



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Ilha Solteira

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**JOSÉ MATEUS KONDO SANTINI**

**CONSÓRCIO DO MILHO COM CAPIM-XARAÉS, INOCULAÇÃO DE  
*Azospirillum brasilense*, DOSES NITROGÊNIO E EFEITO RESIDUAL NA SOJA**

Ilha Solteira

2018

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**JOSÉ MATEUS KONDO SANTINI**

**CONSÓRCIO DO MILHO COM CAPIM-XARAÉS, INOCULAÇÃO DE *Azospirillum  
brasiliense*, DOSES NITROGÊNIO E EFEITO RESIDUAL NA SOJA**

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

Especialidade: Sistemas de Produção

**Orientador:** Prof. Dr. Salatiér Buzetti

**Coorientador:** Prof. Dr. Marcelo Andreotti

Ilha Solteira

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S235c Santini, José Mateus Kondo.  
Consórcio do milho com capim-xaraés, inoculação de *Azospirillum  
brasiliense*, doses nitrogênio e efeito residual na soja / José Mateus Kondo  
Santini. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018  
134 f. : il.

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

Orientador: Salatiér Buzetti  
Coorientador: Marcelo Andreotti  
Inclui bibliografia

1. Agricultura consorciada. 2. Eficiência agronômica. 3. *Glycine max* (L.)  
Merrill. 4. Lavoura-pecuária. 5. Sistemas integrados. 6. *Zea mays* L.

*Raiane da Silva Santos*  
Raiane da Silva Santos

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

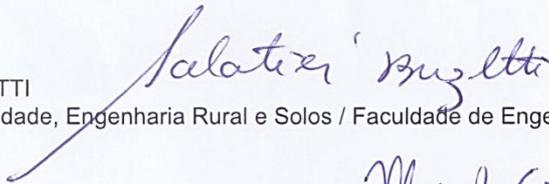
TÍTULO: CONSÓRCIO DO MILHO COM CAPIM-XARAÉS, INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense*, DOSES NITROGÊNIO E EFEITO RESIDUAL NA SOJA

AUTOR: JOSÉ MATEUS KONDO SANTINI  
ORIENTADOR: SALATIER BUZETTI  
COORDENADOR: MARCELO ANDREOTTI

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

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

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



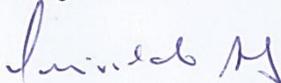
Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

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



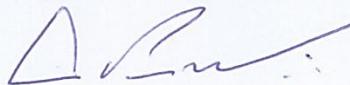
Prof. Dr. ORIVALDO ARF

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



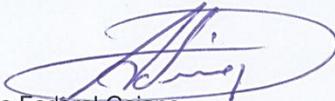
Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS

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



Prof. Dr. ADRIANO PERIN

Campus Rio Verde / Instituto Federal Goiano



Ilha Solteira, 05 de março de 2018.

## **DEDICO**

Por vários anos pensei que a família era algo temporário e de baixo impacto em nossas vidas. Hodierno sei que estava completamente errado e que quase tudo é cíclico e passageiro, a não ser a família, esta que estará com você desde seus primórdios até o dia que findará sua memória.

Por isto, não posso dedicar a minha tese apenas a uma pessoa ou entidade, mas, devo por obrigação, dedicar à toda minha família (José Luiz Santini; Marli Hiroe Kondo Santini e Juliana Kondo Santini). Essas pessoas me auxiliaram em momentos de êxitos ou em momentos difíceis, nos quais poderia desistir e abrir mão dos meus sonhos.

Minha dissertação foi de fato dedicada ao meu Pai – pessoa exímia e que tenho bastantes saudades – mas, para esse momento, devo enaltecer minha Mãe, Marli Hiroe Kondo Santini, pois não deve ter sido fácil criar dois filhos após a perda do alicerce da família.

Mãe, muito obrigado por ter aberto mão dos seus sonhos e das suas vontades. Sou muito grato por tudo que fez e espero sempre retribuir!

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer aos meus progenitores, José Luiz Santini e Marli Hiroe Kondo Santini, por serem a minha base. Tenho imensa gratidão por tê-los como meus mentores e serei sempre grato a eles.

Agradeço à minha irmã, Juliana Kondo Santini, certamente nossos modos diferentes de pensar e agir ponderou em um crescimento pessoal ímpar.

Logo no início dos meus agradecimentos devo agradecer ao meu Orientador, Dr. Salatiér Buzetti, por todo o conhecimento transmitido. Hoje, tenho certeza que sou melhor que o José Mateus que entrou no Mestrado - perdido, gaguejando e com uma mentalidade que ansiava por conhecimentos.

Acredito que todo trabalho não é realizado sozinho, e que tudo é fruto de trabalho em equipe. Assim, devo por obrigação, agradecer aos meus colegas de pós-graduação da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, em especial ao Daniel Noe Coaguila, Diego Dini, Eptácio Souza, Fernando Shintate Galindo, Glauber Stefan, Mariana Gaioto Ziolkowski Ludkiewicz e Vinicius Martins Silva.

De igual valor, devo mencionar o meu muito obrigado ao Eduardo Henrique Marcandalli Boleta (Furado), por ter dedicado desde a sua primeira semana na faculdade, no auxílio do meu experimento do doutorado. Indubitavelmente serás um exímio profissional.

É meritório de agradecimento todos meus amigos de Rio Verde, em especial ao Flávio Oliveira Silveira e Luiz Cesar Lopes Filho. Mas, devo fazer menção sem titubear, aos meus sócios da Exacta (Cleidionaldo, Daniel Noe, Leonnardo). Cada um com seu perfil e com o seu modo de pensar, mas que quando juntos possuímos um grande potencial intelectual. Que continuemos sonhando, trabalhando e correndo atrás de um fim, que será o nosso início. Que possamos viver para desfrutar de tudo que estamos plantando agora. Que o fator equipe continue sobressaindo ao fator individual e que continuemos crescendo profissionalmente e pessoalmente como fizemos nesses últimos meses.

Agradeço, também, ao professor Dr. Adriano Perin pela sua amizade, competência, profissionalismo e a sua ajuda prestada. Tenho o prazer de conhecê-lo

a, aproximadamente, dez anos, considerando-o hoje além de professor e orientador, um grande amigo.

À Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, e seus docentes, por ter proporcionado esse momento memorável e pelo acolhimento e conhecimento oferecidos ao longo do curso. Dentro desta instituição, menciono e agradeço à professora Dr<sup>a</sup>. Elizângela Dupas, aos professores Dr. Marcelo Andreotti e Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho e ao Marcelo Rinaldi da Silva, pelo auxílio prestado. À CAPES pela concessão de bolsa de Doutorado.

Durante toda minha estadia em Ilha Solteira, seguramente, aprendi de todas as formas possíveis. Porém, não somente de conhecimentos acadêmicos vive as pessoas. Assim, devo agradecer, mencionar e, se possível, colocar em um palco, a República Ambeb. Mesmo em pouco tempo morando na república, essa família me acolheu e me ajudou a moldar a pessoa que sou hoje. Então, muito obrigado: Tião; Fuminho, Nogueira, Coxinha, Dimmy, Piriquito, Xumbrega e todos os colaboradores/agregados.

Às instituições no qual leciono: Instituição de Ensino Superior de Rio Verde (IESRIVER) e ao Senar Goiás. Destacando o IESRIVER, por ter acreditado e ter aberto as portas para meu crescimento.

E por fim, à todas as pessoas que me ajudaram e contribuíram em minha formação.

**Meu Muito Obrigado!**

## RESUMO

A agricultura tem evoluído nos últimos anos, entretanto, a pecuária continua com índices insatisfatórios. Considerando a conservação ambiental e a parte econômica, se tornam desejáveis sistemas altamente produtivos, com o uso e ocupação do solo em tempo permanente. Uma técnica que pode ser empregada é a integração lavoura-pecuária, possibilitando além da produção de fibras e grãos nas safras, a produção de forragem na época seca. Assim, o objetivo com esse trabalho foi verificar a viabilidade técnica e econômica do consórcio milho segunda safra e capim-xaraés, em duas épocas de semeadura, com ou sem inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura; bem como o estabelecimento da pastagem na entressafra, em sistema irrigado em região de Cerrado, e verificar a viabilidade do sistema com a cultura da soja, em sucessão do consórcio. O estudo foi conduzido em área experimental irrigada, no município de Selvíria – MS, com início em março de 2015, com duração de dois anos. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 2x2x4, sendo: uso de *Azospirillum brasilense* (com e sem a inoculação); época e forma de semeadura do capim-Xaraés no consórcio (concomitantemente ao milho; ou em pós-emergência do milho); e doses de N em cobertura na cultura do milho (0; 50; 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>). As variáveis dependentes para as culturas graníferas foram os componentes agronômicos, componentes produtivos, produtividade de grãos e teores de nutrientes no tecido foliar das culturas; na pastagem foram avaliados os componentes bromatológicos, produtividade de massa seca da parte aérea e exportação de nutrientes; avaliou-se a viabilidade econômica do sistema e as melhorias na parte física do solo. No estudo não se verificou efeito da inoculação para as culturas do milho e capim-Xaraés. Já para a cultura da soja, a inoculação resultou na redução da produtividade de grãos. As épocas de inserção da forrageira no sistema influencia o capim-Xaraés, assim como os demais efeitos. A inserção da forrageira concomitantemente ao milho, proporciona maiores produtividades e maiores exportações de nutrientes via capim. Nas doses de N verificam-se efeitos na cultura do milho, mas não no capim capim-Xaraés e na soja. Diante dos resultados, recomenda-se a não inoculação de *A. brasilense*, com a forrageira inserida na linha, no momento da semeadura da cultura do milho em mistura com o adubo, e a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura.

**Palavras chave:** Agricultura consorciada. Eficiência agronômica. *Glycine max* (L.) Merrill. Lavoura-pecuária. Sistemas integrados. *Zea mays* L.

## ABSTRACT

Agriculture has evolved in recent years; however, livestock production continues to be unsatisfactory. Considering the environmental conservation and the economic part, highly productive systems becomes desirable, with the use and occupation of the soil in permanent time. One technique that can be employed is the use of crop-livestock integration, making possible the production of fibers and grains in the crops and the production of pasture in the dry season. Thus, the objective of this work was to verify the technical and economic feasibility of corn, second crop, in consortium with xaraés palisadegrass, inoculated or not with *Azospirillum brasilense* and sidedressing nitrogen doses on corn; as well as the establishment of pasture in the dry season, in an irrigated system in the Cerrado region, and verify the viability of the system with the soybean crop, in succession of the consortium. The experiment was conducted in irrigated experimental area, in Selvíria county – MS, beginning in March of 2015, with a duration of two years. The experimental design was randomized blocks with four replications arranged in a 2x2x4, with the use of *Azospirillum brasilense* (with and without inoculation); sowing of the Xaraés palisadegrass in the consortium (concomitantly to corn, or in post-emergence of corn); and sidedressing N rates on corn (0, 50, 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup>). The dependent variables for the grain crops were the agronomic components, productive components, grain yield and nutrient contents of the crops; in the pasture were evaluated the bromatological components, aerial dry mass productivity and nutrient export; the economic viability of the system and the improvements in the physical part of the soil were evaluated. In the study there was no effect of the inoculation for the corn and Xaraés palisadegrass crops, as for the soybean crop, inoculation resulted in the reduction of grain yield. The periods of insertion of the forage in the system results in the influence only for the Xaraés palisadegrass itself, not verifying other effects. The forage insertion concomitantly with corn provides higher yields and higher nutrient exports via grass. As for the N doses, there are effects only to corn crop. In view of the results, it is not recommended the inoculation of *A. brasilense*, with the fodder inserted in the line, at the time of sowing the maize crop in mixture with the fertilizer, and it is recommended the application of 100 kg ha<sup>-1</sup> of N in the form of urea in coverage.

**Keywords:** Consortium agriculture. Agronomic efficiency. *Glycine max* (L.) Merrill. Crop-livestock. Integrated systems. *Zea mays* L.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Área utilizada da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, para a condução do experimento durante os anos agrícolas de 2013/2014 e 2014/2015 no município de Selvíria, MS. ....42
- Figura 2. Precipitação pluvial mensal acumulada (rainfall), temperatura máxima (maximum temperature) e mínima (minimum temperature) média, obtidos na estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FEPE/UNESP, no período de abril de 2014 a abril de 2016. ....43
- Figura 3. Delineamento e distribuição dos tratamentos experimentais. Seguindo Esquema Fatorial 2x2x4 e com quatro blocos e distribuição em parcelas subdivididas. As letras dentro dos tratamentos seguem o fatorial (Inoculação de *A. brasilense*; épocas de semeadura da forrageira; e doses de N em cobertura). ....45
- Figura 4. Interação entre épocas de semeadura de *U. brizantha* no consórcio com milho e doses de N em cobertura da cultura do milho, e sua influência na resistência do solo a penetração. ....74
- Figura 5. Interação entre modos de consórcio de milho + *U. brizantha* e camadas amostradas de solo e sua influência na porosidade total do solo. ....76
- Figura 6. Densidade do solo inicial e a interação entre modos de consórcio de milho + *U. brizantha* e camadas amostradas de solo. ....77
- Figura 7. Resistência à penetração do solo inicial e a interação entre modos de consórcio de milho + *U. brizantha* e camadas amostradas de solo. ....78
- Figura 8. Resistência do solo à penetração nos diferentes modos de consórcio de milho + *U. brizantha* .....79
- Figura 9. Interação da inoculação de *A. brasilense* e doses de N em cobertura na cultura do milho, na produtividade de massa seca de parte aérea [A]; e interação de

épocas de semeadura da *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e doses de N em cobertura na cultura do milho, na Umidade de grãos [B].....85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização inicial dos atributos físicos do solo. ....	44
Tabela 2. Média dos tratamentos e valor do F calculado inerentes ao índice de clorofila foliar (ICF), produtividade de massa seca de parte aérea (MSPA), altura de plantas, diâmetro de colmo ( $\emptyset$ de Colmo) e população de milho influenciado pela presença ou ausência da inoculação de <i>A. brasilense</i> via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra) .....	55
Tabela 3. Média dos tratamentos e valor do F calculado inerentes ao número de grãos por espiga, Umidade de grãos no ato da colheita, massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos de milho influenciado pela presença ou ausência da inoculação de <i>A. brasilense</i> via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra) .....	57
Tabela 4. Média dos tratamentos e valor do F calculado da concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) no tecido foliar, influenciados pela presença ou ausência da inoculação de <i>A. brasilense</i> via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra) .....	58
Tabela 5. Média dos tratamentos e valor do F calculado da concentração de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) no tecido foliar, influenciados pela presença ou ausência da inoculação de <i>A. brasilense</i> via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra) .....	60
Tabela 6. Média dos tratamentos e valor do F calculado da produtividade de massa seca, teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em	

detergente ácido (FDA), influenciados pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra) .....62

Tabela 7. Média dos tratamentos e valor do F calculado da concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) exportados no tecido foliar, influenciados pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra) .....63

Tabela 8. Média dos tratamentos e valor do F calculado da concentração de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) no tecido foliar, influenciados pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra) .....65

Tabela 9. Média dos tratamentos e valor do F calculado inerentes ao índice de clorofila foliar (ICF), produtividade de massa seca de parte aérea (MSPA), população final (POP), Número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja, influenciado pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra) .....66

Tabela 10. Comparação de médias pelo teste Dunnet e valor do F calculado inerentes ao índice de clorofila foliar (ICF), produtividade de massa seca de parte aérea (MSPA), população final (POP), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja, influenciado pela presença ou ausência da inoculação de *A. Brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra) .....68

Tabela 11. Média dos tratamentos e valor do F calculado inerentes às concentrações de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), influenciado pela presença ou ausência da inoculação de <i>A. Brasilense</i> via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra) .....	70
Tabela 12. Média dos tratamentos e valor do F calculado inerentes às concentrações de nutrientes (B, Fe, Mn e Zn), influenciado pela presença ou ausência da inoculação de <i>A. brasilense</i> via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra) .....	71
Tabela 13. Médias dos tratamentos nos tributos físicos do solo, posterior às safras (duas), influenciados pelas épocas de semeadura de <i>U. brizantha</i> no consórcio com milho, doses de N em cobertura do milho e camadas amostradas de solo, bem como os valores calculados de F (teste de Fisher-Snedecor), e médias globais, desvio padrão amostral (s) e coeficiente de variação (C.V.). .....	73
Tabela 14. Médias dos tratamentos nos tributos físicos do solo, influenciados pelos modos de consórcio de milho + <i>U. brizantha</i> e camadas amostradas de solo, bem como os valores calculados de F (teste de Fisher-Snedecor).....	75
Tabela 15. Correlação entre os atributos físicos do solo nos dois anos de avaliação. ....	80
Tabela 16. Produtividades relativas do milho e soja em função da inoculação com <i>A. brasilense</i> , formas de semeadura do capim-xaraés e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria –MS, 2014 a 2016 .....	99
Tabela 17. Produtividade de massa seca do capim-xaraés em função da inoculação com <i>A. brasilense</i> , formas de semeadura do capim-xaraés e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria –MS, 2014 a 2016 .....	100
Tabela 18. Estimativa de custo operacional total das culturas do milho, soja e capim-xaraés para o tratamento na dose 0 kg ha <sup>-1</sup> de N, sem inoculação com <i>A. brasilense</i> e com semeadura do capim-xaraes simultânea ao milho, em um hectare. Selvíria – MS, 2014 a 2016 .....	102

Tabela 19. Custo operacional total e produtividade de grãos de milho e soja em função de doses de N, época de semeadura do capim-xaraés e inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria - MS, 2014 a 2016.....	105
Tabela 20. Receita bruta e receita total do milho e soja em função de doses de N, época de semeadura do capim-xaraés e inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria - MS, 2014 a 2016.....	108
Tabela 21. Lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL) e lucro acumulado (LO AC) do milho e soja em função de doses de N, época de semeadura do capim-xaraés e inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria MS, 2014 a 2016.....	110

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
2.1	CULTURA DA SOJA E MILHO .....	18
2.2	PASTAGENS E PRODUÇÃO BOVINA.....	20
2.3	AZOSPIRILLUM BRASILENSE.....	22
2.4	INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	25
2.5	FERTILIZANTES NITROGENADOS .....	28
2.6	ADUBAÇÃO NITROGENADA .....	30
2.7	NITROGÊNIO NO SOLO.....	33
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	40
3.1	OBJETIVO GERAL .....	40
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	40
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	42
4.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	42
4.2	TRATAMENTOS E AMOSTRAGENS.....	44
4.3	MANEJO CULTURAL.....	45
<b>4.3.1</b>	<b>Milho</b> .....	45
<b>4.3.2</b>	<b>Capim-Xaraés</b> .....	46
<b>4.3.3</b>	<b>Soja</b> .....	47
4.4	ANÁLISES.....	48
<b>4.4.1</b>	<b>Milho</b> .....	48
<b>4.4.2</b>	<b>Capim-xaraés</b> .....	49
<b>4.4.3</b>	<b>Soja</b> .....	50
<b>4.4.4</b>	<b>Física do solo</b> .....	51
4.4.5	Viabilidade Econômica .....	52
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	53
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	54
5.1	RESULTADOS .....	54
<b>5.1.1</b>	<b>Milho</b> .....	54
5.1.1.1	<i>Componentes agronômicos, produtivos e produtividade de grãos....</i>	54
5.1.1.2	<i>Concentração de nutrientes no tecido foliar da cultura do milho .....</i>	57
<b>5.1.2</b>	<b>Capim-Xaraés</b> .....	61

5.1.2.1	<i>Produtividade de Massa seca e qualidade de pastagem</i> .....	61
5.1.2.2	<i>Exportação de macro e micronutrientes pelo tecido foliar</i> .....	63
<b>5.1.3</b>	<b>Soja</b> .....	65
5.1.3.1	<i>Componentes agronômicos, produtivos e produtividade de grãos</i> ...	65
5.1.3.2	<i>Concentração de nutrientes no tecido foliar da cultura da soja</i> .....	69
5.1.4	Física do Solo.....	72
5.2	DISCUSSÃO .....	80
<b>5.2.1</b>	<b>Milho</b> .....	80
5.2.1.1	<i>Azospirillum brasilense</i> .....	80
5.2.1.2	<i>Épocas de Semeadura da Forrageira</i> .....	82
5.2.1.3	<i>Doses de N em cobertura</i> .....	83
<b>5.2.2</b>	<b>Capim-Xaraés</b> .....	86
5.2.2.1	<i>Azospirillum brasilense</i> .....	86
5.2.2.2	<i>Épocas de Semeadura da Forrageira</i> .....	87
5.2.2.3	<i>Doses de Adubação Nitrogenada</i> .....	88
<b>5.2.3</b>	<b>Soja</b> .....	90
5.2.3.1	<i>Azospirillum brasilense e adição de forrageira ao sistema</i> .....	90
5.2.3.2	<i>Doses de N em cobertura</i> .....	93
<b>5.2.4</b>	<b>Física do Solo</b> .....	94
5.2.4.1	<i>Macroporosidade, microporosidade e porosidade total</i> .....	94
5.2.4.2	<i>Densidade do solo, umidade gravimétrica e resistência mecânica à penetração</i> .....	96
5.2.4.3	<i>Produtividade de grãos de soja</i> .....	98
5.3	VIABILIDADE ECONÔMICA .....	99
6	CONCLUSÕES.....	112
	REFERÊNCIAS .....	115

## 1 INTRODUÇÃO

Entre as grandes culturas brasileiras, soja e milho merecem destaque devido as suas vastas áreas ocupadas, altas produtividades e movimentações financeiras geradas ao país. Estima-se que somente essas duas culturas, na safra 2017/2018, devem superar 84,6% da área ocupada pelas culturas anuais, com produção de grãos superior a 88,9% do total produzido de grãos pelo setor do agronegócio (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2017).

