exclusivo) sem inoculação e T6 - consórcio com inoculação em ambas as sementes (milho e capim-marandu). Ao final de cada ciclo produtivo do milho, nas parcelas onde havia capim, foi instalado o segundo experimento, cujo objetivo foi avaliar o desempenho produtivo da forragem e seu valor nutritivo, por efeito da aplicação foliar do inoculante ou adubação nitrogenada (200 kg ha⁻¹ de N ano⁻¹) em quatro cortes. O delineamento experimental utilizado foi o DBC, com quatro repetições em três tratamentos: T1 - aplicação do inoculante via foliar, T2 – ureia à lanço e T3 – controle. Além disso, foram avaliadas as propriedades físicas e químicas do solo e o desempenho econômico dos SIPAs sob SPD, visando constatar a sustentabilidade e lucratividade nos manejos adotados. Em área irrigada, o consórcio inoculado na semente do milho incrementou o acúmulo de nutrientes, a produtividade de grãos e de palhada. Em área de sequeiro, independentemente dos sistemas de cultivo, a inoculação do milho promoveu maior acúmulo de nutrientes, produtividade de grãos e palhada. Independente se em área irrigada ou em sequeiro, a produtividade de matéria seca do capim-marandu, foi semelhante quando adubada com 200 kg ha⁻¹ de N ano⁻¹ ou inoculada com *A. brasilense* via foliar, e sem alteração na composição bromatológica. O consórcio, em ambas as áreas independentemente da inoculação, manteve-se ou melhorou a qualidade físico-química do solo após dois anos de cultivo. Os sistemas são economicamente viáveis, tanto em cultivo irrigado ou em sequeiro.

Palavras-chave: *Zea mays* L. *Urochloa brizantha*. Bactérias promotoras de crescimento. Sistemas Integrados. Composição bromatológica. Atributos do solo.

TECHNICAL AND ECONOMIC PERFORMANCE OF MAIZE AND PALISADE GRASS AFTER INTERCROPPING AS A FUNCTION OF INOCULATION WITH *Azospirillum brasilense*

ABSTRACT

The use of plant growth promoting bacteria (BPCV), with nitrogen fertilization in Crop-Livestock Systems (CLI), have provided satisfactory results in the Brazilian Cerrado. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of BPCV inoculation on maize and palisade grass seeds (*Urochloa brizantha* cv Marandu) on the growth, yield components and dry matter and grain productivity in a Oxysoil cultivated under CLI system and no-tillage system in irrigated and dry land in the Cerrado of low altitude. The experiment was a complete randomized block, with four replications. Treatments were composed of maize cultivated exclusively or intercropped with the palisade grass, inoculated with *Azospirillum brasilense* on maize and / or grass seeds; Were carried out during the conduction of the experiments, at the end of each productive cycle, during the 2014/15, 2015/16 agricultural years, the production and productivity components of maize, maize straw and biomass of palisade grass, productive performance of forage and it's nutritive value due to the application or not of nitrogen fertilization or application by leaf or not of the inoculant, at each cut, from autumn to spring, evaluation of the physicochemical properties, besides the economic performance of the CLI under no-tillage system, aiming to verify the sustainability and profitability in management. In irrigated areas, the intercropping inoculated with *A. brasilense* on corn seed increased nutrient accumulation, grain yield and straw yield for continuity of CLI. In rainfed area, regardless of not intercropping or intercropping with palisade grass, inoculation of corn by *A. brasilense* promoted greater accumulation of nutrients, grain yield and straw. Irrigated or rainfed yields were similar when fertilized with 50 kg ha⁻¹ of N or inoculated with *A. brasilense* by foliar spraying, and with no alteration in the bromatological composition. The maize + palisade grass intercropping, in both areas regardless of inoculation, maintained or improved the physical-chemical quality of the soil after two years of intercropping. The systems are economically viable, either in irrigated or rainfed agriculture.

Keywords: *Zea mays* L. *Urochloa brizantha*. Growth promoting bacteria. Integrated systems. Bromatological composition. Soil fertility.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Temperatura média, máxima, mínima e precipitação pluvial coletadas junto às áreas experimentais no período de implantação (novembro de 2014) ao final do experimento (outubro de 2016). Selvíria - MS (2016) ... 24
- Figura 2** - Resistência mecânica à penetração nas camadas de 0 a 0,10 e de 0,10 a 0,20 m, ao final da condução do SIPA em área irrigada no ano de 2016..... 83
- Figura 3** - Resistência mecânica à penetração nas camadas de 0 a 0,10 e de 0,10 a 0,20 m, ao final da condução dos SIPA em área de sequeiro no ano de 2016 85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Caracterização inicial dos atributos químicos do solo, nas profundidades de 0,00 a 0,20 metros. Selvíria – MS (2014)	23
Tabela 2 -	Caracterização inicial dos atributos físicos do solo. Selvíria – MS (2014)	25
Tabela 3 -	Informações sobre cultivares, datas de semeadura, espaçamento, densidade de semeadura, datas de colheita e manejos das espécies utilizadas nos sistemas de cultivo nos anos de 2014 a 2016.....	27
Tabela 4 -	Índice de clorofila foliar (ICF) e teores de nutrientes foliares do milho em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16.....	39
Tabela 5 -	Índice de clorofila foliar (ICF) e teores de nutrientes foliares do milho sob sistema de sequeiro. Safras 2014/15 e 2015/16.....	41
Tabela 6 -	Teores de prolina livre em folhas de milho em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16.....	42
Tabela 7 -	Teor de prolina livre em folhas de milho em área de sequeiro. Safras 2014/15 e 2015/16	42
Tabela 8 -	Características morfológicas, componentes de produção e produtividade do milho em consórcio ou solteiro, inoculado ou não nas sementes com <i>A. brasilense</i> em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16.....	45
Tabela 9 -	Características morfológicas, componentes de produção e produtividade do milho em consórcio ou solteiro, inoculado ou não nas sementes com <i>A. brasilense</i> em área de sequeiro. Safras 2014/15 e 2015/16	49
Tabela 10 -	Produção de matéria seca (PMSm) e acúmulo de macronutrientes em palha de milho, em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16.....	52
Tabela 11 -	Produção de matéria seca (PMSm) e acúmulo de macronutrientes em palha de milho, em área de sequeiro. Safras 2014/15 e 2015/16.....	54
Tabela 12 -	Produção de matéria seca do capim-marandu em área irrigada, após o consórcio com milho. Safras 2014/15 e 2015/16.....	56

Tabela 13 -	Produção de matéria seca do capim-marandu em sistema de sequeiro, após o consórcio com milho. Safras 2014/15 e 2015/16.....	57
Tabela 14 -	Acúmulo de macronutrientes no capim-marandu em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16	58
Tabela 15 -	Acúmulo de macronutrientes no capim-marandu em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16	59
Tabela 16 -	Qualidade bromatológica do capim-marandu após aplicação foliar com <i>Azospirillum brasilense</i> ou adubação nitrogenada em área irrigada, safras 2014/15 e 2015/16, (média de 4 cortes)	61
Tabela 17 -	Qualidade bromatológica do capim-marandu após aplicação foliar com <i>Azospirillum brasilense</i> ou adubação nitrogenada em área de sequeiro, safras 2014/15 e 2015/16. (média de 4 cortes)	64
Tabela 18 -	Produção de matéria seca do capim-marandu após aplicação foliar com <i>Azospirillum brasilense</i> ou adubação nitrogenada em área irrigada, em duas entressafras	66
Tabela 19 -	Produção de matéria seca do capim-marandu após aplicação foliar com <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada em área de sequeiro, em duas entressafras	67
Tabela 20 -	Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, implantadas em função do consórcio, na safra 2014/15, em área irrigada	70
Tabela 21 -	Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, implantadas em função do consórcio, na safra 2015/16, em área irrigada	71
Tabela 22 -	Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, em sucessão ao cultivo do milho, na entressafra, em área irrigada	72
Tabela 23 -	Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, em sucessão ao cultivo do milho, na entressafra, em área irrigada	73
Tabela 24 -	Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, implantadas em função do consórcio, na safra 2015/16, em área de sequeiro	76
Tabela 25 -	Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, implantadas em função do consórcio, na safra 2015/16, em área de sequeiro	77

Tabela 26 - Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, em sucessão ao cultivo do milho, na entressafra, em área de sequeiro	78
Tabela 27 - Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, em sucessão ao cultivo do milho, na entressafra, em área de sequeiro	79
Tabela 28 - Atributos físicos do solo nas camadas 0 – 0,10 e de 0,10-0,20 m, após a condução do capim-marandu implantado em ocasião do consórcio com a cultura do milho em área irrigada no ano de 2016.....	81
Tabela 29 - Atributos físicos do solo nas camadas 0 – 0,10 e de 0,10-0,20 m, após a condução do capim-marandu implantado em ocasião do consórcio com a cultura do milho em área de sequeiro no ano de 2016.....	82
Tabela 30 - Estoque de carbono, após a condução do capim-marandu implantado em ocasião do consórcio com a cultura do milho em área irrigada no ano de 2016	84
Tabela 31 - Estoque, após a condução do capim-marandu implantado em ocasião do consórcio com a cultura do milho em área de sequeiro no ano de 2016.....	86
Tabela 32 - Estimativa do custo operacional total das operações e insumos utilizados na produção de 1 ha do consórcio de milho com capim-marandu na safra 2014/15, em área irrigada	87
Tabela 33 - Estimativa do custo operacional total das operações e insumos utilizados na produção de 1 ha do consórcio de milho com capim-marandu na safra 2015/16, em área irrigada	88
Tabela 34 - Custo operacional total (COT), produtividade total, renda bruta (RB), lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL), obtidos com os consórcios de milho com capim-marandu, em duas safras em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16	90
Tabela 35 - Estimativa do custo operacional total das operações e insumos utilizados na produção de 1 ha do consórcio de milho com capim-marandu na safra 2014/15 em área de sequeiro	91
Tabela 36 - Estimativa do custo operacional total das operações e insumos utilizados na produção de 1 ha do consórcio de milho com capim-marandu na safra 2015/16 em área de sequeiro	92
Tabela 37 - Custo operacional total (COT), produtividade total, renda bruta, lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL), obtidos com os	

consórcios de milho com capim-marandu, em duas safras, em área de sequeiro. Safras 2014/15 e 2015/16	93
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	SISTEMA PLANTIO DIRETO E PALHADA	17
2.2	INOCULAÇÃO DESEMENTES DE GRAMÍNEAS COM <i>Azospirillum brasilense</i>	20
2.3	PRODUTIVIDADE DO MILHO SOB PALHADA DE ESPÉCIES FORRAGEIRAS EM SPD.....	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO INICIAL DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS	22
3.1.2	Experimento 1 - cultivo do milho (exclusivamente ou em consórcio com <i>Urochloa brizantha</i> cv. marandu) com ou sem inoculação das sementes com a bactéria diazotrófica <i>Azospirillum brasilense</i> (safras 2014/15 e 2015/16)	26
3.1.2.1	<i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	26
3.1.2.2	<i>Preparo da área experimental e manejo da cultura</i>	26
3.1.2.3	<i>Avaliações</i>	28
3.1.2.3.1	<i>Determinação das leituras indiretas do índice de clorofila foliar (ICF)</i>	28
3.1.2.3.2	<i>Determinação dos teores de nutrientes em folhas de milho</i>	28
3.1.2.3.3	<i>Quantificação de prolina livre em folhas de milho</i>	29
3.1.2.3.4	<i>Determinação das características morfológicas, componentes da produção e produtividade de grãos da cultura do milho</i>	30
3.1.2.3.5	<i>Determinação da produtividade de massa seca (PMSm) da parte aérea do milho e do capim-marandu (PMSc)</i>	30
3.1.2.3.6	<i>Avaliação dos atributos químicos do solo</i>	31
3.1.2.4	<i>Análise estatística</i>	31
3.1.3	Experimento 2 - efeito residual da inoculação pelo <i>Azospirillum brasilense</i>, sobre o crescimento e produtividade do capim-marandu com aplicação foliar do inoculante ou adubação nitrogenada	32
3.1.3.1	<i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	32
3.1.3.2	<i>Instalação e condução do experimento</i>	32
3.1.3.3	<i>Avaliações</i>	33
3.1.3.3.1	<i>Determinação da produtividade de matéria seca do capim-marandu (PMSc).....</i>	34
3.1.3.3.2	<i>Determinação dos teores de nutrientes do capim-marandu</i>	34
3.1.3.3.3	<i>Determinação da composição bromatológica do capim-marandu</i>	34
3.1.3.3.4	<i>Avaliação dos atributos químicos, físicos e determinação do estoque de carbono do solo</i>	34
3.1.3.4	<i>Análise estatística</i>	34
4	ANÁLISE ECONÔMICA	34

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1	EXPERIMENTO 1- CULTIVO DO MILHO (EXCLUSIVAMENTE OU EM CONSÓRCIO COM <i>Urochloa brizantha</i> cv. MARANDU) COM OU SEM INOCULAÇÃO DAS SEMENTES POR <i>Azospirillum brasilense</i> (SAFRAS 2014/15 E 2015/16), EM ÁREA IRRIGADA E DE SEQUEIRO	36
5.1.1	<i>Índice de clorofila foliar, teores de nutrientes foliares em milho</i>	36
5.1.2	<i>Quantificação de prolina livre em folhas de milho</i>	42
5.1.3	<i>Características morfológicas, componentes de produção e produtividade do milho em duas safras</i>	44
5.1.4	<i>Produção de matéria seca e acúmulo de macronutrientes em palha de milho</i>	50
5.1.5	<i>Produção de matéria seca do capim-marandu</i>	55
5.2	EXPERIMENTO 2- EFEITO RESIDUAL DA INOCULAÇÃO PELO <i>Azospirillum brasilense</i> , SOBRE O CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO CAPIM-MARANDU COM E SEM APLICAÇÃO FOLIAR DO INOCULANTE <i>Azospirillum brasilense</i> OU ADUBAÇÃO NITROGENADA EM ÁREAS IRRIGADA E DE SEQUEIRO, EM DOIS ANOS AGRÍCOLAS (2014/15 E 2015/16)	57
5.2.1	<i>Acúmulo de macronutrientes no capim-marandu</i>	57
5.2.2	<i>Qualidade bromatológica do capim-marandu</i>	60
5.2.3	<i>Produção de matéria seca do capim-marandu</i>	65
5.3	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DO SIPA SOB SPD	78
5.4	ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NO SIPA SOB SPD	80
5.4.1	<i>Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo</i>	80
5.4.2	<i>Resistência mecânica à penetração e estoque de carbono no SIPA sob SPD</i>	82
6	DESEMPENHO ECONÔMICO DA PRODUÇÃO DE GRÃOS DE MILHO EM CONSÓRCIO COM <u><i>Urochloa brizantha</i></u> cv. MARANDU	86
7	CONCLUSÕES	95
	REFERÊNCIAS	96

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem-se intensificado o uso dos solos da região do Cerrado para práticas agropecuárias, sendo o cultivo da pastagem, a base para produção de ruminantes. No entanto, o manejo inadequado dos solos dessas regiões tem causado sua degradação com consequente diminuição da produtividade das culturas (COSTA et al., 2015), bem como no rendimento final para os produtores.

Estimativas do último censo do IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE, 2005) apontam que o Brasil possui 180 milhões de ha de pastagens, das quais 70% apresentam algum tipo de degradação (DIAS FILHO, 2014). Além da degradação, o uso de espécies não adequadas às condições regionais, baixo estabelecimento de plantas antes do início do pastejo, perda da fertilidade do solo, em razão da excessiva extração de nutrientes pela carcaça animal, dentre outros, fazem parte dos fatores que contribuem para a degradação de pastagens (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAÚJO, 2016).

A proteção da superfície do solo é um dos fatores essenciais para a manutenção das propriedades físicas, químicas e atividade de microrganismos que, uma vez presentes na matéria orgânica, promovem a liberação de compostos que contribuem para a absorção de nutrientes pelo sistema radicular das plantas. Porém, a manutenção da qualidade do solo em condições edafoclimáticas de Cerrado são limitadas (FRANZLUEBBERS, 2002).

Assim, há necessidade da interação entre os sistemas, visando ao manejo conservacionista, como é o caso do Sistema Plantio Direto (SPD), aliado ao consórcio de culturas e dos Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs). Esta prática possibilita o fornecimento de forragem de qualidade na estação seca (inverno à primavera) e produção de palhada para o SPD. Além disso, o consórcio de culturas produtoras de grãos permite a utilização das forrageiras tanto para a produção de silagem ou grãos (CHIODEROLLI et al., 2012), quanto para produção de palhada.

Os consórcios de milho e forrageiras do gênero *Urochloa* tem sido os mais utilizados para a intensificação de áreas destinadas a agropecuária no Brasil. Neles, a semeadura da forrageira é simultânea ou posterior à cultura produtora de grãos. No entanto, se mal manejada, a semeadura simultânea pode interferir no crescimento da cultura por interferência da forrageira e vice-versa, reduzindo a produção de grãos e, conseqüentemente, compromete a receita utilizada pelo produtor para amortizar o custo da implantação da forrageira (GARCIA et al., 2012).

O crescimento da demanda por manejos conservacionistas também aumentou a preocupação com possíveis perdas de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, que são os mais exigidos pelas plantas. Por isso, há a procura por alternativas que visem sua eficiência ou que supram sua necessidade via fixação biológica de nutrientes (YAN et al., 2014). Logo, são crescentes os estudos utilizando bactérias diazotróficas promotoras de crescimento, como a *Azospirillum brasilense*. Alguns desses estudos tornaram possível a redução das quantidades de fertilizantes nitrogenados aplicados sem comprometer os componentes de produção, com aumento da produção de matéria seca e crescimento de plantas (VOGEL et al., 2014). Ressalta-se que este manejo nem sempre substitui o uso de fertilizantes nitrogenados e muitas vezes não permite a redução das doses para se obter maior rentabilidade de grãos (SILVA et al., 2015). Além disso, o conhecimento de doses e estirpes adaptadas às condições edafoclimáticas e ao sistema de manejo regional (HUNGRIA et al., 2010) também devem ser levados em consideração na tomada de decisão sobre o manejo das culturas.

Considerando-se a importância dos Sistemas Integrados de Produção Agropecuária aliados ao Sistema Plantio Direto na melhoria dos atributos do solo e da alta demanda por fertilizantes nitrogenados, a hipótese da pesquisa foi a de que o consórcio milho/*Urochloa* e a utilização de bactérias promotoras de crescimento incrementam a produtividade do milho, matéria seca e valor nutritivo do capim em condições irrigadas e de sequeiro no Cerrado de baixa altitude, sem reduzir a produtividade da cultura principal proporcionando melhoria da qualidade física e química do solo .

Além disso, devido ao elevado custo dos adubos nitrogenados e aos avanços nas pesquisas referentes à fixação biológica de nitrogênio, o objetivo do trabalho de pesquisa foi o de avaliar em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, sob condições irrigadas (pivô central) e de sequeiro, no Cerrado, avaliar: 1) o efeito da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* nas sementes de milho em cultivo exclusivo (solteiro) ou consorciado com capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) sobre sua nutrição, crescimento e produtividade de matéria seca da parte aérea de ambas as culturas e grãos de milho; 2) avaliar o efeito residual da inoculação pelo *Azospirillum brasilense*, sobre o crescimento e produtividade do capim-marandu com e sem aplicação foliar do inoculante *A. brasilense* e adubação nitrogenada (50 kg ha⁻¹ de N corte⁻¹ - fonte ureia); 3) avaliar a cada corte do outono à primavera, o desempenho produtivo da forragem e o seu valor nutritivo por efeito da aplicação ou não de adubação nitrogenada ou aplicação via foliar ou não do inoculante; 4) avaliar as alterações nos atributos químicos e físicos do solo em cada sistema de produção, e 5) avaliar o desempenho econômico do SIPA sob SPD durante o período de estudo, visando

constatar a sustentabilidade e lucratividade de cada sistema, tanto irrigado quanto em sequeiro, durante os anos agrícolas de 2014/15 e 2015/16.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Na década de 1970, houve significativa expansão da produção pecuária no Brasil, especialmente devido ao reduzido valor das terras, às ofertas de crédito e ao surgimento de espécies forrageiras com capacidade de adaptação ao clima tropical e à baixa fertilidade dos solos. A busca por técnicas que visem à redução dos custos para formação e reforma de pastagens tem aumentado as pesquisas sobre a rotação de culturas anuais com pastagens, sistema este conhecido como Sistema Integrado de Produção Agrícola (SIPA) (BRAZ; MION; GAMEIRO, 2012).

Os SIPAs garantem a sustentabilidade e produtividade dos sistemas de produção, pelos benefícios do sinergismo entre pastagens e culturas anuais, além da melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo devido a rotação de culturas, diferentes sistemas radiculares e adubações. O sistema também tem efeito na quebra de ciclo de doenças e redução de insetos pragas e de plantas daninhas na área de cultivo; na redução de riscos econômicos pela diversificação de atividades; e redução de custos na recuperação e na renovação de pastagens em processo de degradação (VILELA et al., 2011), além do fornecimento de palhada para manutenção do Sistema Plantio Direto (SPD).

Em áreas degradadas, a utilização de pastagens e lavouras consorciadas proporciona a melhoria das propriedades edáficas do solo, pela presença de palha e raízes da pastagem, aumentando os teores de carbono e melhorando significativamente as condições de aeração e capacidade de infiltração de água, além da produção de pasto e forragem para a alimentação animal na estação seca do ano (LOSS et al., 2011).

No Cerrado, o sucesso desses sistemas deve-se ao fato de que a palhada acumulada pelas plantas de cobertura ou das pastagens e restos culturais de lavouras comerciais proporcionam um ambiente favorável à recuperação ou manutenção das propriedades do solo (SANTOS et al., 2008). Os solos dessas regiões tropicais, na maioria das vezes são ácidos, com baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e alta saturação por alumínio, com destaque para a ordem dos Latossolos. Assim, as práticas adequadas de manejo com bases conservacionistas de manejo podem minimizar ou até mesmo eliminar tais problemas, tornando a grande parte dos solos cultiváveis (VENDRAME et al., 2010), além de aumento de produtividade das culturas.

O conhecimento do comportamento das espécies a serem consorciadas é de extrema importância para a condução dos sistemas SIPAs, pois, o bom desenvolvimento inicial, principalmente das produtoras de grãos deve-se sobressair sobre as forrageiras, evitando-se assim, possíveis interferências na produção de grãos (PARIZ et al., 2011; COSTA et al., 2012; COSTA et al., 2014b).

Outro fator relevante é de que os custos com a venda dos grãos e subprodutos podem ser amortizados, devido à melhoria das propriedades físicas do solo pela ação das raízes das forrageiras, que ao explorarem maior volume de solos, melhoraram sua estrutura, elevam os estoques de carbono, e a capacidade de infiltração e retenção de água, além de reciclar os nutrientes de forma mais eficaz. Com a melhoria dessas qualidades haveria, também, um incremento na densidade e na riqueza da fauna do solo e outros atributos microbiológicos (MACEDO, 2009), o que favoreceria ainda mais a qualidade do solo.

Ainda segundo Macedo (2009), os estudos de avaliação sócio-econômica precisam incorporar metodologias que considerem a contabilidade ambiental nos SIPAs, pois estes são também alternativas para recuperação de áreas de pastagens degradadas, que somam porção extensa do território brasileiro. Sua adoção em maior escala ajudaria a evitar a abertura de novas áreas de fronteira, principalmente nas regiões do Cerrado e da Amazônia, permitindo a intensificação e o aumento da eficiência do uso da terra, proporcionando maiores produções, em menor tempo e área, diminuindo inclusive as taxas de emissão de gases do efeito estufa por unidade de alimento produzido.

Portanto, os trabalhos com SIPA nessas áreas visando à produção de forragem de qualidade, anterior à semeadura de culturas anuais como o milho são crescentes e de extrema importância, visto que o uso dos resíduos destas plantas atua na proteção dos solos do Cerrado, garantindo de maneira geral melhor desenvolvimento das culturas, uma vez que o clima dessas regiões favorece a rápida decomposição dos resíduos vegetais.

2.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO E PALHADA

O Plantio Direto possui fundamental importância na agricultura de conservação, ocupando primeiro lugar entre as tecnologias agropecuárias consideradas sustentáveis (LANDERS, 2007). Seu sucesso fundamenta-se na adequada cobertura do solo durante todo o ano, fornecendo resíduos culturais, que constituem uma importante fonte de nutrientes aos sistemas agrícolas, uma vez que as plantas os absorvem das camadas subsuperficiais do solo, sendo posteriormente liberados na camada superficial pela sua decomposição (KRUTZMANN et al., 2013).

O clima de Cerrado é caracterizado por inverno seco e com altas temperaturas no decorrer do ano, que aliado à baixa precipitação dificulta a implantação de espécies de cobertura e principalmente a permanência da palha sobre a superfície do solo, fazendo com que a espécie vegetal, assim como sua composição morfológica e estágio de desenvolvimento, influencie a degradação da biomassa vegetal (LANG; PELISSARI; MORAES, 2004). Na fração foliar, estes processos ocorrem de maneira mais acelerada, principalmente em função da menor deposição de componentes estruturais, com destaque para a fração lignina (VAN SOEST, 1994). Plantas com maior relação C/N e lignina/N promovem decomposição mais lenta, o que aumenta a possibilidade de utilização em regiões com temperaturas elevadas como o Cerrado de baixa altitude.

Segundo Marchão (2007), a melhoria da qualidade física do solo pela inclusão de pastagens na rotação de culturas se dá por três efeitos principais: ausência de preparo durante o ciclo da pastagem, presença de um denso sistema radicular atuando como agente agregante e aumento da atividade da macrofauna do solo. Dentre as espécies, as gramíneas forrageiras tropicais destacam-se as da espécie *Urochloa brizantha* (PORTES et al., 2000; JAKELAITIS et al., 2004), que devido à sua alta relação C/N, possibilita a maior longevidade da cobertura do solo.

As espécies vegetais com elevada relação C/N, proporcionam a liberação lenta e gradual dos nutrientes ao longo do tempo, o que possibilita a redução dos custos com uso de fertilizantes no próximo cultivo, pela melhor utilização dos nutrientes contidos na biomassa em decomposição. Logo, a presença do nutriente na biomassa seca das plantas resultará em menor perda por erosão e lixiviação, do que estando diretamente no solo, de forma que as plantas possam assimilar (LIMA, 2004).

Os resíduos vegetais provenientes das culturas anteriores contêm macro e micronutrientes em formas orgânicas lábeis, que podem se tornar disponíveis para a cultura subsequente, mediante a mineralização, contribuindo para redução na utilização de fertilizantes químicos ao longo dos anos de cultivo (CALEGARI, 2004; CARVALHO et al., 2004). Além disso, a palhada atua no processo de evaporação da água do solo, reduzindo sua taxa devido à reflexão e a absorção da energia incidente, que se relaciona à cor, ao tipo, à quantidade e à distribuição da palha das culturas anteriores, resultando em economia de água (STONE; MOREIRA, 2000; STONE et al., 2006).

Assim, a manutenção da palhada sobre o solo e sua posterior decomposição são importantes para tomada de decisões em programas de adubação de alta tecnificação, e o conhecimento da quantidade acumulada pelas plantas é fundamental para a compreensão do

processo, o que proporcionará melhor eficiência de utilização dos nutrientes pelas culturas subsequentes, reduzindo os impactos negativos ao ambiente (PITTELKOW et al., 2012).

2.2 INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE GRAMÍNEAS COM AZOSPIRILLUM BRASILENSE

O nitrogênio é o nutriente requerido em maiores quantidades na cultura do milho, sendo constituinte de muitos componentes da célula, incluindo aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos, coenzimas e pigmentos, sendo também parte integrante da molécula de clorofila, além disso, este nutriente tem papel fundamental no processo de divisão e expansão celular (TAIZ e ZEIGER, 2013), portanto, sua deficiência pode reduzir a produtividade de grãos da cultura (REPKE et al., 2013).