Nas áreas destinadas a produção de grãos, a soja possui considerável superioridade quando comparada com às demais culturas. Esta superioridade na preferência pela cultura se deve exclusivamente pelo valor pago pela saca ao produtor, refletindo em maiores rendimentos econômicos pela cultura, e sua segurança quando comparada a outras culturas.

Como a cultura da soja é cultivada no início das chuvas (safra) gera-se maior demanda pela ocupação do solo por esta cultura nesse período, fazendo com que outras culturas anuais perdam espaço, como ocorre para a cultura do milho. Essa demanda de soja safra tem caracterizada a cultura do milho (em regiões de altas produtividades com possibilidade de duas culturas) como cultura de segunda safra.

Deve-se destacar que essas duas culturas, em regiões de altas produtividades, são as principais escolhas pelos produtores devido aos seus ótimos custos/benefícios. Assim, a sucessão de culturas Soja/Milho (safra/segunda safra) é a mais utilizada, e mesmo com a literatura mencionando a necessidade da realização de rotação de culturas, os produtores não aderem essa prática. Modo este, que torna pertinentes a ciência traçar melhores estratégias para essa sucessão, para se adequar à realidade dos produtores.

Mesmo com a utilização da área para duas safras, normalmente após a colheita do milho (segunda safra) as áreas são mantidas em pousio, não gerando renda aos produtores e, pior que esse fato, a empresa rural continua em constante gastos monetários, como: depreciação de máquinas e benfeitorias, manutenções da propriedade, custo de oportunidade, salários de empregados ou até o pró-labore dos produtores e suas famílias.

Diante da necessidade da ocupação permanente na área rural, novas estratégias têm sido estudadas, como exemplo o uso de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária pelo método do Sistema Santa Fé. Esse sistema visa a produção de forragem após a colheita da cultura do milho e, principalmente, sem modificar o calendário do produtor, possibilitando o pastejo ou produção de feno na época seca do ano. Como resultado o produtor terá até três safras por ano na mesma: produção de soja (safra), produção de milho (segunda safra) e bovinos (entressafra).

Indubitavelmente, nos sistemas integrados, por ser mais ativo devido as três safras por ano, o uso de fertilizantes far-se-á de forma mais vigorosa, a fim de suprir as necessidades dos vegetais, bem como elevar a qualidade da forrageira utilizada no sistema. Sabe-se que a adubação é a forma mais rápida de se alcançar maiores produtividades das culturas e melhor formação de pastagem.

Entre os nutrientes, o nitrogênio (N) é um dos elementos mais requerido pela cultura do milho, do capim-Xaraés e, sobretudo, da cultura da soja. Todavia, esse é o nutriente que possui o ciclo mais complexo, podendo ser facilmente perdido quando mal manejado, necessitando maiores cuidados e manejos mais específicos.

Visando a redução do uso de adubos, o uso de microrganismos tem permanecido nos holofotes da pesquisa científica. A exemplo, pode-se mencionar o uso de *Bradyrhizobium*; sua inoculação é obrigatória e indiscutível para a cultura da soja. Porém, novas descobertas vêm sendo mencionadas na literatura, visando a melhoria na eficiência da produção de grãos para as gramíneas.

Dessa forma, é necessário ter entendimento da melhor época de semeadura da forrageira no consórcio, visando a formação da pastagem sem prejudicar a produtividade do milho, bem como, qual a dose economicamente viável de adubação nitrogenada e se o uso do *A. brasilense* auxiliará na manutenção do N para o sistema de sucessão de culturas soja (safra) milho (segunda safra).

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade técnica e econômica do milho, segunda safra, em consórcio com o capim-Xaraés, inoculado ou não com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura no milho; avaliando o estabelecimento da pastagem na entressafra, em sistema irrigado em região de Cerrado, e verificar a viabilidade do sistema com a cultura da soja, em sucessão ao consórcio.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CULTURA DA SOJA E MILHO

No sistema de produção de grandes culturas, a soja possui papel de destaque devido a sua área de ocupação e valor econômico gerado. A Conab (2017) cita que dos 61.458.100 hectares cultivados no Brasil, na safra 2017/2018, 34.965.000 hectares foram destinados a produção de soja, perfazendo 57% da área total, e com produção de 109.183.400 Mg de grãos. Desta produção parte é consumida internamente e outra parte destinada à exportação, principalmente para China, além, da exportação de produtos beneficiados.

Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA (2017a), na safra 2017/18 a produção mundial de soja será de 348,47 milhões de megagramas. Os Estados Unidos é o principal responsável por essa produção, com estimativa de produção em 120,44 milhões de megagramas, seguido pelo Brasil, com produção estimada pelo em 108 milhões de megagramas. Porém, tratando-se de exportação, a USDA (2017a) projeta que o Brasil será o principal exportador da *commodity*, com exportação de aproximadamente 65,50 milhões de megagramas, seguido pelos EUA, com exportação de 60,56 milhões de megagramas.

Quando observado o histórico de soja dos últimos nove anos, nota-se crescimento linear da produção de grãos, de aproximadamente 5.866.500 Mg ano<sup>-1</sup>. Esse aumento de produção é explicado exclusivamente pelo aumento da área destinada ao seu cultivo, sendo que nos últimos anos tem aumentada a área em 1.599.300 hectares ano<sup>-1</sup>, já a produtividade pouco modificou nos últimos anos (CONAB, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017).

A soja, enquanto a principal cultura do país, será cultivada em 34.965.000 hectares, na safra 2017/2018, o milho terá a área cultivada de aproximadamente 17.063.600 hectares, perfazendo 27,8% da área total cultivada. Diferente da cultura da soja, o milho é produzido em duas safras, entretanto, é preferencialmente cultivado na segunda safra, devido a cultura da soja ser cultivada exclusivamente no início da estação chuvosa (safra).

De acordo com a Conab (2017) apenas 29% do milho é cultivado na safra, sendo o restante (71%), cultivado na segunda safra. Esta diferença se deve, principalmente, pela a cultura do milho estar perdendo espaço para a soja, frente aos altos valores pagos pela saca de soja. Preferencialmente, hoje, a soja é cultivada na safra enquanto o milho foi enquadrado como a cultura de segunda safra.

Essa estratégia soja safra/milho segunda safra teve seu início de modo mais marcante a partir da safra 2011/12. Até então, a cultura do milho era, em sua maioria, cultivada na safra. Na safra 2010/11 60% do milho era produzido na safra e 40% na segunda safra, atualmente essa realidade inverteu, ou seja, a maior parte do milho é produzida na segunda safra. Assim, a safra de milho nos últimos nove anos reduziu em 36% de sua área total plantada, enquanto a segunda safra teve aumento de 133,4% (CONAB, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017).

Mesmo o milho sendo caracterizada como cultura de segunda safra, é demasiadamente importante para o setor do Agronegócio brasileiro. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2017a), na safra 2017/18, a produção mundial de milho será de 1.075 milhões de megagramas. O maior produtor e exportador de milho é os Estados Unidos, com produção estimada de 384.780 milhões de megagramas, e fornecerá aos demais países 58.240 milhões de megagramas. Já o Brasil, será o segundo maior produtor e exportador da cultura, com valores de 98.500 milhões de megagramas produzidos e 36.000 milhões de megagramas exportados.

Quando observado o histórico de produção do milho nos últimos nove anos, nota-se crescimento de menor expressão em comparação à soja. O menor resultado do aumento de produção é explicado pela menor expansão da área cultivada. Enquanto a soja aumentou sua área de produção nos últimos anos em 11.495.700 ha, o milho expandiu, aproximadamente, um/terço dessa área, totalizando, 4.134.500 ha (CONAB, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017).

Resultado à alta viabilidade econômica da soja e as poucas alternativas de cultivo na segunda safra, o milho torna-se uma cultura de grande valia para o complemento da renda dos agricultores, ademais no abastecimento do grão no país (SHIOGA et al., 2004). A literatura científica tem relatado que neste sistema de sucessão, soja-milho, as produções não são afetadas, tornando-a viável (BRANDT et

al., 2006; COSTA, 2001; GUIMARÃES, et al., 2003; PASQUALETTO), e sendo utilizada com grande intensidade nas grandes regiões produtoras.

Devido à grande importância dada à sucessão das culturas, soja-milho, torna-se interessante a busca por melhores manejos culturais, como o uso de consórcio e novas tecnologias, como o emprego de *Azospirillum brasilense*, visando uma agricultura mais econômica, sustentável e produtiva.

## 2.2 PASTAGENS E PRODUÇÃO BOVINA

A pecuária possui ampla participação no total da área territorial, estando presente em mais de 48% da área rural do Brasil, e em mais de 20% da área territorial total brasileira, esta vasta área, torna a pecuária uma atividade econômica importante para o país (IBGE, 2006) e um dos líderes do mercado de carne bovina mundial (USDA, 2017b), sendo o segundo maior produtor de carne bovina no mundo, ficando atrás apenas do EUA (USDA, 2017b). Sendo que 72,5% do abate é destinado ao mercado interno e os demais exportados (FERRAZ; FELÍCIO, 2010).

Somente no ano de 2015, o sistema agroindustrial da carne bovina movimentou R\$ 483,5 bilhões (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES - ABIEC, 2016). Para gerar essa movimentação o Brasil conta com rebanho bovino de 209,13 milhões de animais com incontestado crescimento anual (ABIEC, 2016), com elevada participação do Centro-Oeste brasileiro no número de abates de animais, com 36,3% do total de abates, caracterizando a região como a de maior impacto (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012).

Apesar dos altos valores de produção e ganhos de capital, os índices zootécnicos médios do rebanho brasileiro são considerados baixos. Zimmer e Euclides Filho (1997) relataram que o rebanho brasileiro possuía taxa de lotação de 0,9 unidade animal por hectare. Semelhante, Fürstenau (2004) mencionou que a taxa de lotação animal por hectare (an. ha<sup>-1</sup>) variou de 0,71 a 0,86 para o ano de 1985 a 1996, respectivamente.

Nave (2007) acrescenta que a taxa de lotação média das pastagens brasileiras possui menos da metade da média obtida em países como França, Nova Zelândia e

Irlanda, tornando os índices zootécnicos brasileiros baixos quando se leva em consideração o potencial de produção que se pode atingir.

Apesar desses baixos valores, os índices brasileiros vêm demonstrando certa melhoria, alcançando valor de 1,25 animal por hectare em 2015, com perspectivas de alcance de até 1,40 animal por hectare até 2025 (ABIEC, 2016). Mas, esses valores não são motivos de comemoração, a julgar que valores superiores a cinco unidades animal por hectare (UA/ha) são encontrados na literatura (BALSAKOBRE et al., 2003; ALENCAR, 2007)

Esses baixos valores são frequentemente mencionados na literatura devido ao mau manejo de pastagens. Apesar da grande parte das pastagens serem cultivadas, estas foram formadas há mais de quarenta anos e poucas foram manejadas, resultando em pastagens degradadas (BARCELLOS, 1996) e até inviáveis.

Estima-se que parte das pastagens cultivadas no cerrado encontram-se em algum estágio de degradação (BARCELLOS, 1996), ocasionando redução ou até perdas na produção bovina. Oliveira et al. (1994) citaram que a perda de peso, em função da seca, pode chegar a valores de até 36 milhões de arrobas por ano. Pessoa e Nogueira (2017), responsáveis pelo Rally da Pecuária, tem encontrado resultados mais otimistas da realidade da pecuária. De acordo com os autores, atualmente apenas 39% das pastagens estão em processo de degradação.

Considerando que a agropecuária é em sua maioria extensiva e, por decorrência, possui áreas degradadas, tem-se a necessidade de recuperar tais áreas e elevar a produção da forrageira, para Santini et al. (2015) a forma mais fácil e menos onerosa para recuperação ou para viabilizar a produção de bovinos, é via correção e adubação do solo.

Entre os nutrientes, o N tem destaque para a cultura de capim, devido sua alta responsividade e por ser requerido em maiores quantidades (Santini et al. 2016a). Os autores mencionam que facilmente são encontrados resultados positivos ao uso da adubação nitrogenada (CABRAL ET AL., 2012; COSTA ET AL., 2013; FAGUNDES ET AL., 2006). A eficiência da aplicação é, isoladamente, o fator que mais contribui para a viabilidade da adubação nitrogenada, uma vez que o N, após a aplicação, passa por processos, podendo ser perdido por lixiviação, alcançando o lençol freático; ou por volatilização, na forma de  $NH_3$  (SANTINI et al., 2016b).

Após a correta correção e adubação dos solos, de acordo com Müller et al. (2002) e Costa et al. (2005), em regiões de cerrado, os principais atributos responsáveis pela produção de matéria e qualidade de forragem são: temperatura mínima e disponibilidade de água no solo, fazendo relevante o efeito da sazonalidade na produção de forragem.

Cooper e Tainton (1968) citaram que as maiores taxas de acúmulo de matéria seca, em gramíneas tropicais, se fazem em temperaturas superiores a 15° C, esta temperatura é facilmente encontrada na região do presente estudo no período seco do ano (julho a setembro), com temperatura média para o referido período 23,10 °C, máxima de 30,12 °C e mínima de 16,88 °C (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP, 2016).

Assim, o uso de pastagens consorciadas com milho, em área irrigada, pode preencher lacunas de déficit na produção de forragem na época seca, pela produção de feno, evitando a entrada de animais na área do pivô, ou até mesmo com o pastejo do animal na área. Andrade (2000) afirma que a irrigação de pastagens com pivô central é uma tecnologia que apresenta grande potencialidade e que, cada vez mais, irá contribuir para o desenvolvimento da pecuária de corte.

### 2.3 *Azospirillum brasilense*

O gênero *Azospirillum* ssp. abrange um grupo de bactérias promotoras de crescimento de planta de vida livre, facilmente encontrado no solo. Teve seu destaque após a década de 1970, pela descoberta de sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN) em associação com *Poaceae*. Na fixação biológica de nitrogênio das bactérias associativas (*Azospirillum* spp.), apenas parte do N por elas fixadas são excretadas. Porém posteriormente a morte dessas bactérias, ocasionam a mineralização, contribuindo com aportes adicionais de N ao meio, evidenciando a necessidade de estudos a longo prazo (HUNGRIA, 2011).

O processo de FNB por bactérias associativas supri apenas parcialmente as necessidades das plantas, necessitando assim, de suplementação de N via fertilizantes. Já a FNB em *Fabaceae*, formadas por bactérias simbióticas, facilmente superam as taxas de fixação de 300 kg de N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (HUNGRIA et al., 2011).

Diante da constatação de possíveis reduções de doses nitrogenadas, pesquisas têm sido conduzidas visando verificar a potencialidade da utilização do *Azospirillum* spp. (CARDOSO, 2008), com estudos já evidenciando sua eficácia (BODDEY; DÖBEREINER, 1995; GALINDO et al., 2016; GALINDO et al., 2017a; OKON; VANDERLEYDEN, 1997).

Trabalhos com inoculação de *A. brasilense* estão associados a vários fatores positivos às culturas, como na indução da produção de fitohormônios (BASHAN et al., 2004), possibilidade da redução da adubação nitrogenada (HUNGRIA et al., 2010; GALINDO et al. 2016), crescimento radicular (FERREIRA et al., 2013), maior acúmulo de nutrientes (BALDANI et al., 1997), aumentos de produtividades de grãos (GALINDO et al, 2016; HUNGRIA et al., 2010) e na alteração da fisiologia vegetal (BASHAN et al. 2004; BASHAN; HOLGUIN, 1997).

Tien et al. (1979) observaram que a inoculação de *A. brasilense* promove ganhos em rendimento não somente pela fixação de N, mas também, pelo aumento da superfície de contato radicular, produção de matéria seca vegetal e produção de substâncias promotoras de crescimento.

Radwan et al. (2004) também citam o aumento na produção de indóis, como a auxina, com uso de *A. brasilense*, podendo estimular o crescimento da parte aérea e do sistema radicular de várias gramíneas. Já Bashan et al. (2004), citam incremento em pigmentos fotossintéticos, acarretando plantas mais verdes, menos susceptíveis ao estresse hídrico e mais produtivas.

Avaliando o trigo, Sala et al. (2007) relataram aumento significativo da produtividade à inoculação de *Azospirillum* ssp., proporcionando maior rentabilidade. Semelhante, Didonet et al. (1996), na cultura do trigo, mencionaram maior acúmulo de matéria seca e nitrogênio foliar, e maior produtividade de grãos para o uso de *A. brasilense*. Ainda, a literatura tem mencionado a melhoria na fertilidade do solo (GALINDO et al. 2017b).

Para a cultura do milho, Cavallet et al. (2000), Galindo et al. (2016) e Galindo et al. (2017a) concluíram que a inoculação de *Azospirillum* ssp. ocasionou aumento significativo na produtividade de grãos. Hungria et al. (2010), em avaliação do uso de *A. brasilense*, observaram respostas positivas na produtividade do milho, com incremento de produtividade variando de 16,1 a 30,0%, quando comparado com o

tratamento controle, e incrementos de produtividade de 9,0 a 18,1% no trigo, em comparação do tratamento controle. Os autores também relatam que com o uso desta tecnologia no Brasil, poder-se-á substituir 50% do N aplicado na cultura do milho e trigo, possibilitando a econômica de 1,2 bilhão dólares americanos por ano, e ajudar o mundo a alcançar objetivo da redução no uso de fertilizantes químicos.

A correlação entre o uso de *A. brasilense* e o aumento de lucratividade do sistema foi avaliado por Galindo et al. (2017c), os autores confirmam, em partes, a hipótese levantada por Hungria et al. (2010), sendo que de acordo com os autores a inoculação resulta no crescimento do milho tornando-o mais lucrativo, isso, independentemente da dose e da fonte de N. Porém, para os autores, a maior garantia de retorno econômico é utilizando da inoculação e a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia e não aplicando os 200 kg ha<sup>-1</sup> de N (dose máxima avaliada).

Diante do exposto, torna-se nítido que perspectivas podem ser esperadas em *Poaceae*, já em outras culturas, como na soja, o processo de pesquisa da inoculação de *A. brasilense* tem iniciado e chamada a atenção da comunidade científica, devido suas boas perspectivas e resultados iniciais. Cassán e Diaz-Zorita (2016), verificaram que a inoculação de *A. brasilense* pode incrementar diretamente no rendimento de grãos da soja. Também, Zakikhani et al. (2012) atribuíram mais fatores positivos à inoculação de *A. brasilense* na cultura da soja, não restringindo somente ao ganho de produtividade, mas, nos ganhos no N total da planta, aumento da produção de Ácido Abscísico e na resistência ao déficit hídrico das plantas.

Outro fator preponderante à inoculação de *A. brasilense* na cultura da soja, e que tem sido objeto de estudo, é sua utilização na co-inoculação, que consiste inserir uma outra bactéria no sistema. De acordo com Chibeba et al. (2015), a co-inoculação resulta na nodulação mais rápida na cultura, além de aumentar os números de nódulos nos estágios iniciais e ajuda a manutenção sob a seca (CEREZINI et al., 2016). Estes autores mencionam que o uso da co-inoculação garante maior acumulação de N em estágios reprodutivos, culminando no aumentar na produtividade de grãos.

O aumento na produtividade de grãos pela co-inoculação foi verificado por Galindo et al. (2017a), além dos autores terem relatado aumentos nos teores de N foliar e destacaram a melhoria na rentabilidade quando utilizada a co-inoculação, associada ao uso de Cobalto e Molibdênio. Esses resultados são corroborados por

Souza e Ferreira (2017), constatando que o uso da co-inoculação aumentou a produtividade de grãos de 5 a 27%, em comparação ao não uso de da co-inoculação.

Face ao explanado, hipotetiza-se que o uso da inoculação do *A. brasilense* promoverá melhorias ao sistema, possibilitando a redução de gastos via fertilizantes nitrogenados com aumento de produtividade de grãos (milho e soja) e de pastagens, o que, ao final do ciclo, resultará em maior lucratividade do produtor em face do novo sistema de manejos. Ainda, haverá o efeito residual desse nitrogênio via *A. brasilense* para as demais culturas (capim-Xaraés e soja), aumentando ainda mais as possibilidades de maiores produtividades.

## 2.4 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Com as necessidades crescentes de maiores produções agrícolas, em tempo cada vez menor e com a conservação ambiental, se tornam desejáveis a exploração racional, ambientalmente correta, e o uso de mecanismos de desenvolvimento limpos, com o uso e ocupação do solo em tempo permanente (SANTINI et al., 2015). Apesar das culturas serem demasiadamente produzidas na safra, e a possibilidade de produção de segunda safra, são criadas lacunas, na seca, sem a ocupação da área.

Economicamente se torna indesejável esta não ocupação, devido ao custo de oportunidade em uma área temporariamente improdutiva. Uma técnica que pode ser empregada para mitigar essas lacunas, é o uso da Integração Lavoura-Pecuária (ILP), possibilitando além da produção de fibras e grãos nas safras, a produção de pasto na época seca, resultando na maior viabilidade técnico-econômica (LARA-CABEZAS; BRANCALIÃO, 2012).

Na implantação da ILP se faz necessário o uso de modelos, como o Sistema Santa Fé, que se fundamenta na produção de culturas de grãos com forrageiras tropicais, em consórcio de modo a não afetar a produtividade da lavoura, bem como, não modificar o cronograma das atividades do produtor e não exigir equipamentos especiais. O consórcio é estabelecido anualmente, implantado simultaneamente à semeadura da cultura anual ou na adubação de cobertura (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

A ILP além da maior viabilidade técnico-econômica, promove a melhoria do sistema pela correção física do perfil de solo, possibilitando melhor desenvolvimento do sistema radicular da forrageira, bem como das culturas anuais subsequentes, acarretando maior absorção de solução do solo e melhor ciclagem de nutriente, conferindo à forrageira maior produtividade na estação seca (ALVARENGA et al., 2007). Também, Seidel et al. (2014) observaram que o uso do consórcio milho/brachiária propicia a reestruturação do solo que reequilibra sua porosidade, ocasionando a redução da densidade do solo.