No Brasil, prevê-se um aumento substancial no uso de fertilizantes para atender à intensificação da agricultura e a recuperação de áreas degradadas. O aumento da demanda por fertilizantes nitrogenados, aliado ao seu elevado custo, tem direcionado as pesquisas para o melhor entendimento do processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), que oferece atrativo econômico e ecológico, reduzindo a entrada de N pelo uso de fertilizantes e melhorando a qualidade e quantidade dos recursos internos (SAIKIA;JAIN, 2007).

O processo de FBN consiste da transformação do N_2 na forma inorgânica combinada NH_3 , e a partir daí, em formas reativas orgânicas e inorgânicas (NOVAKOWISKI et al., 2011) e é responsável por 65% do total de N fixado na Terra (CANTARELLA, 2007). A reação de redução do N_2 a NH_3 é realizada por microrganismos que contém a enzima nitrogenase e são conhecidos como fixadores de N_2 ou diazotróficos (BERGAMASCHI, 2006). Dentre as bactérias diazotróficas estudadas, destacam-se as do gênero *Azospirillum* que tem sido utilizada como inoculantes em diversas culturas, tais como cereais, algodão, cana-de-açúcar, café, braquiárias e outras (REIS, 2007).

As bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* são encontradas em estreita associação com as raízes das plantas como fixadoras de nitrogênio, exercendo também efeitos sobre o crescimento e produtividade das culturas em uma variedade de condições ambientais e de solo (SAIKIA;JAIN, 2007). No entanto, o sucesso dessa associação depende de muitos fatores bióticos e ambientais, tais como genótipo da planta, comunidade microbológica do solo, disponibilidade de água e de nitrogênio (ROESCH et al., 2006).

As principais respostas fisiológicas induzidas por *Azospirillum*, segundo relatos de Barassi et al. (2008), foram a melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e de raízes, a qual está relacionada a melhoria do potencial hídrico da planta, incremento no teor de água do

apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa e maior altura de plantas.

Tem sido demonstrado em diversas pesquisas resultados positivos entre a associação de bactérias diazotróficas e o milho, sendo que a maioria das associações resultou em aumento da produção e/ou acúmulo de matéria seca e nitrogênio nas plantas inoculadas (MORAIS, 2012). Tal fato é devido a ação fixadora de N₂ atmosférico das bactérias, que associadas à rizosfera das plantas, podem possivelmente contribuir com a nutrição nitrogenada das culturas (BODDEY; DÖBEREINER, 1995). Assim, devido à crescente busca por novas tecnologias visando a sustentabilidade nos sistemas agrícolas de produção, alguns autores têm apresentado como forma alternativa para a economia de fertilizante nitrogenado, a FBN, a qual pode suplementar ou, até mesmo, substituir a utilização destes fertilizantes (BERGAMASCHI, 2006). Porém, ainda são escassos os trabalhos na literatura sobre o uso da inoculação de bactérias diazotróficas em sistemas de integração lavoura-pecuária, tornando relevante a presente pesquisa.

2.3 PRODUTIVIDADE DO MILHO SOB PALHADA DE ESPÉCIES FORRAGEIRAS EM SPD

A adoção de medidas conservacionistas de uso e manejo do solo, como o sistema de Plantio Direto, tem-se apresentado como alternativa para contribuir com a sustentabilidade econômica e ambiental do agroecossistema, principalmente em áreas de Cerrado, onde segundo Stone e Guimarães (2005), o uso intensivo para a produção agropecuária tem causado prejuízos na estrutura do solo, influenciando negativamente o desenvolvimento vegetal e predispondo o solo à degradação.

O bom desempenho do SPD e SIPA em áreas de Cerrado deve-se ao fato de que a palhada acumulada pelas plantas de cobertura ou das pastagens e restos culturais de lavouras comerciais, proporciona ambiente favorável à recuperação ou manutenção das propriedades do solo (SANTOS; MARION; SEGATTI, 2008).

Nesse sistema, o milho é uma das culturas com grande inserção, devido sua adaptabilidade à região de cultivo e alta demanda comercial (NOVAKOWISKI et al., 2011), e que, quando consorciado com plantas forrageiras, proporciona o aumento da disponibilidade de forragem na estação seca, com qualidade suficiente para manutenção nutricional dos rebanhos e, até mesmo, para promoção de ganho de peso animal, eliminando a necessidade de se semear plantas de cobertura no inverno ou na primavera, para a produção de palha para o plantio direto (BARDUCCI et al., 2009).

Segundo Broch et al. (2007), o aproveitamento da adubação residual da cultura antecessora pela pastagem também é um dos aspectos positivos ao consórcio entre milho e plantas forrageiras, devido ao diferencial de tempo e espaço no acúmulo de biomassa entre as espécies, demonstrando a viabilidade desse consórcio.

Alguns autores relatam que a produtividade de milho em sistema plantio direto, em alguns casos, não foi influenciada pela presença da forrageira, porém, em outros casos, houve necessidade da aplicação de nicosulfuron em subdoses para reduzir o crescimento da forrageira e garantir pleno desenvolvimento do milho (BORGHI; CRUSCIOL, 2007; PARIZ et al., 2011).

As espécies do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) tem se destacado como excelente opção para cultivo consorciado com espécies graníferas, principalmente com a cultura do milho, por promover melhor ocupação do solo, produzindo uma biomassa de qualidade sem alterar a produção de grãos de milho (JAKELAITIS et al., 2005).

Kluthcouski e Stone (2003) em trabalho utilizando a palhada de capim-marandu, associada aos restos culturais de milho provenientes de cultivo consorciado, relataram que a palhada ultrapassou 17 t ha⁻¹ de matéria seca, mantendo-se suficiente para cobertura do solo por mais de 107 dias. Desta forma, fica demonstrada a capacidade destas espécies para sistemas de produção como a Integração Lavoura-Pecuária.

Quando o consórcio é realizado utilizando-se a cultura do milho, produtividades médias de 12 t ha⁻¹ são frequentemente obtidas e proporcionam plena cobertura do solo e com boa espessura da camada de palhada (CRUSCIOL et al., 2009). No entanto, devido às condições edafoclimáticas do Cerrado de baixa altitude, a implantação e permanência das plantas de cobertura são dificultadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO INICIAL DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS

O trabalho de pesquisa foi composto por dois experimentos sequenciais, repetidos por dois anos agrícolas (2014/15 e 2015/16), desenvolvidos em área irrigada por aspersão (pivô central) e 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).

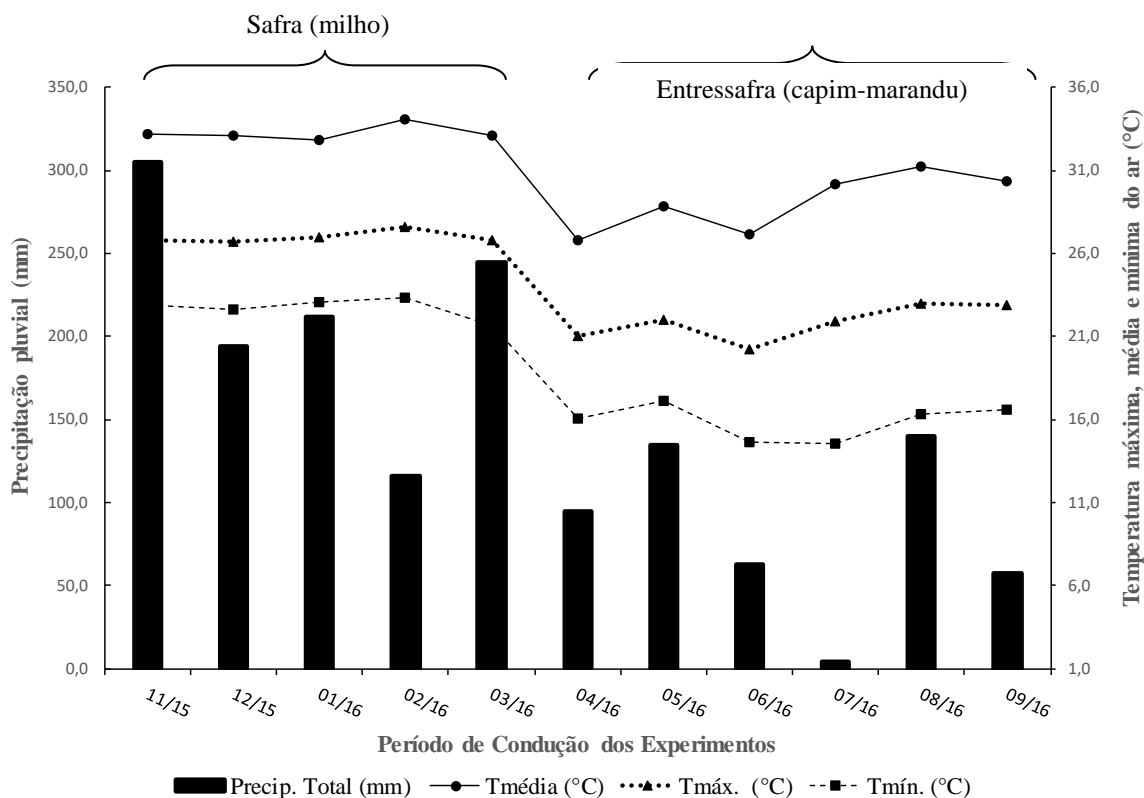
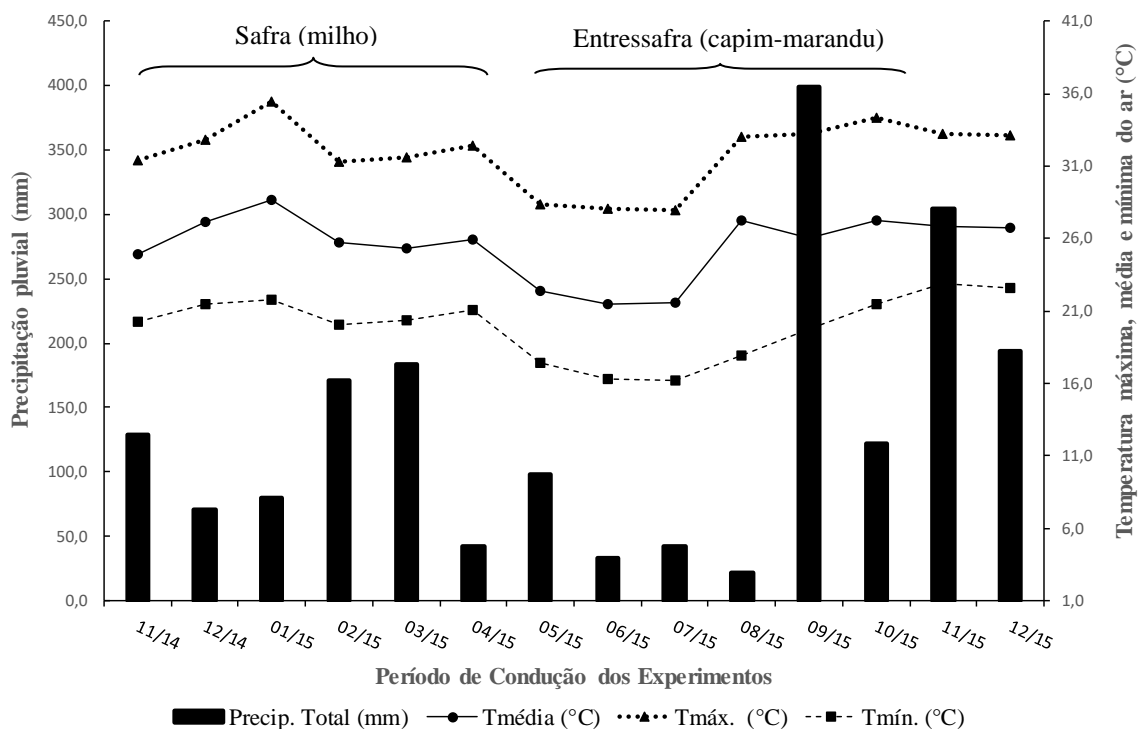
O tipo climático é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação média histórica da região é de 1370 mm e a temperatura de 23,5 °C (HERNANDEZ; LEMOS FILHO; BUZETTI, 1995). Durante a condução dos experimentos foram mensurados junto à estação meteorológica situada na FEPE da FE/UNESP, os dados diários referentes à temperatura e precipitação pluvial (Figura 1). Os dados climáticos foram coletados em cada fase dos experimentos, com início na instalação (implantação do milho nos consórcios), durante o manejo das forrageiras nos quatro cortes na entressafra, compreendendo as safras de 2014/15 e 2015/16, apresentados em meses.

Os solos das áreas experimentais foram classificados como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (SANTOS et al., 2013), e apresentavam um histórico de cultivo com culturas anuais em Sistema Plantio Direto há 12 anos, sendo a soja a cultura anterior em ambas as áreas. Portanto, com objetivo de caracterizá-lo inicialmente, isto é, antes da semeadura dos sistemas de produção avaliados (outubro de 2014), foi efetuado o levantamento da fertilidade do solo, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001), na profundidade de 0 a 0,20 m. Para tanto, foram coletadas vinte amostras de solo com estrutura deformada, realizados com o auxílio de um trado de rosca, cujos resultados constam na Tabela 1. Em função da análise do solo, 30 dias antes da semeadura do milho foi aplicado calcário (PRNT de 85%, com 32% de CaO e 18% de MgO) em área total, sem incorporação, em ambas as áreas, visando elevar a saturação por bases à 70 %.

Tabela 1- Caracterização inicial dos atributos químicos do solo, nas profundidades de 0,00 a 0,20 metros. Selvíria – MS (2014).

P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	S-SO₄	V	m
mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----			mmol _c dm ⁻³	-----			mg dm ⁻³	-- %--	
Área Irrigada												
18	20	4,9	3,5	17	15	38	3,5	39	76,8	11	49	5,8
Área de Sequeiro												
33	25	4,4	2,5	13	7	58	11	22,5	80,5	14	28	33

Figura 1- Temperatura média, máxima, mínima e precipitação pluvial coletadas junto às áreas experimentais no período de implantação (novembro de 2014) ao final do experimento (outubro de 2016). Selvíria - MS (2016).



Fonte: Próprio autor (2017). Estação meteorológica do laboratório de irrigação e drenagem localizado na FE/Unesp-Ilha Solteira.

Para a avaliação dos atributos físicos do solo foram tomadas, de forma aleatória na área, vinte amostras de resistência mecânica à penetração (RMP) com o penetrômetro de impacto (STOLF, 1991), efetuando-se o controle da leitura da resistência pela coleta da respectiva umidade gravimétrica do solo. Nestes mesmos pontos foram avaliados, a densidade e as porosidades do solo pelo método do anel volumétrico e da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997), nas camadas de 0-0,10 e 0,10–0,20 m de profundidade, respectivamente, cujos resultados encontram-se na Tabela 2.

Anteriormente à implantação da pesquisa (outubro de 2014), foi efetuada a contagem de microrganismos diazotróficos para determinação da população de bactérias em número de células por mL, realizada pela estimativa do “Número Mais Provável” (NMP) usando a tabela de MacCrady em meio semi-sólido NFB (*Azospirillum brasilense*) de acordo com metodologia descrita por Döbereiner et al. (1995), sendo obtido o valor de $9,0 \times 10^8$ células g^{-1} em ambas as áreas. Para tal, foram coletadas amostras de solo, na camada de 0 a 0,20 m (20 subamostras na área), as quais foram homogeneizadas e armazenadas em câmara refrigerada para posterior análise no laboratório de microbiologia do solo da FE/Unesp.

Tabela 2- Caracterização inicial dos atributos físicos do solo. Selvíria – MS (2014).

Profundidade (m)	MA ¹	MI	PT	DS	RMP	UG
	-----	m ³ m ⁻³ -----		kg dm ⁻³	MPa	g kg ⁻¹
Área Irrigada						
0,00-0,10	0,07	0,37	0,44	1,48	2,580	221
0,10-0,20	0,07	0,36	0,44	1,48	2,363	227
Área de Sequeiro						
0,00-0,10	0,12	0,26	0,38	1,40	3,850	200
0,10-0,20	0,08	0,25	0,33	1,50	2,953	217

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

Na área irrigada por aspersão (pivô central), foi considerado o intervalo hídrico ótimo para as culturas em estudo, em que, para estabelecer a capacidade de água disponível (CAD), utilizou-se a seguinte equação:

$$CAD \text{ (mm)} = [(CC - PMP)/100] \times DS \times PESR,$$

em que CC é a capacidade de campo (%); PMP, o ponto de murcha permanente (%); DS, a densidade do solo ($kg \text{ dm}^{-3}$); e PESR, a profundidade efetiva do sistema radicular (m). Esses dados foram obtidos a partir da curva de retenção de água do solo, sendo: CC = 20,25 %; PMP = 14,58 %; DS = 1,48 e 0,93 $kg \text{ dm}^{-3}$, ano agrícola 2014/15 e 2015/16, respectivamente;

e PESR = 0,20 m. Portanto, a CAD avaliada do solo foi de 16,78 e 11,54 mm, para os anos agrícolas 2014/15 e 2015/16, respectivamente.

O suprimento de água foi transmitido com um fluxo de 3,3 mm h⁻¹. A irrigação foi aplicada cada vez que a evapotranspiração máxima da cultura (ET_m) atingia 7,43 e 5,11 mm para os respectivos anos agrícolas (menos de 44,3 % da CAD). A ET_m foi estimada por meio da seguinte equação:

$$ET_m \text{ (mm dia}^{-1}\text{)} = K_c \times ET_o,$$

em que K_c é o coeficiente da cultura; e ET_o, a evapotranspiração de referência.

A ET_o foi estimada por meio da seguinte equação:

$$ET_o \text{ (mm dia}^{-1}\text{)} = K_p \times ECA,$$

em que K_p é o coeficiente do tanque Classe A; e ECA, a evaporação do tanque Classe A (mm dia⁻¹). A mensuração da evaporação da água (mm) foi obtida diariamente a partir de um tanque Classe A. O K_p foi calculado como proposto por Doorenbos e Pruitt (1977), com base na área circundante, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

3.1.2 Experimento 1 - cultivo do milho (exclusivamente ou em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. Marandu) com ou sem inoculação das sementes com a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense* (safra 2014/15 e 2015/16)

3.1.2.1 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado no primeiro experimento foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e seis tratamentos, assim descritos:

T1 - Milho (exclusivo) com semente inoculada;

T2 - Milho + capim-marandu (consórcio) sem inoculação;

T3 - Milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação das sementes do capim;

T4 - Milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação das sementes do milho;

T5 - Milho (exclusivo) sem semente inoculada;

T6 - Milho + capim-marandu (consórcio) com inoculação em ambas as sementes.

Cada unidade experimental (parcela) foi constituída por 3,4 m de largura e 20 m de comprimento, perfazendo 68 m², com área útil de 38,52 m². No segundo ano, as parcelas foram alocadas no mesmo local do primeiro ano.

3.1.2.2 Preparo da área experimental e manejo da cultura

Antes da instalação do experimento, para ambos os anos agrícolas, foi realizada a dessecação das plantas presentes na área experimental, visando à erradicação da flora daninha e formação de palhada para continuidade do SPD, utilizando-se o herbicida Glyphosate (1,44

kg ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.)), com volume de pulverização de 200 L ha⁻¹ e posterior manejo mecânico utilizando triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton).

Na semeadura do milho e do consórcio, em 11/11/2014 (safra 2014/15) e 17/11/2015, (safra 2015/16), as sementes foram inoculadas ou não com a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6), fornecida pelo inoculante líquido na dose de 100 mL/25 kg de sementes (9x10⁸ UFC/mL), tanto para o milho quanto para o capim-marandu. A inoculação ocorreu momentos antes da semeadura, à sombra, e nas sementes.

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

Em ambos os anos agrícolas, a semeadura da forrageira (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) foi realizada após a semeadura do milho, sendo efetuada com outra semeadora-adubadora, com mecanismo sulcador do tipo disco duplo desencontrado para SPD, em que as sementes foram acondicionadas no compartimento do fertilizante da semeadora e depositadas na profundidade de 0,06 m, no espaçamento de 0,17 m, utilizando-se aproximadamente 7 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis (VC=70 %) para o capim-marandu (Tabela 3). Desta forma, as sementes do capim ficaram abaixo das sementes de milho, seguindo as recomendações de Kluthcouski et al. (2000), com o objetivo de atrasar a emergência do capim em relação à cultura produtora de grãos e diminuir a provável competição entre as espécies no período inicial de desenvolvimento das culturas.

Tabela 3- Informações sobre cultivares, datas de semeadura, espaçamento, densidade de semeadura, datas de colheita e manejos das espécies utilizadas nos sistemas de cultivo nos anos de 2014 a 2016.

Cultura	Cultivar	Data de semeadura	Espaçamento (m)	Densidade de semeadura	Data da colheita/manejo
Milho	DKB 390	11 Nov. 2014	0,45	3,3 sementes m ⁻¹	20 de Março de 2015
	DKB 350	17 Nov. 2015	0,45	3,3 sementes m ⁻¹	16 de Março de 2016
Capim-marandu	<i>Urochloa brizantha</i> cultivar Marandu	11 Nov. 2014	0,17	7 kg ha ⁻¹	20 de Maio 2015; 22 de Jun. 2015; 21 de Julho 2015 e 01 de Set. 2015
	<i>Urochloa brizantha</i> cultivar Marandu	17 Nov. 2015	0,17	7 kg ha ⁻¹	17 Maio de 2015; 24 de Jun. de 2016; 02 de Ago. de 2016 e 08 de Set. de 2016

Em função da semeadura da cultura do milho, nos dois anos agrícolas respectivamente, realizou-se a adubação mineral de semeadura no sulco da cultura produtora de grãos, de acordo com os resultados obtidos na amostragem para caracterização inicial do solo, onde foram aplicados 300 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16 (24 kg ha⁻¹ de N, 84 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente), seguindo as recomendações de Raij e Cantarella (1997).

A emergência das plântulas de milho ocorreu em média cinco dias após a semeadura, na primeira e segunda safra. A emergência das plântulas de capim ocorreu aos 10 e 12 dias após a semeadura, no primeiro e segundo anos, respectivamente.

Como adubação de cobertura, em 11/12/2014 e 12/12/2015, quando as plantas de milho apresentavam aproximadamente 6 folhas completamente desenvolvidas (V6) foi aplicada a dose de 120 kg ha⁻¹ de N – sulfato de amônio, próximo às linhas do milho, seguindo as recomendações de Raij e Cantarella (1997).

3.1.2.3 Avaliações

3.1.2.3.1 Determinação das leituras indiretas do índice de clorofila foliar (ICF)

No período do florescimento do milho, para ambos os experimentos e nas duas safras, após a emissão da inflorescência feminina, foram efetuadas as leituras ICF (17/01/2015 e 14/01/2016) utilizando-se de um clorofilômetro digital, que é um equipamento portátil que permite aferições instantâneas na planta (modelo CFL 1030 - Falker), com o intuito de auxiliar na verificação do estado nutricional da cultura, uma vez que este índice tem alta correlação com o teor de nitrogênio da folha, por fazer parte da molécula de clorofila. As leituras foram realizadas no terço médio das folhas da base da espiga, utilizando-se em média 15 folhas por parcela (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

3.1.2.3.2 Determinação dos teores de nutrientes em folhas de milho

Na mesma data das leituras de ICF (17/01/2015 e 14/01/2016) foram coletados os terços médios de 15 folhas por parcela para determinação dos teores de macronutrientes. Para tanto, o material foi seco em estufa de ventilação forçada à 65 °C por 72 h, e posteriormente moído em moinho (tipo Willey) com malha de 2 mm e encaminhado para análise dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas, da Faculdade de Engenharia (FE/Unesp) – Campus de Ilha Solteira.

3.1.2.3.3 *Quantificação de prolina livre em folhas de milho*

As mesmas folhas utilizadas para leituras de índice de ICF em 17/01/2015 e 14/01/2016 foram utilizadas para as quantificações de prolina livre. Após a separação do material vegetal em 0,5 g de tecido fresco do limbo foliar, esse material foi imediatamente congelado com nitrogênio líquido a fim de que se cessasse o metabolismo da folha. Estas foram devidamente armazenadas em freezer a temperaturas inferiores a -20 °C. Em 09/02/2015 o material referente as duas safras foram analisados segundo metodologia descrita por Bates et al. (1973). Foi realizada a maceração em 2 mL de ácido sulfosalicílico a 3%, sendo adicionados mais 8 mL do mesmo ácido. A solução homogeneizada foi submetida a duas filtrações para eliminação parcial dos interferentes. Em tubo de ensaio foram colocados 2 mL deste filtrado.

Concomitantemente, foi preparado o reagente ácido ninhidrina, utilizando 1,25 g de ninhidrina ($C_9H_4O_3 \cdot H_2O$), 30 mL de ácido acético glacial P.A. (CH_3COOH ; 1 mol dm^{-3}) e 20 mL de ácido fosfórico (H_3PO_4 ; 6 mol dm^{-3}), sendo, posteriormente, dissolvidos em agitador a 60°C, onde foram adicionados ao tubo de ensaio com 2 mL do filtrado, 2 mL de ácido ninhidrina e 2 mL de ácido acético (1 mol dm^{-3}), em que a reação foi então incubada por 1 h a 100°C. Decorrido este tempo, o tubo de ensaio foi imerso em gelo com a finalidade de cessar a reação. Sendo, então, adicionados 4 mL de tolueno ($C_6H_5CH_3$). A solução foi agitada por 15 a 20 segundos. Com auxílio de uma pipeta Pasteur foi retirado o sobrenadante e realizou-se a análise do equilíbrio de reação. Para o branco da reação foi utilizado o tolueno. Por espectrofotometria a 520 nm, foram analisadas as absorbâncias das amostras, onde a intensidade da cor do cromógeno foi proporcional à concentração de prolina livre presente na solução em análise.

Para construção da curva padrão foi utilizada prolina P.A., preparada da solução estoque na concentração de 1 mmol dm^{-3} e diluições em água destilada em até 32 vezes, procedendo às etapas mencionadas acima. Com base nas leituras obtidas com os padrões foi definida uma equação, por regressão linear ($y = 0,0287x - 0,0255$; $R^2 = 0,99$), através da qual foram determinadas as concentrações de prolina livre na solução.

As quantidades de prolina livre no tecido foliar (μmoles de prolina livre/g massa fresca) foram calculados pela fórmula: $[(\mu\text{g prolina/mL} \times \text{mL tolueno})/115,5 \mu\text{g}/\mu\text{moles}] / [(\text{g amostra})/5] = \mu\text{moles de prolina/g massa fresca}$, para posterior tabulação e análise estatística.

3.1.2.3.4 Determinação das características morfológicas, componentes da produção e produtividade de grãos da cultura do milho

Os ciclos da cultura do milho para produção de grãos foram de 129 e 120 dias após a emergência (DAE), na primeira e segunda safra, respectivamente. Foram determinados um dia antes da colheita das safras 2014/15 e 2015/16, os componentes morfológicos diâmetro basal do colmo (DBC), altura da planta (ALTP) e da inserção da espiga (AIE) e o estande final de plantas (EFP).

Realizaram-se então, a contagem do número de plantas e do número de espigas contidas na área útil de cada unidade experimental (duas linhas centrais de 20 m de comprimento, desprezando-se um metro nas extremidades). A altura das plantas e da inserção da espiga principal foram determinadas mediante mensuração, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta e a inserção do pendão floral e a distância entre o colo da planta e a espiga principal, respectivamente.

O diâmetro basal do colmo foi determinado no segundo entrenó acima do solo com o auxílio de paquímetro. Estas determinações foram efetuadas em 10 plantas aleatoriamente dentro da área útil de cada unidade experimental, por ocasião da avaliação do estande final de plantas. Após as colheitas das safras foram efetuadas as avaliações dos seguintes componentes da produção: comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número grãos por espiga (NGE), e massa de 100 grãos (M100).

O comprimento da espiga principal foi determinado com régua graduada em centímetros, em dez espigas aleatoriamente em cada unidade experimental. Posteriormente foram contados o número de fileiras de grãos por espiga e o número de grãos por fileira. O número de grãos por espiga foi calculado multiplicando-se o número de fileiras pelo número de grãos por fileira, em dez espigas por parcela. A massa de 100 grãos foi determinada pela média dos grãos de quatro amostras de 100 grãos, e os resultados foram corrigidos para o teor de 13% de umidade (base úmida).