Em relação a comparação da produtividade do milho solteiro com o milho consorciado com *Urochloa*, na literatura não existe real consenso de sua interferência. São encontrados trabalhos com efeito negativo na produtividade do milho quando consorciado com forrageiras (BARDUCCI et al., 2009; BRAMBILLA et al., 2009; CHIODEROLI et al., 2010; JAKELAITIS et al., 2010; PARIZ et al., 2011), bem como, trabalhos sem efeito na produtividade do milho consorciado (BATISTA et al., 2011; CHIODEROLI et al., 2012; JAKELAITIS et al., 2005; PEQUENO et al., 2006; SEIDEL et al., 2014).

Esses efeitos são explicados pela competição interespecífica entre o milho e a forrageira por fatores de produção. O melhor entendimento das competições interespecíficas é de grande valia para êxitos de altas produtividades das culturas, evitando e mitigando, que os efeitos de competição inviabilizem o cultivo consorciado (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003). Tais competições têm sido objeto de estudo por diversos autores (PARIZ et al., 2011). Assim, a melhor forma para se evitar tal competição é modificando o período de inserção ou a profundidade de semeadura da forrageira ao sistema.

Foloni et al. (2009) mencionam que a profundidade de semeadura da forrageira pode causar redução do potencial de germinação e emergência do *U. brizantha*, podendo atrasar ou reduzir o estande final da forrageira, reduzindo sua capacidade de dominar a cultura principal. Quando a forrageira é semeada a lanço, devido à sua rápida emergência, acarretaria em maior competição interespecífica com o milho e, por consequência, há a redução na produtividade da cultura principal.

Pariz et al. (2009) mencionam que outro fator de valia, que deve ser ponderado em sistemas integrado, é o próprio potencial genético da cultura principal (milho). De acordo com os autores a redução de tamanho e massa de espigas que eles

encontraram, foi devido a competição do milho com a forrageira, comprometendo a translocação de fotoassimilados para os grãos da cultura principal (milho), visto que, no caso dos autores, utilizaram-se de híbrido simples que são extremamente exigente.

Contudo, outros trabalhos como o de Lange et al. (2013), verificaram que a época da distribuição de sementes da forrageira, no milho ou no sorgo, não interfere na produtividade de grãos dos consórcios e proporciona boa formação de pastagens.

Alvarenga et al. (2011), em avaliação do milho consorciado, não observaram efeitos significativos na cultura do milho, e citam que o uso de subdose de herbicida, nicosulfuron, ocasiona menor crescimento da forrageira, por paralisação temporária, mas os autores salientam da não necessidade do controle do crescimento da forrageira, uma vez, que não está afetando a produtividade do milho, e será utilizada para a alimentação animal, ou na formação de palhada. Assim, entende-se que não há perfeito conhecimento das influências e competições interespecíficas em sistemas consorciados, sendo meritório o melhor conhecimento sobre esses efeitos.

Pode-se citar como outro fator positivo à integração a manutenção do sistema plantio direto, via produção da palhada. Na manutenção da palhada, a ILP tem demonstrado ser de grande importância e com boas perspectivas. A importância da palhada de pastagens para o sistema também foi confirmada por Costa et al. (2012a), o qual mencionaram que no sistema plantio direto, com milho consorciado, garantiu quantidade acima de 5.000 kg de matéria seca por hectare.

Alvarenga et al. (2011) vão além, e ressaltam que o uso da consorciação produz ótima palhada ao sistema e resultará em acréscimos de produtividade da cultura sucessora. Os autores verificaram que a soja foi influenciada positivamente no sistema. De modo semelhante, Alves et al. (2013) citam que o uso do milho segunda safra consorciado, além do maior rendimento de grãos, proporciona melhor desempenho da soja em sucessão, demonstrando a validação do cultivo de milho em ILP sucedido por soja.

Portanto, o ILP é de grande importância para sistemas agrícolas viáveis, ecológicos e altamente produtivos. Outrossim, necessita de maiores estudos sobre seu manejo e influência nas grandes culturas para melhor aproveitamento deste sistema.

## 2.5 FERTILIZANTES NITROGENADOS

Embora mais de 78% da atmosfera seja composta de nitrogênio, boa parte desse N está na forma inutilizável quimicamente e biologicamente. Porém, a partir de 1908, ocorreu uma mudança em todo o cenário. Haber, nesse ano, descobriu e patenteou o processo de transformação do N atmosférico para amônia, uma forma quimicamente reativa e com possibilidades de uso (ERISMAN et al., 2008)

A capacidade de transformação de N atmosférico para N reativo foi um dos principais impulsionadores nas mudanças ambientais e possibilitou atender a demanda populacional por alimentos. Hoje, o processo da síntese de Haber-Bosch, é crucial para a sobrevivência da humanidade (ERISMAN et al., 2008).

Haber em sua palestra, quando ganhou o prêmio Nobel, explicou que sua principal motivação para a síntese de amônia era a crescente demanda de alimentos e a necessidade de substituir o N perdido via colheita de culturas. Haber, sabiamente, descreveu que se exportado N do sistema, esse deverá ser reestabelecido. Agora se sabe que sua visão estava certa, já que o uso mundial atual de N fertilizante é de cerca de 100 Tg de N por ano (ERISMAN et al., 2008) e tem aumento seu uso a cada dia (GALLOWAY et al., 2008; SUTTON et al., 2011).

Sutton et al. (2012) explicam que o principal uso dessa produção de N reativo via síntese de Haber-Bosch, é para a produção de fertilizantes, visando o aumento da produção vegetal, permitindo que a população humana mundial aumente, bem como para que as pessoas se alimentem de dietas mais ricas e melhores, com maiores frações de produtos de origem animal.

O nitrogênio possui papel fundamental, por fazer parte da constituição de todos os seres vivos, o que torna o N vegetal de total importância. O N pode ser comercializado de várias formas para o uso humano, sendo a mais comum, porém pouco conhecido pela população consumidora, em fertilizantes agrícolas, estes que, ao final, será adquirido pelos consumidores via grãos e/ou carne.

A comercialização internacional de N, de acordo com Galloway et al. (2008), é principalmente via fertilizantes, seguido por grãos e carne. Portanto, pode-se concluir que a principal fonte alimentar humana de N é via vegetal e, o vegetal, é nutrido via

fertilizantes. Partindo do inferido, conclui-se que a base alimentar humana será indiretamente via fertilizantes.

O uso de N juntamente com o crescimento populacional mundial, é correlacionado positivamente nos últimos anos, o que demonstra que seu uso é de completa necessidade para a alimentação mundial, o que indica a necessidade de mais pesquisas e melhores manejos para o uso acelerado de fontes nitrogenadas (GALLOWAY et al., 2008).

O uso eficiente de fertilizantes minerais é o fator que, isoladamente, mais contribui para o aumento da produtividade agrícola. O N é um dos elementos minerais requerido em maior quantidade pelas plantas e o que mais limita o crescimento, porém quando realizada a correta adubação, o N é o nutriente mais responsivo. A alta resposta à adubação nitrogenada, se deve a sua ativa participação no metabolismo vegetal, sendo constituinte de proteínas, ácidos nucléicos e muitos outros constituintes celulares, membranas e diversos fitohormônios (SOUZA; FERNANDES, 2006).

Os fertilizantes nitrogenados, após a aplicação, passam por vários processos do meio, que podem ocasionar perdas desse N, normalmente por lixiviação ou volatilização. Quando ocorre lixiviação, o nitrato é carregado para camadas profundas do solo e pode alcançar o lençol freático, com a contaminação dos mananciais (VILLAS BOAS et al., 1999). Outra perda relevante do N é pela volatilização de  $\text{NH}_3$ . Quando a ureia é aplicada na superfície dos solos em condições não adequadas, o que pode ocasionar perdas de 40 a 78% do N aplicado na superfície do solo quando mal manejado (LARA CABEZAS et al., 2000).

Entre as fontes de N, os principais fertilizantes produzidos são sintetizados a partir de da síntese de Haber-Bosch. A combinação de  $\text{N}_2 + \text{H}_2$  resultará em uma molécula de  $\text{NH}_3$  (CANTARELLA, 2007), sendo a base para a produção dos demais fertilizantes nitrogenados. Estima-se que cerca de 1,2 a 1,8% do consumo mundial de energia fóssil seja destinada a produção de fertilizantes nitrogenados (LAGREID et al., 1999 apud por CANTARELLA, 2007).

Entre os fertilizantes nitrogenados utilizados na agricultura, destaca-se a ureia, que é originada da reação da  $\text{NH}_3$  líquido obtido sinteticamente com  $\text{CO}_2$ , em câmaras fechadas, gerando ureia, carbamato de amônio e amônia. Dessa mistura separa-se

com o auxílio de um rotaevaporador, obtendo a ureia cristalina,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  (MALAVOLTA, 1967).

A ureia, que é classificada como fertilizante mineral simples, possui característica física sólida (ALCARDE et al., 1998), com um teor de N variando de 44 a 46%, podendo ser inferior a esses valores caso adicione algum produto, como revestimentos ou substâncias inibitórias. Outra característica relevante ao seu uso é o valor referente ao custo por kg de N, sendo a ureia entre os fertilizantes nitrogenados sólidos, com o menor valor referente ao custo do kg de N. Porém, quando mal manejado, possibilita grandes perdas por volatilização.

O nitrato de amônio e o sulfato de amônio são outros dois importantes fertilizantes nitrogenados utilizados na agricultura brasileira, cujos teores de N de 33% e 21%, respectivamente. A vantagem do uso no nitrato de amônio é de não se susceptível a perda por volatilização pela ação da urease, porém, há rigoroso controle no seu comércio, principalmente fora do Brasil, devido ao seu uso na fabricação de explosivos.

O sulfato de amônio além de não ocorrer perdas por volatilização da amônia, é constituída em partes por molécula enxofre (22 a 24% de S), porém resulta em menor concentração de N em sua composição comparativamente à ureia e o nitrato de amônio. Outros fertilizantes utilizados são os fosfatos de amônio (DAP e MAP), mas tem seu uso mais destinado a aplicação fosfatada (CANTARELLA, 2007). Vale frisar que entre os fertilizantes nitrogenados, a ureia teve total de consumo aparente no Brasil de 5.598.147 Mg, o nitrato de amônio 1.442.126 Mg, e o sulfato de amônio 2.052.153 Mg em 2012 (INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE - IPNI, 2012), estes valores demonstram o uso primaz da ureia, fazendo que maiores esforços da comunidade científica direcionasse à essa fonte.

## 2.6 ADUBAÇÃO NITROGENADA

O uso de fertilizantes minerais é um dos fatores diretos, que mais contribui para o aumento da produtividade agrícola. A alta dependência por este insumo tem ocasionado o aumento no seu uso de 3,06% ao ano, com estimativa para o ano de

2017 de 34.100.00 Mg de fertilizantes a serem entregues, somente no Brasil (FERNANDES et al., 2009).

Deve enaltecer que as necessidades crescentes de maiores produções agrícolas, em tempo cada vez menor e com a conservação ambiental, se tornam desejáveis a exploração racional, ambientalmente correta, e utilizando de mecanismos de desenvolvimento limpos (SANTINI et al., 2015). Sendo obrigação dos produtores, produzirem mais, impactando menos ao ambiente.

Resende et al. (2006) mencionam que a produção em larga escala de culturas graníferas no cerrado, somente tornaram-se viáveis com o desenvolvimento de tecnologias que abrangeram a fertilidade dos solos. Contudo, essas melhorias são acarretadas por maiores custos de produção. De acordo com Guaresch et al. (2008), um dos fatores que representam maior custo para o agricultor são os fertilizantes, ou seja, é bastante oneroso ao produtor manter sua área com alta fertilidade. Diante desse fato, torna-se necessário a utilização mais eficiente dos fertilizantes.

Com as necessidades crescente da população, torna-se uma realidade do empresário rural produzir alimentos de forma economicamente viável e sustentável, resultando que manejos incorretos e práticas ineficientes tenham tornado inadmissíveis em todo o mundo (MELLO et al., 2008).

A forma mais fácil e econômica para se criar um sistema sustentável, é via melhoria da fertilidade do solo e o manejo adequado das culturas (IEIRI et al., 2010), sendo hoje, indispensável a reposição dos nutrientes, que por fim, vieram a ser exportados. Facilmente encontram-se, na literatura, trabalhos que correlacionam essa melhoria de produtividade de culturas com o uso de fertilizantes, principalmente quando se trata de fertilizantes nitrogenados.

Quando se refere à forrageiras, vários pesquisadores demonstraram aumentos significativos na produção de forragem, com o suprimento de nutrientes de forma adequada (EUCLIDES et al., 2007). Porém, tratando-se de forrageiras, ainda há lacunas para desenvolver estudos sobre o manejo dos adubos aplicadas, a frequência do seu suprimento e a eficiência de aproveitamento, para melhor entendimento do comportamento produtivo e qualitativo das plantas forrageiras (SANTINI et al., 2015)

As forrageiras, como gramíneas, são bastantes responsivas à adubação, não sendo difícil encontrar, na literatura, resultados positivos ao seu uso. De acordo com

Cabral et al. (2012), a adubação nitrogenada contribui positivamente para o aumento do número de folhas do capim-Xaraés, principalmente no período chuvoso. De forma semelhante, Martuscello et al. (2005) mencionam que a aplicação de N proporciona alta resposta na produção de forragem, o que confirma sua importância no aumento de produtividade.

Costa et al. (2008) observaram que o aumento de doses de N propicia maiores teores de clorofila e aumento na concentração desse nutriente no capim-Marandu. As doses de N são correlacionadas positivamente com a recuperação de pastagens (SANTINI et al., 2015), acarretando, no seu uso, incrementos na produção de matéria seca e no teor de Proteína Bruta (PB) e redução nos teores de FDN e FDA (COSTA et al., 2010; COSTA et al., 2013).

Apesar de sua grande influência na produção e na melhoria da qualidade das forragens, a adubação nitrogenada deve ser feita de maneira eficiente. A eficiência da adubação nitrogenada depende não somente de doses, mas também de fontes nitrogenadas utilizadas, época de aplicação e localização da aplicação (CASARIN; STIPP, 2013). Por isso é fundamental associar fontes e doses de N com práticas de manejo de solo e culturais.

Idem as forrageiras, para a cultura do milho, tratando-se de outra Poacea, o N é um dos elementos mais requerido, exportado e limitante pela cultura do milho (COELHO; FRANÇA, 1995), porém quando realizada a correta adubação, é o nutriente demasiadamente responsivo.

Para a adubação nitrogenada em cobertura do milho, da safra e segunda safra, as doses recomendadas podem variar de 40 a 180 kg ha<sup>-1</sup> (SOUZA; LOBATO, 2004). Para o milho safra, Civardi et al. (2011) e Queiroz et al. (2011), em sequeiro, citam que a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N proporciona a melhor produtividade e retorno econômico, já Souza et al. (2003), em milho irrigado, recomendam de 120 a 150 kg ha<sup>-1</sup> de N.

No milho segunda safra, Goes et al. (2013), em área irrigada, concluem que a ureia promove aumento da produtividade de grãos a partir da dose de 80 kg ha<sup>-1</sup>, já em área de sequeiro, Ragagnin et al. (2010) recomendam 35 kg ha<sup>-1</sup>, quando o milho for cultivado em sucessão à soja. Frente aos dados, observa-se que o uso de N é

variável, e para cada tipo de manejo, sistema e cultivar deve ser manejado de forma específica.

Entre as fontes nitrogenada, vários trabalhos têm demonstrando não diferença para a cultura do milho (GOES et al., 2012; MEIRA et al., 2009; SOUZA; SORATO, 2006), inclusive para fertilizantes de eficiência aumentada (CIVARDI et al., 2011; MACHADO, 2012; VALDERRAMA et al., 2011; ZAVASCHI, 2010), mencionando, normalmente, a ureia convencional como a mais viável economicamente (CIVARDI et al. 2011; QUEIROZ et al., 2011). Esta sua maior viabilidade, se deve, exclusivamente, ao seu o menor valor referente ao custo por kg de N.

Para as recomendações de milho consorciado, na literatura científica e boletins técnicos, as informações são escassas e poucas conclusivas, tornando-se assim, necessários maiores detalhamentos e avaliações de doses e forma de aplicação de fertilizantes ideais para os sistemas.

No consórcio, milho/forrageira, o N aplicado normalmente apresenta boa resposta, como verificado por Batista et al. (2011), observando aumento linear (dose de 0 a 90 kg ha<sup>-1</sup>) para a produção de grãos e ajuste quadrático para a matéria seca de pastagem. Este contraste é explicado por Lara-Cabezas e Pádua (2007), relatando que o milho é o maior responsável pelo uso do N aplicado no consórcio, e que o N sobressalente será, ai então, utilizado pela forrageira consorciada.

Já Costa et al. (2012a), em avaliação do consórcio milho/pastagem (capim-Xaraés e capim-Ruziziensis) em dois anos consecutivos, na safra, observaram não ajuste nas doses avaliadas, no primeiro ano, já para o segundo ano, houve ajuste linear (0 a 200 kg ha<sup>-1</sup>). Os próprios autores citam da importância de se realizar mais pesquisas sobre adubação nitrogenadas no sistema de consórcio, visto que, possivelmente, esta é influenciada por condições climáticas, época do ano, modos de consorciação, espécies forrageiras utilizadas e tempo de adoção do SPD.

## 2.7 NITROGÊNIO NO SOLO

O N após sua aplicação no solo, via fertilizantes, passa por diversas transformações, resultando em N inorgânico (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ou NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), podendo parte desse

fertilizante ser perdido por volatilização, imobilização, lixiviação e desnitrificação. Outras maneiras de adicionar N ao sistema é pela mineralização da matéria orgânica do solo (MOS), considera como uma das principais fontes e estoque de N do sistema agrícola, e via deposição atmosférica ou raios, mas pouco relevante quando se trata do sistema agrícola (CANTARELLA, 2007).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) tem grande importância na adição de N ao solo, consistindo na incorporação do N<sub>2</sub> atmosférico nos diferentes ecossistemas, representando economia substancial de energia fóssil. Estima-se que 65% do N introduzido em sistemas agrícolas do mundo é advindo da FBN, porém, quando se trata de culturas, a FBN tem estabelecidos melhores valores para *Fabacae*s (leguminosas) e com baixa eficiência nas *Poaceae*s (REIS et al., 2006), realidade que se busca modificar.

A mineralização e imobilização de N pelos microrganismos torna-se relevante quando se trata de agricultura. A mineralização é o processo de liberação de N pela decomposição de biomassa (vegetal ou microbiana) ou da MOS, ou seja, a transformação do N orgânico em N inorgânico. Já a imobilização é o sequestro de N aplicado por fertilizantes pelos microrganismos, isto é, a transformação do N inorgânico para N orgânico (ANDERSEN, 1999; CANTARELLA, 2007; CAS, 2009).

Esta imobilização é influenciada pela origem da palhada presente no sistema (ERNANI et al., 2002; SAMPAIO; GRIFFIN; HONEYCUTT, 2000; SALCEDO, 1993), pelos tratos mecânicos (MARQUES et al., 2000) e sistema de semeadura utilizado.

Inerente aos tipos de sistema de semeadura, após a implantação do SPD, inicialmente, ocorrerá maior imobilização de N (VARGAS et al., 2005), nas camadas superficiais do solo (VARGAS; SCHOLLES, 1998). Porém, após a morte desses microrganismos, esse N retorna ao meio pela mineralização (VARGAS et al., 2005), constatando que o processo de implantação do sistema de semeadura direta é à longo prazo.

A velocidade de decomposição e o processo de imobilização-mineralização está correlacionado diretamente com a relação carbono/nitrogênio (C:N) da biomassa presente no solo. Solos com biomassa com alta relação C:N tendem a imobilizar o N presente no solo.

Para mitigar a imobilização ou mineralização em excesso de N, a relação C:N da palhada considerada como ótima varia de 20 a 30. Nessa relação, os microrganismos não precisariam recorrer ao N inorgânico presente no solo, com mineralização estável (CANTARELLA, 2007; MARQUES et al., 2000). Kiehl (1979) complementa que os resíduos vegetais com relações C:N superiores a 33:1 são imobilizados, porém, ao passo que vai decompondo esse material, a tendência é que ocorra a redução dessa relação. Quando o resíduo chega à relação C:N de 33:1 ocorrerá a bioestabilização, neste momento, concomitantemente o N é mineralizado e imobilizado, não havendo competição pelo N inorgânico que já estava presente no solo.

Apesar da alta validade da relação C:N na contribuição do ciclo global do nitrogênio, novas pesquisas têm buscado explicar algumas lacunas que não eram compreendidas do ciclo global do N. A pesquisa apontava as plantas somente como parte disponibilizadora de matéria orgânica (WAGNER; WOLF, 1998 apud MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), no entanto, novas pesquisas tem demonstrado que os vegetais possuem função fundamental na organização do ciclo de N (COSKUN et al., 2017).

Para Coskun et al. (2017) alguns fatos ainda não eram compreendidos no ciclo global do N, porém, hoje, sabe-se que as plantas são fundamentais e influenciadoras do ciclo. Esses autores mencionam a existência da influência dos exsudados das raízes das plantas diretamente nas comunidades microbianas, sendo essas as responsáveis por grande parte do ciclo de N. Os autores ainda mencionam que agora começa a surgir melhor detalhamento sobre o controle que os exsudatos de raiz exercem em dois processos principais de N do solo - a nitrificação e fixação de N<sub>2</sub>. Em sua pesquisa, Coskun et al. (2017) mencionam diferentes exsudados de *Urochloa*, que influenciam diretamente no ciclo de N.

Subbarao et al. (2009) adicionam que as *Urochloas* produzem braquialactona – exsudatos de *Urochloa* inibidora da nitrificação, exsudato que tem o papel de reduzir a nitrificação pela ação direta nas nitrossomonas (contribuindo com poder inibitório de 60 a 90%). Esses autores enaltecem a necessidade de explorar a inibição biológica de nitrificação, o que, poder-se-á utilizá-la como estratégia poderosa para o desenvolvimento de sistemas agronômicos de baixa nitrificação, beneficiando a agricultura e o meio ambiente. Os autores ainda salientam, que ao passo que é

reduzida drasticamente a nitrificação, menores são as quantidades de  $N_2O$  emitidas anualmente.

Diante do contexto, acredita-se que o uso de *Urochloas* no sistema poderá ter influências diretas no ciclo de N daquele ecossistema, resultando em ganhos nos teores de N presente do solo, o que, poderá resultar na redução da adubação nitrogenada. Da mesma forma, torna-se necessário estudar quais serão as influências dessas profundas modificações no ciclo do N na cultura da soja, pelo fato destas não serem adubadas, se aumentando os teores de N presente no solo, em suas formas minerais  $NO_3^-$  e  $NH_4^+$ , poderá afetar a FNB, impactando diretamente na nodulação da cultura da soja, por inibir a formação ou causar senescência dos nódulos já formados (BOTTOMLEY; MYROLD, 2007).

## 2.8 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E SUAS MODIFICAÇÕES NA FÍSICA DO SOLO

Visando o aumento da demanda de alimentos no mundo, expansões de áreas são necessárias, ocasionando a incorporação do domínio Cerrado ao sistema de produção de grãos. Esta incorporação, inicialmente, se deu por meio do uso de sistema de preparo intensivo, com revolvimento do solo e incorporação de restos da vegetação nativa, corretivos e fertilizantes. No entanto, com o passar dos anos, verificou-se a necessidade de criação de sistemas mais racionais e que possam produzir de forma sustentável (COSTA; GOEDERT; GOMES, 2006), a exemplo, o SPD.

Hoje, a exploração racional, ambientalmente correta e o uso de mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) - cuja têm como objetivo a redução da emissão de gases e sequestro de carbono - são temas cada vez mais discutidos no desenvolvimento agropecuário brasileiro, ocasionando grande desenvolvimento tecnológico e produtivo no agronegócio, ampliando suas exportações, com maiores ganhos aos produtores e menores impactos ao meio ambiente (MACEDO, 2009).

Nesse contexto, um modo que vem sendo amplamente estudado e tem seu uso em expansão como MDL, é a Integração Lavoura Pecuária (ILP). A ILP consiste no uso intensificado da área – auferindo até três safras por ano – com notáveis melhorias

nas condições do solo, sendo elas: melhorias químicas, biológicas e físicas; além de aumentar a ciclagem e a eficiência de utilização dos nutrientes, reduzindo os custos de produção. Outro fator de grande impacto ao seu uso é a diversificação de produtos agrícolas, que culmina na estabilidade de renda do produtor rural (ALVARENGA et al., 2010). Para Assis et al. (2015), a integração torna-se mais pertinente, por permitir a recuperação de áreas antes improdutivas e supressão de desmatamento.

Dentre todas as melhorias ocasionadas pela ILP, a qualidade física do solo é merecedora de destaque, em vista que suas modificações nem sempre são notadas sem o uso de equipamentos ou análises, mas que influenciam diretamente na produtividade de grãos. Beulter e Centurion (2004) verificaram que o aumento na Resistência Mecânica do solo à Penetração das raízes (RMP), causada pela compactação do solo, resultou em consideráveis perdas de produtividade de grãos soja.

A ILP é benéfica e auxilia na manutenção do plantio direto, devido à maior produção de palha proporcionada pelo consórcio. Esse sistema possibilita acrescentar até 40% na produção de massa seca total depositada sobre o solo, quando comparado com a cultura do milho solteiro (SEIDEL et al., 2015).

A palhada adicional, favorece em diversos momentos o sistema, como: na infiltração de água, facilita a exploração do perfil do solo pelas raízes, reduz o processo erosivo e, conseqüentemente, promove a manutenção da estabilidade do sistema (CHIODEROLI et al., 2012). Muraishi et al. (2005) mencionam que coberturas vegetais no solo além de reduzir as perdas de água por evaporação, aumenta, também, a proteção do solo em relação à erosão e reduz a pressão de plantas daninhas. Essa informação, da mesma forma, é mencionada por Dalmago et al. (2009), onde os autores afirmam que a presença da cobertura vegetal resulta no aumento de até 7% a mais de água disponível que em sistemas sem a presença dessa cobertura. Este aumento na disponibilidade de água é considerável, pensando na possibilidade de redução de defictis hídricos (possibilitando o aumento de produtividade em sistemas convencionais) ou na economia de água de irrigação, ambos benéficos ao produtor.

Todavia, é necessário salientar que sistemas de consórcios ou ILP, devem ser utilizados em prol do produtor. Ainda, destaca-se que o uso do consórcio nem sempre será somente para a ILP, podendo ser utilizado, por exemplo, apenas para a produção

de palhada para o sistema. De igual forma, não necessariamente só há o uso da ILP com pastejo, podendo ser utilizada para produção de feno ou silagem. Ou seja, há diferentes modos de consorciações e ILP, e para cada sistema, é relevante e pertinente o estudo.

Quando utilizado a consorciação com objetivo de sistemas integrados (integração Lavoura-Pecuária), Conte et al. (2011) revela que o uso de consórcio é completamente válido na produtividade de pastagens, e não resulta em alterações significativas nos atributos físicos do solo (Densidade e porosidade do solo), mesmo com a presença de animais nas áreas, provoca apenas aumento da RMP do solo, na camada superficial (0 - 0,1 m). Porém esse aumento é irrelevante, por ser facilmente rompido na próxima safra pelo uso da haste sulcadora. Mas, mesmo com as poucas alterações, Lanzasova et al. (2007), mencionam a necessidade de cuidados nas pressões de pastejos, sendo em áreas de integração, deve-se, obrigatoriamente, adotar baixas pressões e com intervalos de mais espaçados.

O principal responsável por todas as melhorias ao sistema é a inserção da forrageira ao sistema. As forrageiras, normalmente, possuem maior capacidade de desenvolvimento aéreo e radicular, o que favorece à maior ciclagem de resíduos - pela intensa renovação vegetal. Além de que, por ocasião, o sistema radicular produz maiores quantidades de exsudatos, que melhora os agregados do solo, e o material vegetal auxilia na redução da variação de temperatura do solo, aumenta o teor de água e os níveis de MOS, promovendo assim ambiente favorável ao desenvolvimento da microfauna e mesofauna, que terão papel fundamental na melhoria do ambiente (SALTON et al., 2014), quimicamente ou fisicamente.

De modo geral, qualquer modificação nos sistemas de consórcio e no seu uso, resultará em respostas distintas na qualidade dos atributos físicos desse solo, como: local de semeadura e época de semeadura da forrageira, bem como, a espécie semeada (CHIODEROLI et al., 2012), manejo da área (ALBUQUERQUE et al., 2001) e pressão e tempo de descanso de pasto (DEBIASI; FRANCHINI, 2012). Outro fator de importância, de acordo com Souza et al. (2013), é que pelo uso da adubação nitrogenada na pastagem, ocorre o aumento da pressão de pré-consolidação, esta que foi relacionado com a recuperação da capacidade de suporte de carga do solo. Assim, o solo pode suportar cargas mais elevadas de pisoteio animal sem elevar a

compactação, devido ao sistema radicular da cultura melhorar a capacidade desse solo.

Diante o exposto, acredita-se que o momento da inserção da forrageira no consórcio, bem como, as doses de N em cobertura do milho têm influências diretas nos atributos físicos do solo, derivando em diferentes respostas nas camadas do solo. Não obstante, em comparação às áreas sem o consórcio, é possível que a consorciação resulte na melhoria, ou, prorrogação em efeitos depreciadores nos atributos físicos do solo.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a viabilidade técnica e econômica do milho, segunda safra, em consórcio com o capim-Xaraés, inoculado ou não com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura no milho; avaliando o estabelecimento da pastagem na entressafra, em sistema irrigado em região de Cerrado, e verificando a viabilidade do sistema com a cultura da soja, em sucessão do consórcio.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a possibilidade de redução da adubação nitrogenada, frente a inoculação de *Azospirillum brasilense*, na cultura do milho, e avaliar o melhor momento para implantação da forrageira ao consórcio, quantificando os componentes produtivos, a nutrição e produtividade de milho.

- Verificar o efeito residual da adubação nitrogenada aplicada em cobertura na cultura do milho, na *Urochloa brizantha* cv. Xaraes e quantificar a formação e exportação de nutrientes do capim inserido ao sistema integrado, bem como, estabelecer o melhor momento de inserção da forrageira, visando-se obter forragem de alta qualidade na entressafra.

- Avaliar o impacto do sistema integrado Milho + *Urochloa brizantha* cv. Xaraes em doses de nitrogênio, aplicado em cobertura na cultura do milho, e inoculação de *Azospirillum brasilense*, bem como, o momento da inserção da forrageira, nos componentes produtivos, nutrição e produtividade da cultura da soja em sucessão.

- Avaliar as modificações na estrutura física do solo causadas pelo cultivo de milho consorciado com a forrageira, adubação nitrogenada e o uso da inoculação de *Azospirillum brasilense*.

- Avaliar a viabilidade técnica e econômica do sistema de integração lavoura-pecuária, utilizando-se do modelo Santa Fé, e verificar a melhor dose e momento de

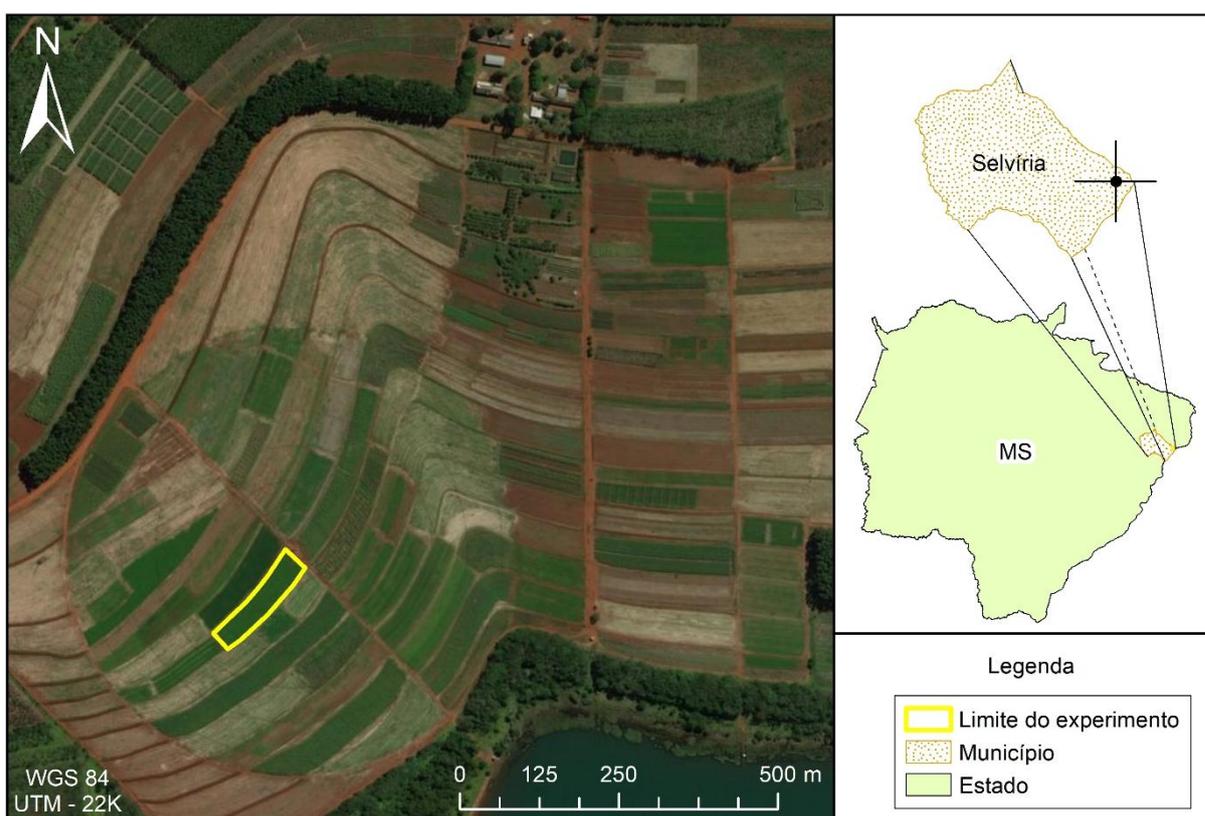
inserção do capim, e se o uso da inoculação de *Azospirillum brasilense* será mais lucrativo ao produtor.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi conduzido durante os anos agrícolas de 2013/2014 e 2014/2015 no município de Selvíria, MS (20° 18' S e 51° 22' W, altitude de 370 m), em área irrigada (pivô central) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE; Figura 1). A área experimental totalizou 3.150 m<sup>2</sup> (70 x 45 m).

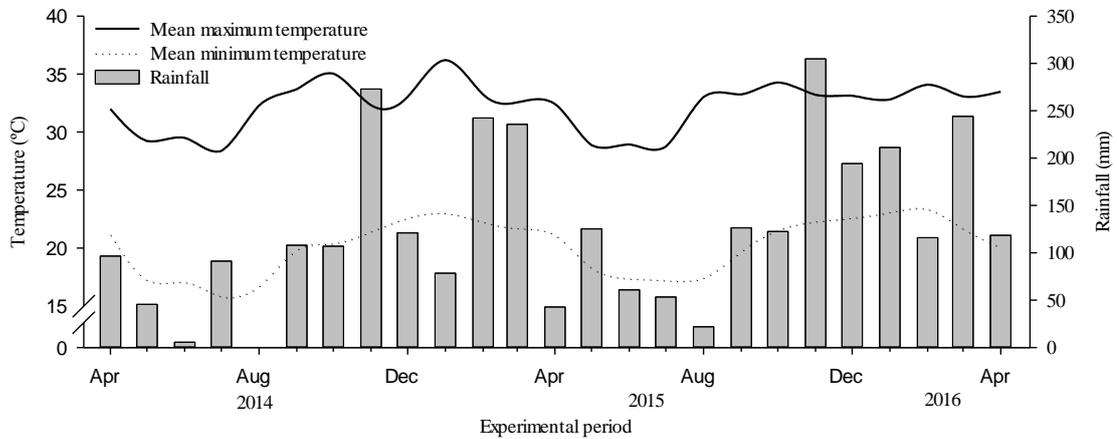
Figura 1 - Área utilizada da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, para a condução do experimento durante os anos agrícolas de 2013/2014 e 2014/2015 no município de Selvíria, MS.



Fonte: Adaptado do IBGE e Google (2016).

Durante a condução do experimento foram coletados mensalmente, na estação meteorológica situada na FEPE, os dados de temperaturas máxima e mínima e precipitação pluvial (Figura 2).

Figura 2 - Precipitação pluvial mensal acumulada (rainfall), temperatura máxima (maximum temperature) e mínima (minimum temperature) média, obtidos na estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FEPE/UNESP, no período de abril de 2014 a abril de 2016.



Fonte: Dados do próprio autor.

Os dados de temperatura e precipitação variaram de acordo com a média histórica da região, com precipitação pluvial média anual de 1.572 mm, temperatura máxima e mínima média de 32,3 °C e 20,2 °C, respectivamente, e umidade relativa do ar (UR) entre 70 e 80 %. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, de acordo com a metodologia proposta por Santos et al. (2013).

A área que originalmente foi ocupado por vegetação de Cerrado, vem sendo explorado por culturas anuais há mais de 26 anos. A área utilizada tinha como histórico o uso de SPD, em sistema de rotação de culturas (milho, soja, sorgo forrageiro, guandu anão, *Urochloa brizantha* cv. Marandu, feijão, arroz e milho) há mais de quinze anos, com as culturas do milho (primeira safra) e feijão (segunda safra) antecedendo o experimento.

A caracterização inicial dos atributos do solo foi realizada em abril de 2014 (Tabela 1). Nesses mesmos pontos, determinaram-se os valores da resistência do solo à penetração, utilizando penetrômetro digital FALKER, modelo PenetroLOG - PLG 1020. Após a verificação da camada compactada (0,10 a 0,40 m com IC > 2 MPa), efetuou-se o uso de escarificador em profundidade de trabalho de 0,30 m.

Tabela 1 - Caracterização inicial dos atributos físicos do solo.

Camada (m)	Macroporos ----- (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Microporos ----- (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Porosidade Total ----- (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	Ug (kg kg <sup>-1</sup> )	IC (MPa)
0 a 0,10	0,08	0,35	0,43	1,59	0,22	1,07
0,10 a 0,20	0,08	0,35	0,43	1,56	0,22	2,00
0,20 a 0,40	0,06	0,36	0,42	1,43	0,23	2,26
Média	0,07	0,35	0,43	1,52	0,22	1,78

Nota: Ds: Densidade do solo; Ug: umidade gravimétrica; IC: índice cone.

Fonte: Dados do próprio autor.

Concomitantemente à análise física do solo, visando verificar a fertilidade e textura do solo, procedeu-se a amostragem da área experimental, em profundidade de 0 - 20 cm. Com as amostras retiradas, procedeu-se análises químicas de fertilidade do solo de acordo com Raij et al. (2001), obtendo-se os seguintes resultados: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,5; M.O. = 26 g dm<sup>-3</sup>; P (Resina) = 30 mg dm<sup>-3</sup>; S = 4 mg dm<sup>-3</sup>; K = 4,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 32 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 17 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 29 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; B = 0,16 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 7,1 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 28 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 126,8 mg dm<sup>-3</sup>; Zn = 1,3 mg dm<sup>-3</sup> e textura argilosa.

#### 4.2 TRATAMENTOS E AMOSTRAGENS

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2x2x4, sendo o primeiro fator: épocas e formas de semeadura do capim-xaraés (semeada simultaneamente com o milho e em mistura ao adubo; ou em pós-emergência do milho na adubação de cobertura; em ambos os casos utilizou-se sete quilos de sementes puras viáveis); o segundo fator: o uso de *Azospirillum brasilense* (com e sem a inoculação via semente de milho. Dose utilizada: 200 e 100 mL de inoculante por saca de 60.000 sementes a serem semeadas, respectivamente para as safras 2014 e 2015; utilizando as estirpes AbV<sub>5</sub> e AbV<sub>6</sub>) e o terceiro fator: doses de nitrogênio em cobertura do milho (0; 50; 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>, na forma de ureia).

Após a colheita da cultura do milho, foi conduzido o capim-xaraés, por dois cortes (cortes mensais), e, em sequência, foi implantada a cultura da soja.

Cada parcela teve sete metros de comprimento por 3,15 metros de largura (totalizando 22,1 m<sup>2</sup>); mais bordadura de 22,4 m<sup>2</sup>, totalizando 44,4 m<sup>2</sup> por parcela.

Considerando como área útil da parcela as cinco linhas centrais, e desprezando 0,5 m de cada extremidade das bordaduras, totalizando 13,5 m<sup>2</sup>.

Deve-se frisar que a distribuição dos tratamentos foi de modo a evitar possíveis contaminações do *Azospirillum brasilense* (Figura 3). Ressalta-se ainda que os tratamentos culturais foram realizados na ordem das parcelas sem o uso, para as parcelas com o uso de *Azospirillum brasilense*, respectivamente.

Figura 3 - Delineamento e distribuição dos tratamentos experimentais. Seguindo Esquema Fatorial 2x2x4 e com quatro blocos e distribuição em parcelas subsubdivididas. As letras dentro dos tratamentos seguem o fatorial (Inoculação de *A. brasilense*; épocas de semeadura da forrageira; e doses de N em cobertura)

CC3	CC0	CC1	CC2	SC1	SC0	SC3	SC2	S: Sem <i>A. Brasilense</i>	P: Capim no Plantio						
CP1	CP2	CP0	CP3	SP3	SP1	SP2	SP0			C: Com <i>A. Brasilense</i>	C: Capim em cobertura				
SC3	SC1	SC0	SC2	CC1	CC0	CC2	CC3	Az/Br/N							
SP0	SP3	SP2	SP1	CP2	CP3	CP1	CP0								
CP2	CP1	CP3	CP0	SP2	SP3	SP0	SP1	SP1	SP2	SP3	SP0	CP0	CP1	CP3	CP2
CC0	CC3	CC2	CC1	SC0	SC2	SC1	SC3								

Fonte: Dados do próprio autor.

### 4.3 MANEJO CULTURAL

#### 4.3.1 Milho

A cultura do milho foi semeada, respectivamente no primeiro e segundo ano do experimento, nos dias 28/04/2014 e 24/04/2015, utilizando-se do híbrido triplo DKB

350 YG em população de 60.000 plantas/ha e com espaçamento de 0,45 m entre linhas.

Como o manejo da primeira safra, realizou-se a adubação com 500 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 06-12-08 + 2 kg de B, na forma de ureia, superfosfato simples, cloreto de potássio e FTE borogran 10, em linha, no momento da semeadura; realizando-se em V<sub>2</sub> o controle de plantas daninhas com 644,8 g i.a. ha<sup>-1</sup> do herbicida 2,4D; em V<sub>5</sub> procedeu-se a adubação de cobertura com a aplicação dos tratamentos constituídos com as doses de N. No segundo ano experimental, a adubação de manutenção foi realizada em linha com o uso de 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 00-20-20, no momento da semeadura; realizando-se em V<sub>2</sub> o controle de plantas daninhas com 644,8 g i.a. ha<sup>-1</sup> do herbicida 2,4D; em V<sub>4</sub> procedeu-se a adubação de cobertura (aplicação dos tratamentos com N); e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de KCl.

Durante todo o período de condução da cultura do milho (para as duas safras) realizaram-se todos os manejos necessários, não verificando a necessidade de controles químicos para pragas ou fitopatógenos.