A produtividade de grãos (PG) foi determinada colhendo-se manualmente todas as espigas das plantas contidas na área útil da parcela. Após a colheita, as espigas foram debulhadas mecanicamente, pesando-se os grãos, calculando-se a produtividade da parcela, extrapolada para kg ha^{-1} e corrigida para as condições de 13% de umidade.

3.1.2.3.5 Determinação da produtividade de massa seca (PMSm) da parte aérea do milho e do capim-marandu (PMSc)

Após a colheita do milho nas respectivas safras, foram avaliadas as produtividades de palha resultante da cultura do milho e do capim em cada parcela. Para tanto, foram coletados

os resíduos de plantas de milho em 2 m de linha/parcela. Em cada uma das amostragens o material cortado foi pesado e a amostra colocada em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C até massa constante, para a quantificação da PMSm (extrapolada para kg ha⁻¹). Posteriormente, o material foi moído em moinho (tipo Willey) e encaminhado ao laboratório de Nutrição de Plantas da FE/Unesp onde foram determinados os teores dos macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S (MALAVOLTA et al., 1997). De posse da produção de matéria seca e teores nutricionais foram calculados os acúmulos de nutrientes por hectare.

No mesmo dia da coleta dos resíduos de plantas de milho, foram coletados manualmente em 1,0 m² (quadrado de metal de 1,0 x 1,0 m) de cada unidade experimental (altura de corte de 0,30 m) o capim-marandu. Em cada uma das amostras, o material cortado foi pesado para determinação de massa verde total de forragem, extrapolada para kg ha⁻¹. Uma subamostra representativa foi levada à estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C até massa constante, para a quantificação da PMSc, também extrapolada para kg ha⁻¹.

3.1.2.3.6 Avaliação dos atributos químicos do solo

Foram realizadas durante a condução dos experimentos, coletas de solo para caracterização de seus atributos químicos durante a condução dos experimentos, sendo efetuada uma caracterização inicial em setembro de 2014, e outras 2 coletas ao final de cada ciclo produtivo do milho, visando caracterizar as alterações na fertilidade do solo na profundidade de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m. As amostras foram homogeneizadas, moídas e passadas em peneiras a 100 mesh e analisadas segundo metodologia de Raij et al. (2001). Para tanto, foram amostrados cinco pontos distintos dentro de cada parcela, com auxílio do trado de rosca visando formar uma amostra composta por tratamento. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo da FE/UNESP onde foram analisadas.

3.1.2.4 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk a 5% para verificação da normalidade dos dados, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software “R”.

3.1.3 Experimento 2 - efeito residual da inoculação pelo *Azospirillum brasilense*, sobre o crescimento e produtividade do capim-marandu com aplicação foliar do inoculante ou adubação nitrogenada

3.1.3.1 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado para o segundo experimento foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, e três tratamentos assim descritos:

- Capim-marandu sem aplicação do inoculante *Azospirillum brasilense* ou adubação nitrogenada (Controle) via foliar;

- Capim-marandu com aplicação de inoculante *Azospirillum brasilense* via foliar, logo após o corte, na dose de 250 mL num volume de calda de 200 L ha⁻¹;

- Capim-marandu sem aplicação do inoculante *Azospirillum basilense* via foliar e com adubação nitrogenada (50 kg ha⁻¹ de N - ureia, totalizando 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ ao final dos 4 cortes, em intervalos de 28 a 48 dias cada), em ambas as safras.

Cada unidade experimental foi originada da subdivisão das parcelas do primeiro experimento que continham o capim advindo do consórcio com milho, as quais foram constituídas por 3,4 m de largura e 6 m de comprimento, perfazendo um total de 20,4 m², com área útil de 13,6m².

3.1.3.2 Instalação e condução do experimento

Na pastagem formada após o consórcio e após a colheita do milho (safras 2014/15 e 2015/16), no período de outono à primavera, foi conduzido o experimento 2. As unidades experimentais foram delimitadas em 09/04/2015 e em 11/04/2016, nas respectivas safras.

Ressalta-se ainda que o preparo da área do segundo experimento foi realizado utilizando triturador horizontal de resíduos vegetais (triton) na semana anterior à aplicação dos tratamentos e logo após os 4 cortes do capim-marandu, simulando o pastejo. A aplicação dos tratamentos (*Azospirilum* via foliar e ureia) foi realizada, em média, três dias após a uniformização da área.

Foram realizadas quatro amostragens (cortes) para determinação da produtividade de matéria seca da parte aérea e perfilhamento do capim-marandu em 3 amostras de 1 m² (quadrado de metal de 1,0 x 1,0 m) adotando-se como altura de corte 0,30 m, simulando o pastejo. As datas dos cortes variaram de 28 a 48 dias entre cortes e pelo desenvolvimento do capim e IAF.

3.1.3.3 Avaliações

3.1.3.3.1 Determinação da produtividade de matéria seca do capim-marandu (PMSc)

Na pastagem formada após os consórcios, foram realizadas amostragens (cortes) em ambos os experimentos (irrigado e sequeiro) nas safras 2014/15 e 2015/16 (Tabela 3), para determinação da PMSc. Para tal fim foram coletados manualmente 1 m² do capim-marandu com o auxílio de um quadrado de metal (1,0 x 1,0 m) adotando-se como altura de corte 0,30 m, simulando o pastejo. Após a amostragem, o material foi pesado e extrapolado para kg ha⁻¹. Uma subamostra representativa foi levada à estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C por 72 h, para a quantificação PMSc também extrapolada para kg ha⁻¹.

3.1.3.3.1 Determinação dos teores de nutrientes do capim-marandu

Para a determinação dos teores de nutrientes do capim-marandu, após cada corte em ambos os experimentos e nas datas descritas no item anterior (Tabela 3), as subamostras do material utilizado para determinação da produção de matéria seca total (PMST), foram moídas em moinho (tipo Willey) e encaminhadas ao laboratório de Nutrição de Plantas da FE/Unesp, para análise dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S (MALAVOLTA et al., 1997). De posse da produção de matéria seca e teores nutricionais foram calculados os acúmulos de nutrientes por hectare.

3.1.3.3.3 Determinação da composição bromatológica do capim-marandu

As subamostras do material utilizado para determinação da PMST, foram também utilizadas para a determinação dos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG) e cinzas (CZ), conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados pela equação [NDT = 83,79 – (0,4171 x FDN)] sugerida por Cappelle et al. (2001). Para a obtenção da digestibilidade da matéria seca (DMS), foi utilizada a equação [DMS = 88,9 – (0,779 x FDA)] proposta por Linn e Kuehn (1997).

3.1.3.3.4 Avaliação dos atributos químicos, físicos e determinação do estoque de carbono do solo

Após o último corte do capim-marandu, nas datas de 15/09/2015 e 19/09/2016, visando caracterizar as alterações na fertilidade do solo na profundidade de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m, foram realizadas as coletas do solo, que após secas ao ar foram homogeneizadas, moídas e passadas em peneiras a 100 mesh e analisadas segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001), para avaliar o desempenho da forragem em função dos três tratamentos. Para tanto, foram coletadas cinco amostras de solo em pontos distintos dentro de cada parcela,

com auxílio do trado de rosca visando formar uma amostra composta por tratamento. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo da FE/UNESP onde foram efetuadas as análises.

Para a avaliação física do solo, após a condução do experimento com capim-marandu, foram realizadas as determinações de resistência mecânica à penetração (RMP), com uso do penetrômetro de impacto (STOLF, 1991), efetuando-se o controle da leitura da resistência pela coleta da respectiva umidade gravimétrica do solo. Nestes mesmos pontos foram avaliados, a densidade e as porosidades do solo pelo método do anel volumétrico e da mesa de tensão (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA, 1997), nas camadas de 0 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m de profundidade, respectivamente.

Os teores de C no solo foram determinados em todos os tratamentos, após a colheita do último corte da espécie forrageira. 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 5 diferentes pontos, pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997) 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 ($t\ ha^{-1}$); DS, a densidade do solo ($kg\ dm^{-3}$); h, a espessura da camada amostrada (cm); e C, o teor de carbono do solo ($g\ dm^{-3}$).

3.1.3.4 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk a 5% para verificação da normalidade dos dados, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software “R”.

4 ANÁLISE ECONÔMICA

Para o cálculo de custos foi utilizada a metodologia de cálculo operacional de produção de acordo com Montes et al. (2006), que é constituído da soma das despesas diretas de custeio: operações realizadas, insumos (adubos, sementes, defensivos, etc.), mão-de-obra, maquinário e irrigação, denominada de custo operacional efetivo (COE). Para as despesas indiretas, como depreciações, encargos sociais e

financeiros, foi considerada 5% do COE resultando, portanto, no custo operacional total (COT), onde foram extrapolados para um hectare e ajustados àqueles vigentes em áreas comerciais no Estado de São Paulo para os anos agrícolas de 2014/15 e 2015/16.

Os custos das operações mecanizadas foram obtidos do Agriannual (2015, 2016) e Anualpec (2015, 2016), ajustados aos valores médios de aluguel praticados na região, nos quais estão incluídos a mão-de-obra do tratorista, os gastos com combustíveis e lubrificantes, bem como a depreciação de máquinas e equipamentos. Os coeficientes técnicos e os valores unitários utilizados foram obtidos junto aos técnicos e produtores regionais que trabalham com essas culturas e apresentam nível tecnológico semelhante.

Os indicadores de lucratividade foram calculados conforme a metodologia de Martin et al. (1998), ou seja, foi calculada a renda bruta (RB), o lucro operacional (LO) e índice de lucratividade (IL). Para a elaboração dos custos de produção de cada tratamento, bem como dos indicadores de lucratividade para obtenção da receita bruta, foram considerados os preços médios de venda recebidos pelo produtor no Estado de São Paulo.

Conforme metodologia contida em Santos et al. (2008), foi calculada em planilhas eletrônicas, a margem de contribuição (receita bruta com a venda menos os custos operacionais). Esta técnica possibilita conhecer a real alocação dos custos operacionais na atividade e no caso em estudo mostra as perspectivas de competição entre os diferentes tratamentos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando-se que o nitrogênio é responsável pela expansão foliar e o desenvolvimento das plantas, e que sua absorção pelos vegetais, neste caso, do milho, ocorre quase que exclusivamente advinda do contato íon/raíz por fluxo de massa, o desenvolvimento da cultura foi prejudicado na primeira safra (2014/15), devido precipitação abaixo da média e má distribuição das chuvas na área de sequeiro (Figura 1). Na fase de floração, o déficit hídrico de 9 a 12 dias ocasiona perda de 50% na produção de grãos de milho (CARVALHO et al., 2000).

A temperatura é outro importante fator para o desenvolvimento da cultura do milho, pois as condições térmicas influenciarão diretamente os processos vitais das plantas, desde a germinação até o desenvolvimento fenológico e crescimento como um todo, pelo efeito da temperatura do solo (MINUZZI; LOPES, 2015). Devido ao período de pousio anterior à implantação do experimento e das altas temperaturas, o solo na safra 2014/15 apresentava

pouco resíduo vegetal sobre sua superfície, tanto na área de sequeiro, quanto na área irrigada, o que pode ter contribuído para a perda de água e aumento da temperatura nesta safra. Sabe-se que o SPD melhora o aproveitamento da água por reduzir as perdas por evapotranspiração devido as barreiras físicas formada pela palhada, o que reduz o aquecimento do solo (CRUZ et al., 2007) bem como, sua exposição ao vento.

Quando a ocorrência do déficit hídrico ocorre na fase de polinização promoverá redução na produção do milho em decorrência da má formação do zigoto e desenvolvimento inicial dos grãos (BERGAMASCHI et al., 2004). Enquanto que, se o déficit hídrico ocorrer na fase vegetativa, ocorrerá redução no crescimento das plantas com decréscimo na área foliar e conseqüentemente, perda de água por transpiração e consumo para a produção de fotoassimilados (SILVA et al., 2015). Ambas as situações, podem ter ocorrido na safra 2014/15 na área de sequeiro (Figura 1), refletindo na baixa ALT, AIE e produtividade (Tabela8).

5.1 EXPERIMENTO 1 - CULTIVO DO MILHO (EXCLUSIVAMENTE OU EM CONSÓRCIO COM *Urochloa brizantha* cv. Marandú) COM OU SEM INOCULAÇÃO DAS SEMENTES POR *Azospirillum brasilense* (SAFRAS 2014/15 E 2015/16), EM ÁREA IRRIGADA E DE SEQUEIRO

5.1.1 Índice de clorofila foliar, teores de nutrientes foliares em milho

- Área Irrigada

No sistema irrigado houve diferença significativa para o ICF em ambas as modalidades de cultivo, nas duas safras (Tabela 4). Na safra 2014/15, o destaque foi para o milho cultivado exclusivamente sem inoculação e o consórcio com inoculação em ambas as sementes. Na safra 2015/16, o cultivo consorciado inoculado na semente do milho apresentou o maior valor. Portanto, em relação ao ICF, a inoculação foi muito dependente do híbrido e das condições climáticas, não sendo assim um bom indicador do efeito dos consórcios ou da inoculação.

Quanto aos teores de nutrientes foliares, N e P apresentaram resultados significativos para os tratamentos avaliados na safra 2014/15. Na safra seguinte (2015/16), os resultados foram significativos para N, P, Ca, Mg e S foliares (Tabela 4).

No primeiro ano, o maior teor de N foi observado para o milho inoculado com *Azospirillum brasilense*, corroborando com os resultados de Dobbelaere et al. (2001), que trabalhando com bactérias do gênero *Azospirillum*, relataram que o maior teor de N

encontrado nas plantas inoculadas é proveniente da FBN e dos mecanismos de promoção de crescimento proporcionados por essas bactérias, cuja eficiência dependerá de fatores como genótipo da planta, estirpes selecionadas e da interrelação entre ambos e o meio ambiente (SALA et al., 2007).

Para o segundo ano, os maiores teores de N foram obtidos sem inoculação tanto no cultivo exclusivo ou consorciado, o que pode ser explicado pelo híbrido utilizado neste ano, e das condições de temperatura mais adequadas à cultura do milho (Figura 1) que proporcionaram lenta taxa de decomposição dos resíduos vegetais e maior taxa de imobilização microbiana do N aplicado e do solo. Ambos os tratamentos apresentaram valores nutricionais dentro dos recomendados para a cultura do milho por Cantarella et al. (1997) que estão na faixa de 27 a 35 g kg⁻¹ (Tabela 4).

Além disso, o histórico da área de 12 anos sob SPD, com cultivo antecessor de soja, práticas de correção do solo (calagem) e manejo da irrigação, podem ter proporcionado N oriundo da mineralização dos resíduos vegetais disponibilizando, de maneira satisfatória, este nutriente para o desenvolvimento da cultura produtora de grãos e das plantas forrageiras, além da formação de ambiente propício para o desenvolvimento das bactérias diazotróficas.

Ainda em relação ao N, os resultados reforçam que possivelmente não houve competição entre a espécie forrageira e o milho, e isso pode ser atribuído pelo processo de semeadura da *Urochloa* logo abaixo da semente do milho, proporcionando ocupação controlada, em espaçamento adequado, minimizando a competição por nutrientes e água.

Quanto aos teores de fósforo, em ambos os anos agrícolas houve resultados significativos (Tabela 4). Na safra 2014/15, os maiores teores de P foram observados nos consórcios, independente da inoculação, e no milho inoculado. Ambos os tratamentos apresentaram valores dentro dos recomendados para a cultura do milho por Cantarella et al. (1997) que estão na faixa de 2 a 4 g kg⁻¹ de MS (Tabela 4).

Os Latossolos da região do Cerrado, normalmente, apresentam baixo teor de fósforo disponível (VALDERRAMA et al., 2011). O nutriente tem participação essencial no metabolismo do N, interagindo de forma sinérgica, tendo em vista a maior demanda de compostos energéticos ricos em P decorrente da absorção de N e na eficiência de utilização deste nutriente (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

O crescimento radicular do milho é favorecido pela adubação fosfatada e também pela inoculação com bactérias diazotróficas. A inoculação modifica a morfologia do sistema radicular, aumentando não apenas o número de radículas, mas, também, o diâmetro médio das raízes laterais e adventícias, (MILLÉO; CRISTÓFOLI, 2016). Como o P é pouco móvel no

solo, e o contato íon/raiz é quase que exclusivamente por difusão (MALAVOLTA, 2006), sistemas radiculares mais extensos proporcionam maior área de contato entre as raízes e o solo (ARAÚJO et al., 2015), incrementando a absorção de nutrientes, principalmente o P do solo. Além disso, bactérias diazotróficas podem atuar na solubilização do fósforo (GRAY; SMITH, 2005).

Os teores dos demais macronutrientes (K, Ca, Mg e S) na primeira safra, embora não significativos, estiveram dentro da faixa de suficiência proposta por Cantarella et al. (1997). No entanto, na segunda safra, os teores de K e Ca estiveram bem abaixo do considerado adequado para a cultura (17 a 35 g kg⁻¹ para K e 2,5 a 5,0 g kg⁻¹ para o Ca). O K é o segundo cátion mais absorvido pelo milho, sendo necessário em grandes quantidades pelas raízes, porém, não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula na planta (MEURER, 2006).

Na segunda safra, os maiores teores de Ca foram observados no milho não inoculado independente do sistema de cultivo (exclusivo ou consorciado). Porém, como discutido anteriormente, os teores estiveram abaixo dos recomendados, embora as plantas não tenham apresentado sintoma de deficiência. Uma possível explicação seria a baixa capacidade competitiva do milho pelo Ca relacionada ao menor crescimento do milho na presença da *Urochloa*, as quais exploram o solo em superfície, conseqüentemente, intensificam os efeitos competitivos entre ambas as espécies em consórcio (SILVA et al., 2015).

No mesmo ano, a maior concentração de Mg foliar foi observada no consórcio milho + *Urochloa* sem inoculação, porém, seu teor se manteve abaixo da faixa de suficiência que vai de 1,5 a 5,0 g kg⁻¹ de MS (CANTARELLA et al., 1997). O magnésio é um importante ativador enzimático, e sua taxa de absorção pode ser alterada em função de condições de baixo pH (<5,4). Neste ano, os valores de pH na camada de 0,10 – 0,20 m estiveram na faixa de 4,2 a 5,0, o que pode ter prejudicado a absorção desse nutriente.

Os teores de S apresentaram resultados significativos e dentro do recomendado por Cantarella et al. (1997) que são de 1,5 a 3,0 g kg⁻¹ de MS, sendo que o milho exclusivo sem inoculação apresentou os maiores teores. As necessidades de S são geralmente supridas com a utilização de fertilizantes, com aumento de S no solo, sendo disponibilizado à planta. Como grande parte do S está ligado à MO, seu incremento pela utilização de manejo como o SPD, também disponibiliza maior quantidade desse nutriente para a cultura, pela decomposição e mineralização de resíduos vegetais.

Tabela 4- Índice de clorofila foliar (ICF) e teores de nutrientes foliares do milho em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16.

Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	Safrá 2014/15						
	ICF	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹						
	*	ns	*	ns	ns	ns	ns
Milho	76a	27,84	2,96b	18,00	2,86	1,63	2,86
Milho + U	72b	29,01	3,27a	17,00	3,05	1,59	2,26
Milho + U (I)	70b	28,05	3,27a	19,50	2,90	1,65	2,23
Milho (I) + U	71b	28,47	3,25a	14,00	2,63	1,63	2,36
Milho (I)	66c	30,76	3,50a	16,00	2,92	1,75	2,20
Milho (I) + U (I)	79a	28,94	3,37a	16,50	3,01	1,58	1,93
CV (%)	8,92	5,95	5,69	13,37	8,76	14,48	19,19
Sistemas de cultivo	Safrá 2015/16						
	ICF	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹						
	*	ns	*	ns	*	*	*
Milho	9169ab	31,75a	3,20c	12,64	1,84a	1,40ab	2,63a
Milho + U	8461abc	32,24a	3,40a	12,62	1,80a	1,45a	2,44b
Milho + U (I)	7901bc	27,66cd	3,30b	12,86	1,45c	1,30b	2,10c
Milho (I) + U	9236a	28,98bc	3,11d	12,09	1,25d	1,04d	2,10c
Milho (I)	7751c	29,20b	3,23c	12,89	1,63b	1,35ab	2,04cd
Milho (I) + U (I)	7605c	27,19d	3,04e	13,10	1,40c	1,18c	2,00d
CV (%)	10,42	3,09	1,04	5,09	4,67	6,05	2,66

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

- Área de sequeiro

No sistema sequeiro, o índice de clorofila foliar apresentou resultados significativos para ambas as safras (Tabela 5). Na safra 2014/15, pela limitação hídrica na fase de florescimento (momento da coleta de folhas para leitura e análise), verificou-se o mesmo comportamento da produtividade, em que os consórcios e a inoculação incrementaram os valores de ICF. Na safra 2015/16, fica evidente que mesmo com as variações dos valores de ICF nos tratamentos, não houve correlação significativa com a produtividade, pois como as leituras são realizadas no florescimento, observa-se que, o N da clorofila correlacionou-se com o incremento da produtividade.

Teores de clorofila nas folhas de milho aferidos com clorofilômetro digital também apresentaram resultados significativos na pesquisa conduzida por Jordão et al. (2010). Estes mesmos autores concluíram que a média dos tratamentos que receberam a inoculação nas sementes com *A. brasilense* foram maiores que os tratamentos não inoculados, demonstrando mais uma vez a eficiência da inoculação.

As bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* atuam na fixação biológica do N quando associadas às plantas e também quando em vida livre no solo (HUNGRIA, 2011). Assim, a inoculação nas sementes do milho contribuiu com o aporte de nitrogênio para a cultura, e esse elemento por fazer parte da molécula de clorofila (TAIZ; ZEYGER, 2013), por consequência, pode aumentar o teor de clorofila das folhas, sem, no entanto, significar em aumento de produtividade de grãos.

Houve diferença significativa para aos teores de P, K e Ca foliares para os tratamentos avaliados na safra 2014/15. Na safra seguinte (2015/16), os resultados foram significativos para todos os macronutrientes, exceto o N foliar (Tabela 5).

Os teores de N no primeiro ano de condução do estudo estiveram bem abaixo dos preconizados por Cantarella et al. (1997), possivelmente devido à reduzida precipitação e das altas temperaturas, estando acima das consideradas ideais para a cultura do milho que vão de 18 a 25 °C (KAPPES; ARF; ANDRADE, 2013). No ano seguinte, embora a temperatura tenha sido mais adequada, e a distribuição de chuvas mais uniforme, não foram suficientes para manter teores desejáveis de N foliar.

Em razão da grande exigência de N por ambas as espécies quando consorciadas, em sequeiro pode haver competição pelo nutriente (BORGHI; CRUSCIOL, 2007), o que explicaria o resultado, em que houve maior crescimento do capim devido às condições de clima (baixa precipitação e altas temperaturas) (Figura 1).

Os teores de P foliares estiveram dentro da faixa de suficiência para a cultura do milho em ambos os anos, porém não foram influenciados pelos sistemas de cultivo (Tabela 5).

Para ambos os anos, os teores foliares de K estiveram abaixo dos recomendados para a maioria dos tratamentos (Tabela 5). Como os macronutrientes N e K são os mais absorvidos pela cultura do milho, pode-se inferir que assim como ocorreu com o N, o déficit hídrico neste ano tenha prejudicado a absorção de K. Ressalta-se ainda que os teores de K no solo estavam adequados, porém não foi absorvido pela planta, ou pela falta de água no solo ou por efeito competição com o capim. Além disso, as baixas concentrações de K das folhas são atribuídas à remoção de K^+ desse órgão durante o processo de senescência (ROSOLEM; SILVA; ESTEVES, 2003).

Os teores de Ca estiveram dentro da faixa de suficiência, sendo que os tratamentos que receberam inoculação foram os que apresentaram as maiores médias, independente do sistema de cultivo (exclusivo ou consorciado) (Tabela 5). Resultados semelhantes foram encontrados por Duarte et al. (2003) que avaliaram diferentes cultivares de milho e verificaram que na maturidade fisiológica há maior acúmulo de Ca nas folhas devido ao seu menor acúmulo nas

espigas durante o florescimento e maturidade fisiológica dos grãos, e também pelo fato de ser um nutriente pouco móvel na planta. Como a coleta de folhas foi realizada na fase de pleno florescimento, tal resultado pode ser justificado.

O teor de magnésio apresentou significância dos tratamentos na segunda safra, sendo o consórcio com inoculação em ambas as sementes o que mais se destacou (Tabela 5). Estes resultados foram possíveis em decorrência da calagem realizada anteriormente à implantação do experimento, o que por efeito residual do calcário dolomítico favoreceu o incremento dos teores de Mg e Ca no solo e na planta.

Assim como o Mg, o S apresentou resultados significativos e permaneceu dentro da faixa de suficiência na segunda safra (CANTARELLA et al., 1997), com maiores valores para os sistemas que receberam inoculação ou com milho exclusivo.

Tabela 5- Índice de clorofila foliar (ICF) e teores de nutrientes foliares do milho sob sistema de sequeiro. Safras 2014/15 e 2015/16.

Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	Safra 2014/15						
	ICF	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹ na MS						
	*	ns	*	*	*	ns	ns
Milho	35c	19,44	1,76c	16,50bc	2,63abc	1,57	1,63
Milho + U	41b	20,56	2,10b	16,00c	2,51bcd	1,28	1,62
Milho + U (I)	40bc	19,25	2,22ab	21,00a	2,21cd	1,10	1,53
Milho (I) + U	47a	18,67	1,98bc	17,50bc	3,05cd	1,47	1,47
Milho (I)	52a	20,07	2,10b	18,00bc	2,09a	1,53	1,60
Milho (I) + U (I)	47a	20,67	2,39c	19,00ab	2,78d	1,65	1,55
CV (%)	8,16	5,97	7,80	9,30	13,26	17,28	10,72
Sistemas de cultivo	Safra 2015/16						
	ICF	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹ na MS						
	*	ns	*	*	*	*	*
Milho	73a	26,46	3,23 ^a	16,34a	2,98b	2,13bc	1,80a
Milho + U	73a	25,16	3,48 ^a	16,34a	2,60c	1,90c	1,65b
Milho + U (I)	67b	24,81	3,45 ^a	15,00b	2,60c	2,00bc	1,74a
Milho (I) + U	68b	25,95	2,80b	13,47c	2,71bc	1,96bc	1,76a
Milho (I)	66bc	25,20	3,34 ^a	15,00b	2,86bc	2,24ab	1,76a
Milho (I) + U (I)	62c	25,60	3,30 ^a	15,00b	3,30a	2,48a	1,80a
CV (%)	4,10	3,23	5,55	5,38	6,54	9,09	3,02

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

5.1.2 Quantificação de prolina livre em folhas de milho

- Área Irrigada

Pela variação de híbridos entre os anos de cultivo, verifica-se que o DKB 350 utilizado no segundo ano apresentou maiores teores de prolina em relação ao híbrido simples DKB 390. Na safra 2014/15 não houve efeito dos tratamentos nos teores de prolina. Entretanto, no ano de 2015/16 foram constatadas diferenças significativas (Tabela 6). No manejo irrigado, os teores foram maiores no sistema de cultivo do milho exclusivo com inoculação nas sementes, seguido pelo sistema consorciado com inoculação apenas na semente do milho. Tal fato não era esperado, pois normalmente, pela maior competição ou efeito de estresse, as plantas acumulam mais prolina, ou seja, fica a dúvida se a inoculação do milho gerou algum mecanismo metabólico de incremento no acúmulo de prolina.

Alguns metabólitos nitrogenados, como o aminoácido prolina, tendem a se acumular nos tecidos vegetais sob estresse hídrico. Como a assimilação do nitrogênio é reduzida sob tais condições, pode-se supor que tais compostos se originam da rotatividade de proteínas (FERREIRA et al., 2002).

Tabela 6- Teores de prolina livre em folhas de milho em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16.

Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	Teor de prolina livre	
	(μmol/ g MV)	
	Safra 2014/15	Safra 2015/16
	Ns	*
Milho	0,68	1,00b
Milho + U	0,74	1,17b
Milho + U (I)	0,61	1,06b
Milho (I) + U	0,70	1,34ab
Milho (I)	0,67	1,64a
Milho (I) + U (I)	0,77	1,16b
CV (%)	11,65	20,71

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

O maior teor de prolina é uma estratégia da planta ao estresse, para desidratar mais rapidamente e assim, permitir maior absorção de água e nutrientes para o seu crescimento (KRAMER et al., 1983). Contudo, esse teor de prolina deveria ser monitorado durante o ciclo da cultura, através da análise de crescimento e não apenas em um estágio fisiológico da planta (SAWASAKI et al., 1981).

- Área de Sequeiro

No manejo de sequeiro houve o mesmo efeito entre híbridos como no irrigado, nos dois anos de cultivo (maiores para o híbrido triplo DBK 350). Contudo, o maior teor de prolina em ambos os anos foi observado no milho exclusivo sem inoculação (Tabela 7). Tal resultado, novamente aponta para o efeito depressor do inoculante no acúmulo de prolina. Esperava-se que em consórcio com o capim, pelo efeito competição (estresse) o milho apresentasse maior teor de prolina.

Os teores de prolina no milho na safra 2014/15 variaram entre 1,18 (no cultivo exclusivo) e 0,77 (no cultivo exclusivo com inoculação das sementes). Os altos teores de prolina nas plantas de milho nesse ano, estão relacionados ao forte veranico ocorrido na fase de coleta do material vegetal (pleno florescimento) (Figura 1), neste caso, o aumento do teor de prolina em plantas sob déficit hídrico pode ser atribuído ao aumento da atividade enzimática envolvida na síntese deste aminoácido, que se relaciona à diminuição do conteúdo relativo de água nos tecidos foliares.

Avaliando os teores de prolina e carboidratos solúveis totais em dois cultivares de milho submetidos a estresse hídrico em casa de vegetação, Maia et al. (2007) observaram aumento nos teores de prolina com a redução do potencial hídrico da folha. O aumento dos teores de prolina devem-se à função de ajustador osmótico em plantas sob desidratação.

Tabela 7- Teor de prolina livre em folhas de milho em área de sequeiro. Safras 2014/15 e 2015/16.

Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	Teor de prolina livre	
	(µmol/ g MV)	
	Safra 2014/15	Safra 2015/16
	*	*
Milho	1,18a	1,89a
Milho + U	0,92b	1,19b
Milho + U (I)	0,87bc	1,38b
Milho (I) + U	0,89b	1,17b
Milho (I)	0,77c	1,31b
Milho (I) + U (I)	0,89b	1,61ab
CV (%)	8,57	22,46

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

5.1.3 Características morfológicas, componentes de produção e produtividade do milho em duas safras

- Área Irrigada

Para o cultivo irrigado, na primeira safra, a altura de plantas (ALTP) e de inserção das espigas (AIE) apresentaram significância dos tratamentos, sendo o consórcio quando inoculado em ambas as sementes o que se destacou dos demais, no entanto, não houve significância dos tratamentos para essas variáveis no segundo ano (Tabela 8). Tal fato pode estar relacionado ao híbrido simples (DKB 390) utilizado na primeira safra, ser de menor porte, e mais exigente em relação à tecnologia empregada e manejo da cultura e, portanto, mais susceptível à competição, enquanto que no segundo ano utilizou-se de o híbrido triplo (DKB 350) que apresenta maior adaptabilidade às condições de cultivo consorciado. Deve-se ressaltar também que um dos efeitos do *Azospirillum brasilense* é a produção de fitohormônios que incrementam o crescimento vegetal, principalmente em altura das plantas, o que pode ter ocorrido no primeiro ano.

Nas modalidades de cultivo estudadas (consorciado ou solteiro), apesar de não haver diferença significativa entre as avaliações morfológicas altura de plantas (ALTP), altura de inserção de espigas (AIE) e diâmetro basal de colmos (DBC), cabe salientar que, de maneira geral, os consórcios aliados à aplicação do inoculante nas sementes apresentaram bons resultados em relação aos cultivos convencionais.

Ressalta-se ainda que, a maior ALTP pode proporcionar maior potencial produtivo de matéria verde e seca, conseqüentemente uma maior produção de palhada para a cultura subsequente. No entanto, uma altura de plantas acima da média pode levar à maior facilidade de acamamento, ocasionando perdas de produtividade. O processo de crescimento do vegetal é dependente de nitrogênio, assim, está diretamente relacionado com a divisão e expansão celular, além de favorecer os processos fotossintéticos da planta (XU; FAN; MILLER, 2012). Sabe-se que plantas bem nutridas em nitrogênio têm maior capacidade de assimilar CO₂ e sintetizar carboidratos durante a fotossíntese, resultando em maior crescimento (VOGEL et al., 2013).

De acordo com Almeida Filho et al. (1999) e Rosa et al. (2004), conduzindo trabalhos avaliando diferentes híbridos de milho para produção de silagem, verificaram correlação positiva entre a altura de plantas com a produção de matéria seca, tornando este fator de extrema relevância para a viabilidade da atividade agrícola

Tabela 8- Características morfológicas, componentes de produção e produtividade do milho em consórcio ou solteiro, inoculado ou não nas sementes com *A. brasilense* em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16.

Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	ALT	AIE	DBC	CE	DE	NGE	M100	EFP	Produtividade
	Safrá 2014/15								
	----- (m) -----	----- (cm) -----	-	(g)	(plantas ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)			
	*	*	Ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Milho	2,1b	1,1b	2,4	19,3	5,4	627,9a	28,7	44.433	7069
Milho + U	2,1b	1,1b	2,2	18,5	5,3	607,5ab	27,1	51.851	6673
Milho + U (I)	2,1b	1,1b	2,3	18,7	5,3	625,1ab	30,3	48.147	6551
Milho (I) + U	2,1b	1,1b	2,5	18,6	5,3	604,7ab	27,7	64.814	6612
Milho (I)	2,1b	1,1b	2,4	17,8	5,3	591,5ab	27,2	53.703	6233
Milho (I) + U (I)	2,6a	1,7a	2,0	18,3	5,2	585,4b	28,4	48.147	6299
DMS	0,2	0,1	0,2	1,6	0,2	41,9	3,3	10.459,6	883,7
Média geral	2,2	1,2	2,3	18,5	5,3	607,0	28,2	51851,3	6572,9
CV (%)	4,65	5,96	6,01	5,70	2,47	4,59	7,90	13,38	8,92
Sistemas de cultivo	Safrá 2015/16								
	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	*
Milho	2,8	1,9	2,2	18,9	4,7	547,2ab	28,4ab	74.073	9169ab
Milho + U	2,8	1,8	2,4	18,8	4,9	570,6a	26,4ab	77.777	8461abc
Milho + U (I)	2,9	1,9	2,5	18,9	4,8	540,5ab	30,6a	82.406	7901bc
Milho (I) + U	2,8	1,2	2,3	18,7	4,8	525,1b	24,0b	74.999	9236a
Milho (I)	2,8	1,9	2,5	19,7	4,8	564,6ab	30,6a	81.480	7751c
Milho (I) + U (I)	2,9	1,9	2,4	19,7	4,8	557,0ab	25,8b	60.184	7605c
DMS	0,2	0,3	0,3	1,3	0,2	40,7	4,5	9501,3	1311,5
Média geral	2,8	2,4	2,4	19,3	4,8	550,8	27,0	75.153,2	8354,1
CV (%)	4,53	9,31	9,31	4,58	2,69	4,90	11,01	8,39	10,42

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade. Altura de planta = ALTP, altura de inserção da espiga = AIE, diâmetro basal do colmo = DBC, diâmetro da espiga = DE, comprimento da espiga = CE, número de grãos por espiga = NGE, massa de 100 grãos = M100, estande final de plantas = EFP e índice de clorofila foliar = ICF. ⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

Ainda em relação às características morfológicas, não houve significância para o DBC (Tabela 8), contudo, os maiores valores foram verificados nos consórcios com aplicação do inoculante, proporcionando colmos mais grossos à cultura do milho, fato relevante sob o ponto de vista da capacidade de translocação de água e nutrientes para os grãos, além de poder reduzir o acamamento pela ação do vento, chuva, tráfego de máquinas e implementos durante o ciclo de operações agrícolas da cultura.

O comprimento (CE) e diâmetro de espigas (DE) não apresentaram resultados significativos em função dos tratamentos (Tabela 8). A não significância pode estar relacionada ao fato de que as relações de característica de espigas são mais dependentes do genótipo (LOPES et al., 2007).

Para o número de grãos por espiga (NGE) houve significância nos dois anos agrícolas (Tabela 8). No ano 2014/15, o milho cultivado exclusivamente apresentou maior número de grãos em relação ao consórcio com as duas espécies inoculadas, possivelmente devido ao efeito de competição com o capim, uma vez que neste primeiro ano de cultivo, as altas temperaturas propiciaram maior evapotranspiração nos meses de dezembro e janeiro (Figura 1). Enquanto que no segundo ano, o maior NGE pode ser constatado para o milho consorciado sem inoculação. Tal resultado pode ser explicado também pela temperatura mais adequada à cultura do milho que é de 25 a 30 °C (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000) na safra 2015/16, que propiciou melhor desenvolvimento da planta em consórcio, independente da inoculação e, conseqüentemente, melhor pegamento e enchimento de grãos.

A massa de cem grãos (M100) apresentou significância apenas na segunda safra (Tabela 8), sendo que o milho em cultivo exclusivo inoculado ou não se destacou em relação aos consórcios, demonstrando que mesmo em cultivo irrigado, a presença do capim-marandu pode, por competição, reduzir a massa de grãos da espiga de milho. Esse componente é importante para a produtividade de grãos, podendo ser alterado por qualquer tipo de estresse ocorrido na fase de enchimento de grãos. Apesar dos resultados significativos encontrados para o número de grãos por espiga, a massa de 100 grãos não apresentou significância na segunda safra. Tais resultados concordam com os encontrados por Silva et al. (2015), que ao avaliarem a resposta do milho safrinha na inoculação de sementes e aplicação de N em área de Cerrado, também não obtiveram influência em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. Porém, os maiores valores de M100 foram obtidos nas modalidades de cultivo solteiro com inoculação ou não das sementes, possivelmente pela ausência do caoim no cultivo exclusivo.

Não houve resultado significativo para o estande final de plantas (EFP) na segunda safra e para produtividade de grãos em ambas as safras para os tratamentos avaliados. Embora tenha se verificado que, na safra 2015/16 houve um maior estande final de plantas e produtividade de grãos quando comparado a safra 2014/15. Tal resultado, provavelmente pode ser atribuído ao fato da safra 2014/15 ter passado por um período de altas temperaturas, que mesmo em cultivo irrigado não foi suficiente para demanda evaporativa da cultura (Figura 1), principalmente na fase de florescimento e enchimento dos grãos, enquanto que pela melhor distribuição pluvial e temperaturas mais amenas, ocorridas no ano seguinte houve um melhor aproveitamento dos nutrientes absorvidos pelas plantas e uma menor competição entre as modalidades de cultivo estudadas. Além disso, a maior população de plantas pode aumentar a competição, levando ao estiolamento (DEMÉTRIO et al., 2008), como pode ser verificado no ano de 2015/16.

O estande de plantas de milho exerce reflexos diretos na produtividade da cultura e, também, na produção da forrageira (CRUSCIOL; SORATTO; BORGHI, 2010). Esse componente está relacionado ao DBC, e espera-se que o maior fornecimento de água e nutrientes proporcione maior porte de plantas, conseqüentemente um maior estande final. Entretanto, tal resultado não foi constatado na presente pesquisa. Além disso, o maior número de plantas ha^{-1} (75.000 plantas ha^{-1}) promove maior crescimento das plantas em altura (CALONEGO et al., 2011; FREITAS; NASCENTE; SANTOS, 2013), conseqüentemente ocorre aumento da altura de inserção de espigas, concordando com os resultados obtidos em ambos os anos agrícolas, em que a população foi superior a 60.000 plantas ha^{-1} .

Na segunda safra (2015/16), em função das condições climáticas mais adequadas à cultura (Figura 1), pode-se observar resultados significativos para a produtividade de grãos. A modalidade de cultivo milho exclusivo e inoculado em consórcio com o capim sem inoculação apresentou melhores resultados com médias acima de 9000 kg ha^{-1} , (> 150 sacas ha^{-1}). Segundo Hungria et al. (2010), dentre as contribuições do uso da *Azospirillum brasilense* destacam-se o aumento na taxa de acúmulo de matéria seca, aumentando a biomassa e altura, com aceleração na taxa de germinação e benefícios no sistema radicular, conseqüentemente, aumento na produtividade final de grãos, por redução da competição com o capim.

- Área de sequeiro

No cultivo em área de sequeiro, em ambos os anos agrícolas, os valores de altura ALT, AIEP, e DBC não apresentaram resultados significativos (Tabela 9). Deve-se destacar a

limitação hídrica nesta condição, principalmente na safra 2014/15 (Figura 1), o que pode justificar a uniformização do crescimento do milho, independentemente do sistema de cultivo exclusivo ou em consórcio.

Na safra 2014/15, devido ao veranico ocorrido durante a fase de florescimento e enchimento dos grãos, não foi possível aferir os componentes CE, DE, NGE e M100, pela variabilidade das espigas nas parcelas (Tabela 9). Além disso, as médias de produtividade foram estimadas pelo número de espigas por unidade de área experimental neste primeiro ano.

Em 2015/16, os componentes de produção apresentaram significância para CE, NGE e M100. O comprimento da espiga (CE) foi menor quando cultivado exclusivamente sem inoculação (Tabela 9), enquanto que todos os demais sistemas de consórcio apresentaram espigas maiores, independentemente da inoculação. Em contraposição, para o NGE, o milho em cultivo exclusivo sem inoculação foi o que apresentou a maior média, em relação ao consórcio com o milho inoculado e o capim-marandu não inoculado.

Para a M100, a média que se destacou das demais foi a do milho em cultivo exclusivo com inoculação, provavelmente pelo efeito de competição entre os consórcios, pois o milho em cultivo exclusivo sem inoculação apresentou a segunda maior média. Fica evidenciado que a inoculação do milho é uma alternativa viável desde que não haja competição com o capim em consórcio.

O EFP não teve diferença por efeito dos tratamentos nos anos agrícolas estudados. Embora no segundo ano, o estande de plantas tenha sido maior, possivelmente devido ao regime hídrico inconstante na safra 2014/15 (Figura 1) e também a diferença de híbridos nos dois anos de estudo.

Tabela 9- Características morfológicas, componentes de produção e produtividade do milho em consórcio ou solteiro, inoculado ou não nas sementes com *A. brasilense* em área de sequeiro. Safras 2014/15 e 2015/16.

Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	ALT	AIE	DBC	CE	DE	NGE	M100	EFP	Produtividade
	----- (m) -----	----- (m) -----	----- (cm) -----	----- (cm) -----	----- (cm) -----	-	(g)	(plantas ha ⁻¹)	kg ha ⁻¹
Safra 2014/15									
	ns	ns	ns	-	-	-	-	ns	ns
Milho	2,3	1,5	2,2	-	-	-	-	46.295	1592c
Milho + U	2,1	1,6	2,1	-	-	-	-	49.999	2658b
Milho + U (I)	2,3	1,6	2,2	-	-	-	-	49.999	2959b
Milho (I) + U	2,2	1,5	2,0	-	-	-	-	46.295	3823a
Milho (I)	2,2	1,4	2,0	-	-	-	-	52.962	3794a
Milho (I) + U (I)	2,2	1,4	1,9	-	-	-	-	54.814	4175a
DMS	0,2	0,3	0,3	-	-	-	-	9828,2	781,3
Média geral	2,1	1,4	2,0	-	-	-	-	50.394	3167,3
CV (%)	5,55	12,60	11,30	-	-	-	-	12,22	16,43
Safra 2015/16									
Sistemas de cultivo	ns	ns	ns	*	ns	*	*	ns	*
Milho	2,3	1,6	2,2	14,4b	4,7	550,2a	30,2ab	62.962	5369c
Milho + U	2,2	1,6	2,1	17,6a	4,7	529,8ab	26,6bc	73.147	8028a
Milho + U (I)	2,3	1,6	2,1	18,2a	4,6	526,9ab	27,0abc	66.666	7693a
Milho (I) + U	2,2	1,5	2,2	17,8a	4,8	500,3b	25,3c	69.443	6091bc
Milho (I)	2,2	1,4	2,0	18,1a	4,8	535,6ab	31,3a	74.999	6219bc
Milho (I) + U (I)	2,2	1,4	1,9	18,2a	4,6	521,6ab	26,0b	67.591	7693ab
DMS	0,2	0,3	0,3	3,4	0,2	48,3	4,6	10.459,6	1249,3
Média geral	2,1	1,4	2,0	17,4	4,7	527,5	27,7	69135,1	6726,9
CV (%)	5,50	12,65	13,04	4,61	3,00	6,08	10,95	10,0	12,33

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade. Altura de planta = ALTP, altura de inserção da espiga = AIE, diâmetro basal do colmo = DBC, diâmetro da espiga = DE, comprimento da espiga = CE, número de grãos por espiga = NGE, massa de 100 grãos = M100, estande final de plantas = EFP e índice de clorofila foliar = ICF. ⁽¹⁾U = *Urochloa*, I = Inoculado.

A produtividade de grãos de milho apresentou resultados significativos em ambos os anos de avaliação (Tabela 9). Na safra 2014/15, a inoculação do milho, independentemente do consórcio, incrementou a produtividade. E o consórcio com o capim-marandu resultou também em maior produtividade quando comparado ao milho solteiro sem inoculação. Tais resultados são explicados pelo efeito do *Azospirillum brasilense* conferir às plantas maior tolerância ao estresse hídrico, uma vez que por efeito hormonal aumenta o volume e comprimento radicular. Enquanto que a presença do capim, mesmo em competição, confere um microclima mais favorável na área de cultivo, pois cobrindo o solo, reduz a taxa de evaporação, propiciando o aumento de produtividade do milho, mesmo em condições de estresse e com valor absoluto de baixa produtividade para um híbrido simples (Tabela 9).

Estes efeitos nos cultivos com inoculação das sementes de milho por *Azospirillum* foram reportados por Barassi et al. (2008), que relataram aumento dos teores de clorofila nas plantas, mesmo em estresse hídrico, devido a melhora nos parâmetros fotossintéticos das folhas e na condutância estomática, proporcionada pelas bactérias, além de maior reserva de prolina, o que leva ao incremento no teor de água do apoplasto e maior elasticidade da parede celular, com conseqüente crescimento e acúmulo de matéria seca.

Na segunda safra (2015/16), houve semelhança quanto ao efeito dos tratamentos para a produtividade de grãos. Assim, o milho em cultivo exclusivo sem inoculação foi o que apresentou as menores produtividades. Novamente os consórcios se destacaram em relação aos cultivos exclusivos, demonstrando o efeito de incremento da produtividade pela presença do capim com o milho. Também a inoculação no milho solteiro aumentou a produtividade, entretanto, como houve menor limitação hídrica nesta safra, o efeito da inoculação foi menos pronunciado em relação ao ano de 2014/15, que de modo geral apresentou os menores valores de produtividade, mesmo utilizando-se de um híbrido simples.

5.1.4 Produção de matéria seca e acúmulo de macronutrientes em palha de milho

- Área Irrigada

A produção de palha de milho em ambos os anos agrícolas e modalidades de cultivo, em sistema irrigado por aspersão apresentou resultados significativos (Tabela 10). No ano de 2014/15, as maiores produtividades de palha de milho foram proporcionadas pelos consórcios, independentemente da inoculação das espécies vegetais. Enquanto que no ano de 2015/16, pelo híbrido triplo de maior porte vegetativo (Tabela 8), houve maior produção de palhada no milho solteiro e em consórcio com o capim, mas inoculado com *Azospirillum brasilense*

(Tabela 10). Verifica-se que nos demais tratamentos, inclusive com a inoculação de ambas as espécies, a competição reduziu a produção de palha do milho.

Resultados semelhantes foram encontrados por Batista et al. (2011), em diferentes locais avaliando o consórcio de milho safrinha e plantas forrageiras. Dentre as contribuições do uso da *Azospirillum brasilense* destacam-se o aumento na taxa de acúmulo de matéria seca, aumento na biomassa e altura de plantas, aceleração na taxa de germinação e benefícios no sistema radicular, proporcionando consequente aumento na produtividade final das forrageiras e das culturas produtoras de grãos e o maior acúmulo de matéria seca após a colheita, servindo como base para a sustentabilidade do SPD, principalmente em regiões tropicais.

As quantidades de macronutrientes acumulados foram significativas em ambos os anos agrícolas e para todos os macronutrientes (Tabela 10), com destaque para o segundo ano, cuja temperatura média esteve mais adequada para o desenvolvimento da cultura do milho (Figura 1), além da menor evapotranspiração e do híbrido triplo utilizado.

O acúmulo total de macronutrientes pelos híbridos DKB 390 e DKB 350, em manejo irrigado em ambos os anos seguiram a seguinte ordem crescente de valores: N>K>Ca> P>Mg e S. No segundo ano, o tratamento consorciado com inoculação em ambas as sementes apresentou acúmulo dos macronutrientes N, P e Mg bem abaixo dos demais tratamentos, indicando que houve competição entre as espécies vegetais consorciadas.

Para acúmulo de N, os tratamentos que receberam inoculação com *A. brasilense* na semente do milho se sobressaíram, independente do sistema de cultivo (exclusivo ou consorciado). Resultado semelhante, porém, em plantas de trigo, foi observado por Didonet et al. (2000) que concluíram que o melhor aproveitamento do N acumulado na biomassa pode ser translocado mais eficientemente para os grãos, o que contribui para o incremento do teor de proteínas.

O menor acúmulo de K verificado no primeiro ano pode estar relacionado à maior competição exercida entre o milho e o capim, uma vez que ocupam o mesmo espaço no solo e, conseqüentemente, buscam os mesmos nutrientes disponíveis. Para esse nutriente não foram verificados efeitos da inoculação com *A. brasilense*.

O acúmulo de Ca em manejo irrigado apresentou maiores valores quando da inoculação nas sementes de milho, independente do manejo de cultivo, devido sua baixa mobilidade no floema, em particular nos solos ácidos. Também seu acúmulo foi maior na segunda safra pelas melhores condições climáticas e com o híbrido triplo mais adaptado às condições de cultivo.

Tabela 10- Produção de matéria seca (PMSm) e acúmulo de macronutrientes em palha de milho, em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16.

Sistema de cultivo ⁽¹⁾	Safrá 2014/15						
	PMSm	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg ha ⁻¹						
	*	*	*	*	*	*	ns
Milho	3871c	107,5b	11,3c	69,5b	11,2b	6,3b	11,4
Milho + U	4738abc	138,1ab	15,5b	80,7ab	14,5ab	7,5ab	10,9
Milho + U(I)	5129ab	140,7ab	16,9ab	100,4ab	14,9ab	8,4ab	11,5
Milho (I) + U	5855a	165,2a	19,8a	81,7a	15,4a	9,4a	13,7
Milho (I)	4268bc	131,7ab	14,9bc	68,3ab	12,5ab	7,7ab	9,4
Milho (I) + U(I)	4787abc	138,2ab	16,1ab	78,6ab	14,3ab	7,5ab	9,1
CV (%)	15,7	16,94	17,16	22,50	20,13	23,03	28,59
Sistema de cultivo	Safrá 2015/16						
	PMSm	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg ha ⁻¹						
	*	*	*	ns	*	*	*
Milho	7418bc	89,8b	10,4bc	70,7	18,1b	16,4bc	11,9a
Milho + U	7204bc	91,4b	10,6bc	51,9	15,0b	16,5bc	14,0a
Milho + U(I)	7230bc	107,9b	19,3	94,1	12,1b	16,6bc	12,4a
Milho (I) + U	11355a	112,2ab	14,5ab	99,6	30,9a	28,7a	16,5a
Milho (I)	10461ab	152,2a	16,9ab	85,5	36,4a	24,8ab	15,7a
Milho (I) + U(I)	4767c	44,1c	3,9c	54,1	11,7b	9,1c	5,8b
CV (%)	28,3	26,9	39,72	34,68	31,07	31,26	29,05

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

Para o acúmulo de Mg, em ambos os anos, os maiores valores foram verificados no tratamento em que o milho inoculado estava em consórcio com o capim não inoculado. Tal resultado demonstrou que inocular o capim aumenta o efeito competição com o milho. Entretanto, com o milho inoculado houve maior acúmulo de Mg que no milho não inoculado em cultivo solteiro (Tabela 10). Também para o acúmulo de S, apenas na segunda safra, a inoculação de ambas as espécies em consórcio resultou em menor acúmulo, pelo fato da menor produtividade de matéria seca neste tratamento (Tabela 10).

- Área de Sequeiro

Assim como na produtividade de matéria seca de palha sob sistema irrigado, o sistema de sequeiro também apresentou resultados significativos em função dos tratamentos (Tabela 11). Em ambos os anos agrícolas, os sistemas que promoveram maior produção de palha foram os consorciados com inoculação nas sementes do milho, demonstrando o efeito benéfico da inoculação em aumentar a tolerância ao déficit hídrico, pelo incremento radicular, bem como do efeito hormonal no crescimento e acúmulo de matéria seca das plantas.

Alguns autores verificaram que a produtividade do milho consorciado com *U. brizantha* concomitantemente à sementeira não reduz significativamente a produção de MS em relação ao cultivo exclusivo (KLUTHCOUSKI et al., 2000; BORGHI et al., 2004; BARDUCCI et al., 2009 e BATISTA et al., 2011), viabilizando o sistema de produção, assim como constatado neste experimento

As plantas de metabolismo C₄ são mais eficientes no uso da luz em relação às C₃, assim, a cultura do milho, por apresentar arquitetura dominante e rápido desenvolvimento foliar, se sobressai em relação à braquiária, mesmo sendo as duas espécies de metabolismo C₄ (SANTOS et al., 2014). A inclusão de pastagens na rotação de culturas resulta em melhoria da qualidade física do solo por causa da combinação de três efeitos principais: ausência de preparo durante o ciclo da pastagem, presença de um denso sistema radicular atuando como agente agregante e aumento da atividade da macrofauna do solo (MARCHÃO, 2007).

A consorciação utilizando uma espécie forrageira permite a maior cobertura da superfície do solo. A braquiária se destaca por ser uma espécie cujo desenvolvimento de parte aérea permite a cobertura total do solo, protegendo-o do efeito erosivo do impacto direto das gotas de chuva e, dessa forma, minimizando o selamento superficial (SANTOS et al., 2014)

Outro fator relevante é de que o solo da segunda safra pode ter sido influenciado pela maior quantidade de palha de milho do primeiro ano, além da palhada do capim-marandu, proporcionando melhorias nos atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo, aumentando a produção de massa seca do milho na safra 2015/16. Bem como ao efeito da calagem superficial aplicada no primeiro ano ter reagido melhor para correção da acidez demonstrada no segundo ano de produção.

No manejo de sequeiro, ficam evidentes que as condições climáticas prejudicaram a absorção e consequente acúmulo de nutrientes na parte vegetativa do milho, em especial na safra 2014/15 (Tabela 11). Portanto, pode-se inferir que em situação de restrição hídrica houve melhor eficiência do *A. brasilense*, pois, devido a sua atuação no sistema radicular, ter proporcionado maior absorção e acúmulo de nutrientes.

O menor porte das plantas de milho (Tabela 9) e a senescência precoce devido à falta de água proporcionaram maior incidência de luz solar nas entrelinhas do milho, com consequente crescimento do capim-marandu, competindo assim, com a cultura produtora de grãos.

O acúmulo total de macronutrientes pelos híbridos DKB 390 e DKB 350 em manejo de sequeiro seguiram a mesma ordem decrescente do sistema irrigado: N>K>Ca>P>Mg e S (Tabela 11). No entanto, os resultados foram significativos, com destaque para os consórcios

com inoculação em ambas as sementes para todos os macronutrientes avaliados. Tal explicação deve-se ao fato de que as bactérias do gênero *Azospirillum* promovem primeiro o incremento de radículas e aumento do diâmetro de raízes, com consequente aumento de superfície de absorção de nutrientes (CAVALLET et al., 2000).