A colheita mecanizada da cultura do milho ocorreu nos dias 22/08/2014 e 25/08/2015, respectivamente para o primeiro e segundo ano experimental, na altura de 0,30 m do solo.

#### **4.3.2 Capim-Xaraés**

Dez dias após a colheita do milho, realizou-se a adubação de cobertura do capim-xaraés, com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, e procedeu-se dois cortes (com intervalos de um mês) até a dessecação da cultura.

O capim-xaraés foi ceifado (primeiro ano experimental: 15/10/2014 e 12/11/2014; e segundo ano: 06/10/2015 e 11/11/2015) com o auxílio do triton acoplado ao trator. Após a ceifa, o capim era removido das parcelas, e, por conseguinte, uma semana depois do segundo corte do capim, realizou-se a dessecação da área com o uso de 1.440 g i.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato.

Durante todo o período de condução da cultura do capim-Xaraés (para as duas safras) realizaram-se todos os manejos necessários, não verificando a necessidade de controles químicos para plantas daninhas, pragas ou fitopatógenos.

### 4.3.3 Soja

Para avaliar os efeitos residuais do sistema de integração lavoura-pecuária utilizou-se a cultura da soja, esta que foi semeada após a colheita do capim-Xaraés.

A cultura da soja foi semeada, respectivamente na safra 2014/15 e 2015/16, nos dias 29/11/2014 e 20/12/2015, utilizando-se o cultivar BMX Potência RR, com 16 sementes por metro, em espaçamento entre linhas de 0,45 m (300.000 plantas por hectare).

Como manejo das áreas, na adubação de semeadura, utilizou-se, respectivamente para primeira e segunda safras, 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 08-28-16 e 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 04-20-20. Foram realizados dois controles de plantas daninhas por safra, utilizando como princípio ativo 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> de clorimuron + 1440 g i.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato na primeira aplicação e 1080 g i.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato na segunda aplicação.

No manejo do controle de pragas, realizou-se o controle da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*) e lagarta falsa-medideira (*Pseudoplusia includens*) aos 22 e 44 DAE com Metomil (7,5 g i.a. ha<sup>-1</sup>).

Nas duas safras, a partir dos 60 dias após emergência (DAE) procurou-se identificar focos de ferrugem asiática, como não foi verificada a presença do fitopatógeno neste período, realizou-se a aplicação do fungicida Azoxistrobina + ciproconazol (60 + 24 g i.a. ha<sup>-1</sup>; Priori XTRA), preventivamente e 12 dias após a primeira aplicação, outra amostragem foi realizada no experimento e não foram constatados focos da doença. Essa mesma prática foi repetida aos 85 DAE, onde, por ocasião, não se verificou foco da doença, não sendo necessário nova aplicação de fungicidas.

Foi necessário o uso de uma e duas aplicações de Tiametoxam + lambda-cialotrina (28,2 + 21,2 g i.a. ha<sup>-1</sup>; Engeo Pleno), respectivamente nas safras 2014/15

e 2015/16, para o controle de percevejo marrom da soja, em estádios reprodutivos R5; e R5 e R6, respectivamente. A colheita da soja foi realizada aos 105 DAE para ambas as safras.

#### 4.4 ANÁLISES

##### 4.4.1 Milho

No experimento foram realizadas as seguintes avaliações na cultura do milho:

a) *Índice de clorofila foliar*, quando as plantas estavam em pleno florescimento, sendo determinada indiretamente através de leituras na folha abaixo da espiga principal (no terço médio da folha de milho) de 10 plantas por parcela, sempre no período da manhã, por meio do clorofilômetro portátil Falker;

b) *produtividade de massa seca de parte aérea*, coletando-se uma linha da parte útil das parcelas. Após as coletas os materiais eram alocados em estufa de ventilação de ar forçado, à 65 °C até massa constante, e pesados em balança de precisão; por conseguinte os dados eram convertidos para Mg ha<sup>-1</sup>.

c) *altura de plantas e diâmetro de colmo* na maturação, a altura de plantas foi definida como sendo à distância (m) do nível do solo ao ápice do pendão, utilizando de régua graduada; e o diâmetro do colmo (cm) no segundo internódio, utilizando-se paquímetro manual, em cinco plantas na área útil.

d) *população de plantas* na maturação de milho, determinado pela contagem de todas as plantas de milho dentro da área útil da parcela.

e) *número de grãos por espiga*, obtido a partir da multiplicação do número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira de cada espiga (20 espigas por parcela), nas unidades experimentais;

f) *umidade dos grãos* por ocasião de colheita, onde o teor de água (%) dos grãos foi obtido pelo método elétrico não destrutivo indireto, mediante o uso do aparelho portátil Multi-grain (Dickey-John®);

g) *massa de 100 grãos* (g), determinada em balança de precisão 0,01g, a 13% (base úmida) em quatro lotes por tratamento;

h) *produtividade de grãos*, determinada pela coleta das espigas das plantas contidas na área útil de cada parcela. Após a trilha mecânica, os grãos foram quantificados e os dados transformados em Mg ha<sup>-1</sup> e seus valores corrigidos à 13% de umidade (base úmida);

i) concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foliar, coletando-se o terço médio de 20 folhas da inserção da espiga principal, no florescimento das plantas de milho, segundo a metodologia descrita em Cantarella, Raij e Camargo (1997).

#### 4.4.2 Capim-xaraés

Anterior as avaliações do capim-Xaraés, realizou-se o corte manual de planta inteira (folha; colmo; bainha; e inflorescência) realizadas manualmente, na altura em relação ao solo de 15 cm, no centro das parcelas, delimitando em área de 0,5 m<sup>2</sup> (com auxílio de demarcador).

As amostragens do capim-Xaraés foram realizadas nas seguintes datas: primeiro ano experimental - 15/10/2014 e 12/11/2014; e segundo ano - 06/10/2015 e 11/11/2015. Após a coleta das amostras, o restante do capim era roçado (à 15 cm em relação ao solo), com roçadeira mecânica, e removido das parcelas.

As amostras de capim-Xaraés foram acondicionadas em sacos de papel e mantidos em estufa de ventilação forçada na temperatura de 65 °C até massa constante, posteriormente as amostras eram armazenadas para suas respectivas avaliações.

No experimento foram realizadas as seguintes avaliações na cultura do capim-Xaraés:

a) *Massa seca de parte aérea (PMS)*: Com as amostras secas, realizou-se a pesagem em balança analítica, quantificando a matéria seca por parcela, e, posteriormente, os dados foram convertidos em Mg ha<sup>-1</sup>. Em seguida, as amostras eram moídas, em moinho tipo Wiley equipado com peneira com crivos de 1 mm, e armazenadas, para posteriores análises.

b) *Análise bromatológica*: Para a determinação do teor de proteína bruta (PB), procedeu-se a quantificação de nitrogênio total (NT), com o uso da digestão sulfúrica e o uso do método analítico semi micro-Kjeldahl, e, por conseguinte, o cálculo dos teores de PB, foi estimado pela multiplicação da concentração de NT (%) por 6,25 (AOAC, 1990).

Para as determinações dos teores de FDN, FDA, as amostras foram acondicionadas em sacos de tecido não tecido (TNT) de gramatura 80, com dimensões de 5 x 5 cm e mergulhados em becker contendo 50 mL de solução detergente neutro, por amostra, quando determinada a FDN; e 50 mL de solução de detergente ácido, por amostra, quando determinada a FDA, e submetida à digestão em autoclave à 105 °C por 60 minutos (MERTENS, 2002).

c) *Exportação de nutrientes*: Foram realizadas as análises químicas foliares, como variável dependente, para determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Nos cálculos de exportação de nutrientes, foram multiplicados os respectivos teores nutricionais de parte aérea, pela sua produtividade de massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$  em cada corte), convertendo-os em  $\text{kg ha}^{-1}$  e  $\text{g ha}^{-1}$ , respectivamente para macronutrientes e micronutrientes.

#### 4.4.3 Soja

No experimento foram realizadas as seguintes avaliações:

a) *Índice de clorofila foliar*, quando as plantas estavam no estágio de florescimento pleno da cultura ( $R_2$ ), sendo determinada indiretamente através de leituras no terceiro trifólio a partir do ápice da cultura de 10 plantas por parcela, sempre no período da manhã, por meio do clorofilômetro portátil Falker;

b) *produtividade de massa seca de parte aérea*, em pleno florescimento da cultura ( $R_2$ ), coletando-se uma linha da parte útil das parcelas e excluindo 0,5 m de suas extremidades. Após a coleta os materiais foram alocados em estufa de ventilação de ar forçado, à 65 °C até massa constante, e pesados em balança de precisão; por conseguinte os dados foram transformados para  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

c) *população de plantas* na maturação da soja, determinado pela contagem das plantas vivas em uma linha, da parte útil das parcelas e excluindo 0,5 m de suas extremidades.

d) *Número de vagens por planta*, determinado através da contagem do número de vagens, dividindo pelo número de plantas avaliadas em cada unidade experimental (10 plantas por parcela)

e) *massa de 100 grãos (g)*, determinada em balança de precisão 0,01 g, a 13% (base úmida) em quatro lotes por tratamento;

f) *produtividade de grãos*, determinada pela coleta de toda área útil remanescente, em quatro linhas úteis de cada parcela. Após a trilha mecânica, os grãos foram quantificados e os dados transformados em  $\text{Mg ha}^{-1}$  e seus valores corrigidos à 13% de umidade (base úmida);

g) concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foliar, coletando-se o terceiro trifólio a partir do ápice da cultura de 10 plantas por parcela, no florescimento das plantas de soja, segundo a metodologia descrita em Cantarella, Raij e Camargo (1997).

#### 4.4.4 Física do solo

Foram realizadas duas avaliações dos atributos físicos do solo, sempre ao final de cada ciclo (considerando cada ciclo com a colheita do milho e, posteriormente, a colheita do capim-xaraés), respectivamente para a primeira e segunda avaliação, nos dias 23/11/2014 e 16/11/2015.

Coletaram-se amostras indeformadas, com o anel volumétrico com volume de  $7,1 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ , em dois sítios por unidade experimental nas camadas de 0,0 a 0,1; 0,1 a 0,2; e 0,2 a 0,40 m. Com estas amostras indeformadas foram analisadas a: densidade do solo e porosidade total, pelo método do anel volumétrico; microporosidade, pelo método da mesa de tensão com coluna de água de 0,60 m; e macroporosidade, por diferença entre a porosidade total e a microporosidade. Todos os métodos foram realizados de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa (1997).

Determinaram-se, ainda nesses mesmos pontos, três perfis de resistência do solo a penetração mecânica (RMP) por unidade experimental com o auxílio do penetrômetro digital FALKER, modelo PenetroLOG - PLG 1020), calibrado para aferir a resistência do solo à penetração a cada cm (de 0,0 a 0,4m de profundidade), concomitantemente, efetuou-se a coleta de solo para avaliação da respectiva umidade gravimétrica nas três profundidades em estudo (0,0 a 0,1; 0,1 a 0,2; e 0,2 a 0,40m).

Visando verificar a influência existente entre os atributos físicos do solo e a produtividade de grãos da cultura sucessora (soja), realizou-se o teste de correlação de Pearson, ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

#### **4.4.5 Viabilidade Econômica**

Para a análise econômica, foi utilizada a estrutura baseada no custo operacional total (COT) de produção usada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), de acordo com Matsunaga et al. (1976), que é constituído da soma das despesas de custeio: operações realizadas, insumos (adubos, sementes, defensivos, etc.), mão de obra, maquinário e irrigação, denominada de custo operacional efetivo (COE). Considerou-se neste trabalho, além do COT, outras despesas e juros de custeio, sendo avaliados por 5% do COE (MATSUNAGA et al., 1976), resultando, portanto, no custo operacional total (COT), que foram extrapolados para um hectare.

Para determinar a lucratividade dos tratamentos, foram realizadas análises de rentabilidade. Para isso, foram determinadas: receita bruta (RB) (em R\$), como o produto da quantidade produzida (em número de sacos de 60 kg) pelo preço médio de venda (em R\$); lucro operacional (LO), como a diferença entre a receita bruta e o custo operacional total; lucro operacional acumulado (LOA), como a somatória do LO obtido nos 2 anos de estudo; índice de lucratividade (IL), entendido como a relação entre o lucro operacional (LO) e a receita bruta (RB), em porcentagem. Consideraram-se os preços pagos em 2016 (AGRIANUAL, 2015; IEA, 2016) ajustados àqueles vigentes em lavouras comerciais na região de Selvíria – MS, na média dos últimos 3 anos agrícolas.

Neste trabalho, foram feitas simulações como se cada tratamento representasse lavouras comerciais. Para facilitar a discussão, os valores referentes

às produtividades foram transformados em sacas de 60 kg, haja vista ser essa a unidade básica de comercialização pelos produtores locais.

#### 4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com os dados iniciais realizou-se o teste de Kolmogorov – Smirnov ( $p > 0,05$ ), buscando avaliar a normalidade das amostras. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o pacote ExpDes do software R 3.2.2 programa estatístico R (FERREIRA et al., 2011). Quando verificado efeito significativo para as variável quantitativa, nos desdobramentos, foram realizadas regressões polinomiais (de primeiro e segundo grau) à 5% e 1% de probabilidade. Da mesma forma, nos desdobramentos, efetuou-se regressões polinomiais (de primeiro e segundo grau) à 5% e 1% de probabilidade, quando verificado efeito significativo para as variáveis.

Nas avaliações físicas do solo, quando verificado efeito significativo para as variáveis qualitativas, foi realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), já para as variável quantitativa realizou-se regressões polinomiais (de primeiro e segundo grau) à 5% e 1% de probabilidade. Visando verificar a influência existente entre os atributos físicos do solo e a produtividade de grãos da cultura sucessora (soja), realizou-se o teste de correlação de Pearson, ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 RESULTADOS

#### 5.1.1 Milho

É evidente a diferença de comportamento entre safras para todas as variáveis analisadas, mesmo não sendo objeto de estudo no presente trabalho. Esclarece-se, que as diferenças são explicadas pelas variações climáticas anuais, como a temperatura, luminosidade e principalmente o déficit hídrico. Frisa-se que houve o uso de irrigação, porém, como ocorreram problemas com o sistema de irrigação houve escassez hídrica no mês de junho resultando na murcha de plantas.

Ainda, sobre o déficit hídrico, observa-se que a maior parte das interações ocorreram na segunda safra. Sendo provável, que parte dessas interações foram influenciadas pela escassez de água. São notórias maiores interações na nutrição da cultura, ou seja, nas concentrações de nutrientes no tecido foliar, sendo em alguns casos não observado padrões entre as interações, ou resultados esperados conforme a literatura científica. Em razão disso, as discussões dessas interações poderiam ser equivocadas por buscar respostas, talvez não de ocorrência padrão, assim, algumas interações não foram discutidas

##### 5.1.1.1 *Componentes agronômicos, produtivos e produtividade de grãos*

A inoculação com *A. brasilense* não diferiu da não inoculação para as variáveis Índice de Clorofila Foliar (ICF), massa seca de parte aérea (MSPA), altura de planta, diâmetro ( $\emptyset$ ) de colmo e população final (Tabela 2). Para as épocas de semeadura da forrageira, verificou-se efeito na MSPA (1ª safra), com aumento de 29% quando semeada em cobertura, em comparação a forrageira semeada concomitantemente ao milho; já no  $\emptyset$  de colmo houve respostas distintas para cada ano, onde se verificou redução de 3%, na primeira safra, quando semeada a forrageira em cobertura; e aumento de 5% no  $\emptyset$  de colmo, na segunda safra, quando semeada a forrageira em cobertura.

Tabela 2 - Média dos tratamentos e valor do F calculado inerentes ao índice de clorofila foliar (ICF), produtividade de massa seca de parte aérea (MSPA), altura de plantas, diâmetro de colmo ( $\emptyset$  de Colmo) e população de milho influenciado pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra)

Variáveis	ICF		MSPA		Altura de Planta		$\emptyset$ de Colmo		População	
	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Média	58,99	54,20	9,93	3,90	2,30	2,20	2,36	1,96	53,72	35,20
$\sigma$	8,03	5,60	2,66	0,74	0,07	0,10	0,17	0,16	6,28	4,70
CV	13,61	10,42	26,74	18,96	3,09	5,01	7,09	8,22	11,69	13,31
Média dos tratamentos										
<i>Azospirillum brasilense</i> (A)										
Presença	59,11	54,33	9,72	3,97	2,30	2,17	2,38	1,95	52,68	35,02
Ausência	58,86	54,04	9,30	3,84	2,31	2,13	2,34	1,96	54,76	35,28
Época semeadura da forrageira (U)										
Plantio	58,00	53,01	8,32	3,85	2,31	2,16	2,40	1,91	54,46	34,89
Cobertura	59,97	55,36	10,71	3,95	2,30	2,15	2,32	2,01	52,98	35,42
Doses de Adubação Nitrogenada (kg ha <sup>-1</sup> ; R)										
0	51,99 <sup>1</sup>	52,88	9,35	4,30 <sup>2</sup>	2,28	2,11	2,27	1,98	54,96	37,50 <sup>3</sup>
50	60,25	54,52	9,39	3,71	2,30	2,16	2,36	1,98	52,38	36,51
100	61,36	55,23	9,73	3,67	2,33	2,14	2,39	1,95	55,16	32,47
150	62,34	54,12	9,58	3,93	2,30	2,19	2,41	1,92	52,38	34,13
Valores de F calculado (teste de Fisher-Snedecor)										
A	0,02 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	3,37 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	3,41 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	1,65 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
U	1,22 <sup>ns</sup>	2,74 <sup>ns</sup>	14,63 <sup>**</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	4,02 <sup>*</sup>	5,95 <sup>*</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
R (x <sup>1</sup> )	15,56 <sup>**</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	3,69 <sup>ns</sup>	6,01 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	8,18 <sup>**</sup>
R (x <sup>2</sup> )	10,27 <sup>**</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	3,32 <sup>*</sup>	1,48 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	3,27 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	4,85 <sup>*</sup>
A x U	0,04 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	2,36 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	2,39 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
A x R	2,00 <sup>ns</sup>	1,77 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	4,67 <sup>*</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>
U x R	1,34 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	2,45 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	1,53 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>	1,42 <sup>ns</sup>	1,48 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>
A x U x R	0,51 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>	2,83 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	2,40 <sup>ns</sup>

Nota: <sup>ns</sup>: Não significativo; <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>: Significativo a 5% e 1%, respectivamente; <sup>1</sup>: ICF = -0,0007N<sup>2</sup> + 0,1735N + 52,34 (R<sup>2</sup> = 0,96); <sup>2</sup>: MSPA = 0,00008N<sup>2</sup> - 0,015N + 4,29 (R<sup>2</sup> = 0,98); <sup>3</sup>: Pop = 0,0003N<sup>2</sup> - 0,068N + 37,94 (R<sup>2</sup> = 0,75).

Fonte: Dados do próprio autor.

Os valores de ICF se ajustaram à função quadrática em relação às doses de N em cobertura no milho (Tabela 2), com aumento de 20,5% quando comparada a dose de máxima eficiência (124 kg ha<sup>-1</sup> de N) com 0 kg ha<sup>-1</sup> (1ª. Safra); e redução da MSPA (segunda safra) e população final (segunda safra), respectivamente de 16,6% e 9,1%; quando comparada a dose de mínima estimada (93,8 e 113,3 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente) com 0 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Houve interação significativa na MSPA entre os fatores de inoculação de *A. brasilense* e doses de N (Tabela 2), onde na ausência de inoculação não houve ajuste da MSPA para as doses de N, e com a presença da inoculação houve redução na MSPA, ajustando-se de modo quadrático ( $MSPA = 0,00004N^2 - 0,016N + 4,67$ ;  $r^2$ : 0,92).

Para os componentes de produção (Tabela 3), houve efeito da inoculação de *A. brasilense* na massa de 100 grãos (M100) da primeira safra, com a inoculação crescendo em 4,2% a massa dos grãos, em comparação a não inoculação. Já para a época de semeadura da forrageira, não foi verificado efeitos para nenhuma das variáveis nos dois anos experimentais.