Tabela 11- Produção de matéria seca (PMSm) e acúmulo de macronutrientes em palha de milho, em área de sequeiro. Safras 2014/15 e 2015/16.

Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	Safra 2014/15						
	PMSm	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg ha ⁻¹						
	*	*	*	*	*	*	*
Milho	1286d	25,17c	2,27c	21,40d	3,35c	2,01c	2,10c
Milho + U	1585cd	32,65bc	3,31b	25,06cd	3,93c	1,99c	2,56bc
Milho + U(I)	1798bc	34,50b	3,98b	37,79b	3,98c	1,97c	2,77bc
Milho (I) + U	1937bc	36,13b	3,81b	34,18bc	5,85b	2,80bc	2,84bc
Milho (I)	2046b	40,80b	4,30b	36,82b	4,24c	3,11b	3,22b
Milho (I) + U(I)	2846a	58,69a	6,81a	54,07a	7,91a	4,69a	4,40a
CV (%)	15,11	15,28	16,94	18,17	16,22	22,81	16,47
Sistemas de cultivo	Safra 2015/16						
	PMSm	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg ha ⁻¹						
	*	ns	*	*	ns	ns	*
Milho	4810b	56,00	4,53b	44,67b	12,91	10,25	8,11b
Milho + U	5814b	69,56	6,44b	53,31b	17,32	11,37	6,90b
Milho + U(I)	5077b	44,16	4,67b	48,46b	13,62	7,98	5,84b
Milho (I) + U	7742a	67,47	11,84a	82,14a	14,21	13,03	9,56ab
Milho (I)	6421ab	65,71	5,36b	47,67b	19,06	12,28	12,63a
Milho (I) + U(I)	5473ab	63,89	6,55b	46,02b	15,14	9,81	7,63b
CV (%)	23,17	26,89	27,04	24,83	30,13	21,94	29,79

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

Na primeira safra, os acúmulos de fósforo foram menores em relação ao ano seguinte e também ao manejo irrigado. Esse fato deve-se à competição por fósforo do solo em que a *Urochloa* por possuir maior e mais rápido crescimento radicular, é mais eficiente na absorção de nutrientes que o milho (BIANCO et al., 2005). Logo, quanto maior a competição da forrageira com as plantas de milho, menor será o conteúdo de P na cultura produtora de grãos (SILVA et al., 2015).

No segundo ano, o acúmulo de macronutrientes foi maior em relação ao primeiro devido à melhor disposição hídrica no período de condução da cultura (Figura 1). Embora em quantidades menores, o acúmulo de macronutrientes na área manejada em sequeiro foram semelhantes ou até superiores (como os de Ca e S) em relação à área irrigada, provavelmente,

reflexo da ciclagem de nutrientes proporcionada pelos anos anteriores e aos próprios manejos de adubação, tanto da cultura do milho, quanto da *Urochloa*.

Os acúmulos de Ca foram maiores quando o milho foi inoculado, independente do manejo de cultivo, pois, devido sua baixa mobilidade no floema, em particular nos solos ácidos, seu acúmulo foi mais elevado na segunda safra pela maior disponibilidade hídrica. A baixa capacidade competitiva pelo Ca foi relatada por Freitas et al. (2013) que observaram que na presença da braquiária houve menor crescimento da cultura do milho.

Assim como para o Ca, o acúmulo de Mg também apresentou valores na safra 2014/15 bem abaixo aos do ano seguinte, semelhantemente aos resultados encontrados por Silva et al. (2015) que avaliando o mesmo híbrido utilizado nesse estudo consorciado com *Urochloa brizantha* cv. Piatã sob diferentes densidades, em Viçosa – MG, relataram que houve redução dos teores de Mg em função da maior densidade de *Urochloa*.

Os resultados observados nesta pesquisa são semelhantes aos observados por Borghi e Crusciol (2007) que relataram que em virtude da grande exigência por N pela espécie produtora de grãos e pela *Urochloa*, quando consorciadas, pode ser agravado o efeito competição, principalmente pela maior população de plantas forrageiras (SILVA et al., 2015).

Estudos relacionados ao acúmulo de nutrientes e a velocidade com que esses nutrientes são disponibilizados pela palha para a cultura subsequente, são importantes para verificar se essa fonte de nutrientes será suficiente para atender totalmente ou parcialmente a demanda pela cultura seguinte, ou mesmo se há sincronismo entre a época de maior disponibilização do nutriente e de exigência pela cultura sucessora (CALONEGO et al., 2011).

5.1.5 Produção de matéria seca do capim-marandu

- Área Irrigada

A produção de matéria seca do capim-marandu após o consórcio da primeira safra apresentou resultados significativos (Tabela 12), sendo a modalidade de consórcio com inoculação no milho a que apresentou a maior produtividade em relação ao com capim inoculado.

Aparentemente, a inoculação do capim-marandu com as mesmas estirpes e dose recomendada para o milho não incrementa a produção do capim no primeiro corte pós-colheita da cultura produtora de grãos. As espécies do gênero *Urochloa brizantha* e *Megathyrsus*, por terem sistema radicular vigoroso e profundo, apresentam elevada tolerância

à deficiência hídrica e boa absorção de nutrientes em camadas mais profundas do solo (BARDUCCI et al., 2009), podendo interferir nos efeitos hormonais do *Azospirillum* em crescimento radicular e acúmulo de MS.

Tabela 12- Produção de matéria seca do capim-marandu em área irrigada, após o consórcio com milho. Safras 2014/15 e 2015/16.

Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	capim-marandu após consórcio (kg ha ⁻¹)	
	Safra 2014/15	Safra 2015/16
	*	ns
Milho + U	5874ab	2997
Milho + U (I)	4241b	3335
Milho (I) + U	6795a	3800
Milho (I) + U (I)	6381ab	3408
DMS	2545	1838
Média geral	5823	3385
CV (%)	27,3	33,9

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

- Área de Sequeiro

Os consórcios apresentaram significância dos resultados em sistema de sequeiro nos dois anos agrícolas (Tabela 13). Em 2015, a produtividade da massa de matéria seca do capim-marandu foi maior no consórcio sem inoculação de ambas as espécies vegetais. Enquanto que para o segundo ano (2016), os consórcios com inoculação em ambas as sementes resultaram em maior produção do capim. A grande variação de resultados entre os anos pode ser atribuída ao efeito climático (Figura 1), onde o milho de 2014/15, pelo menor crescimento (Tabela 9), em virtude do estresse hídrico, competiu menos com o capim que se sobressaiu em produção de MS. Novamente a inoculação do capim-marandu com as mesmas estirpes e dose recomendada para o milho não incrementou a produção do capim no primeiro corte pós-colheita da cultura produtora de grãos.

No ano de 2016, com a mudança do híbrido e a melhoria da fertilidade do solo pelo efeito da calagem que antecedeu o início do experimento, a inoculação de ambas as espécies do consórcio resultou em maior produção do capim, e este efeito foi verificado, inclusive, quando da inoculação apenas do capim em consórcio com o milho.

Mesmo sendo o sistema de sequeiro dependente do regime de chuvas, por vezes, apresentam produtividades maiores que a dos sistemas irrigados. Tais resultados confirmam a habilidade das plantas forrageiras, em especial o capim-marandu, de se desenvolver, mesmo em condições de déficit hídrico e altas temperaturas. Aliado a isso, a senescência precoce do

milho em sistemas de sequeiro promove maior luminosidade para as forrageiras, favorecendo seu crescimento.

Tabela 13- Produção de matéria seca do capim-marandu em sistema de sequeiro, após o consórcio com milho. Safras 2014/15 e 2015/16.

Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	capim-maradu após consórcio (kg ha ⁻¹)	
	Safra 2014/15	Safra 2015/16
	*	*
Milho + U	8277a	2789b
Milho + U (I)	4065c	4642ab
Milho (I) + U	6684b	4176b
Milho (I) + U (I)	3078c	6846a
DMS	1340	2552
Média geral	5526	4638
CV (%)	15,2	34,4

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

Os valores de produção de matéria seca do capim-marandu em sistema de sequeiro no primeiro ano, podem ser considerados altos quando comparados aos produzidos por Ceccon (2008) que avaliaram o rendimento do milho safrinha em região de baixa altitude, e obtiveram acúmulo médio de biomassa pela forrageira de 1.611 kg ha⁻¹ de MS, quando consorciado com o milho, na safrinha (46.000 plantas ha⁻¹).

5.2 EXPERIMENTO 2 - EFEITO RESIDUAL DA INOCULAÇÃO PELO *Azospirillum brasilense*, SOBRE O CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO CAPIM-MARANDU COM E SEM APLICAÇÃO FOLIAR DO INOCULANTE *Azospirillum brasilense* OU ADUBAÇÃO NITROGENADA EM ÁREAS IRRIGADA E DE SEQUEIRO, EM DOIS ANOS AGRÍCOLAS (2014/15 E 2015/16)

5.2.1 Acúmulo de macronutrientes no capim-marandu

- Área Irrigada

O acúmulo de macronutrientes na fitomassa do capim-marandu apresentou valores significativos dos tratamentos para N, K e S no primeiro ano (Tabela 14), sendo que a inoculação com *A. brasilense* foi a que se destacou dos demais, pelo efeito acumulativo da PMS neste caso (Tabela 12). Resultados semelhantes foram verificados por Reis et al. (2007) que destacaram o uso da FBN realizado pelas bactérias diazotróficas como uma das alternativas na busca do melhor aproveitamento do N devido à redução de sua aplicação. Além disso, a utilização deste tipo de tecnologia vem mostrando resultados satisfatórios na

melhoria do mecanismo de aumento na eficiência da adubação nitrogenada pela produção de fitormônios que incrementam o desenvolvimento do sistema radicular, promovendo melhor absorção de água e minerais.

Nesse ano, o maior acúmulo de nutrientes pode ser atribuído às melhores condições de crescimento do capim, o qual se sobressaiu em relação ao milho por ocasião da maior incidência de luz e temperaturas mais altas, promovendo, inclusive o maior desenvolvimento do sistema radicular, o que proporcionou condições ideais para o desenvolvimento dessa forrageira (Figura 1). Os valores observados foram superiores aos relatados por Pacheco et al. (2011) que ao avaliarem a produção de fitomassa, acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura em área de Cerrado, relataram valores menores para a *Urochloa brizantha* após 60 dias de implantação e também muito próximos aos encontrados por Costa et al. (2014) que avaliaram o acúmulo de nutrientes de *Urochloa brizantha* consorciada com milho na mesma região do presente estudo, sob área irrigada.

Tabela 14- Acúmulo de macronutrientes no capim-marandu em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16.

Tratamentos	Entressafra 2015					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
	*	Ns	*	ns	ns	*
<i>A. brasilense</i>	84,67a	12,95	91,71a	19,12	17,37	7,48a
Ureia	79,65ab	12,88	88,25ab	21,97	15,79	6,14ab
Controle	67,78b	11,48	74,42b	18,06	14,18	5,40b
CV (%)	9,80	8,84	9,81	9,51	10,60	12,99
Tratamentos	Entressafra 2016					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
	ns	Ns	ns	*	ns	ns
<i>A. brasilense</i>	23,57	3,23	23,82	4,34a	4,75	2,07
Ureia	20,82	2,90	22,93	3,67b	4,10	1,76
Controle	20,42	3,37	22,09	4,14ab	4,47	1,85
CV (%)	10,97	8,88	10,82	7,50	8,41	8,29

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade.

No segundo ano de condução do capim-marandu, somente o Ca apresentou resultado significativo, com maior acúmulo no tratamento que recebeu aplicação de *A. brasilense* (Tabela 14). No entanto, o acúmulo de macronutrientes foi menor em relação ao ano anterior, fato que pode ser explicado pelas baixas temperaturas durante o período da condução do experimento, o que proporcionou menor PMS da forragem, conseqüentemente, menor absorção dos nutrientes. Vale ressaltar que mesmo nas condições mencionadas, o acúmulo de nutrientes nesse ano foi superior aos encontrados por Batista et al. (2011) em capins do

gênero *Urochloa* e *Megathyrsus* em consórcio com milho em função da adubação nitrogenada em diferentes cidades do interior paulista.

A importância da interação entre os fatores climáticos, principalmente precipitação pluvial e temperatura, atividade macro e microbiológica do solo e quantidade de resíduos vegetais refletirá na disponibilização dos nutrientes provenientes dos resíduos culturais da superfície do solo às plantas e pode ser lenta ou gradual, principalmente por efeito climático (ALCÂNTARA et al., 2000).

- Área de Sequeiro

Assim como na área irrigada, a de sequeiro teve grande influência das condições climáticas. No ano de 2015, com exceção ao S, os demais macronutrientes apresentaram resultados significativos, entretanto, o tratamento que se destacou foi o que recebeu ureia à lanço (Tabela 15). Ficou evidente que a bactéria diazotrófica não se adaptou em condições de estresse hídrico, assim não houve incremento no acúmulo de nutrientes como verificado em condições irrigadas (Tabela 14).

Tabela 15- Acúmulo de macronutrientes no capim-marandu em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16.

Tratamentos	Entrressafra 2015					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
	*	*	*	*	*	ns
<i>A. brasilense</i>	56,01ab	8,93b	61,90b	13,23b	12,30b	4,44
Ureia	62,13a	11,72 ^a	76,09a	15,46a	13,20a	5,16
Controle	53,70b	8,95b	70,32a	13,60b	11,49b	4,47
CV (%)	6,35	4,50	5,16	3,75	3,97	6,39
Tratamentos	Entrressafra 2016					
	*	Ns	*	ns	ns	*
	kg ha ⁻¹					
<i>A. brasilense</i>	18,50b	3,21	18,81b	3,89	4,34	1,85b
Ureia	20,81a	3,17	20,75a	3,87	4,76	2,05a
Controle	19,13b	3,07	18,40b	3,83	4,56	1,82b
CV (%)	13,03	12,67	13,36	13,92	13,55	10,93

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade.

Os acúmulos de N, P e K estiveram próximos aos encontrados por Pacheco et al. (2011) e foram entorno de 52, 8 e 25 kg ha⁻¹, respectivamente. Os altos valores acumulados principalmente de N e K, também se devem ao fato desses nutrientes serem os mais absorvidos e acumulados no tecido vegetal das forrageiras em região de Cerrado (TORRES et al., 2005; BOER et al., 2007). As gramíneas podem depositar mais N no solo devido ao fato

desse nutriente estar fixado a compostos orgânicos que podem ficar à disposição durante a ciclagem de nutrientes no complexo planta-palha-solo (PRIMAVESI; PRIMAVESI; ARMELIN, 2002) e o K, por ser de fácil liberação nos resíduos vegetais e estar na forma de K^+ , é liberado quase que totalmente ao solo rapidamente, pois não tem função estrutural na planta (ROSOLEM; SILVA; ESTEVES, 2003).

Seguindo o mesmo padrão para a área sob sistema irrigado no segundo ano, o sistema de sequeiro também foi influenciado pelas baixas temperaturas em 2016. Os nutrientes que apresentaram resultados significativos de acúmulo de fitomassa foram K e S, com maiores valores para o tratamento que recebeu ureia, assim como no ano anterior. Porém, estes resultados estiveram muito abaixo aos encontrados na literatura (PACHECO et al., 2011; BATISTA et al., 2011; COSTA et al., 2014a).

A quantidade de matéria seca de palhada acumulada, além de proteger o solo contra a erosão e lixiviação, libera quantidades consideráveis de nutrientes pelos processos de decomposição e mineralização dos resíduos vegetais (PARIZ et al., 2015). Por isso, quantidades de capim são consideradas satisfatórias quando próximas a 6000 kg ha^{-1} de MS anual para adição ao SPD (RUEDELL, 1998). Portanto, abaixo do encontrado nas condições climáticas citadas no atual estudo, entretanto, em condições de sequeiro no outono/inverno. Apesar da PMS e acúmulo de nutrientes no ano de 2016 apresentar-se abaixo do esperado em ambos os manejos (irrigado e de sequeiro), o SIPA é indicado por proporcionar ciclagem dos nutrientes, palhada para o SPD, além de forragem com qualidade nutricional e a baixo custo na entressafra para ruminantes.

5.2.2 Qualidade bromatológica do capim-marandu

- Área irrigada

Os resultados da análise bromatológica entre os anos 2015 e 2016 no sistema de manejo irrigado, embora não apresentem resultados significativos para a maioria das variáveis analisadas, apresentaram resultados distintos que podem ser justificados pela diferença de clima entre os anos (Figura 1) e também ao efeito residual da cultura anterior (Tabela 16).

Os resultados de PB nesse sistema de manejo apresentaram resultados que variaram entre 10,83 e 13,22% na MS e estão acima da faixa adequada como proposto por Van Soest (1994), que considera 7% na MS como sendo o mínimo aceitável para o desenvolvimento da população de microrganismos ruminais e taxa de digestão de celulose. Valores abaixo, podem levar ao aumento do tempo de retenção da forragem no rúmen. Estes resultados podem ter

ocorrido também devido à influência residual da adubação de cobertura na cultura do milho e pela decomposição da palhada, proporcionando condições favoráveis ao suprimento de nutrientes para a forrageira, além do próprio tratamento utilizado neste experimento, pois apesar da não significância entre os tratamentos e o grupo controle, observou-se maior concentração de PB nos tratamentos que receberam *A. brasilense* ou ureia.

Tabela 16- Qualidade bromatológica do capim-marandu após aplicação foliar com *Azospirillum brasilense* ou adubação nitrogenada em área irrigada, safras 2014/15 e 2015/16, (média de 4 cortes).

Tratamentos	Entressafra 2015								
	PB	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG	CZ	DMS	NDT
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
<i>A. brasilense</i>	13,22	65,99	49,45	39,96	15,53	5,55	11,81c	50,38	56,27
Ureia	12,06	64,50	48,97	39,73	16,58	5,45	12,09b	50,75	56,88
Controle	11,77	66,21	49,15	41,73	17,06	5,52	12,29a	50,62	56,19
CV (%)	8,30	1,61	1,20	6,06	5,62	5,20	0,35	0,91	0,78
Tratamentos	Entressafra 2016								
	PB	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG	CZ	DMS	NDT
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns
<i>A. brasilense</i>	12,21	62,73	32,11	27,20	30,62	2,15	13,05a	50,48b	57,62
Ureia	12,20	64,36	33,73	28,40	29,26	2,22	13,41a	50,43b	56,95
Controle	10,83	64,23	33,26	27,94	30,76	2,27	12,55b	62,99a	57,09
CV (%)	7,07	1,80	2,90	2,99	6,54	7,29	1,81	2,81	0,84

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade. Proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), cinzas (CZ), digestibilidade da matéria seca (DMS) e nutrientes digestíveis totais (NDT).

Costa et al. (2014) observaram que mesmo na ausência da adubação nitrogenada, o efeito residual da cultura antecessora contribuiu para que os valores de PB estivessem acima dos desejáveis para a nutrição adequada do animal, sendo que neste experimento os autores encontraram valores que variaram de 7,3 e 10,3% da PB. Resultados semelhantes também foram verificados por Pariz et al. (2011) por ocasião do consórcio de espécies do gênero *Urochloa* com milho em intervalo de cortes de 30 dias, porém, utilizando adubação nitrogenada. Ainda em sistema consorciado com milho, Borghi et al. (2013) encontraram valores semelhantes aos desse estudo (11,4 a 12,0% de PB).

Em ambos os anos, os teores de FDN na MS estiveram pouco acima de 60% (Tabela 17), valores acima deste teor representam limitação ao consumo voluntário por ruminantes com conseqüente redução no desempenho animal (Van SOEST, 1994). Tal fato deve-se ao acúmulo dos componentes fibrosos na parede celular dos capins, uma vez que foram implantados em novembro de 2014 e 2015.

Orrico Júnior et al. (2013) obtiveram teores de FDN em capim-piatã conduzido em sistema orgânico em Dourados – MS, acima de 62,6%, apenas no 5º e último corte (inverno),

condições semelhantes à proposta no presente estudo. Este comportamento é considerado comum em gramíneas tropicais que tendem a reduzir a fotossíntese e a produção de novos tecidos devido à diminuição da temperatura e fotoperíodo no outono/inverno, ou seja, ocorre redução na produção de folhas, que são mais digestíveis e ricas nutricionalmente do que os colmos, mais fibrosos (EUCLIDES et al., 2009).

Os teores de FDA possuem importância na digestibilidade da forragem e de acordo com Van Soest (1994), valores até 35% da MS ou mais apresentarão baixo consumo e digestibilidade. Foram encontrados neste estudo, valores entre 31 e 33% de FDA, apresentando, portanto, digestibilidade adequada no primeiro ano. No entanto, no segundo ano, os valores de FDA estiveram ligeiramente acima dos considerados adequados para ruminantes. Bennett et al. (2008) também relataram diminuição no teor de FDA até a dose de 60 kg ha⁻¹ de N, com incremento na maior dose (200 kg ha⁻¹), atribuindo ao fato de que nessa quantidade de N as plantas se desenvolvem mais intensamente em relação às demais doses.

Com relação aos componentes fibrosos: celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG), verificou-se que os valores para ambos os anos, em função dos tratamentos, estão de acordo com os resultados encontrados na literatura para condições de consórcio com a cultura do milho (PARIZ et al., 2010; VIANA et al., 2011; COSTA et al., 2014a).

Segundo Silva e Queiroz (2004), a fração HEM é geralmente mais digestível que a celulose, porém, menos digestível que os carboidratos solúveis e o amido. Levando-se em consideração a melhor digestibilidade dos componentes da parede celular, torna-se interessante o aumento do teor de HEM, no intuito de diminuir o teor de FDA, a qual é composta pela LIG (representa a maior fração de FDA) e CEL (COSTA et al., 2014a), fato ocorrido no ano de 2015.

Os teores de cinza na MS (CZ) apresentaram resultados significativos em ambos os anos, entretanto, as médias pouco diferiram entre si, ressaltando mais uma vez o efeito residual da cultura antecessora. De maneira geral, as gramíneas tropicais apresentam deficiência em minerais, o que proporciona concentrações limitadas de CZ (ORRICO JÚNIOR et al., 2013).

Houve significância para a digestibilidade da matéria seca (DMS) no ano de 2016 (Tabela 16), no entanto, os resultados estiveram sempre em torno dos 50% da MS, corroborando com os resultados observados por Orrico Junior et al. (2013) que ao avaliarem os efeitos da fertilização com efluentes da produção animal, encontraram valores de 58% para dose 0 kg ha⁻¹ de N e 66% para a dose de 300 kg ha⁻¹ de N, comportamento este esperado e citado por Bennett et al. (2008), que relataram que nas menores doses de N, o capim se

desenvolve mais intensamente e o nutriente fica na fração mais solúvel, enquanto que em doses maiores o N fica como componente estrutural ligado à fração fibrosa (parede celular).

Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) estão próximos aos preconizados como ideais por Van Soest (1994) que é de 55% da MS, esse resultado pode ser explicado pela altura de corte utilizada para as forrageiras que foi de 0,30 m, assim, as plantas foram colhidas em estádios vegetativos iniciais, com elevada relação folha:colmo e baixa lignificação da parede celular.

- Área de sequeiro

A análise bromatológica do capim-marandu no sistema de manejo de sequeiro apresentou resultados muito próximos aos encontrados no sistema de manejo irrigado (Tabela 17). Portanto, estes resultados também podem ser explicados com base nos fatores climáticos e de efeito residual da adubação da cultura antecessora

Assim como no manejo irrigado, os teores de PB estiveram dentro dos teores adequados preconizados por Van Soest (1994), com valores entre 11,20 e 11,52% da MS, o que proporciona taxa de digestão de celulose adequada para ruminantes. Orrico Junior et al. (2013) observaram que os teores de PB de capim-piatã adubados com biofertilizantes em Dourados-MS, reduziram ao longo dos cortes, fato que pode ser explicado provavelmente pela redução gradual da temperatura, fotoperíodo e diminuição da disponibilidade de nutrientes no solo, corroborando com os resultados encontrados por Medeiros et al. (2007) que relataram que à medida que os cortes se aproximavam do outono, houve decréscimo na taxa de fotossíntese, reduzindo os teores de PB e aumentando os teores de fibras.

Os teores de FDN estiveram acima dos valores propostos por Van Soest (1994), o que pode proporcionar limitação do consumo voluntário por ruminantes. Da mesma maneira, os teores de FDA no primeiro ano estiveram acima dos 35% recomendados por Van Soest (1994), limitando a digestibilidade. Resultados semelhantes foram encontrados por Viana et al. (2011) que, ao estudarem o efeito da adubação nitrogenada com duas fontes de N (ureia e sulfato de amônio) em condições próximas às do presente estudo atribuíram redução nos teores de FDA à adubação nitrogenada.

Os teores dos componentes fibrosos CEL, HEM e LIG estão de acordo com os encontrados na literatura para condições de consórcio com a cultura do milho (PARIZ et al., 2010; VIANA et al., 2011 e COSTA et al., 2014a), confirmando a viabilidade do sistema consorciado sob plantio direto em SIPA na região do estudo. No entanto, tal sucesso dependerá do manejo adequado do solo e das condições climáticas.

Foram observados resultados significativos em relação aos teores de CZ em área de sequeiro, os quais estiveram próximos em ambos os anos, e apresentaram maiores valores no tratamento controle, fato que pode estar relacionado ao efeito residual da adubação na cultura do milho e ao efeito concentração de nutrientes pela menor produção de MS.

Em relação à DMS, apesar de ter sido observada significância no ano de 2016, com o maior teor no tratamento controle, em ambos os anos se verificou valores em torno de 50% da MS, sendo, portanto, considerados satisfatórios. Tais resultados corroboram com os encontrados por Cecato et al. (2004) que ao avaliarem o efeito da adubação nitrogenada e fosfatada no capim-marandu, verificaram valores médios de 59,7% para DMS. Reafirmando, portanto, a boa qualidade do capim produzido na presente pesquisa mesmo em cortes no outono/inverno, possibilitando a utilização desta espécie aliada à adubação nitrogenada com ureia ou a utilização da bactéria promotora de crescimento do gênero *Azospirillum*.

Tabela 17- Qualidade bromatológica do capim-marandu após aplicação foliar com *Azospirillum brasilense* ou adubação nitrogenada em área de sequeiro, safras 2014/15 e 2015/16. (média de 4 cortes).

Tratamentos	Entressafra 2015								
	PB	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG	CZ	DMS	NDT
	----- % de MS -----								
	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
<i>A. brasilense</i>	11,20	67,16	49,32	39,98	17,83	6,25b	42,10b	10,53b	55,78
Ureia	11,52	65,46	49,38	39,83	16,40	6,65b	41,72b	10,43b	56,49
Controle	11,46	64,46	47,87	38,83	16,59	7,05a	45,37a	11,34a	55,93
CV (%)	4,98	3,04	2,35	2,56	6,71	1,76	3,65	3,65	2,11
Tratamentos	Entressafra 2016								
	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns
<i>A. brasilense</i>	10,29	63,62	31,38	27,05	32,25	2,32a	44,03b	11,01b	57,25
Ureia	11,29	63,62	31,46	27,08	32,16	2,44ab	42,82c	10,70b	57,25
Controle	11,34	66,44	31,99	26,99	31,45	2,57a	45,60a	11,40a	57,33
CV (%)	8,49	2,22	3,52	2,33	1,86	4,59	0,83	0,85	1,03

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade. Proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), cinzas (CZ), digestibilidade da matéria seca (DMS) e nutrientes digestíveis totais (NDT).