Nas doses de N em cobertura do milho (Tabela 3), verificaram-se ajustes no número de grãos por espiga (segunda safra), umidade de grãos (segunda safra) e M100 (primeira safra). De modo geral, pelas variáveis serem constituintes dos componentes de produtividade, a produtividade de grãos foi afetada. Assim, houve ajuste na produtividade de grãos de milho para as duas safras (Tabela 3). Na primeira safra, a produtividade de grãos ajustou-se à função linear, com aumento da produtividade de grãos em 22,2%, quando comparado  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  com a maior dose em avaliação ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ), e na segunda safra, houve ajuste quadrático com aumento de 23,7%, relativo à dose de máxima estimada ( $101,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Para as variáveis constadas na Tabela 3, houve interação para a umidade de grãos na segunda safra, entre os fatores de época de semeadura da forrageira e doses de N em cobertura no milho. Na interação, a umidade de grãos de milho, onde a forrageira foi semeada concomitantemente ao milho, não houve ajuste às doses de N em cobertura, já a umidade de grãos de milho com a forrageira semeada a lanço, ajustou-se de modo quadrático com as doses de N ( $Umid = 0,003N^2 - 0,0759N + 21,42$ ;  $r^2$ : 0,90)

Tabela 3 - Média dos tratamentos e valor do F calculado inerentes ao número de grãos por espiga, Umidade de grãos no ato da colheita, massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos de milho influenciado pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra)

Variáveis	Grãos por espiga		Umidade		M100		Produtividade	
			----- (%) -----		----- (g) -----		----- (Mg ha <sup>-1</sup> ) -----	
Safra	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Média	502,29	424,20	18,12	18,90	25,41	23,00	6,45	4,44
σ	50,28	42,50	0,74	3,05	2,41	3,30	0,87	0,10
CV	10,01	10,02	4,10	16,13	9,48	14,31	13,59	22,52
Média dos tratamentos								
<i>Azospirillum Brasilense</i> (A)								
Presença	504,32	414,90	18,18	18,35	25,93	22,68	6,45	4,48
Ausência	500,26	433,44	18,07	19,44	24,89	23,25	6,45	4,41
Época semeadura da forrageira (U)								
Plantio	502,29	415,76	18,05	19,31	25,56	23,61	6,45	4,50
Cobertura	502,29	432,57	18,20	18,48	25,26	22,32	6,45	4,38
Doses de Adubação Nitrogenada (kg ha <sup>-1</sup> ; R)								
0	487,94	398,26 <sup>1</sup>	18,13	20,01 <sup>2</sup>	23,50 <sup>3</sup>	22,66	5,75 <sup>4</sup>	3,85 <sup>5</sup>
50	501,31	433,04	17,95	19,39	24,83	24,24	6,27	4,47
100	496,89	428,15	18,23	18,53	26,56	23,04	6,75	4,85
150	523,03	437,22	18,19	17,65	26,75	21,92	7,03	4,60
Valores de F calculado (teste de Fisher-Snedecor)								
A	0,09 <sup>ns</sup>	3,72 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	2,53 <sup>ns</sup>	4,29*	0,46 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
U	0,00 <sup>ns</sup>	3,06 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	1,44 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	2,36 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
R (x <sup>1</sup> )	3,28 <sup>ns</sup>	6,00*	1,15 <sup>ns</sup>	5,84*	24,68**	0,86 <sup>ns</sup>	26,75**	6,03*
R (x <sup>2</sup> )	1,75 <sup>ns</sup>	3,83*	0,63 <sup>ns</sup>	2,89 <sup>ns</sup>	12,99**	1,82 <sup>ns</sup>	13,45**	4,79*
A x U	0,38 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	3,16 <sup>ns</sup>
A x R	0,79 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>
U x R	0,32 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	4,36**	2,22 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>
A x U x R	0,32 <sup>ns</sup>	1,85 <sup>ns</sup>	2,95 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	3,13 <sup>ns</sup>

Nota: <sup>ns</sup>: Não significativo; <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>: Significativo a 5% e 1%, respectivamente; <sup>1</sup>: Grãos por espiga = -0,0026N<sup>2</sup> + 0,6096N + 400,94 (R<sup>2</sup> = 0,85); <sup>2</sup>: Umidade = -0,016N + 20,09 (R<sup>2</sup> = 0,99); <sup>3</sup>: M100 = -0,0001N<sup>2</sup> + 0,0401n + 23,40 (R<sup>2</sup> = 0,97); <sup>4</sup>: Produtividade-1ª = -0,00002N<sup>2</sup> + 0,0122N + 5,74 (R<sup>2</sup> = 0,99); <sup>5</sup>: Produtividade-2ª = -0,00009N<sup>2</sup> + 0,0182N + 3,84 (R<sup>2</sup> = 0,98).

Fonte: Dados do próprio autor.

### 5.1.1.2 Concentração de nutrientes no tecido foliar

Em relação aos dados de macronutrientes no tecido foliar (Tabela 4) observa-se efeito para a inoculação de *A. brasilense* na primeira safra para o K e na segunda safra para o S, com reduções nas concentrações foliares respectivamente de 3,1% e 5,9%, quando inoculado *A. brasilense*, frente à não inoculação.

Tabela 4 - Média dos tratamentos e valor do F calculado da concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) no tecido foliar, influenciados pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra)

Variáveis	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	(g kg <sup>-1</sup> )											
Safra	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Média	28,97	23,97	3,10	2,36	22,40	12,70	3,33	2,09	1,52	1,08	2,01	1,80
σ	2,77	1,89	0,33	0,22	0,93	1,87	0,37	0,28	0,16	0,14	0,18	0,16
CV	9,56	7,90	10,76	9,47	4,15	14,76	11,17	13,61	10,57	13,04	9,09	9,03
Média dos tratamentos												
<i>Azospirillum brasilense</i> (A)												
Presença	29,33	24,42	3,06	2,39	22,04	12,63	3,36	2,07	1,51	1,10	2,00	1,75
Ausência	28,61	23,51	3,15	2,33	22,75	12,76	3,29	2,10	1,52	1,07	2,03	1,86
Época semeadura da forrageira (U)												
Plantio	28,29	24,00	3,07	2,41	22,25	12,37	3,32	2,05	1,52	1,10	1,99	1,84
Cobertura	29,65	23,94	3,13	2,31	22,54	13,02	3,33	2,13	1,51	1,07	2,04	1,76
Doses de Adubação Nitrogenada (kg ha <sup>-1</sup> ; R)												
0	27,01 <sup>1</sup>	23,89	2,86 <sup>2</sup>	2,29	21,83	12,09 <sup>3</sup>	3,58 <sup>4</sup>	2,19	1,59	1,11	1,95 <sup>5</sup>	1,81
50	28,39	23,97	3,06	2,47	22,67	12,62	3,33	2,08	1,53	1,16	1,93	1,76
100	29,83	24,01	3,18	2,39	22,58	12,28	3,18	2,00	1,42	1,02	2,05	1,79
150	30,67	24,00	3,31	2,29	22,50	13,79	3,21	2,08	1,53	1,04	2,13	1,85
Valores de F calculado (teste de Fisher-Snedecor)												
A	0,88 <sup>ns</sup>	2,77 <sup>ns</sup>	1,59 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	9,97 <sup>**</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	4,06 <sup>*</sup>
U	4,00 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	2,85 <sup>ns</sup>	1,69 <sup>ns</sup>	1,98 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>
R (x <sup>1</sup> )	15,38 <sup>**</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	14,24 <sup>**</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	2,58 <sup>ns</sup>	4,04 <sup>*</sup>	7,92 <sup>**</sup>	1,31 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>	3,49 <sup>ns</sup>	8,80 <sup>**</sup>	0,43 <sup>ns</sup>
R (x <sup>2</sup> )	7,62 <sup>**</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	7,07 <sup>**</sup>	2,35 <sup>ns</sup>	2,89 <sup>ns</sup>	2,45 <sup>ns</sup>	5,07	1,33 <sup>ns</sup>	2,80 <sup>ns</sup>	1,79 <sup>ns</sup>	4,75 <sup>*</sup>	1,06 <sup>ns</sup>
A x U	0,09 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	1,44 <sup>ns</sup>	5,83 <sup>*</sup>	11,69	3,81 <sup>ns</sup>	8,53 <sup>**</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	10,89 <sup>**</sup>	3,34 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>
A x R	0,59 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	1,58 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	3,79 <sup>*</sup>
U x R	2,36 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	2,24 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	3,35 <sup>*</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	2,35 <sup>ns</sup>
A x U x R	1,27 <sup>ns</sup>	2,60 <sup>ns</sup>	1,42 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>ns</sup>	2,52 <sup>ns</sup>	2,88 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,88 <sup>ns</sup>	1,78 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>

Nota: <sup>ns</sup>: Não significativo; <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>: Significativo a 5% e 1%, respectivamente; <sup>1</sup>: Nitrogenio-1ª Safra = 0,0248N + 27,11 (R<sup>2</sup> = 0,98); <sup>2</sup>: Fósforo-1ª Safra = 0,0029N + 2,88 (R<sup>2</sup> = 0,98); <sup>3</sup>: Potássio-2ª Safra = 0,0095N + 11,98 (R<sup>2</sup> = 0,65); <sup>4</sup>: Cálcio-1ª Safra = 0,00003N<sup>2</sup> - 0,0067N + 3,58 (R<sup>2</sup> = 0,99); <sup>5</sup>: Enxofre-1ª Safra = 0,0013N + 1,916 (R<sup>2</sup> = 0,84).

Fonte: Dados do próprio autor.

Na variável independente - épocas de semeadura da forrageira - não foram observados efeitos significativos para nenhuma das variáveis analisadas (N, P, K, Ca, Mg e S) nas duas safras de estudos. Já para as doses de N, observaram-se ajustes para o N, P, Ca e S na primeira safra, e ajuste para o K na segunda safra, com aumentos (ajuste lineares) respectivos nas concentrações de N, P, K e S de 13,6%, 15,7%, 14,1% e 2,2% (em comparação da maior dose avaliada e a não adubação). Já para o Ca, houve ajuste quadrático, com ajuste de mínima em 112 kg ha<sup>-1</sup> de N, onde,

por ocasião, reduziu em 10,4% a concentração de Ca no tecido foliar, em comparação a não adubação (0 kg ha<sup>-1</sup> de N).

Foi verificada interação significativa na concentração de S do tecido foliar (segunda safra) entre os fatores de inoculação de *A. brasilense* e doses de N (Tabela 4), onde na ausência de inoculação não houve ajuste na concentração de S do tecido foliar nas doses de N. Porém, a presença da inoculação resultou no aumento linear ( $S = 0,0012N + 1,65$ ;  $r^2: 0,69$ ) na concentração de S.

Para as épocas de semeadura da forrageira e doses de N em cobertura do milho, ocorreu de igual forma interação significativa na variável concentração de Ca do tecido foliar (segunda safra). Na interação, não foi verificado ajuste da concentração de Ca nas doses de N avaliadas quando a forrageira foi semeada concomitantemente ao milho, já na ocasião da semeadura da forrageira em cobertura, houve ajuste quadrático ( $Ca = 0,00002N^2 - 0,0063N + 2,4$ ;  $r^2: 0,96$ ) com estimativa de mínima em 157 kg ha<sup>-1</sup> de N, acarretando na redução na concentração de Ca em 20,7% (em comparação a não adubação).

As concentrações de micronutrientes no tecido foliar da cultura do milho (Tabela 5) foram influenciadas pela inoculação de *A. brasilense*, na primeira safra, no Zn, com redução de 6,0% na concentração foliar e para o Mn, na segunda safra, com aumento de 21,1% na concentração foliar, quando inoculado *A. brasilense*, frente ao não inoculado. Para as épocas de semeadura da forrageira, verificou-se efeito significativo apenas para o Mn na segunda safra, com a concentração no tecido foliar de Mn, 9,4% superior quando semeada a forrageira concomitantemente a semeadura do milho.

Nas doses de N, observaram-se ajustes para as concentrações de Cu e Mn, na segunda safra, e para o Zn, na primeira safra. Com o Cu ajustando linearmente e reduzindo em 8,0% quando comparada a dose máxima avaliada (150 kg ha<sup>-1</sup> N) com a não adubação (0 kg ha<sup>-1</sup> N). O Mn ajustou de modo quadrático com ponto de máxima estimada em 106 kg ha<sup>-1</sup> de N, reduzindo em 18,4% a concentração de Mn, em comparação a não adubação (0 kg ha<sup>-1</sup> de N). Já o Zn, ajustou de modo quadrático com ponto de máxima, acarretando em aumento na concentração de Zn do tecido foliar de 11,8%, quando comparada a não adubação.

Tabela 5 - Média dos tratamentos e valor do F calculado da concentração de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) no tecido foliar, influenciados pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra)

Variáveis	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	(mg kg <sup>-1</sup> )									
Safra	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Média	14,82	6,22	13,34	13,05	120,13	138,52	48,98	38,21	20,69	17,06
σ	1,17	2,11	3,21	1,27	18,00	24,92	5,89	7,40	1,98	1,94
CV	7,87	33,85	24,08	9,74	14,99	17,99	12,02	19,37	9,57	11,37
Médias dos tratamento										
<i>Azospirillum brasilense</i> (A)										
Presença	14,84	6,21	13,71	13,08	119,46	141,34	48,25	42,71	20,04	16,92
Ausência	14,79	6,24	12,97	13,01	120,79	135,70	49,71	33,71	21,33	17,21
Época semeadura da forrageira (U)										
Plantio	15,08	6,65	13,25	13,04	119,46	138,90	48,17	40,08	20,75	16,58
Cobertura	14,55	5,79	13,43	13,05	120,79	138,15	49,79	36,33	20,63	17,54
Doses de Adubação Nitrogenada (kg ha <sup>-1</sup> ; R)										
0	15,15	6,92	13,92	13,58 <sup>1</sup>	117,92	140,15	49,67	42,92 <sup>2</sup>	19,08 <sup>3</sup>	17,17
50	14,77	5,58	12,27	13,42	114,83	139,67	47,50	37,42	21,42	17,58
100	14,71	5,50	12,17	12,69	126,17	144,63	48,08	35,33	21,33	16,17
150	14,62	6,89	15,00	12,50	121,58	129,65	50,67	37,17	20,92	17,33
Valores de F calculado (teste de Fisher-Snedecor)										
A	0,0 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	39,30 <sup>**</sup>	7,23 <sup>*</sup>	0,30 <sup>ns</sup>
U	2,46 <sup>ns</sup>	1,85 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	6,93 <sup>*</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	3,23 <sup>ns</sup>
R (x <sup>1</sup> )	1,17 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	6,43 <sup>*</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	4,29 <sup>*</sup>	8,80 <sup>**</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
R (x <sup>2</sup> )	0,66 <sup>ns</sup>	2,63 <sup>ns</sup>	3,47 <sup>ns</sup>	3,15 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	3,87 <sup>*</sup>	4,75 <sup>*</sup>	0,28 <sup>ns</sup>
A x U	3,44 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	2,40 <sup>ns</sup>	6,63 <sup>*</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	6,91 <sup>*</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	1,76 <sup>ns</sup>
A x R	0,25 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>
U x R	0,10 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	1,48 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	4,41 <sup>*</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>
A x U x R	0,51 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	2,51 <sup>ns</sup>	2,47 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	2,84 <sup>ns</sup>	2,41 <sup>ns</sup>

Nota: <sup>ns</sup>: Não significativo; <sup>\*\*</sup>: Significativo a 5% e 1%, respectivamente; <sup>1</sup>: Cobre-1ª Safra = -0,0079N + 13,64 (R<sup>2</sup> = 0,93); <sup>2</sup>: Manganês-2ª Safra = 0,0007N<sup>2</sup> - 0,1488N + 42,95 (R<sup>2</sup> = 0,99); <sup>3</sup>: Zinco-1ª Safra = -0,0003N<sup>2</sup> + 0,0521N + 19,19 (R<sup>2</sup> = 0,94).

Fonte: Dados do próprio autor.

Houve interação entre as épocas de semeadura da forrageira e doses de N em cobertura do milho, para a concentração de Fe do tecido foliar (segunda safra; Tabela 5). Na interação, não foi verificado ajuste da concentração de Fe nas doses de N, quando a forrageira foi semeada concomitantemente ao milho. Na ocasião da semeadura da forrageira em cobertura, houve ajuste quadrático (Fe = -0,006N<sup>2</sup> + 0,893N + 123; r<sup>2</sup>: 0,81) com estimativa de máxima em 156 kg ha<sup>-1</sup> de N, acarretando no acréscimo na concentração de Fe em 27% (em comparação a não adubação).

## 5.1.2 Capim-Xaraés

### 5.1.2.1 *Produtividade de massa seca e qualidade da forrageira*

A inoculação com *A. brasilense* pouco influenciou a PMS e qualidade bromatológica, sendo verificado efeito apenas na PMS da primeira safra com aumento de 19,1% quando inoculado *A. brasilense* no milho. (Tabela 6).

Notam-se, que para as épocas de semeadura da forrageira, houveram poucos efeitos significativos (Tabela 6). Foi verificado efeito apenas na segunda safra para as variáveis PMS e PB, onde, por ocasião, da semeadura da forrageira concomitantemente ao milho (em mistura ao adubo), resultou incremento de 50,3% da PMS e 12,1% no PB.

Os teores de PB se ajustaram á regressão linear, nas duas safras, em relação às doses de N (Tabela 6). Assim, as doses de N aplicadas em cobertura no milho, tem resposta direta na PB da forrageira semeada no consórcio, verificando-se incremento no PB de 15,0% e 16,3%, respectivamente para primeira e segunda safra, em comparação da maior dose aplicada (150 kg ha<sup>-1</sup> de N) em relação à não aplicação. Verificou-se também ajuste quadrático para a FDN da segunda safra, com redução de 2,5% da FDN utilizando-se 91,7 kg ha<sup>-1</sup> de N (valor de mínima estimada).

Tabela 6 - Média dos tratamentos e valor do F calculado da produtividade de massa seca, teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), influenciados pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra)

Variáveis	Produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> )		PB		FDN (%)		FDA	
	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Safra	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Média	4,3	5,2	11,3	12,3	68,1	65,7	47,4	36,6
σ	1,4	1,7	1,3	1,6	2,5	2,1	3,7	1,5
CV (%)	32,1	32,9	11,3	12,6	3,7	3,1	7,7	4,2
Média dos tratamentos								
<i>Azospirillum brasilense</i> (A)								
Com	4,7	5,1	11,5	12,3	67,5	66,1	48,2	36,8
Sem	3,9	5,3	11,0	12,2	68,6	65,3	46,6	36,5
Época semeadura da forrageira (U)								
Plantio	4,6	6,2	11,1	11,6	68,0	66,0	48,2	36,6
Cobertura	4,0	4,2	11,5	13,0	68,1	65,4	46,6	36,7
Doses de Adubação Nitrogenada (kg ha <sup>-1</sup> ; R)								
0	4,4	5,0	10,6 <sup>1</sup>	11,2 <sup>2</sup>	68,3	67,2 <sup>2</sup>	46,9	37,1
50	4,1	4,8	10,8	11,8	68,7	65,5	47,6	36,7
100	3,9	5,1	11,7	13,2	66,4	64,5	45,7	35,6
150	4,8	5,9	12,1	12,8	68,9	65,8	49,4	37,2
Valores de F calculado (teste de Fisher-Snedecor)								
A	4,9 <sup>*</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>
U	2,5 <sup>ns</sup>	33,9 <sup>**</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	9,5 <sup>**</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>
R (x <sup>1</sup> )	0,5 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	8,3 <sup>**</sup>	7,6 <sup>**</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	2,8 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>
R (x <sup>2</sup> )	1,7 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	4,0 <sup>*</sup>	4,3 <sup>*</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	4,0 <sup>*</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>
A x U	0,1 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	4,1 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>
A x R	0,9 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>
U x R	0,7 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>
A x U x R	0,3 <sup>ns</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>

Nota: <sup>ns</sup>: Não significativo; <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>: Significativo a 5% e 1%, respectivamente; <sup>1</sup>: PB-1ª Safra = 0,0105N + 10,51 (r<sup>2</sup> = 0,95); <sup>2</sup>: PB-2ª Safra = 0,0123x + 11,35 (r<sup>2</sup> = 0,75); <sup>3</sup>: FDN-2ª Safra = 0,0003N<sup>2</sup> - 0,055N + 67,26 (r<sup>2</sup> = 0,96).

Fonte: Dados do próprio autor.

Apesar de não ser objeto de estudo, deve-se destacar, ainda, a diferença entre as variáveis PMS e qualidade de forrageira das duas safras, onde, na primeira safra a PMS média foi de 4,3 Mg ha<sup>-1</sup> e na segunda de 5,2 Mg ha<sup>-1</sup>, ou seja, na segunda safra houve aumento de 21,1% da PMS em relação à primeira, para PB, FDN e FDA, destaca-se o aumento de 8,8% no PB e reduções de 3,5% e 22,8% nos teores de FDN e FDA, respectivamente.

### 5.1.2.2 Exportação nutrientes pelo tecido foliar

Em relação à exportação de macronutrientes via tecido foliar (Tabela 7), verificou-se que o uso de *A. brasilense* diferiu para a ausência de inoculação somente para K e S, na primeira safra.

Tabela 7 - Média dos tratamentos e valor do F calculado da concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) exportados no tecido foliar, influenciados pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra)

Variáveis	N		P		K		Ca		Mg		S	
	----- (kg ha <sup>-1</sup> ) -----											
Safra	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Média	74,3	96,5	11,8	13,6	113,8	156,6	11,9	19,0	11,2	17,6	5,9	8,6
σ	22,9	21,4	3,3	3,4	44,4	48,6	3,5	4,7	4,0	5,2	2,2	2,0
CV (%)	30,8	22,2	28,3	25,3	39,1	31,0	29,6	25,0	36,0	29,8	37,6	22,9
Média dos tratamentos												
<i>Azospirillum brasilense</i> (A)												
Presença	82,3	97,5	12,7	13,6	133,6	163,3	12,5	19,0	12,4	17,0	6,9	8,5
Ausência	66,3	95,4	11,0	13,6	94,0	150,0	11,3	18,9	10,1	18,1	5,0	8,6
Época semeadura da forrageira (U)												
Plantio	84,1	107,6	13,9	14,9	137,0	185,1	13,4	21,7	13,1	20,7	6,9	9,8
Cobertura	64,4	85,3	9,7	12,3	90,6	128,2	10,4	16,2	9,4	14,5	4,9	7,4
Doses de Adubação Nitrogenada (kg ha <sup>-1</sup> ; R)												
0	69,4	83,2 <sup>1</sup>	11,8	12,4	113,3	135,5	10,4	18,3	10,2	15,5	5,8	7,6
50	75,2	94,7	12,7	14,4	108,7	158,7	12,5	18,9	12,4	18,1	6,1	8,4
100	69,7	102,8	10,6	13,9	100,9	161,0	11,1	19,2	10,1	18,7	5,6	8,7
150	82,8	105,1	12,2	13,8	132,3	171,4	13,5	19,5	12,3	18,0	6,2	9,5
Valores de F calculado (teste de Fisher-Snedecor)												
A	4,2 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	3,9 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	10,0 <sup>**</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	8,2 <sup>*</sup>	0,1 <sup>ns</sup>
U	6,5 <sup>*</sup>	17,7 <sup>**</sup>	25,5 <sup>**</sup>	4,4 <sup>ns</sup>	13,8 <sup>**</sup>	17,7 <sup>**</sup>	6,1 <sup>*</sup>	14,7 <sup>**</sup>	9,2 <sup>**</sup>	20,7 <sup>**</sup>	9,2 <sup>**</sup>	24,7 <sup>**</sup>
R (x <sup>1</sup> )	1,0 <sup>ns</sup>	5,5 <sup>*</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,4	0,5 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	4,1 <sup>ns</sup>
R (x <sup>2</sup> )	0,6 <sup>ns</sup>	2,9 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,5	0,9 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>
A x U	0,0 <sup>ns</sup>	6,6 <sup>*</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	4,6 <sup>*</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	3,9 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>ns</sup>
A x R	1,1 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	0,6	1,2 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>
U x R	0,6 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	0,2	0,3 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>
A x U x R	0,2 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,0	0,0 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>

Nota: <sup>ns</sup>: Não significativo; <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>: Significativo a 5% e 1%, respectivamente; <sup>1</sup>: Nitrogênio-2ª Safra = 0,148N + 85,34 (r<sup>2</sup> = 0,93).

Fonte: Dados do próprio autor.

A semeadura do capim-Xaraés concomitantemente ao plantio do milho comparada à semeadura em momento da abudação de cobertura, conferiu maiores acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S, nas duas safras, exceto ao P, que o maior valor ocorreu apenas na segunda safra. (Tabela 7).

A inserção da forrageira ao sistema de integração lavoura-pecuária, concomitantemente a semeadura do milho, em mistura ao adubo, foi de maior efetividade (Tabela 7), com aumentos respectivos médios (nas duas safras) para N, P, K, Ca, Mg e S de 28%, 32%, 48%, 31%, 41% e 37%. Já para as doses de N, houve ajuste somente para a exportação de N, na segunda safra, com ajuste linear, resultando no aumento de 26% na exportação, quando comparada a maior dose de N avaliada ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ) com a não aplicação de N.

Para as exportações de micronutrientes, os dados estão constados na Tabela 8, onde se observa que os fatores independentes não exerceram grandes efeitos sobre as variáveis dependentes, e não foi verificada interações entre os fatores avaliados. Quanto a inoculação de *A. brasilense*, houve efeito para o B, na primeira safra, não sendo verificado demais efeitos para o fator.

Constataram-se maiores exportações de B e Mn, nas duas safras, quando a forrageira foi adicionada ao sistema de integração lavoura-pecuária concomitantemente a semeadura do milho, em mistura ao adubo. Com aumento de 54% e 50% para o B, na primeira e segunda safras, respectivamente, e com aumento de 56% e 73% de Mn, na primeira e segunda safras, respectivamente.

Tabela 8 - Média dos tratamentos e valor do F calculado da concentração de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) no tecido foliar, influenciados pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra)

Variáveis	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	----- (g ha <sup>-1</sup> ) -----									
Safra	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Média	52,6	30,0	99,8	145,7	560,7	998,2	417,2	594,8	130,0	119,2
σ	19,6	12,7	58,5	79,3	262,4	354,1	202,2	204,6	60,4	34,2
CV (%)	37,3	42,2	58,6	54,4	46,8	35,5	48,5	34,4	46,5	28,7
Média dos tratamentos										
<i>Azospirillum brasilense</i> (A)										
Presença	60,6	28,2	109,9	137,8	612,6	953,2	472,7	616,0	138,6	110,1
Ausência	44,5	31,9	89,6	153,6	508,8	1043,2	361,6	573,6	121,3	128,2
Época semeadura da forrageira (U)										
Plantio	63,8	36,1	111,4	172,5	642,2	1081,4	508,5	754,1	143,5	137,2
Cobertura	41,3	24,0	88,1	118,9	479,3	915,0	325,8	435,4	116,4	101,2
Doses de Adubação Nitrogenada (kg ha <sup>-1</sup> ; R)										
0	53,4	32,2	107,1	144,4	540,1	1040,1	414,8	557,0	125,2	108,2
50	54,8	24,5	119,1	147,1	542,7	1036,5	481,1	625,4	161,3	122,7
100	48,3	34,9	64,3	132,7	542,7	864,0	348,1	566,9	91,0	120,5
150	53,8	28,6	108,5	158,5	617,4	1052,2	424,6	629,7	142,3	125,3
Valores de F calculado (teste de Fisher-Snedecor)										
A	7,7*	1,2 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	2,8 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>ns</sup>
U	15,1**	12,9**	1,3 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	7,5*	70,2*	1,6 <sup>ns</sup>	12,3**
R (x <sup>1</sup> )	0,0 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>
R (x <sup>2</sup> )	0,1 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>
A x U	0,6 <sup>ns</sup>	4,1 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>
A x R	1,1 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>
U x R	0,1 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>
A x U x R	0,1 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>

Nota: <sup>ns</sup>: Não significativo; \*, \*\*: Significativo a 5% e 1%, respectivamente.

Fonte: Dados do próprio autor.

### 5.1.3 Soja

#### 5.1.3.1 Componentes agrônômicos, produtivos e produtividade de grãos

Diferente aos resultados apresentado até o presente momento (não feito), verifica-se que para a soja, o uso de *Azospirillum brasilense* ocasionou efeito antagônico à hipótese apresentada no presente estudo. Na tabela 9 constam os dados inerentes aos componentes agrônômicos e produtivos, bem como a produtividade da

cultura da soja, em relação aos tratamentos testados (presença ou ausência de inoculação de *A. brasilense*).

Tabela 9 - Média dos tratamentos e valor do F calculado inerentes ao índice de clorofila foliar (ICF), produtividade de massa seca de parte aérea (MSPA), população final (POP), Número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja, influenciado pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra)

Tratamentos	ICF		MSPA (Mg ha <sup>-1</sup> )		POP (1000 pl ha <sup>-1</sup> )		NVP		M100 ----- (g) -----		Prod (Mg ha <sup>-1</sup> )	
	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Média	48,0	43,7	10,5	10,4	235,4	292,8	69,7	59,3	16,8	13,6	4,6	2,8
σ	2,0	2,6	2,5	2,7	44,5	28,3	11,0	9,8	0,9	1,3	0,6	0,6
CV	4,2	6,0	23,7	26,4	18,9	9,7	15,8	16,5	5,3	9,6	12,8	20,0
Médias dos tratamentos												
<i>Azospirillum brasilense</i> (A)												
Presença	47,8	43,9	10,5	10,4	241,2	281,5	68,7	56,7	16,6	13,5	4,6	2,5
Ausência	48,1	43,5	10,4	10,4	229,6	304,2	70,7	61,9	17,0	13,7	4,6	3,2
Época semeadura da forrageira (U)												
Plantio	48,5	43,8	10,3	10,2	242,1	291,2	66,5	59,7	16,6	13,5	4,8	2,7
Cobertura	47,4	43,6	10,7	10,6	228,7	294,4	72,8	59,0	17,0	13,8	4,4	3,0
Doses de Adubação Nitrogenada (kg ha <sup>-1</sup> ; R)												
0	47,0 <sup>1</sup>	44,7	10,7	10,6	244,4	284,3	69,4	63,2	16,5	13,3	4,7	2,8
50	48,3	43,3	10,1	10,1	225,0	301,9	70,8	57,1	16,8	13,9	4,5	2,7
100	47,8	42,5	9,8	9,7	228,7	286,1	70,1	56,1	17,0	13,8	4,6	3,0
150	48,8	44,2	11,3	11,2	243,5	299,1	68,3	60,9	17,0	13,6	4,6	2,8
Valores de F calculado (teste de Fisher-Snedecor)												
A	0,3 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	7,6 <sup>**</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	4,2 <sup>*</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>	32,6 <sup>**</sup>
U	0,7 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	5,0 <sup>*</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	3,3 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	7,1 <sup>*</sup>
R (x <sup>1</sup> )	5,3 <sup>*</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>
R (x <sup>2</sup> )	2,7 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>
A x U	3,5 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	6,7 <sup>*</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>
A x R	0,7 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>
U x R	0,2 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>
A x U x R	2,8 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	12,8 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>

Nota: <sup>ns</sup>: Não significativo; <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>: Significativo a 5% e 1%, respectivamente; <sup>1</sup>: ICF-1ª = 0.0098N + 47.24 (R<sup>2</sup> = 0.6792).

Fonte: Dados do próprio autor.

Diferentes comportamentos para as variáveis dependentes analisadas entre safras (2014/15 e 2015/16; Tabela 9) ocorrem, na maioria das vezes. Estas diferenças

são elucidadas por dois pontos, na segunda safra (2015/16), que em sua somatória resultou nas diferenças entre os anos agrícolas, sendo eles: semeadura tardia da soja; e pelo ataque demasiado de percevejo da soja (*Euschistus heros*), sendo a segunda (percevejo), resultados da semeadura tardia.

Porém, estes resultados, abrem possíveis vertentes de futuros trabalhos, podendo observar que em anos com menores perspectivas de produtividade de grãos, pode ocorrer redução na produtividade quando aplicado o *A. brasilense*, no qual será discutido *a posteriori*.

Verifica-se que o uso da inoculação de *A. brasilense* resultou em efeitos na segunda safra (2015/16; Tabela 9), onde, pela ocasião da inoculação, reduziu o estande final de plantas e os números de vagens por plantas, fatores estes que culminaram na redução da produtividade de grãos em 28%, em comparação à não inoculação.

Para os demais fatores estudados, bem como suas interações, poucos efeitos foram verificados, e quando verificados, ocorreram de forma isolada.

No fator época semeadura de capim-Xaraés, verificou-se efeito para o número de vagens por plantas (1ª Safra) e produtividade (2ª Safra; Tabela 9). Em ambas as variáveis a forrageira semeada à lanço e em cobertura, resultou no incremento de 9,5% de NVP e 11,1% na produtividade de grãos.

Nas doses de adubação nitrogenada no milho, houve ajuste (linear) somente para o ICF (Tabela 9), na primeira safra, porém, com baixo coeficiente de determinação. Houve incremento de 1,71 de ICF (3,6% de incremento), quando comparada a não adubação (0,0 kg ha<sup>-1</sup> de N) com a dose máxima testada (150 kg ha<sup>-1</sup> de N).

Para validação dos efeitos ocasionados pelos fatores independentes, optou-se pela comparação dos tratamentos com testemunha (Tabela 10 - sem inoculação; em área não consorciada). Entre as variáveis dependentes dos componentes agrônômicos, produtivos e produtividade de grãos da cultura da soja, das seis variáveis, verificou-se efeito em cinco, ou seja, em 83,3% das variáveis há algum efeito em comparação à testemunha.

Para o ICF, há divergências para as duas safras, na primeira safra apenas o tratamento com inoculação de *A. brasilense* e com a *capim-Xaraés* semeada

concomitante ao milho diferiu da testemunha, já para a segunda safra, verificou-se que todos os tratamentos possuíam em média 14,2% a menos de ICF, em comparação a testemunha (Tabela 10).

Tabela 10 - Comparação de médias pelo teste Dunnet e valor do F calculado inerentes ao índice de clorofila foliar (ICF), produtividade de massa seca de parte aérea (MSPA), população final (POP), número de vagens por planta (NVP), massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja, influenciado pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra)

Inoculação	ESB	ICF		MSPA (Mg ha <sup>-1</sup> )		POP (1000 pl ha <sup>-1</sup> )		NVP		M100 ----- (g) -----		Prod (Mg ha <sup>-1</sup> )	
		1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Presença	Plan	48,8 a	43,9 b	11,1 b	11,0 b	240,7 b	279,6 <sup>ns</sup>	63,9 b	57,0 b	16,3 <sup>ns</sup>	13,4 <sup>ns</sup>	4,7 <sup>ns</sup>	2,4 b
	Cob	46,8 b	44,0 b	10,0 b	9,9 b	241,7 b	283,3	73,4 a	56,4 b	17,0	13,7	4,4	2,6 b
Ausência	Plan	48,3 b	43,7 b	9,5 b	9,4 b	243,5 b	302,8	69,1 a	62,3 a	17,0	13,6	4,8	3,0 a
	Cob	47,9 b	43,2 b	11,4 b	11,3 b	215,7 b	305,6	72,2 a	61,5 a	17,0	13,9	4,4	3,4 a
Testemunha		46,6 b	49,9a	13,9 a	14,6 a	292,6 a	296,7	74,5 a	70,8 a	16,7	13,7	4,7	3,3 a
Teste F		3,2	6,2	5,3	6,0	5,8	2,5	2,3	3,0	2,5	0,3	1,9	11,4

Nota: <sup>ns</sup>Não significativo ( $p > 0,05$ ); \*As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, de acordo ao Teste de Dunnet ( $p < 0,05$ ). ESB: Épocas de semeadura do capim-Xaraés.

Fonte: Dados do próprio autor.

A MSPA, nas duas safras e a população de plantas, na primeira safra, em média, reduziu em comparação a testemunha (Tabela 10). Na MSPA, houve redução de 24,5% e 28,8%, respectivamente, para a primeira e segunda safra. Para a população de planta final, em média, o uso dos tratamentos resultaram na redução de 19,5%, na primeira safra, em comparação à testemunha, não sendo repetido tal efeito para a segunda safra.

No NVP verificou-se na primeira safra redução de 14,2% no tratamento com inoculação de *A. brasilense* e com *Urochloa* semeada concomitante ao milho, em comparação a testemunha. Já para a segunda safra, esse efeito é estendido para toda a inoculação, onde, em média, o uso de *A. brasilense*, reduziu em 19,9% o NVP em comparação a testemunha (Tabela 10).

Quanto a M100 não foi verificado efeitos (Tabela 10). Porém, para a produtividade de grãos na segunda safra, nota-se que ocorreu redução na

produtividade, com redução média de 830 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, a testemunha produziu 33,3% a mais que a média dos tratamentos inoculados com *A. brasilense*.

Inferi-se, que o uso do consórcio com o uso de *A. brasilense*, resultou em alguns momentos em resposta negativa no desenvolvimento da cultura da soja. Essa diferença é menos diagnosticada em anos de melhores perspectivas de produção (2014/15), já em anos de baixo potencial produtivo (2015/16), as reduções são mais severas e danosas ao produtor. Mas, torna-se pertinente destacar que para questão de produtividade, somente a inoculação de *A. brasilense* influenciou negativamente, sendo, o uso da consorciação, influenciou somente nos componentes agronômicos.

#### 5.1.3.2 Concentração de nutrientes no tecido foliar

Nas concentrações de macronutrientes no tecido foliar (tabela 11) verifica-se que o uso da inoculação de *A. brasilense*, resultou em efeitos na primeira safra (2014/15), com aumentos nas concentrações foliares de P em 12,5% e no S em 22,6%, em comparação a não inoculação.

Tabela 11 - Média dos tratamentos e valor do F calculado inerentes às concentrações de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), influenciado pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consórcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra)

Tratamentos	N		P		K		Ca		Mg		S	
	----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----											
Safra	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Média	46,1	41,8	3,4	3,1	24,3	16,0	9,3	6,8	4,0	3,0	3,4	2,2
σ	5,3	2,0	0,5	0,4	3,4	1,9	1,0	0,9	0,3	0,5	0,7	0,2
CV	11,5	4,9	15,9	13,1	13,9	12,0	10,8	13,0	7,9	15,2	20,3	10,9
Médias dos tratamentos												
<i>Azospirillum brasilense</i> (A)												
Presença	46,3	41,7	3,6	3,1	23,8	16,4	9,3	6,9	3,9	3,0	3,8	2,2
Ausência	45,8	41,8	3,2	3,1	24,7	15,5	9,2	6,8	4,0	2,9	3,1	2,3
Época semeadura da forrageira (U)												
Plantio	45,3	41,9	3,4	3,1	23,1	15,9	9,7	6,8	4,0	3,1	3,6	2,3
Cobertura	46,9	41,6	3,4	3,2	25,4	16,1	8,9	6,8	3,9	2,9	3,3	2,2
Doses de Adubação Nitrogenada (kg ha <sup>-1</sup> ; R)												
0	47,9	41,7	3,6	3,1	24,2	15,8	9,3	6,8	4,0	3,0	3,8 <sup>1</sup>	2,2
50	46,3	41,9	3,3	3,2	22,8	16,4	9,2	6,7	4,1	3,0	3,3	2,3
100	46,1	42,4	3,3	3,1	24,2	15,6	9,4	6,8	3,9	2,9	3,4	2,3
150	43,9	41,1	3,3	3,0	25,8	16,0	9,1	7,0	3,9	3,0	3,2	2,2
Valores de F calculado (teste de Fisher-Snedecor)												
A	0,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	10,4 <sup>**</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	34,7 <sup>**</sup>	2,0 <sup>ns</sup>
U	0,9 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	5,7 <sup>*</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	6,6 <sup>*</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	6,4 <sup>*</sup>	1,4 <sup>ns</sup>
R (x <sup>1</sup> )	3,2 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	4,3 <sup>*</sup>	0,4 <sup>ns</sup>
R (x <sup>2</sup> )	1,6 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>
A x U	0,0 <sup>ns</sup>	7,1 <sup>*</sup>	3,5 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	4,5 <sup>*</sup>	5,0 <sup>*</sup>	4,9 <sup>*</sup>
A x R	0,2 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>
U x R	0,2 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>
A x U x R	1,5 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>

Nota: <sup>ns</sup>: Não significativo; <sup>\*\*</sup>: Significativo a 5% e 1%, respectivamente. <sup>1</sup>: Enxofre-1ª Safra = - 0.0034N + 3.7 (R<sup>2</sup> = 0.6964)

Fonte: Dados do próprio autor.

De modo próximo, para os micronutrientes houve efeito apenas para o Fe (tabela 12), na primeira safra (2014/15), com aumento nas concentrações no tecido foliar em 31,7%, quando comparada a inoculação de *A. brasilense*, com a não inoculação. Para os demais fatores estudados, bem como suas interações, poucos efeitos foram verificados e, quando verificados, ocorreram de forma isolada.

Tabela 12 - Média dos tratamentos e valor do F calculado inerentes às concentrações de nutrientes (B, Fe, Mn e Zn), influenciado pela presença ou ausência da inoculação de *A. brasilense* via semente, épocas de semeadura do capim-Xaraés ao consorcio e doses de N em cobertura da cultura do milho, para as duas safras experimentais (2014/15 e 2015/16, respectivamente para 1ª e 2ª safra)

Tratamentos	B		Fe		Mn		Zn	
	(mg kg <sup>-1</sup> )							
Safra	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Média	45,1	32,7	154,5	75,0	75,4	56,2	48,2	24,6
σ	3,4	4,9	48,9	24,3	13,0	12,0	5,9	3,7
CV	7,6	15,1	31,7	32,5	17,2	21,3	12,2	14,9
Médias dos tratamentos								
<i>Azospirillum brasilense</i> (A)								
Presença	46,6	32,0	175,63	69,8	78,0	56,7	49,0	24,8
Ausência	44,2	33,5	133,3	80,2	72,7	55,8	47,5	24,3
Época semeadura da forrageira (U)								
Plantio	44,7	31,7	166,5	66,7	81,4	56,9	49,1	24,6
Cobertura	46,1	33,8	142,42	83,2	69,3	55,5	47,3	24,6
Doses de Adubação Nitrogenada (kg ha <sup>-1</sup> ; R)								
0	47,3 <sup>1</sup>	34,2	169,4	73,6	80,1	52,9	49,8	24,0
50	45,2	31,4	146,8	82,5	75,8	55,8	47,8	23,1
100	45,4	31,6	144,8	67,3	73,4	55,6	49,0	25,8
150	43,8	33,6	156,9	76,5	72,2	60,6	46,3	25,4
Valores de F calculado (teste de Fisher-Snedecor)								
A	2,1 <sup>ns</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	14,59 <sup>**</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>
U	0,8 <sup>ns</sup>	3,7 <sup>ns</sup>	4,71 <sup>*</sup>	5,4 <sup>*</sup>	11,8 <sup>**</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>
R (x <sup>1</sup> )	8,5 <sup>**</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	2,2 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	2,2 <sup>ns</sup>
R (x <sup>2</sup> )	4,2 <sup>*</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>
A x U	0,0 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	5,5 <sup>*</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>
A x R	0,9 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>
U x R	0,2 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	3,7 <sup>*</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>
A x U x R	1,6 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>

Nota: <sup>ns</sup>: Não significativo; <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>: Significativo a 5% e 1%, respectivamente; <sup>1</sup>: Boro-1ª Safra =  $-0,0206N + 46,97$  ( $R^2 = 0,8545$ )

Fonte: Dados do próprio autor.

Nas doses de adubação nitrogenada, afere-se ajuste para a concentração de S e B, na primeira safra, ajustando para ambos de modo linear. Onde, por ocasião, houve redução na concentração de S (Tabela 11) em 15,8% e para o B (Tabela 12) de 7,4%, quando comparada a não adubação (0,0 kg ha<sup>-1</sup> de N) com a dose máxima testada (150 kg ha<sup>-1</sup> de N).

#### 5.1.4 Física do Solo

Verificou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) na microporosidade do solo, da primeira safra, para as épocas de semeadura de capim-Xaraés no consórcio com milho (Tabela 13). A semeadura do capim-xaraés, concomitantemente ao milho, aumentou em 7,9% a microporosidade, em comparação a semeadura do capim em cobertura no milho.

Nas camadas de solo avaliadas (Tabela 13) esperavam-se efeitos mais proeminentes, onde de fato foram verificados efeitos significativos em nove das 11 variáveis analisadas dos atributos físicos do solo. No sentido da superfície do solo (0,0 a 0,1), para seu interior (0,2 a 0,4), sucedeu redução de macroporosidade e porosidade total do solo, aumento de microporosidade (segunda safra),  $U_g$  (segunda safra) e RMP do solo. Já para a  $D_s$ , na primeira safra, a camada de 0,10 a 0,20 m foi superior ( $p < 0,05$ ) às camadas 0 a 0,10 m e 0,20 a 0,40 m, e na segunda safra, a camada de 0,10 a 0,20 m foi superior ( $p < 0,05$ ) às camadas 0 a 0,10 m e 0,20 a 0,40 m, sendo que, a camada de 0,0 a 0,10 m foi superior à camada de 0,20 a 0,40 m.