Os teores de NDT estão dentro da faixa considerada adequada por Van Soest (1994) que é de 55% da MS. Segundo Pedreira et al. (2007), ao adotar um critério de corte com intervalo de dias fixos, não se consegue um controle eficiente da qualidade da forragem, pois em condições de clima favorável e correto manejo da pastagem há um crescimento acelerado das plantas, o que exige que sejam consumidas num intervalo de tempo menor, a fim de se aproveitar a qualidade do capim. Ainda segundo esses autores, a utilização da altura do dossel no pré pastejo rotacionado, proporciona maior eficiência do sistema, evitando o acúmulo excessivo de colmos e de material morto, que tem qualidade nutricional inferior

5.2.3 Produção de matéria seca do capim-marandu

- Área Irrigada

Os resultados da aplicação foliar do inoculante ou adubação nitrogenada não foram significativos, com exceção do último corte no ano de 2015, onde a produção de MS do capim-marandu foi maior no tratamento que recebeu a adubação nitrogenada na dose de 50 kg ha⁻¹ de N-ureia (Tabela 18).

Cabe ressaltar que no segundo ano, as maiores médias de MS nesse sistema foram encontradas no tratamento com ureia à lanço e aplicação foliar do inoculante, com um total de massa seca de 14.643 e 15.721 kg ha⁻¹, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2007), que ao estudarem os efeitos da inoculação com *A. brasilense* em capim-marandu verificaram que somente o tratamento inoculado proporcionou desempenho superior quando comparado à ausência de inoculação e de N, aumentando o tempo de pastoreio e elevando o perfilhamento nos estádios iniciais da forrageira, sem necessidade de recorrer a altas doses de fertilizantes.

A produtividade de matéria seca do capim-marandu no segundo ano (2016) demonstra ainda mais a eficiência do *Azospirillum brasilense*, em que no terceiro corte e no acumulado de todos os 4 cortes apresentou maior produtividade em relação ao controle e semelhança quando da adubação nitrogenada.

Sabe-se que devido a produção, pelas espécies de *Azospirillum*, de substâncias promotoras de crescimento, como auxinas, giberelinas e citocininas, o crescimento radicular nas forrageiras é mais intenso (BASHAN; De-BASHAN, 2010) e, por consequência, maior absorção de água e nutrientes, além do que essa bactéria é classificada como diazotrófica, podendo fixar N₂ atmosférico, o que contribui para a nutrição em nitrogênio para o capim-marandu.

Os anos de 2015 e 2016 apresentaram comportamentos distintos em razão dos fatores edafoclimáticos (Figura 1), mesmo não ocorrendo deficiência hídrica no sistema irrigado, as baixas temperaturas e o menor fotoperíodo prejudicam o desenvolvimento do capim, que possui temperatura ideal de crescimento em clima tropical de 30° a 35 °C, e em temperaturas em torno de 10° a 15 °C o crescimento é praticamente nulo, levando a estacionalidade na produção da forragem (McWILLIAM, 1978).

Tabela 18- Produção de matéria seca do capim-marandu após aplicação foliar com *Azospirillum brasilense* ou adubação nitrogenada em área irrigada, em duas entressafras.

Entressafra 2015					
Tratamentos	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	PMS Total
	ns	Ns	ns	*	ns
<i>A. brasilense</i>	4635	6176	1085	2747b	14.643
Ureia	5190	5817	1198	3516a	15.721
Controle	3933	4776	1022	2529b	12.260
DMS	2393	2224	521	467	4407
Média geral	4586	5570	1102	2931	14.189
CV (%)	30,2	23,1	27,3	9,2	17,95
Entressafra 2016					
Tratamentos	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	PMS Total
	ns	Ns	ns	ns	ns
<i>A. brasilense</i>	1541	991	1591	1004	5127
Ureia	1389	801	1293	894	4377
Controle	1581	802	1674	693	4750
DMS	511	218	601	412	995
Média geral	1504	865	1520	864	4751
CV (%)	19,6	14,6	22,8	27,6	12,10

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade.

- Área de sequeiro

No ano de 2015, a produtividade de matéria seca do capim-marandu após aplicação foliar do inoculante ou adubação nitrogenada foram significativos somente no segundo corte (Tabela 19), provavelmente pelo fato de que naquele período ocorreu maior precipitação pluvial e por consequência maior efeito do N, em relação ao controle e à inoculação. No geral, o tratamento que apresentou maior produtividade foi o adubado com ureia ou inoculado com *Azospirillum brasilense*, de 11.994 e 13.255 kg ha⁻¹ acumulados nos 4 cortes, respectivamente, ressaltando a importância do manejo da adubação em sistemas de pastagens, entretanto, demonstrando a eficiência da bactéria com valores semelhantes ao uso de adubação em condições de sequeiro.

A produtividade de matéria seca do capim-marandu no segundo ano (2016) demonstra ainda mais a eficiência do *Azospirillum brasilense*, em que no terceiro corte e no acumulado de todos os 4 cortes apresentou maior produtividade em relação ao controle e semelhança quando da adubação nitrogenada.

Sabe-se que devido a produção, pelas espécies de *Azospirillum*, de substâncias promotoras de crescimento, como auxinas, giberelinas e citocininas, o crescimento radicular nas forrageiras é mais intenso (BASHAN; De-BASHAN, 2010) e, por consequência, maior

absorção de água e nutrientes, além do que essa bactéria é classificada como diazotrófica, podendo fixar N₂ atmosférico, o que contribui para a nutrição em nitrogênio para o capim Marandu.

Pode-se inferir que, em ambos os manejos, sequeiro e irrigado, a utilização de *A. brasilense* é viável para o SIPA sob SPD em região de Cerrado de baixa altitude, promovendo produção de forragem satisfatória em relação à adubação nitrogenada e aplicação de bactérias promotoras de crescimento no período de escassez de alimentos para os animais, porém, com um custo relativamente menor.

Ressalta-se ainda que, a pastagem em ambos os anos agrícolas e manejos de irrigação permaneceu verde durante todo o período de avaliação, mesmo nas parcelas em que não foi fornecido N ou inoculante às plantas, com visível rebrota, mesmo nos períodos de estiagem. Tal fato deve-se ao aproveitamento dos adubos residuais da cultura do milho pelas forrageiras, ao melhor desenvolvimento do sistema radicular em virtude dos incrementos em fertilidade do solo, com adoção do SPD há 12 anos e também do SIPA.

Tabela 19- Produção de matéria seca do capim-marandu após aplicação foliar com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em área de sequeiro, em duas entressafras.

Entressafra 2015					
Tratamentos	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	PMS Total
	ns	*	ns	ns	*
<i>A. brasilense</i>	5669	3804b	995	1526	11.994ab
Ureia	5424	5148 ^a	996	1687	13.255a
Controle	4525	3804b	1162	1384	10.875b
DMS	1471	743	334	613	1724
Média geral	5206	4315	1038	1532	12.091
CV (%)	16,3	9,9	18,61	23,1	8,24
Entressafra 2016					
Tratamentos	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	PMS Total
	ns	Ns	*	ns	ns
<i>A. brasilense</i>	1304	929	1425a	1042	4700
Ureia	1334	1164	1279b	864	4641
Controle	1228	900	1247b	932	4307
DMS	418,5	372	243	526	969
Média geral	1289,5	998	1317	946	4550
CV (%)	18,7	21,6	10,6	32,1	12,31

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade.

5.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DO SIPA SOB SPD

- Área irrigada

Os atributos químicos avaliados nas áreas sob manejo irrigado, coletados ao final de cada ciclo produtivo do milho em ambos os anos agrícolas, apresentaram resultados significativos para todos os atributos da fertilidade do solo (Tabelas 20), sendo os maiores valores de MO observados na camada de 0-0,10 m, destacando-se também a elevação dos teores de bases trocáveis, que, em virtude da calagem de superfície realizada anteriormente à implantação do experimento, elevou os teores de Ca e Mg trocáveis e o pH, principalmente nessa camada. Além disso, a adubação de semeadura proporcionou aumento dos valores de P e K, em ambos os anos agrícolas (Tabelas 20 e 21).

No primeiro ano de coleta, após o período de condução do capim-marandu, não foram observados resultados significativos para os atributos avaliados. Porém, verificou-se redução dos valores de bases trocáveis, MO, P e K (Tabela 22 e 23). Tal resultado pode estar relacionado ao fato de que na primeira safra, devido às altas temperaturas (Figura 1), o capim se sobressaiu ao milho com conseqüente maior consumo de nutrientes. No segundo ano do cultivo do capim, observou-se aumento dos valores dos atributos da fertilidade do solo devido a ciclagem de nutrientes.

Estes resultados para os atributos químicos do solo após a condução da pastagem no segundo ano, devem-se em parte, ao elevado acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície do solo proporcionado no primeiro ano de condução dos experimentos, em que no processo de decomposição da massa vegetal residual, proporcionam aporte de nutrientes adequado à atividade microbológica do solo, resultando em alterações de sua fertilidade. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al. (2015) e diversos autores (SPERA et al., 2010; SANTOS et al., 2011; MENDONÇA et al., 2012) que relataram que além dos benefícios advindos da ciclagem de nutrientes dos resíduos culturais, o efeito da adubação nas culturas, assim como a intensificação da área agrícola com cultivos proporcionam melhorias ou pelo menos a manutenção dos atributos químicos, físicos e microbológicos do solo.

Além dos benefícios proporcionados pela adubação nas culturas, o efeito da utilização de bactérias diazotróficas promotoras de crescimento, pode também auxiliar na absorção de nutrientes tanto por meio da fixação biológica de N₂ atmosférico, quanto pela produção de fitormônios que atuam no sistema radicular da planta, resultando em melhor absorção de água e minerais (BASHAN; De BASHAN, 2010; VOGEL et al., 2013) refletindo em economia na

utilização de fertilizantes quando comparado aos sistemas de produção que utilizam altas quantidades de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, devido ao baixo custo do inoculante.

Tabela 20- Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, implantadas em função do consórcio, na safra 2014/15, em área irrigada.

Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	Safra 2014/15 (0,00-0,10 m)											
	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)	----- mmol _c dm ⁻³ -----								---- % ----
	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*
Milho	37,7a	33,1a	5,4ab	4,1bc	40,5ab	35,1	32,8b	1,0b	79,8ab	112,6a	70,9ab	1,0c
Milho + U	17,9c	25,8d	4,8c	3,2c	19,2d	17,9	40,5a	1,5a	40,4d	80,9d	49,8d	2,5ab
Milho + U (I)	26,6b	28,4bc	5,2bc	5,6a	25,0cd	24,6	36,8ab	1,5a	55,2cd	91,9cd	58,6cd	3,0a
Milho (I) + U	17,8c	26,6cd	5,0bc	5,4a	21,0d	19,0	39,0a	1,5a	45,4d	84,4d	53,2d	2,7a
Milho (I)	20,9c	28,5bc	5,4ab	4,8ab	32,6bc	27,1	35,1ab	1,0b	64,5bc	99,6bc	63,9bc	1,2bc
Milho (I) + U (I)	32,9a	30,2b	5,8c	3,4c	44,5 ^a	23,0	25,8c	1,0b	86,9a	112,55a	76,4a	1,0c
CV (%)	12,89	4,56	5,13	14,05	18,11	33,44	11,38	25,30	17,22	7,13	10,89	47,31

Sistemas de cultivo	Safra 2014/15 (0,10-0,20 m)											
	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)	----- mmol _c dm ⁻³ -----								---- % ----
	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
Milho	22,5ab	21,2b	4,7bc	3,1bc	13,2b	12,0b	41,0	1,8b	28,3b	69,3	40,5abc	2,3b
Milho + U	20,5bc	22,0b	4,5c	2,3d	12,0b	9,5b	52,0	3,8a	23,8b	75,8c	31,2c	2,0b
Milho + U (I)	14,5cd	19,2c	4,6bc	4,5a	11,5b	11,0b	44,5	2,5b	27,0b	71,53ab	38,0bc	3,5ab
Milho (I) + U	14,3cd	23,5 ^a	4,7bc	3,6b	14,2b	11,5b	47,5	2,5b	29,33b	75,8bc	38,7abc	3,5a
Milho (I)	12,8d	21,1b	4,8ab	3,2bc	14,2b	11,5b	40,8	2,8ab	29,0b	69,7ab	42,0ab	3,0a
Milho (I) + U (I)	27,8a	24,2 ^a	4,9a	2,6cd	18,2 ^a	15,0a	38,0	2,3b	35,8a	73,8abc	48,5a	3,5a
CV (%)	22,39	3,85	3,15	14,68	14,85	16,90	14,40	31,87	14,62	4,62	16,25	27,08

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

Tabela 21- Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, implantadas em função do consórcio, na safra 2015/16, em área irrigada.

Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	Safra 2015/16 (0,00-0,10 m)											
	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)	----- mmol _c dm ⁻³ -----								---- % ----
	*	Ns	ns	*	Ns	*	*	ns	*	*	*	*
Milho	35,0b	32,2c	5,2	4,1bc	34,8	30,2c	35,2	1,0	69,1b	104,5c	66,2b	1,0
Milho + U	28,8bc	35,2b	5,3	3,2c	44,2	39,2a	30,0	1,0	86,9a	116,9a	74,8a	1,8
Milho + U (I)	36,0b	32,0c	5,2	4,5b	34,8	31,8bc	36,8	1,5	70,8b	107,5bc	66,0b	1,3
Milho (I) + U	24,2c	33,8bc	5,4	3,2c	41,2	39,8a	31,0	1,0	84,2a	115,2ab	72,8a	1,8
Milho (I)	49,2a	40,2 ^a	5,3	5,8a	43,8	39,0a	33,8	1,0	88,5a	122,1a	72,0a	1,0
Milho (I) + U (I)	29,2bc	34,0bc	5,4	4,9ab	38,2	35,2ab	29,0	1,3	78,5ab	107,5bc	73,2a	1,5
CV (%)	17,29	5,39	2,52	19,45	12,64	8,57	11,18	29,26	9,37	5,06	5,05	41,11
Sistemas de cultivo	Safra 2015/16 (0,10-0,20 m)											
	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)	----- mmol _c dm ⁻³ -----								---- % ----
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Milho	26,2b	27,8ab	4,9a	3,7bc	21,8b	18,8ab	42,0	1,8bc	44,1ab	86,1ab	50,8a	3,8a
Milho + U	20,8b	26,2d	4,8a	2,7d	20,2b	19,8ab	47,2	2,5b	42,7ab	90,0a	47,8a	3,5bc
Milho + U (I)	20,2b	23,0c	4,4b	2,4d	11,8 ^a	11,8c	56,8	3,5a	25,7c	82,4bc	32,0b	2,5c
Milho (I) + U	21,8b	27,2bc	4,8a	3,3c	21,8b	22,0a	42,0	2,0bc	47,0a	89,0a	52,8a	4,0a
Milho (I)	35,0a	28,8 ^a	4,9a	4,0ab	22,2b	21,2a	40,0	1,3c	47,7a	87,7ab	55,0a	2,5c
Milho (I) + U (I)	20,2b	24,0d	4,7a	4,3a	18,0b	16,2b	39,2	2,0bc	38,7b	78,0c	49,8a	3,8a
CV (%)	21,12	2,55	3,48	8,89	15,91	13,41	14,87	27,09	13,33	4,98	13,26	23,50

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

Tabela 22- Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, em sucessão ao cultivo do milho, na entressafra, em área irrigada.

Tratamentos	Entressafra 2015 (0,00 – 0,10 m)											
	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)				mmol _c dm ⁻³				----	%
	ns	Ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>A. brasilense</i>	16,0	22,5	5,2	2,0	20,8	18,0	29,8	1,0	41,2	68,7	58,2	1,3
Ureia	20,8	22,8	5,1	2,2	17,8	16,0	30,8	1,5	36,4	67,1	54,0	1,0
Controle	18,0	22,5	5,0	2,0	16,5	14,8	32,0	1,3	33,1	65,1	50,8	1,5
CV (%)	28,1	4,61	3,78	20,92	13,70	15,04	12,17	29,81	14,50	5,82	11,23	29,81
Tratamentos	Entressafra 2015 (0,10 – 0,20 m)											
	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)				mmol _c dm ⁻³				----	%
	ns	Ns	ns	ns	Ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
<i>A. brasilense</i>	12,0	19,0	5,2	1,3	18,8	14,0	28,0	1,5b	34,2	62,1	54,5	1,0
Ureia	13,8	19,2	5,3	1,5	18,2	15,0	27,2	1,0b	34,8	62,0	56,0	1,3
Controle	13,5	19,2	5,0	1,1	16,0	12,2	32,2	2,3a	29,4	61,7	47,5	1,3
CV (%)	14,69	8,30	4,12	51,92	18,12	15,28	14,26	23,54	16,00	3,44	13,88	37,80

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade.

Tabela 23- Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, em sucessão ao cultivo do milho, na entressafra, em área irrigada.

Tratamentos	Entressafra 2016 (0,00 – 0,10 m)											
	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)				mmol _c dm ⁻³				----	%
	ns	Ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>A. brasilense</i>	32,8	24,50	6,3	5,5	24,5	22,9	28,1	3,0a	49,8	76,3	60,8	2,8
Ureia	35,8	23,8	6,5	5,1	25,4	23,3	28,1	3,0a	50,6	77,2	61,2	1,8
Controle	34,0	23,5	5,3	3,6	26,5	26,2	26,7	1,0b	56,4	83,0	65,0	2,3
CV (%)	21,26	6,93	23,89	30,39	18,07	26,04	11,08	37,80	19,16	13,17	10,73	39,20
Tratamentos	Entressafra 2016 (0,10 – 0,20 m)											
	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)				mmol _c dm ⁻³				----	%
	ns	Ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>A. brasilense</i>	33,5	25,0	5,3	4,6	25,2	23,4	27,2	1,8	53,3	80,5	64,8	2,3
Ureia	35,8	23,8	5,2	3,8	25,5	23,0	28,2	1,5	52,4	80,5	64,0	3,0
Controle	32,0	23,2	5,3	3,5	26,1	25,9	26,1	1,0	55,5	81,6	65,2	3,8
CV (%)	21,51	6,40	4,77	28,05	18,03	26,52	10,82	53,91	18,62	11,99	8,51	51,22

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade.

- Área de sequeiro

Para os atributos químicos avaliados nas áreas sob manejo de sequeiro coletados ao final de cada ciclo produtivo do milho em ambos os anos agrícolas, os resultados também foram significativos para praticamente todos os atributos da fertilidade (Tabela 24 e 25), sendo os maiores valores observados na camada de 0,00-0,10 m. No entanto, não houve elevação dos valores de bases trocáveis e pH, em razão da calagem em superfície realizada anteriormente à implantação do experimento. Provavelmente, tal efeito, foi devido à restrição hídrica nesse tipo de manejo. O calcário não teve tempo hábil para solubilização e efeito significativo. Além disso, a adubação de semeadura não proporcionou aumento dos teores de P e K, e nem o teor de MO no solo foi acrescido, em ambos os anos agrícolas.

Entretanto, cabe ressaltar que os valores dos atributos químicos do solo, de maneira geral, foram superiores aos avaliados anteriormente à instalação do experimento (Tabela 1). Com os cultivos consecutivos na área (consórcios e pastagem) houve melhoria na qualidade química do solo, principalmente após o cultivo da *Urochloa* na entressafra, que em razão do período de chuvas promoveu maior absorção de nutrientes e elevação do pH pelo efeito residual da calagem, assim como da ciclagem dos nutrientes provenientes do resíduo vegetal da cultura antecessora (Tabela 26 e 27). Logo, pode-se afirmar que, apesar dos cultivos consorciados com posterior cultivo do capim-marandu apresentarem elevada exigência e extração de nutrientes, tal SIPA foi eficiente em manter os níveis de fertilidade do solo durante o período de condução dos experimentos, inclusive com aumento dos valores no curto prazo, tendo em vista que os solos da região de Cerrado possuem muitas vezes, baixa fertilidade e pH.

A partir da segunda safra de 2015/16, os atributos químicos do solo apresentaram maiores valores, inclusive de MO, P e K. Essas melhorias químicas do solo, mediante inclusão de resíduos vegetais da cultura antecessora aliados a utilização do *A. brasilense* ou da adubação nitrogenada, refletem na resposta produtiva do milho na safra subsequente. Segundo Calonego et al. (2012), tais efeitos ocorrem de forma global devido a matéria orgânica humificada que promove o armazenamento de água no solo e o fornecimento de nutrientes para o crescimento de plantas, pois tais substâncias elevam a capacidade de troca catiônica, consequentemente proporcionando maior reserva de nutrientes e exploração de área do solo, aumentando a capacidade das plantas em obter água e nutrientes minerais (NEVES NETO et al., 2013).

No final do último ciclo do capim-marandu, todos os atributos químicos avaliados apresentaram valores maiores que os apresentados no início da implantação do experimento.

Ressaltando a importância do SIPA, especialmente no sistema de rotação lavoura-pasto, o qual proporciona produção de grãos e pastagem na entressafra de forma mais lucrativa em virtude da diversificação das atividades econômicas (CORDEIRO et al., 2015; KLUTHCOUSKI et al., 2015; SALTON et al., 2015), com melhoria na fertilidade do solo para continuidade do SPD.

Tabela 24- Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, implantadas em função do consórcio, na safra 2015/16, em área de sequeiro.

Safra 2015/16 (0,00 – 0,10 m)												
Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)	----- mmol _c dm ⁻³ -----							---- % ----	
	*	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Milho	6,3ab	20,7	4,7c	1,4d	12,5d	11,5cd	34,0b	3,0a	25,3c	59,3d	42,0d	1,5c
Milho + U	7,0a	21,0	4,7c	2,4c	15,0cd	9,75d	40,0a	2,5a	27,2c	67,2c	39,8d	2,0bc
Milho + U (I)	4,7bc	20,0	4,9bc	1,6cd	17,0cd	16,75bc	38,5a	1,8ab	35,3bc	73,8b	46,8cd	3,5a
Milho (I) + U	2,4d	23,0	5,3a	5,1a	23,5b	16,5bc	32,5b	2,0ab	45,1b	77,6b	58,0b	2,0bc
Milho (I)	3,4cd	24,2	5,2ab	3,6b	34,7 ^a	30,25a	32,5b	1,0b	68,6a	101,1a	68,0a	1,3c
Milho (I) + U (I)	5,2b	22,0	4,8c	2,0cd	19,5bc	17,75b	34,0b	1,8ab	39,18b	73,2bc	53,8bc	3,0bc
CV (%)	22,10	10,91	3,91	24,70	17,80	20,73	7,49	48,59	17,44	6,17	12,81	37,50
Safra 2015/16 (0,10 – 0,20 m)												
Sistemas de cultivo	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)	----- mmol _c dm ⁻³ -----							---- % ----	
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	*	*
Milho	17,0b	20,5a	4,9a	1,3cd	15,5ab	15,2 ^a	30,2d	3,3c	31,9a	62,1	19,5a	1,8bc
Milho + U	18,7b	17,8bc	4,3c	1,0d	8,0d	6,7b	49,5a	3,8a	15,8c	65,3	24,25c	1,5c
Milho + U (I)	26,0a	16,8c	4,5bc	1,3cd	10,7cd	9,0b	40,0b	3,5a	21,0bc	61,0	34,5bc	3,3a
Milho (I) + U	22,7ab	19,2ab	5,0a	3,6a	19 ^a	10,25b	32,5cd	1,3b	32,8a	65,4	50,2a	2,8a
Milho (I)	28,0a	19,5ab	4,9a	2,3b	16,5ab	9,0b	36,0bc	1,3b	27,8ab	63,8	43,5ab	3,3a
Milho (I) + U (I)	17,0b	20,2a	4,6b	1,7c	13,0bc	9,8b	34,0cd	3,5a	24,5ab	58,4	41,75ab	2,5ab
CV (%)	19,73	7,15	3,73	19,43	21,31	27,81	9,21	27,91	22,4	6,51	17,25	23,85

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "LSD" a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

Tabela 25- Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, implantadas em função do consórcio, na safra 2015/16, em área de sequeiro.

Safra 2015/16 (0,00 – 0,10 m)												
Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)				mmol _c dm ⁻³				----	%
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Milho	14,2d	21,2e	4,68c	2,4d	18,8c	18,2d	37,2a	2,5a	39,38c	76,1d	50,8c	4,3a
Milho + U	36,7c	29,0b	4,9bc	3,6b	25,2bc	25,2bc	35,2a	1,0c	54,28b	89,6c	60,8b	2,0cd
Milho + U (I)	38,7c	27,2c	5,5a	3,0c	45,2 ^a	44,0a	24,0b	1,0c	92,38a	116,4a	79,2a	1,5d
Milho (I) + U	58,0ab	26,2c	5,2b	4,1b	31,2b	24,0cd	34,8a	1,3bc	59,4b	94,1bc	62,2b	1,8d
Milho (I)	70,2a	30,2a	5,7a	5,9a	48,8 ^a	32,0b	25,0b	1,8b	86,58a	111,6a	77,8a	3,5ab
Milho (I) + U (I)	44,0bc	24,0d	4,8c	3,7b	29,8b	29,0bc	38,0a	1,8b	62,4b	100,4b	61,0b	1,8bc
CV (%)	23,03	3,10	4,05	9,6	13,73	15,73	11,93	27,98	13,49	7,26	9,48	29,84
Safra 2015/16 (0,10 – 0,20 m)												
Sistemas de cultivo	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)				mmol _c dm ⁻³				----	%
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Milho	10,0d	17,2d	4,2c	1,4d	10,0c	10,0b	42,8ab	3,8ab	21,4b	64,1c	34,0b	3,3abc
Milho + U	35,2c	22,2b	4,2c	2,0c	12,0c	11,8b	52,0a	4,3a	25,7b	77,8b	32,8b	2,3bcd
Milho + U (I)	45,8b	21,8b	4,6b	2,4c	21,0b	19,8 ^a	41,8ab	3,0bc	43,0a	84,7ab	51,0a	3,8a
Milho (I) + U	36,8c	22,0b	4,8ab	3,1b	28,2 ^a	21,8 ^a	39,2b	2,0cd	53,1a	92,4a	56,0a	3,5ab
Milho (I)	57,8a	24,0a	5,0a	4,0a	27,2 ^a	19,8 ^a	36,8b	1,0d	51,0a	87,7ab	58,2a	2,0d
Milho (I) + U (I)	30,2c	19,2c	4,3c	2,2c	12,0c	10,0b	26,0c	4,0ab	24,2b	50,2d	50,0a	1,8d
CV (%)	15,25	3,9	3,54	10,88	20,9	30,44	17,34	25,09	23,31	9,70	18,47	31,37

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

Tabela 26- Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, em sucessão ao cultivo do milho, na entressafra, em área de sequeiro.

Entressafra 2015 (0,00 – 0,10 m)												
Tratamentos	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)	----- mmol _c dm ⁻³ -----				---- % ----				
	ns	ns	ns	ns	Ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>A. brasilense</i>	20,0	23,5	5,1	2,0	17,0	14,5	31,8	1,0	33,4	65,2	51,2	2,5
Ureia	15,0	19,8	5,0	1,9	15,0	13,5	31,5	1,3	30,2	61,7	49,0	2,5
Controle	16,8	20,5	5,0	1,8	15,2	13,0	33,5	1,5	30,2	63,7	47,2	2,5
CV (%)	30,66	14,44	2,98	34,64	8,92	8,79	8,76	29,81	6,49	4,72	6,42	23,09
Entressafra 2015 (0,10 – 0,20 m)												
Tratamentos	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)	----- mmol _c dm ⁻³ -----				---- % ----				
	ns	ns	ns	ns	Ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
<i>A. brasilense</i>	10,5	17,5	5,2	0,6	15,5	12,8	27,0	1,5	28,9	55,8	51,2	2,8a
Ureia	15,0	17,8	5,2	0,7	15,8	13,0	27,	1,0	29,4	56,4	51,8	1,5b
Controle	10,5	17,8	5,1	0,9	13,8	12,0	30,2	1,3	26,7	57,0	47,0	2,8a
CV (%)	39,38	6,74	3,51	29,71	11,49	8,27	10,73	10,0	9,35	4,79	8,52	23,69

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade.

Tabela 27- Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPA, em sucessão ao cultivo do milho, na entressafra, em área de sequeiro.

Tratamentos	Entressafra 2016 (0,00 – 0,10 m)											
	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)				mmol _c dm ⁻³				%	
	ns	ns	ns	ns	Ns	Ns	ns	*	ns	ns	ns	*
<i>A. brasilense</i>	25,0	33,0	5,6	5,4	37,1	34,4	26,9	1,8a	76,9	103,8	74,0	1,5ab
Ureia	30,0	29,8	5,4	4,3	34,5	31,5	31,5	1,0b	69,9	101,4	68,2	2,3a
Controle	32,5	30,2	5,4	4,7	54,5	31,3	29,2	1,0b	70,5	99,7	68,8	1,0b
CV (%)	60,01	5,82	5,07	26,23	18,44	22,47	22,48	23,09	20,55	9,16	13,37	31,58
Tratamentos	Entressafra 2016 (0,10 – 0,20 m)											
	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)				mmol _c dm ⁻³				%	
	*	ns	ns	ns	Ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>A. brasilense</i>	15,0b	21,0	4,9	6,5	19,6	20,0	31,2	1,8	46,9	74,4	47,5	2,8
Ureia	18,5ab	23,8	5,1	3,7	21,8	21,2	36,2	1,0	46,7	82,9	82,9	3,3
Controle	21,5a	23,2	4,9	4,2	18,7	18,7	35,3	2,0	39,9	75,3	52,2	3,8
CV (%)	11,21	16,98	3,01	59,1	14,04	26,87	22,55	50,48	23,19	5,98	12,65	34,02

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade.

5. 4 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NO SIPA SOB SPD

5.4.1 Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo

- Área irrigada

Verificou-se que para a macroporosidade (MA), microporosidade (MI) e porosidade total (PT), na camada 0,10 a 0,20 m, houve influência significativa dos tratamentos e da forrageira utilizada (Tabela 28), sendo o uso da ureia à lanço e o tratamento controle os que apresentaram maiores valores de porosidade. No entanto, de maneira geral, houve incremento de MA, MI e PT, tanto na camada superficial (0-0,10 m) como na subsuperficial (0,10-0,20 m) (Tabela 29). A adoção de práticas conservacionistas como o SPD, rotação de culturas e o SIPA, podem ser benéficas ao sistema de produção, melhorando a ciclagem de nutrientes para exportação, com redução do esgotamento das reservas do solo e também proporciona melhora da sua qualidade física (COSTA et al., 2015). Os resultados da MA, em ambas as camadas, foram superiores aos encontrados por Chioderolli et al. (2012) que avaliaram os atributos físicos após o consórcio milho e *Urochloa brizantha*.

Para a densidade do solo (DS) os resultados não foram significativos. Porém, em ambas as camadas, houve redução da DS quando comparada à fase de instalação do experimento. Assim, uma possível explicação para este fato é a de que a *Urochloa*, por ter desenvolvimento radicular mais vigoroso e profundo, proporciona maior aeração do solo, aumentando a porosidade e reduzindo, conseqüentemente a DS durante a condução dos experimentos. Portanto, pode-se afirmar que os sistemas consorciados (milho+*Urochloa*) e pastagem (*Urochloa*) em sucessão ao milho foram eficientes em promover melhoria desse atributo físico no manejo irrigado.

Marchão et al. (2007) relataram que a inclusão de pastagens na rotação de culturas melhora a qualidade física do solo pela combinação de três efeitos principais: ausência de preparo durante o ciclo da pastagem, presença de um denso sistema radicular atuando como agente agregante e aumento da atividade da macrofauna do solo, corroborando ao constatado no presente estudo.

Assim como relatado por Costa et al. (2015), o aumento da quantidade de MA pode acontecer devido à exploração do perfil do solo pelos diferentes tipos de sistema radicular provenientes das plantas em consórcio, que após a decomposição, contribui para formação da arquitetura permanente de poros, resultando em maior quantidade de MA e melhor agregação e estrutura do solo. Ainda segundo esses autores, esse comportamento foi observado em

outros trabalhos científicos na mesma região de estudo, com melhoria nos atributos físicos em sistemas rotacionados, principalmente nos consórcios de milho com forrageiras tropicais e subsequente cultivo da soja (CHIODEROLI et al., 2012; MENDONÇA et al., 2012).

Tabela 28- Atributos físicos do solo nas camadas 0 – 0,10 e de 0,10-0,20 m, após a condução do capim-marandu implantado em ocasião do consórcio com a cultura do milho em área irrigada no ano de 2016.

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

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

- Área de sequeiro

Os sistemas de cultivo consorciados aliado a manutenção do capim-marandu na entressafra, de maneira geral, promoveram melhoria na MA, MI, PT e DS (Tabela 29). Resultados significativos foram encontrados para MA, na camada de 0,10 a 0,20 m, com maior quantidade de MA nos tratamentos que receberam ureia. Para DS, na camada de 0 a 0,10 m, os melhores resultados foram encontrados para os tratamentos que receberam a inoculação via foliar com *A. brasilense* e o tratamento controle, ressaltando o efeito benéfico que a bactéria diazotrófica pode trazer ao solo pela ação de fitormônios, com consequente aumento do sistema radicular da cultura inoculada. Resultados semelhantes foram verificados por Pereira et al. (2016) que observaram que em diferentes culturas forrageiras e tipos de semeadura, o efeito proporcionado pelas forrageiras não foram suficientes para melhorar os atributos físicos do solo no curto prazo.

O aumento da MA é considerado importante para manutenção da conservação do solo e valores abaixo de 0,10 m³ m⁻³ podem ser críticos, no entanto, os valores encontrados nessa pesquisa não interferiram na produtividade do milho e do capim-marandu, mesmo em manejo de sequeiro. No geral, os valores de MA foram menores que os encontrados por outros autores (COSTA et al., 2015; PEREIRA et al., 2016), os quais também não observaram prejuízo na produção da cultura granífera e da pastagem em sucessão.

A melhoria dos atributos físicos do solo, indicam a importância da utilização de forrageiras em sistema de rotação, pois estas têm efeito na agregação do solo, com reflexos na

estrutura e permeabilidade dos solos. Além disso, favorecem o desenvolvimento do sistema radicular o qual permite maior exploração do perfil do solo pelas raízes, aumentando posteriormente a infiltração de água pelos canais radiculares e absorção de nutrientes pela cultura sucessora, aumentando sua produção (CHIODEROLLI et al., 2012), principalmente em condições de sequeiro.

Tabela 29- Atributos físicos do solo nas camadas 0 – 0,10 e de 0,10-0,20 m, após a condução do capim-marandu implantado em ocasião do consórcio com a cultura do milho em área de sequeiro no ano de 2016.

Tratamentos	MA10	MI10	PT10	MA20	MI20	PT20	DS10	DS20
	----- m ³ m ⁻³ -----						-- kg dm ⁻³ --	
	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns
<i>A. brasilense</i>	0,082	0,448	0,530	0,064b	0,408	0,472	1,07a	1,07
Ureia	0,124	0,426	0,550	0,116a	0,432	0,548	0,95b	1,03
Controle	0,104	0,462	0,566	0,086ab	0,426	0,512	1,07a	1,08
CV (%)	23,17	1,078	8,84	24,04	10,08	8,85	5,64	6,34

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

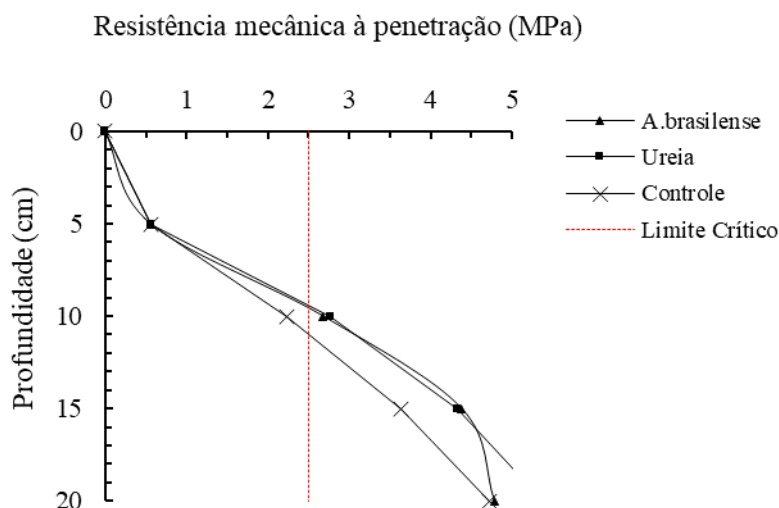
5.4.2 Resistência mecânica à penetração e estoque de carbono no SIPA sob SPD

- Área irrigada

A resistência mecânica à penetração (RMP) foi influenciada pelos tratamentos (Figura 2), sendo que nas camadas superficiais, no manejo irrigado os valores ficaram abaixo de 3,0 MPa, porém, esses valores foram inferiores aos observados no período inicial do experimento. O aumento da RMP é uma das consequências diretas da compactação do solo (KIRKEGAARD; SO; TROEDSON, 1993) e, é restritiva ao crescimento radicular das culturas quando esses valores se encontram acima da faixa entre 1,5 a 3,0 Mpa (BEUTLER et al., 2001). Dessa forma, a ausência de compactação do solo tem sido verificada pela diminuição da densidade (Tabela 28).

O efeito de incremento do sistema radicular proporcionado pelo consórcio e pela utilização de *A. brasilense*, proporcionou a redução da DS e conseqüentemente da RMP. Assim, uma das estratégias para amenizar os efeitos da compactação em SPD é o cultivo de espécies com sistema radicular vigoroso, as quais estabelecem canais que favorecem o desenvolvimento de raízes para a cultura subsequente (WANG; HESKETH; WOOLLEY, 1986).

Figura 2- Resistência mecânica à penetração nas camadas de 0 a 0,10 e de 0,10 a 0,20 m, ao final da condução do SIPA em área irrigada no ano de 2016.



O estoque de carbono (EC) acumulado durante os anos experimentais foi menor ao observado no início do experimento (2014) ($17,17 \text{ t ha}^{-1}$) devido a redução da densidade do solo ao longo dos anos (Tabela 30), proporcionada pelas práticas de manejo adequadas, como o uso de rotação e consorciação, além da redução do tráfego na área em razão do período de pastagem após a colheita do milho. O uso e manejo adequado do solo pode reduzir a emissão de gases do efeito estufa, melhorando o ambiente, diminuindo a degradação da matéria orgânica do solo (MOS), o que proporciona benefícios nos atributos físicos do solo (COSTA et al., 2015).

Apesar de não serem influenciados significativamente pelos tratamentos, os EC em ambas as camadas de solo, nas áreas onde houve aplicação somente de *A. brasilense* via foliar, apresentaram maior EC do que os demais tratamentos. Tal fato pode ser devido ao maior crescimento radicular proporcionado por essa bactéria diazotrófica que tem efeito de incremento na produção de fitohormônios que aumentam o crescimento radicular (VOGEL et al., 2013). Os resíduos de MS além de proporcionar incremento no EC, permitem ainda recuperar os teores de MOS, além de serem indispensáveis no aumento do tamanho e da estabilidade dos agregados e ainda favorecerem o controle da erosão e a resistência do solo à compactação (COSTA et al., 2015).

Cordeiro et al. (2015) observaram diminuição do EC em solo de Cerrado nativo, cultivado anteriormente com pastagem de baixa qualidade, e após cinco anos de cultivo. Em

outro estudo Macedo et al. (2015), observaram que em um período de 6 anos, o solo sob SIPA apresentou maiores teores total de C quando comparado com os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Os autores relataram ainda que, em sistema de ILP (integração sem árvores) havia menor concorrência por luz, água e nutrientes, e, portanto, proporcionou maior fonte de material orgânico para elevar o carbono do solo do que a pastagem combinada com árvores no sistema de ILPF.

Tabela 30- Estoque de carbono, após a condução do capim-marandu implantado em ocasião do consórcio com a cultura do milho em área irrigada no ano de 2016.

Tratamentos	EC10	EC20
	t ha ⁻¹	
	ns	ns
<i>A. brasilense</i>	14,5	16,8
Ureia	13,5	15,1
Controle	13,9	14,7
CV (%)	6,48	8,60

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade. Estoque de carbono (EC10) na camada de 0,00 – 0,10 e (EC20) na camada de 0,10-0,20 m.

- Área de sequeiro

A RMP da área manejada em sequeiro (Figura 3), apresentou resultados menores aos avaliados na fase de implantação, os quais encontravam-se acima de 3,80 MPa na camada superficial (0-0,10 m), o que torna esse fator de extrema importância em manejo sem irrigação. Nessas áreas, a decomposição da MO é acelerada, o que pode gerar perdas em produtividade das culturas pelo menor crescimento radicular. Foi observado aumento mais intenso da RMP na camada abaixo de 0,10 m, o que pode prejudicar o desenvolvimento das raízes em profundidade, especialmente em área de sequeiro, fato observado na primeira safra.

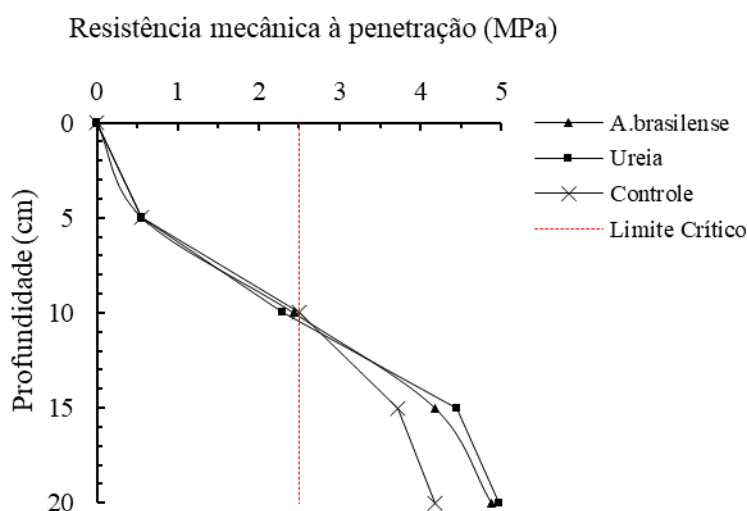
Os diferentes sistemas de manejo do capim-marandu resultaram em diferentes condições de preservação do equilíbrio físico do solo, que podem ser favoráveis ou não, à sua conservação e às culturas sucessoras. Desta forma, torna-se importante a adoção de sistemas de manejo mais compatíveis com as características de cada área (ROZANE et al., 2010), sendo que estes são preponderantes para a continuidade dos sistemas de produção, visando maior sustentabilidade.

Valores de resistência à penetração acima de 2,5 MPa podem prejudicar o crescimento de gramíneas (CANARACHE, 1990). No entanto, a intensidade dos danos causados pela compactação é diretamente influenciada pela disponibilidade de água no solo e pelo estágio de desenvolvimento das culturas, pois a baixa disponibilidade de água em estádios de

crescimento mais intenso poderá promover reduções mais bruscas na produtividade de plantas cultivadas em solos compactados.

A compactação também reduz a capacidade de infiltração de água no solo aumentando, deste modo, o volume de água perdido por escoamento superficial (FRANCHINI et al., 2009). Além disso, Volk (2006) relatou que em solo compactado sob o SPD, as perdas de água por escoamento superficial podem chegar a 70%, considerando uma chuva de 64 mm h^{-1} .

Figura 3- Resistência mecânica à penetração nas camadas de 0 a 0,10 e de 0,10 a 0,20 m, ao final da condução dos SIPA em área de sequeiro no ano de 2016.



Foi observado no manejo de sequeiro pequena diminuição do EC em comparação a fase inicial do experimento ($21,75 \text{ t ha}^{-1}$), onde na camada de 0-0,10 m os resultados foram significativos, com o maior valor para o tratamento que recebeu *A. brasilense* via foliar (Tabela 31), novamente por efeito devido ao incremento radicular proporcionado pelo inoculante. Nesse manejo de sequeiro também houve significativa produção de capim (PMS), proporcionando grande quantidade de palhada em superfície, que pela ausência de revolvimento do solo, princípio básico do SPD, que além de reduzir a emissão de CO_2 para a atmosfera, atua no aumento do estoque de C no solo, trazendo ainda outros benefícios às culturas, pelo aumento da diversidade e também benefícios na qualidade físico-química do solo (CARVALHO et al., 2010).

Além dos benefícios citados, o SPD diminui o risco e o custo de produção agrícola pelo menor uso de fertilizantes, inseticidas e combustível, devido ao menor número de operações na área (MACHADO; SILVA, 2001), o que também resultará em menor emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera.

Na camada de 0,10 a 0,20 m, além de não apresentar resultados significativos entre os tratamentos, observou-se redução do EC em relação à fase inicial do experimento, como mencionado anteriormente. A redução desses valores, deve-se principalmente em razão da menor densidade do solo ao longo dos experimentos.

Tabela 31- Estoque, após a condução do capim-marandu implantado em ocasião do consórcio com a cultura do milho em área de sequeiro no ano de 2016.

Tratamentos	EC10	EC20
	t ha ⁻¹	
	*	ns
<i>A. brasilense</i>	20,5a	14,8
Ureia	16,5b	13,8
Controle	18,6ab	14,7
CV (%)	10,43	9,46

*Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade. Estoque de carbono (EC10) na camada de 0,00 – 0,10 e (EC20) na camada de 0,10-0,20 m.

6 DESEMPENHO ECONÔMICO DA PRODUÇÃO DE GRÃOS DE MILHO EM CONSÓRCIO COM *Urochloa brizantha* cv. MARANDU

- Área irrigada

Os custos operacionais (operações e insumos) registrados no experimento em ambos os anos agrícolas, para obtenção do desempenho econômico dos sistemas de produção avaliados foram extrapolados para um hectare (Tabela 32 e 33). Este modelo de estrutura de custo operacional total (COT) foi utilizado em todos os sistemas de produção, nos dois anos agrícolas, incluindo a implantação do consórcio e manejo da espécie forrageira durante o período de entressafra no SIPA. Verifica-se que as operações que mais oneraram os custos de produção do milho foram com a colheita do material, seguidos da irrigação da área, e semeadura do capim.

De maneira geral, observa-se que os custos com os insumos, principalmente para os fertilizantes e sementes de milho, foram os componentes que mais oneraram os sistemas produtivos analisados. No caso das sementes é justificado ao seu alto nível tecnológico e também pelo fato de ser um híbrido simples (DKB 390). O aumento nos custos de produção no segundo ano de avaliação advém principalmente pela elevação nos custos das sementes de milho híbrido triplo (DKB 350), insumos e defensivos agrícolas em comparação ao primeiro ano. Assim, essa oscilação de preços ao longo dos anos pode influenciar nos resultados econômicos dos sistemas produtivos.

Tabela 32- Estimativa do custo operacional total das operações e insumos utilizados na produção de 1 ha do consórcio de milho com capim-marandu na safra 2014/15, em área irrigada.

Descrição	Espec.	Coefficiente	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
A- Operações				
Dessecação	HM	0,5	84,92	42,46
Distribuição de calcário	HM	0,5	122,23	61,12
Roçagem	HM	0,5	75,66	37,83
Semeadura milho	HM	0,7	103,62	72,53
Semeadura capim	HM	0,7	144,88	101,42
Inoculação via foliar	HH	1	9	9,00
Adubação de cobertura milho	HH	1	9	9,00
Adubação forrageiras (4x)	HH	1	9	9,00
Colheita	HM	1	330,95	330,95
Irrigação (pivô central)	Mm	100	1,55	155,00
SUBTOTAL A				828,31
B- Insumos				
Adubo N-P-K (08-28-16)	kg ha ⁻¹	300	1,6	480,00
Sulfato de Amônio	kg ha ⁻¹	600	1,2	720,00
Uréia	kg ha ⁻¹	450	1,6	720,00
Herbicida Glyphosate	L ha ⁻¹	4	9,9	39,60
Inoculante <i>A. brasilense</i>	L ha ⁻¹	1	10	10,00
Sementes				
Milho (DKB 390)	sc ha ⁻¹	1,2	447	536,40
<i>U. brizantha</i> cv. Marandu	kg ha ⁻¹	7	11,5	80,50
SUBTOTAL B				2586,50
Custo Operacional Efetivo (COE)				3414,81
Outras Despesas				170,74
Juros de Custeio				93,91
Depreciação				155,69
Custo Operacional Total (COT)				3835,14

*5% do COE

Tabela 33- Estimativa do custo operacional total das operações e insumos utilizados na produção de 1 ha do consórcio de milho com capim-marandu na safra 2015/16, em área irrigada.

Descrição	Espec.	Coefficiente	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
A- Operações				
Dessecação	HM	0,5	84,92	42,46
Distribuição de calcário	HM	0,5	122,23	61,12
Roçagem	HM	0,5	75,66	37,83
Semeadura milho	HM	0,7	103,62	72,53
Semeadura capim	HM	0,7	144,88	101,42
Inoculação via foliar	HH	1	9	9,00
Adubação de cobertura milho	HH	1	9	9,00
Adubação forrageiras (4x)	HH	1	9	9,00
Colheita	HM	1	330,95	330,95
Irrigação (pivô central)	mm	100	1,55	155,00
SUBTOTAL A				828,31
B- Insumos				
Calcário dolomítico	t ha ⁻¹	2	145	290,00
Adubo N-P-K (08-28-16)	kg ha ⁻¹	300	1,5	450,00
Sulfato de Amônio	kg ha ⁻¹	600	1,1	660,00
Uréia	kg ha ⁻¹	450	1,5	675,00
Herbicida Glyphosate	L ha ⁻¹	4	6,75	27,00
Inoculante <i>A. brasilense</i>	L ha ⁻¹	1	10	10,00
Sementes				
Milho (DKB 350PRO)	sc ha ⁻¹	1,2	360	432,00
<i>U. brizantha</i> cv. Marandu	kg ha ⁻¹	7	9	63,00
SUBTOTAL B				2607,00
Custo Operacional Efetivo (COE)				3435,31
Outras Despesas				171,77
Juros de Custeio				94,47
Depreciação				155,69
Custo Operacional Total (COT)				3857,23

*5% do COE

O alto custo com adubação ocorreu em função da elevada exigência do consórcio da cultura produtora de grãos com a forrageira, com o objetivo de alta produção de capim na entressafra (Tabela 18). Cabe ressaltar que não houve a utilização de herbicidas e inseticidas, normalmente utilizados nas culturas de milho solteiro, uma vez que a ausência desta operação gera economia ao produtor, pelo fato de que no consórcio da cultura granífera com a

forageira há inibição da emergência ou até mesmo do desenvolvimento de plantas daninhas que podem acarretar problemas de competição e colheita das culturas produtoras de grãos.

Os valores de custo operacional total (COT) para cada sistema de produção de grãos e forrageira, nos dois anos agrícolas em avaliação, assim como os valores de produtividade em sacas ha⁻¹, rentabilidade (RB), lucro operacional (LO) e lucratividade (IL), estão apresentados na Tabela 34. Verifica-se que entre os sistemas de produção, os maiores COT, em ambos os anos, foram proporcionados pelo milho que recebeu inoculação nas sementes em consórcio com a *Urochloa* sem inoculação ou o inverso, milho sem inoculação consorciado com *Urochloa* inoculada, com um custo de produção que oscilou entre R\$ 3.857,23 e R\$ 3.835,14, respectivamente para 2014/15 e 2015/16 (Tabela 34). Além disso, o trabalho retrata sistemas de produção altamente tecnificados, o que justifica elevado COT. Pode-se destacar que o histórico de 12 anos de SPD, promoveu acúmulo de palhada, carbono e fósforo orgânico na superfície do solo, bem como imobilização de N, com melhoria dos atributos físicos do solo.

Ressalta-se que foi considerada a produção de capim para ensilagem, com um valor de R\$ 120,00 a tonelada, e que este valor se encontra embutido nos cálculos do COT, por isso, os maiores índices de lucratividade podem ser encontrados nos tratamentos consorciados, com resultados de 3,66% e 13,78% para os respectivos anos agrícolas. Essa diferença de 10,12% entre os anos deve-se às diferenças nas condições climáticas entre os anos (Figura 1), que resultaram em maior produção de milho na segunda safra, elevando assim o IL.

De maneira geral, a produtividade de grãos não foi prejudicada pelos consórcios, demonstrando que a competição existente entre as espécies consorciadas não influenciou na produtividade nesses sistemas de produção. Em variadas situações, pesquisadores relataram que a presença da forrageira também não influenciou a produtividade de grãos de milho (PARIZ et al., 2009; GARCIA et al., 2012; KANEKO et al., 2016), porém, em alguns casos, houve necessidade da aplicação de herbicida nicosulfuron em subdoses para reduzir o crescimento da forrageira, como forma de garantir o pleno desenvolvimento do milho, o que não ocorreu no presente trabalho. O consórcio milho+capim-marandu, proporcionou aumento de 27% na rentabilidade da atividade quando comparada à cultura sem consorciação (TRECENZI; OLIVEIRA; HASS, 2008) e portanto, o SIPA tem condições de gerar sustentabilidade da propriedade rural.

Tabela 34- Custo operacional total (COT), produtividade total, renda bruta (RB), lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL), obtidos com os consórcios de milho com capim-marandu, em duas safras em área irrigada. Safras 2014/15 e 2015/16.

Safra 2014/15					
Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	sc ha⁻¹ (60 kg)	*COT	RB	LO	IL
		-----	R\$ -----		(%)
Milho	117,82	3768,88	2220,53	-1548,35	-69,73
Milho + U	111,22	3836,76	3982,53	145,77	3,66
Milho + U (I)	109,18	3857,23	3982,53	125,30	3,15
Milho (I) + U	110,20	3857,23	3982,53	125,30	3,15
Milho (I)	103,88	3789,35	1957,84	-1831,51	-93,55
Milho (I) + U (I)	104,98	3857,23	3864,97	7,74	0,20
Safra 2015/16					
Sistemas de cultivo	sc ha⁻¹ (60 kg)	*COT	RB	LO	IL
		-----	R\$ -----		(%)
Milho	152,82	3727,93	2750,63	-977,30	-35,53
Milho + U	141,02	3814,67	4424,40	609,73	13,78
Milho + U (I)	131,68	3835,14	4424,40	589,26	13,32
Milho (I) + U	153,93	3835,14	4424,40	589,26	13,32
Milho (I)	129,18	3748,40	2325,38	-1423,02	-61,20
Milho (I) + U (I)	126,75	3835,14	4167,90	332,76	7,98

⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

- Área de sequeiro

Para a área de manejo em sequeiro, os custos operacionais (operações e insumos) registrados em ambos os anos agrícolas, para obtenção do desempenho econômico dos sistemas de produção avaliados, assim como em área irrigada, também foram extrapolados para um hectare (Tabela 35 e 36). Este modelo de estrutura de custo operacional total (COT) foi utilizado nos sistemas de produção, nos dois anos agrícolas, incluindo a implantação do consórcio e manejo da espécie forrageira durante o período de entressafra no SIPA. Verificase que as operações que mais oneraram os custos de produção do milho produzido na pesquisa foram com a colheita do material, seguido da semeadura do capim.

Observou-se que os custos com os insumos, principalmente para os fertilizantes e sementes de milho, foram os componentes que mais oneraram os sistemas produtivos. No caso das sementes é justificado ao seu alto nível tecnológico e também pelo fato da semente ser um híbrido simples (DKB 390). O aumento nos custos de produção no segundo ano de avaliação advém, principalmente, pela elevação nos custos das sementes de milho híbrido triplo (DKB 350), insumos e defensivos agrícolas que tiveram aumento em comparação ao primeiro ano, assim, essa oscilação de preços ao longo dos anos pode influenciar nos resultados econômicos dos sistemas produtivos.

Tabela 35- Estimativa do custo operacional total das operações e insumos utilizados na produção de 1 ha do consórcio de milho com capim-marandu na safra 2014/15 em área de sequeiro.

Descrição	Espec.	Coefficiente	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
A- Operações				
Dessecação	HM	0,5	84,92	42,46
Distribuição de calcário	HM	0,5	122,23	61,12
Roçagem	HM	0,5	75,66	37,83
Semeadura milho	HM	0,7	103,62	72,53
Semeadura capim	HM	0,7	144,88	101,42
Inoculação via foliar	HH	1	9	9,00
Adubação de cobertura milho	HH	1	9	9,00
Adubação forrageiras (4x)	HH	1	9	9,00
Colheita	HM	1	330,95	330,95
SUBTOTAL A				673,31
B- Insumos				
Adubo N-P-K (08-28-16)	kg ha ⁻¹	300	1,6	480,00
Sulfato de Amônio	kg ha ⁻¹	600	1,2	720,00
Uréia	kg ha ⁻¹	450	1,6	720,00
Herbicida Glyphosate	L ha ⁻¹	4	9,9	39,60
Inoculante <i>A. brasilense</i>	L ha ⁻¹	1	10	10,00
Sementes				
Milho (DKB 390)	sc ha ⁻¹	1,2	447	536,40
<i>U. brizantha</i> cv. Marandu	kg ha ⁻¹	7	11,5	80,50
SUBTOTAL B				2586,50
Custo Operacional Efetivo (COE)				3259,81
Outras Despesas				162,99
Juros de Custeio				89,64
Depreciação				155,69
Custo Operacional Total (COT)				3668,13

*5% do COE

Ainda em relação à adubação, Kaneko et al. (2016) relataram que a nitrogenada tem papel importante na determinação da produtividade e na rentabilidade do cultivo de milho por ser este o nutriente exigido em maior quantidade na cultura, e que apresenta o manejo mais complexo. Sendo assim, a utilização de bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum*, quando associadas à rizosfera das gramíneas, podem contribuir com a nutrição nitrogenada (CAVALLET et al., 2000). A otimização dessa possível simbiose do *Azospirillum* com o milho, pode resultar em incrementos de produtividade e em diminuição dos custos de

produção, principalmente pela redução dos gastos com fertilizantes nitrogenados como verificado no presente trabalho.

Tabela 36- Estimativa do custo operacional total das operações e insumos utilizados na produção de 1 ha do consórcio de milho com capim-marandu na safra 2015/16 em área de sequeiro.

Descrição	Espec.	Coefficiente	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
A- Operações				
Dessecação	HM	0,5	84,92	42,46
Distribuição de calcário	HM	0,5	122,23	61,12
Roçagem	HM	0,5	75,66	37,83
Semeadura milho	HM	0,7	103,62	72,53
Semeadura capim	HM	0,7	144,88	101,42
Inoculação via foliar	HH	1	9	9,00
Adubação de cobertura milho	HH	1	9	9,00
Adubação forrageiras (4x)	HH	1	9	9,00
Colheita	HM	1	330,95	330,95
SUBTOTAL A				673,31
B- Insumos				
Calcário dolomítico	t ha ⁻¹	2	145	290,00
Adubo N-P-K (08-28-16)	kg ha ⁻¹	300	1,5	450,00
Sulfato de Amônio	kg ha ⁻¹	600	1,1	660,00
Uréia	kg ha ⁻¹	450	1,5	675,00
Herbicida Glyphosate	L ha ⁻¹	4	6,75	27,00
Inoculante <i>A. brasilense</i>	L ha ⁻¹	1	10	10,00
Sementes				
Milho (DKB 350PRO)	sc ha ⁻¹	1,2	360	432,00
<i>U. brizantha</i> cv. Marandu	kg ha ⁻¹	7	9	63,00
SUBTOTAL B				2607,00
Custo Operacional Efetivo (COE)				3280,31
Outras Despesas				164,02
Juros de Custeio				90,21
Depreciação				155,69
Custo Operacional Total (COT)				3690,22

*5% do COE

Os valores de custo operacional total (COT) para cada sistema de produção de grãos e forrageiras, nos dois anos agrícolas, assim como os valores de produtividade em sacas ha⁻¹, rentabilidade (RB), lucro operacional (LO) e lucratividade (IL), estão apresentados na Tabela 37. Verifica-se que entre os sistemas de produção, os maiores COT, em ambos os anos, foram

proporcionados pelo milho que recebeu inoculação nas sementes em consórcio com a *Urochloa* sem inoculação ou o inverso, ou seja, o milho sem inoculação consorciado com *Urochloa* inoculada, com um custo de produção de R\$ 3.690,22 e R\$ 3.668,13, respectivamente para 2014/15 e 2015/16 (Tabela 37). Além disso, o trabalho retrata sistemas de produção altamente tecnificados, o que justifica elevado COT. Pode-se destacar que mesmo em área de sequeiro, o histórico de 12 anos de SPD, promoveu acúmulo de palhada, carbono e fósforo orgânico na superfície do solo, bem como imobilização de N, com melhoria dos atributos físicos do solo.

Tabela 37- Custo operacional total (COT), produtividade total, renda bruta, lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL), obtidos com os consórcios de milho com capim-marandu, em duas safras, em área de sequeiro. Safras 2014/15 e 2015/16.

Sistemas de cultivo ⁽¹⁾	Safr 2014/15				
	sc ha ⁻¹	*COT	RB	LO	IL
	60 kg	----- R\$ -----	----- R\$ -----	----- R\$ -----	(%)
Milho	26,53	3601,86	625,05	-2976,81	-476,25
Milho + U	44,30	3669,75	2634,91	-1034,84	-39,27
Milho + U (I)	49,32	3690,22	2634,91	-1055,31	-40,05
Milho (I) + U	63,72	3690,22	2634,91	-1055,31	-40,05
Milho (I)	63,23	3622,34	1489,70	-2132,64	-143,16
Milho (I) + U (I)	69,58	3690,22	3230,50	-459,72	-14,23
Sistemas de cultivo	Safr 2015/16				
	sc ha ⁻¹	*COT	RB	LO	IL
	60 kg	----- R\$ -----	----- R\$ -----	----- R\$ -----	(%)
Milho	89,48	3560,92	1611,00	-1949,92	-121,83
Milho + U	133,80	3647,66	3999,38	351,72	8,79
Milho + U (I)	128,22	3668,13	3999,38	331,25	8,29
Milho (I) + U	101,52	3668,13	3999,38	331,25	8,29
Milho (I)	103,65	3581,39	1865,70	-1715,69	-91,96
Milho (I) + U (I)	128,22	3668,13	3679,20	11,07	0,30

⁽¹⁾ U = *Urochloa*, I = Inoculado.

Ressalta-se que foi considerada a produção de capim para ensilagem, com um valor de R\$ 120,00 a tonelada, e que este valor encontra-se embutido nos cálculos do COT, por isso, os maiores índices de lucratividade podem ser encontrados nos tratamentos consorciados, com resultado de 8,79% na segunda safra, enquanto que no primeiro ano, devido às condições climáticas (Figura 1), a produtividade do milho foi estimada, por isso os valores apresentaram resultados negativos para todos os sistemas de cultivo. Cabe salientar também que, os melhores sistemas de manejo foram os consorciados, enquanto que os exclusivos, na segunda safra apresentaram resultados de IL negativos.

Assim como no manejo irrigado, em sequeiro a produtividade do milho não foi prejudicada pelo consórcio com o capim-marandu, resultado este semelhante ao encontrado por Kluthcouski e Aidar (2003), que avaliando a produtividade de grãos de 18 cultivares de milho em consórcio com forrageiras em área não irrigada, em diferentes locais, verificaram que, na maioria dos locais, ocorreram tendências ao aumento de produtividade no sistema consorciado, provavelmente em razão da não aplicação de herbicida graminicida em pós-emergência, que reduziu possíveis efeitos fitotóxicos ao milho.

A produtividade do milho consorciado com plantas do gênero *Urochloa* em geral, foram adequadas para a região marginal do noroeste do Estado de São Paulo (acima de 6 t ha⁻¹) e, muitas vezes, superou as obtidas em cultivo solteiro nas condições do Cerrado (COSTA et al., 2012).

7 CONCLUSÕES

Em área irrigada, o consórcio de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* e de capim Marandu incrementou o acúmulo de nutrientes, a produtividade de grãos e de palhada para continuidade do SPD, desde que o capim não seja inoculado.

Em área de sequeiro, independentemente se em cultivo exclusivo ou consorciado com capim-marandu, o maior acúmulo de nutrientes, produtividade de grãos e palhada é obtida com a inoculação do milho por *Azospirillum brasilense*.

Tanto em área irrigada ou em sequeiro, a produtividade de matéria seca do capim-marandu, após o consórcio com milho, foi maior quando adubada com 50 kg ha⁻¹ de N/corte, entretanto, semelhante ao uso de *Azospirillum brasilense* via foliar, e sem alteração na composição bromatológica.

De modo geral, o consórcio do milho com capim-marandu, independentemente da inoculação com *Azospirillum brasilense*, manteve ou melhorou a qualidade físico-química do solo após dois anos de cultivo, tanto em condições de sequeiro quanto irrigada até a profundidade de 0,20 m.

Para índice de lucratividade positivo, tanto em cultivo irrigado ou em sequeiro recomenda-se o consórcio de milho com capim-marandu, para produção de grãos e capim para alimentação animal na entressafra.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. de; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 277-288, 2000.
- ALMEIDA FILHO, S. L.; FONSECA, D. M.; GARCIA, R. et al. Características agrônômicas de cultivares de milho (*Zea mays* L.) e qualidade dos componentes da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 7-13, 1999.
- ARAÚJO, E. O.; MARTINS, M. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; URQUIAGA; S. S. Effect of nitrogen fertilization associated with diazotrophic bacteria inoculation on nitrogen use efficiency and its biological fixation by corn determined using N15. **African Journal of Microbiology Research**, Nairobi, v. 9, n. 9, p. 643-650, 2015.
- BASHAN, Y., De-BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacteria *Azospirillum* promotes plant growth: a critical assessment. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 108, p. 77-136, 2010.
- BATISTA, K.; DUARTE, A. P.; CECCON, G.; DE MARIA, I. C.; CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, p. 1154-1160, 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 brasilense: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina***. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 49-59.
- 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, n. 222, p. 211-222, 2009.
- BASHAN Y.; BASHAN L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 108, n. 1, p. 77-136, 2010.
- BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and soil**, Crawley, Australia, v. 39, n. 2, p. 205-207, 1973.
- BENETT, C. C. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S.; BERGAMASCHINE, A. F.; FABRICIO, J. A. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1629-1636, 2008.
- BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PERREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na Região dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 167-177, 2001.

- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.
- BERGAMASCHI, C. **Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares de sorgo**. 2006. 83 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; CERRI, C. C. e BOURENNANE, H. Modelling vertical distribution of carbon in Oxisols of the Western Brazilian Amazon (Rondônia). **Soil Science**, New Brunswick, v. 163, n. 12, p. 941-951, 1998.
- BIANCO, S.; TONHÃO, M. A. R.; PITELLI, R. A. Crescimento e nutrição mineral de capim braquiária. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 423-428, 2005.
- BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007.
- BODDEY, R. M.; DÖBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: Recent progress and perspectives for the future. **Fertilizer Research**, Oxford, v. 42, n. 1-3 p. 241-250, 1995.
- BORGHI, É. **Integração agricultura-pecuária do milho consorciado com *Brachiaria brizantha* em sistema de plantio direto**. 2004. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.
- BORGHI, É.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.
- BORGHI, É.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; MATEUS, G. P.; MARTINS, P. O.; COSTA, C. Effects of row spacing and intercrop on maize grain yield and forage production of palisade grass. **Crop and Pasture Science**, Australia, v. 63, n. 12, p. 1106-1113, 2013. DOI: 10.1071/CP12344
- 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, p. 69-80, 2012.
- BROCH, D. L.; BARROS, R.; RANNO, S. K. **Consórcio milho safrinha/pastagem. In: Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno 2008**. 4. ed. Maracajú: Fundação MS, 2007. p.15-29.
- CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 80, n. 2, p. 62-70, 2004.

CALONEGO, J. C.; POLETO, L. C.; DOMINGUES, F. N.; TIRITAN, C. S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 12, p. 84-90, 2011.

CARANACHE, A. PENETRE-a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, n. 1, v. 16, p. 51-70, 1990.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. 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. 375-470.

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

CARVALHO, D. F. de; FARIA, R. A. de; SOUSA, S. A. V. de; SOUSA, H. Q. S. Espacialização do período de veranico para diferentes níveis de perda de produção na cultura do milho, na bacia do rio verde grande, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 172-176, 2000.

CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDES, M. L. F.; ARF, O.; SÁ, M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verde no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2010

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.

CECATO, U.; PEREIRA, L. A. F.; JOBIM, C. C.; MARTINS, E. N.; BRANCO, A. F.; GALBEIRO, S.; MACHADO, A. O. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 409-416, 2004.

CECCON, G. **Milho safrinha com braquiária em consórcio**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 6 p. (Comunicado Técnico, 140).

COSTA N. R.; ANDREOTTI M.; BUZETTI S.; LOPES K. S. M; SANTOS, F. G.; PARIZ, C. M. Macronutrient accumulation and decomposition of brachiaria species as a function of

nitrogen fertilization during and after intercropping with corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 1223–1233, 2014.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S.; DOS SANTOS, F. G.; PARIZ, C. M. Adubação nitrogenada em capins do gênero *Urochloa* implantados em consórcio com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 3, p. 376-383, 2014.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GIOIA, M. T.; TARSITANO, M. A. A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S. Análises técnicas e econômicas no sistema de Integração Lavoura- Pecuária submetido à adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 5, p. 597- 605, 2012.

COSTA, N. R., ANDREOTTI, M., LOPES, K. S. M., YOKOBATAKE, K. L., FERREIRA, J. P., PARIZ, C. M., LONGHINI, V. Z. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 852-863. 2015

CORDEIRO, L. A. M.; BALBINO, L. C.; GALERANI, P. R.; DOMIT, L. A.; SILVA, P. C.; KLUTHCOUSKI, J.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; SKORUPA, L. A.; WRUCK, F. J. Transferência de Tecnologias para Adoção da Estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 377-393. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

CHIODEROLI, C. A.; DE MELLO, L. M. M.; DE HOLANDA, H. V.; FURLANI, C. E. A.; GRIGOLLI, P. J.; DA ROCHA SILVA, J. O.; CESARIN, A. L. Consórcio de *Urochloas* com milho em sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n.10, p. 1804-1810, 2012.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; BORGHI, É.; MATEUS, G. P. Integração lavoura-pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 125, p. 2-15, 2009.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; BORGHI, É.; Mateus, G. P. Benefits of integrating crops and tropical pastures as systems of production. **Better Crops International**, Atlanta, v. 94, n. 1, p. 14-16, 2010.

CRUZ, C. C.; ALVARENGA, R. C.; NOVOTNY, E. H.; PEREIRA FILHO, I. A.; SANTANA, D. P.; PEREIRA, F. T. F.; HERNANI, L.C. **Sistema plantio direto**. 3. ed. Belo Horizonte: Embrapa Milho e Sorgo- Sistema de produção, 2001. Disponível em: <<http://www.cnpmse.mbrapa.br/publicacoes/milho/mandireto.htm>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995a. 80p.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Performance of maize hybrids submitted to different row spacing and population densities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. ISSN 1983-0513. (Documentos 402).

DIDONET, A. D.; LIMA, O. S.; CANDATEN, A. A.; RODRIGUES, O. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido à inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 401-411, 2000.

DOBBELAERE, S.; CROONRNBOGHES, 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**, Clayton, v. 28, n. 9, p. 871-879, 2001.

DUARTE, A. P.; KIEHL, J. C.; CAMARGO, M. A. F.; RECO, P. C. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 1-20, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; DO VALLE, C. B.; DOS SANTOS DIFANTE, G.; BARBOSA, R. A.; CACERE, E. R. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 98-106, 2009.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. d. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FERREIRA, V. M.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, L. E. M.; PURCINO, A. A. C. Metabolismo do nitrogênio associado à deficiência hídrica e sua recuperação em genótipos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n.1, p. 13-17, 2002.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASE, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 39 p.

FRANZLUEBBERS, A. J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 66, p. 95-106, 2002. doi: 10.1016/S0167-1987(02)00018-1.

FREITAS, R. J.; NASCENTE, A. S., e SANTOS, F. L. S. Population of maize plants intercropped with *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p.79-87, 2013.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LIMA, A. E. S. e BUZETTI, S. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 157-163, 2012.

- GRAY, E. J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 37, n. 3, p. 395-412, 2005.
- HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP 1995. 45 p.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Brasília, DF: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Documentos, 395).
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M. S.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, Crawley, v. 331, n. 1- 2, p. 413-425, 2010.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Inoculation of *Brachiaria spp.* with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 221, n. 1, p. 125-131, 2016.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 1920/2006**. Até 1996, dados extraídos de: Estatística do Século XX. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: < <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 5 de jan. 2017.
- IKEDA, A. C. **Caracterização morfofisiológica e genética de bactérias endofíticas isoladas de raízes de diferentes genótipos de milho (*Zea mays* L.)**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Genética)– Setor de Ciências Biológicas Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. F.; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 553-560, 2004.
- JORDÃO, L. T.; LIMA, F. F.; LIMA, R. S.; MORETTI, P. A. E. M.; PEREIRA, H. V.; MUNIZ, A. S.; OLIVEIRA, M. C. N. Teor relativo de clorofila em folhas de milho inoculado com *Azospirillum braziliense* sob diferentes doses de nitrogênio e manejo com braquiária. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO-FERTBIO, 8., 2010, Guarapari. **Anais...** Viçosa: SBCS, 2010. 4 p. 1CD-ROM.
- KANEKO, F. H.; SABUNDJIAN, M.T.; ARF, O.; LEAL, A. J. F.; L. F.; CARNEIRO, L. F.; PAULINO, H. B. Análise econômica do milho em função da inoculação com *Azospirillum*, fontes e doses de N em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 2, p. 202-216, 2016.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. da C.; ARF, O. Efeito dos arranjos espaciais de plantas na sanidade de híbridos de milho. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.12, n. 1, p. 53-65, 2013.

KIRKEGAARD, J. A.; SO, H. B.; TROEDSON, R. J. Effect of compaction on the growth of pigeon pea on clays soils. III. Effect of soil type and water regime on plant response. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 26, n. 2, p. 163-178, 1993.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. O; MAGNABOSCO, C. 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. 28 p. (Circular Técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Manejo sustentável dos solos dos cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária.** Santo Antônio, de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 59-104.

KRAMER, P. J. Water deficits and plant growth. p. 342-389. In: P. J. Kramer (Ed.). **Water relations of plants.** New York: Academic Press, 1983. p. 342-389.

KRUTZMANN, A.; CECATO, U.; SILVA, P. A.; TORMENA, C. A.; IWAMOTO, B. S.; MARTINS, E. N. Palhadas de gramíneas tropicais e rendimento da soja no sistema de integração lavoura-pecuária. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 842-851, 2013.

LANDERS, J. N. Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience. In: __. **Integrated crop management.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations- FAO, 2007. v. 5, 92 p.

LANG, C. R.; PELISSARI, A.; MORAES, A. Fitomassa aérea residual da pastagem de inverno no sistema integração lavoura-pecuária. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 5, n. 1-2, p. 43-48, 2004.

LINN, J.; KUEHN, C. The effects of forage quality on performance and cost of feeding lactating dairy cows. In: WESTWERN CANADIAN DAIRY SEMINAR, 1997, Alberta. **Proceedings...** Alberta: [s.n.], 1997. p.236.

LIMA, E. V. **Plantas de cobertura e calagem superficial na fase de implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco.** 2004. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista- Unesp, Botucatu, 2004.

LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D. C.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; DOS SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1536-1542, 2007.

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, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

Mc WILLIAM, J. R. Response of pasture plants to temperature. In: WILSON, J. R. (Ed.). **Plant relation in pasture.** Melbourne: CSIRO, 1978. p. 17-34.

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

MAIA, P. S. P.; NETO C. F. O.; CASTRO, D. S.; LOBATO, A. K. S.; SANTOS, P. C. M.; COSTA, R. C. L. Resposta do déficit hídrico sobre o CRA e teor de aminoácidos solúveis totais em folhas de duas variedades de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 912-914, 2007.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M.F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R.S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p.189-249.

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. 319 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARCHÃO, R. L. **Integração lavoura-pecuária num Latossolo do Cerrado: impacto na física, matéria orgânica e macrofauna**. 2007. 153 f. tese (Doutorado)- Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários CUSTRAGRI. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 7-28, 1998.

MEDEIROS, L. T.; REZENDE, A.V.R.; VIEIRA, P. F., NETO, F.R.C.; VALERIANO, A. R.; CASALI, A. O.; GASTALDELLO JUNIOR, A. L. Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertirrigada com dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 309-318, 2007.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 251-259, 2012.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG; Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 281-298.

MINUZZI, R. B.; LOPES, F. Z. Desempenho agrônômico do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 8, p.734-740, 2015.

MILLEO, M. V. R.; CRISTÓFOLI, I. P. Avaliação da eficiência agrônômica da inoculação com AzzoFix® (*Azospirillum brasilense*, estirpes: Abv5 e Abv6) sobre a cultura do milho. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 3, p. 14-23, 2017.

MONTES, S. M. N. M.; FIRETTI, R.; GOLLA, A. R.; TARSITANO, M. A. A. Custos e rentabilidade da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) na região oeste do Estado de São Paulo: estudo de caso. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 4, p.15-23, 2006.

MORAIS, T. P. de. **Adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense* em híbridos de milho**. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Instituto de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2012. 83 p.

NEVES NETO, D. N.; SANTOS, A. C.; SANTOS, P. M.; MELO, J. C.; SANTOS, J. S. Análise espacial de atributos do solo e cobertura vegetal em diferentes condições de pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 17, n. 9, p. 995-1004, 2013.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A.; NOVAKOWISKI, J. H.; CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 1687-1698, 2011.

OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S.; BARIONI, W. J. **Produção de forragem e qualidade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense* e fertilizada com nitrogênio**. São Carlos: Embrapa pecuária sudeste, 2007, 4 p. (Circular Técnico, 54).

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; CENTURION, S. R.; SUNADA, N. S.; VARGAS, F. M. Características morfogênicas do capim-piatã submetido à adubação com efluentes de abatedouro avícola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 158-163, 2013.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. de A.; ASSIS, R. L. de; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1787-1799, 2011.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZETTI, S.; CHIODEROLI, C. A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 360-370, 2009.

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 Science**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 147-154, 2010.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 875-882, 2011.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 281-287, 2007.

- PEREIRA, R. S.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016.
- PITTELKOW, F. P.; SCARAMUZZA, J. F.; WEBER, O. L. S.; MARASCHIN, L.; VALADÃO, F. C. A.; OLIVEIRA, E. S. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 17, p. 212-222, 2012.
- PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; ARMELIN, M. J. A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolos, na região tropical de São Carlos, SP, Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, n. 1, p. 89-102, 2002.
- RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 284 p.
- REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. **Valor nutritivo de plantas forrageiras**. Jaboticabal: Fundação para o Ensino e Pesquisa, 1993. 26 p.
- REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22 p. (Documentos, 232).
- REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013.
- ROESCH, L. F. W.; OLIVARES, F. L.; PASSAGLIA, L. P. M.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S de; CAMARGO, F. A. O. Characterization of diazotrophic bacteria associated with maize: effect of plant genotype, ontogeny and nitrogen-supply. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Dordrecht, v. 22, n. 9, p. 967-974, 2006.
- ROSA, J. R. P.; SILVA, J. H. S.; RESTLE, J. et al. Avaliação do comportamento agrônomo da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 2, p.302-312, 2004.
- ROSOLEM, C.; SILVA, R. H.; ESTEVES, J. A. F. Potassium supply to cotton roots as affected by potassium fertilization and liming. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 635-641, 2003.
- ROZANE, D. E.; CENTURION, J. F.; ROMUALDO, L. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; TRABUCO, M.; ALVES, A. U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo vermelho distrófico, sob diferentes manejos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 24-32, 2010.

RUEDELL, J. A soja numa agricultura sustentável. In: SILVA, M.T.B. da (Coord.). **A soja em rotação de culturas no plantio direto**. Cruz Alta: FUNDACEP-FECOTRIGO, 1998. cap.1, p.1-34.

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.

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; DE FREITAS, M. J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Interaction of new diazotrophic endophytic bacteria and nitrogen fertilization on wheat crop under field conditions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1099–1106, 2009.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; OLIVEIRA, H. Pastoreio de aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 69, n. 48, p. 32-34, 2002.

SALTON, J. C.; OLIVEIRA, P.; TOMAZI, M.; RICHETTI, A.; BALBINO, L. C.; FLUMIGNAM, D.; MERCANTE, F. M.; MARCHÃO, R. L.; CONCENÇO, G.; SCORZA JUNIOR, R. P.; ASMUS, G. L. Benefícios da adoção da estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 35-53. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

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

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; DREON, G. Fertilidade e teor de matéria orgânica do solo em sistemas de produção com integração lavoura e pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 3, p. 474-482, 2011.

SANTOS, F. C. dos; KURIHARA, C. H.; RESENDE, A. V. de; ALVARENGA, R. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de. **Arranjo de plantas de braquiária em consórcio com a cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 6 p. (Circular Técnica, 202).

SANTOS, G. J.; MARION, J. C.; SEGATTI, S. **Administração de custos na agropecuária**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 165 p.

SANTOS, H. P.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O.; KOCHANN, R. A.; ÁVILA, A. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2 p. 441-454, 2008.

SAWAZAKI, E.; GALVAO, J. C. C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Milho: instruções técnicas. In: FAHL, J. I.; CAMARGO, M. B. P.; PIZZINATO, M. A.; BETTI, J. A.; MELO, A. M. T.; DE MARIA, I. C.; FURLANI, A. M. C. (Org.). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 6. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1998. v.1, p. 37-39. (Boletim 200).

- SILVA, A. A.; JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R. Manejo de plantas daninhas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A. A.; AGNES, E. L. **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa: Ed. UFV, 2004. p. 117-169.
- SILVA, A. G. D.; DUARTE, A. P.; PIEDADE, R. D. C.; COSTA, H. P.; MEIRELES, K. G. C.; BORGES, L. P. Inoculação de sementes de milho safrinha com *Azospirillum* e aplicação de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 3, 358-370, 2016.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.
- SILVA, F. A.; LOPES, F. C. F.; ROCHA, P. R.; CUNHA, R. L.; DALLABONA DOMBROSKI, J. L. X.; HOLANDA, J. L. C.; ELIANI, M.; MAYKY, F. P. L. Milho para ensilagem cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional sob efeito de veranico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 327-340, 2015.
- SOEST, P. J. van. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University, 1994. 476 p.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. DOS; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 37-44, 2010.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 229-235, 1991.
- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 835-841, 2000.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. A.; BRAZ, A. J. B. P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 577-582, 2006.
- STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M. **Influência de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 15 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- 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, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005.
- TRECENTI, R.; OLIVEIRA, M. C.; HASS, G. **Integração lavoura-pecuária-silvicultura**. Brasília: MAPA/SDC, 2008. 54 p. (Boletim técnico).

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C.G.S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. NPK Sources and Doses on Irrigated Corn under No-Till System. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**, 2nd ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.

VENDRAME, P. R. S.; BRITO, O. R.; GUIMARÃES, M. F.; MARTINS, E. S.; BECQUER, T. Fertility and acidity status of Latossolos (Oxisols) under pasture in the Brazilian Cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 82, n. 4, p. 1085-1094.

VIANA, P. T.; PIRES, A. J. V.; OLIVEIRA, L. B.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T.; NASCIMENTO FILHO, C. S.; CARVALHO, A. O. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 2, p. 292-297, 2012.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011.

VOLK, L. B. S. **Avaliação de condições físicas de superfície e subsuperfície do solo para fins de predição da erosão hídrica e indicação da qualidade da sua estrutura**. 2006. 149 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

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

VOGEL, G.; MARTINKOSKI, L.; RUZICKI, M. Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em poáceas forrageiras: Importâncias e resultados. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 01-06, 2014.

XU, G.; FAN, X.; MILLER, A. J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency (review). **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 63, n. 5, p. 153-182, 2012.

WANG, J.; HESKETH, J.D.; WOOLLEY, J.T. Preexisting channels and soybean rooting patterns. **Soil Science**, Madison, v. 141, n. 6, p. 432-437, 1986.

YAN, X.; TI, C.; VITOUSEK, P.; CHEN, D.; LEIP, A.; CAI, Z.; ZHU, Z. Fertilizer nitrogen recovery efficiencies in crop production systems of China with and without consideration of the residual effect of nitrogen. **Environmental Research Letters**, Berkeley, v. 9, n. 9, p. 1-9, 2014.