Tabela 13 - Médias dos tratamentos nos tributos físicos do solo, posterior às safras (duas), influenciados pelas épocas de semeadura de *U. brizantha* no consórcio com milho, doses de N em cobertura do milho e camadas amostradas de solo, bem como os valores calculados de F (teste de Fisher-Snedecor), e médias globais, desvio padrão amostral (s) e coeficiente de variação (C.V.).

Variáveis	Ma		Mi		PT		Ds		Ug		RMP (MPa)
	----- (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) -----		---		---		--- (kg dm <sup>-3</sup> ) ---		---- (kg kg <sup>-1</sup> ) ----		
Ano	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2015
Média	0,12	0,08	0,33	0,37	0,45	0,44	1,48	1,53	0,24	0,23	1,51
s	0,05	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,08	0,08	0,02	0,02	0,52
CV (%)	39,71	27,3	12,41	5,32	5,48	5,69	5,55	5,03	7,57	10,8	34,17
Épocas de semeadura da <i>U. brizantha</i> no consórcio (E)											
MUL	0,11	0,08	0,35*	0,37	0,45	0,44	1,47	1,52	0,24	0,23	1,43
MUC	0,13	0,08	0,32	0,36	0,45	0,44	1,47	1,53	0,24	0,23	1,46
Doses de N em cobertura do milho (R; kg ha <sup>-1</sup> )											
0	0,13	0,07	0,32 <sup>1</sup>	0,36	0,45 <sup>2</sup>	0,43	1,47	1,54	0,24	0,24	1,28
50	0,11	0,08	0,34	0,37	0,45	0,44	1,47	1,52	0,24	0,23	1,58
100	0,12	0,08	0,33	0,37	0,45	0,44	1,5	1,53	0,24	0,23	1,34
150	0,12	0,08	0,34	0,37	0,46	0,45	1,46	1,51	0,24	0,23	1,51
Camadas amostradas de solo (C; m)											
0.0 a 0.1	0,14 a <sup>a</sup>	0,09 a	0,32	0,36 b	0,47 a	0,45 a	1,42 b	1,52 b	0,24	0,22 c	0,89 c
0.1 a 0.2	0,10 b	0,07 b	0,33	0,36 b	0,44 b	0,43 b	1,53 a	1,58 a	0,23	0,23 b	1,53 b
0.2 a 0.4	0,11 b	0,08 ab	0,34	0,37 a	0,45 b	0,45 a	1,47 b	1,47 c	0,24	0,25 a	1,93 a
Valores de F calculado (teste de Fisher-Snedecor)											
E	2,25 <sup>ns</sup>	2,19 <sup>ns</sup>	6,42 <sup>*</sup>	4,21 <sup>*</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	1,69 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>
R x <sup>1</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	3,49 <sup>*</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	3,08 <sup>*</sup>	2,98 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
R x <sup>2</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	1,90 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	1,93 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
C	4,70 <sup>*</sup>	4,74 <sup>*</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	5,28 <sup>**</sup>	9,69 <sup>**</sup>	11,37 <sup>**</sup>	20,50 <sup>**</sup>	19,68 <sup>**</sup>	1,71 <sup>ns</sup>	18,34 <sup>**</sup>	78,9 <sup>**</sup>
E x D	0,83 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	2,89 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	1,86 <sup>ns</sup>	3,45 <sup>*</sup>
E x C	0,40 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	1,77 <sup>ns</sup>
E x C	0,26 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	1,88 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>
E x D x C	0,46 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>

Nota: Ma; Mi; e PT: Macroporosidade, Microporosidade e porosidade total do solo, respectivamente; Ds: Densidade do solo; Ug: umidade gravimétrica; RMP: Resistência mecânica a penetração.

<sup>ns</sup>: Não significativo ao teste F ( $p \geq 0,05$ ); \*, \*\*: Significativo ao teste F a 5 e 1%, respectivamente; <sup>a</sup>: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ );

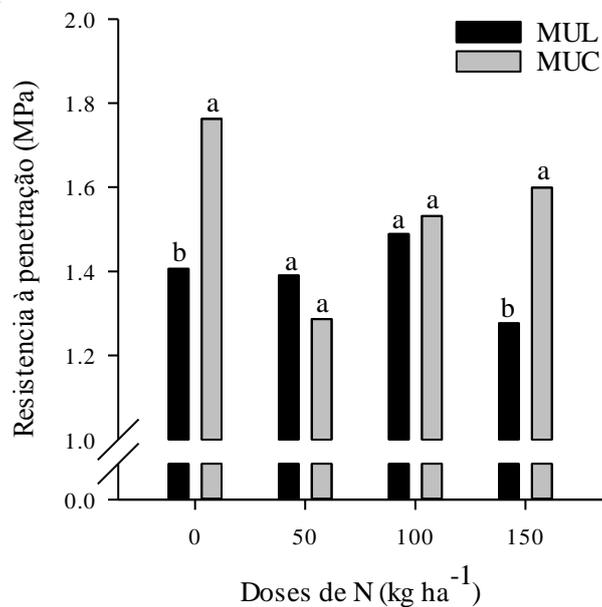
<sup>1</sup>:  $Mi = 0,0002N + 0,3207$  ( $R^2 = 0,7090$ ); <sup>2</sup>:  $Total = 9E-05N + 0,4431$  ( $R^2 = 0,7965$ ).

MUL; Semeadura de capim-Xaraés concomitantemente ao milho; MUC: Semeadura de capim-Xaraés concomitantemente à adubação de cobertura do milho.

Fonte: Dados do próprio autor.

Com relação às interações entre os fatores, verificou-se interação para a RMP em avaliação de épocas de semeadura do capim-xaraés no consórcio com milho e doses de N em cobertura do milho, não sendo verificado demais interações (Tabela 13). Na Figura 4 consta o desdobramento da interação E x D, onde nas doses 0 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, o tratamento MUC, foi 20,2% e 20,2%, respectivamente, superior ao tratamento MUL, e nas doses 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N não houve diferença para as épocas de semeadura do capim.

Figura 4. Interação entre épocas de semeadura de *U. brizantha* no consórcio com milho e doses de N em cobertura da cultura do milho, e sua influência na resistência do solo a penetração.



Nota: MUL; Semeadura de *U. brizantha* concomitantemente ao milho; MUC: Semeadura de *U. brizantha* concomitantemente à adubação de cobertura do milho; DMS<sub>entre modos</sub> (letras maiúsculas): 0,25 MPa.

Fonte: Dados do próprio autor.

Em avaliação da segunda etapa do experimento, os atributos físicos do solo foram beneficiados pelo uso do consórcio milho + capim-xaraés, com exceção apenas para a macroporosidade e porosidade total do solo, na primeira safra (Tabela 14). Vale destacar que a Ds e a Ug do solo, em ambas safras, foram influenciadas positivamente pelo consórcio, com a Ds reduzindo em 6,0% e 2,4%; e a Ug aumentando em 8,1% e 7,4%, respectivamente para a primeira e segunda safra, quando comparado com o consórcio (independente da época de semeadura) de milho + capim-xaraés com a área de milho não consorciado (milho solteiro).

Tabela 14. Médias dos tratamentos nos tributos físicos do solo, influenciados pelos modos de consórcio de milho + *U. brizantha* e camadas amostradas de solo, bem como os valores calculados de F (teste de Fisher-Snedecor).

Variáveis	Ma		Mi		PT		Ds		Ug		RMP
	----- (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) -----		----- (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) -----		----- (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) -----		--- (kg dm <sup>-3</sup> ) ---		---- (kg kg <sup>-1</sup> ) ----		(MPa)
Safra	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2015
Semeadura da <i>U. brizantha</i> no consórcio (S)											
MUL	0,11	0,07	0,35 a <sup>a</sup>	0,37 ab	0,45	0,44 b	1,47 b	1,52 b	0,24 a	0,23 a	1,39 b
MUC	0,13	0,08	0,32 b	0,36 b	0,45	0,44 b	1,47 b	1,53 b	0,24 a	0,23 a	1,54 ab
MNC	0,13	0,08	0,32 b	0,38 a	0,45	0,46 a	1,56 a	1,56 a	0,22 b	0,22 b	1,68 a
Camadas amostradas de solo (C; m)											
0.0 a 0.1	0,15 a	0,08 a	0,32	0,36 b	0,46 a	0,45 a	1,46 b	1,55 b	0,23	0,21 c	0,99 c
0.1 a 0.2	0,11 b	0,07 b	0,33	0,36 b	0,44 b	0,43 b	1,57 a	1,59 a	0,23	0,23 b	1,69 b
0.2 a 0.4	0,12 b	0,08 a	0,34	0,38 a	0,45 b	0,46 a	1,49 b	1,47 c	0,24	0,24 a	1,93 a
Valores de F calculado (teste de Fisher-Snedecor)											
S	1,85 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	4,17 <sup>*</sup>	6,60 <sup>**</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	3,87 <sup>*</sup>	10,15 <sup>**</sup>	3,43 <sup>*</sup>	5,90 <sup>**</sup>	4,38 <sup>*</sup>	6,35 <sup>**</sup>
C	3,86 <sup>*</sup>	5,10 <sup>**</sup>	1,24 <sup>ns</sup>	11,70 <sup>**</sup>	5,66 <sup>**</sup>	18,98 <sup>**</sup>	13,02 <sup>**</sup>	33,89 <sup>**</sup>	2,28 <sup>ns</sup>	15,48 <sup>**</sup>	78,49 <sup>**</sup>
S x C	0,39 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	1,17	0,73 <sup>ns</sup>	3,07 <sup>*</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	2,78 <sup>*</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	2,01 <sup>#</sup>

Nota: Ma; Mi; e PT: Macroporosidade, Microporosidade e porosidade total do solo, respectivamente; Ds: Densidade do solo; Ug: umidade gravimétrica; RMP: Resistência mecânica à penetração.

<sup>ns</sup>: Não significativo ao teste F ( $p \geq 0,05$ ); #, \*, \*\*: Significativo ao teste F a 10, 5 e 1%, respectivamente;

<sup>a</sup>: Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

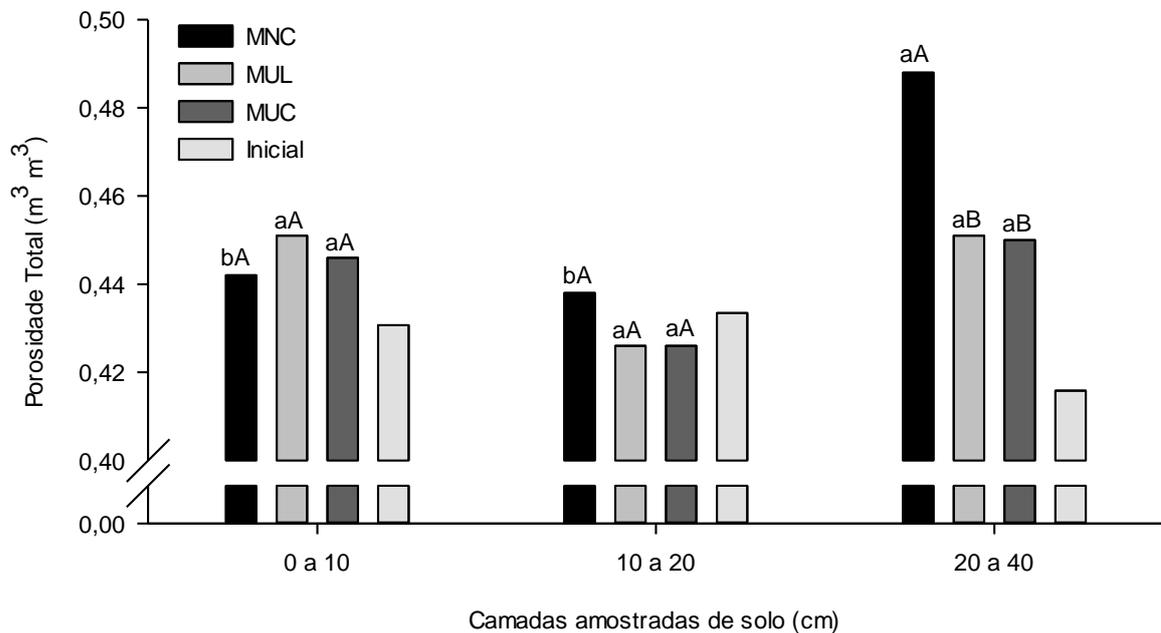
MUL; Semeadura de *U. brizantha* concomitantemente ao milho; MUC: Semeadura de *U. brizantha* concomitantemente à adubação de cobertura do milho; MNC: Milho com ausência de consórcio.

Fonte: Dados do próprio autor.

Em comparação com as camadas amostradas de solo verificou-se comportamento semelhante à primeira parte do experimento (Tabela 13), porém, houve interação na porosidade total do solo ( $p < 0,05$ ), Ds ( $p < 0,05$ ), RMP ( $p < 0,10$ ), na segunda safra, quando comparado a semeadura da *U. brizantha* no consórcio (MUL; MUC; e MNC) e as camadas amostradas do solo (0,0 - 0,1; 0,1 - 0,2; 0,2 - 0,4 m).

Para a porosidade total do solo, a interação entre os modos de semeadura da *U. brizantha* (S) no consórcio e as camadas amostradas do solo constam na Figura 5, sendo que nas primeiras camadas (0,0 - 0,10; 0,10 - 0,20 m) não houve diferença entre os modos de semeadura e a ausência de consórcio, e na camada de 0,20 - 0,40 m, a porosidade total do solo foi superior na ausência do consórcio de milho + capim-Xaraés. Para avaliação das formas de consórcio dentro das camadas do solo, somente o MNC diferiu, com aumento de 9,9% de porosidade total, quando comparada a camada de 0,20 - 0,40 m com as camadas de 0,0 - 0,10; 0,10 - 0,20 m.

Figura 5 - Interação entre modos de consórcio de milho + *U. brizantha* e camadas amostradas de solo e sua influência na porosidade total do solo.

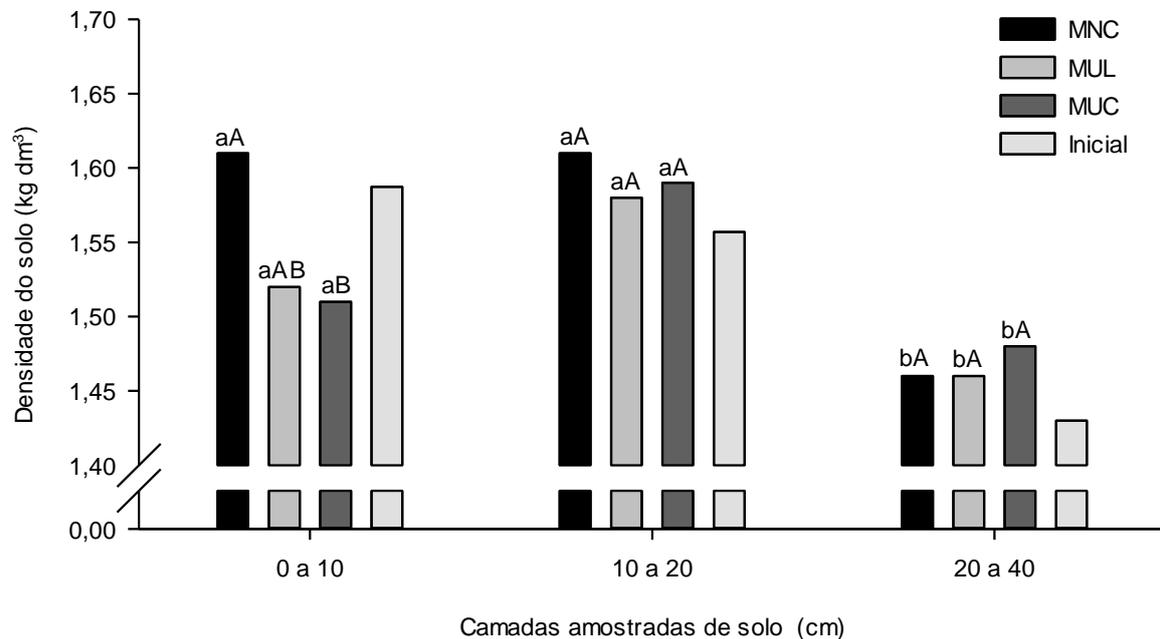


Nota: MUL; Semeadura de *U. brizantha* concomitantemente ao milho; MUC: Semeadura de *U. brizantha* concomitantemente à adubação de cobertura do milho; MNC: Milho com ausência de consórcio. DMS<sub>Entre modos</sub> (letras maiúsculas): 0,04 (MNC/MUL; MUC) e 0,03 (MUL/MUC); DMS<sub>Entre camadas</sub> (letras minúsculas): 0,04 (MNC/MUL; MUC) e 0,03 (MUL/MUC). Letras minúsculas, dentro dos mesmos modos de consórcio, e letras maiúsculas, dentro das mesmas profundidades, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p > 0,05$ )

Fonte: Dados do próprio autor.

A interação entre modos de consórcio de milho + capim-Xaraés (S) e camadas amostradas de solo, para a Ds, consta na Figura 6. Na interação S x C, na primeira camada (0,0 a 0,1 m) o MNC foi superior ao MUC, esses que não diferiram do MUL, não havendo demais efeitos para as camadas avaliadas de 10 - 20; 20 - 40 cm. Para os modos de consórcio (MNC; MUL; e MUC), de modo geral, a Ds foi superior nas camadas de 0,0 - 0,10; e 0,10 - 0,20 m (essas que não diferiram entre si) à camada de 0,20 - 0,40 m.

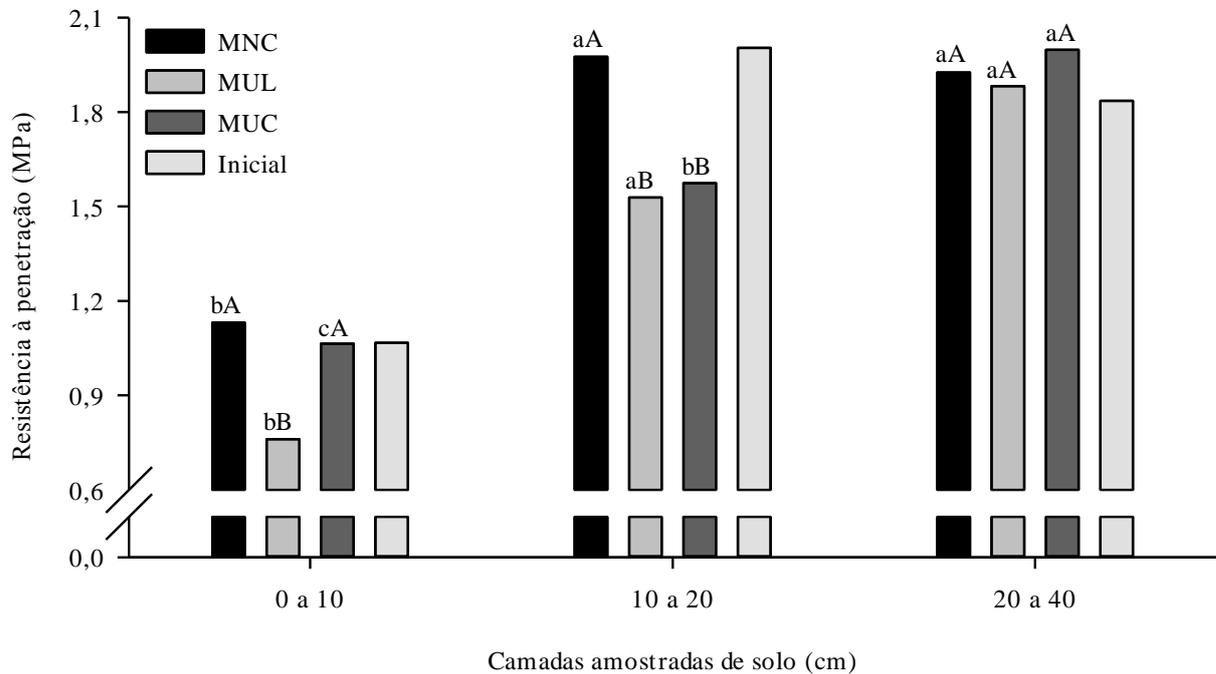
Figura 6 - Densidade do solo inicial e a interação entre modos de consórcio de milho + *U. brizantha* e camadas amostradas de solo.



Nota: MUL; Semeadura de *U. brizantha* concomitantemente ao milho; MUC: Semeadura de *U. brizantha* concomitantemente à adubação de cobertura do milho; MNC: Milho com ausência de consórcio. DMS<sub>Entre modos</sub> (letras maiúsculas): 0,10 (MNC/MUL; MUC) e 0,09 (MUL/MUC); DMS<sub>Entre camadas</sub> (letras minúsculas): 0,12 (MNC/MUL; MUC) e 0,09 (MUL/MUC). Letras minúsculas, dentro dos mesmos modos de consórcio, e letras maiúsculas, dentro das mesmas profundidades, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p > 0,05$ )  
 Fonte: Dados do próprio autor.

A interação entre modos de consórcio de milho + *U. brizantha* (S) e camadas amostradas de solo (C), para o RMP, consta na Figura 7. Na interação S x C, observa-se que na primeira camada (0,0 - 0,10 m) o MNC não diferiu do MUC, que foram superiores (44,2%) ao MUL, ao passo que nas camadas (0,10 a 0,20 m) observa-se que o MNC permaneceu superior ao MUL, entretanto, o MUC também foi inferior ao MNC não diferindo ao MUL. Já na camada de 0,20 - 0,40 m, os modos de consórcio ou a ausência dele, não resultou na diferenciação da RMP. Já quando analisada o RMP nas profundidades, nota-se que de modo geral, a tendência do aumento da RMP.

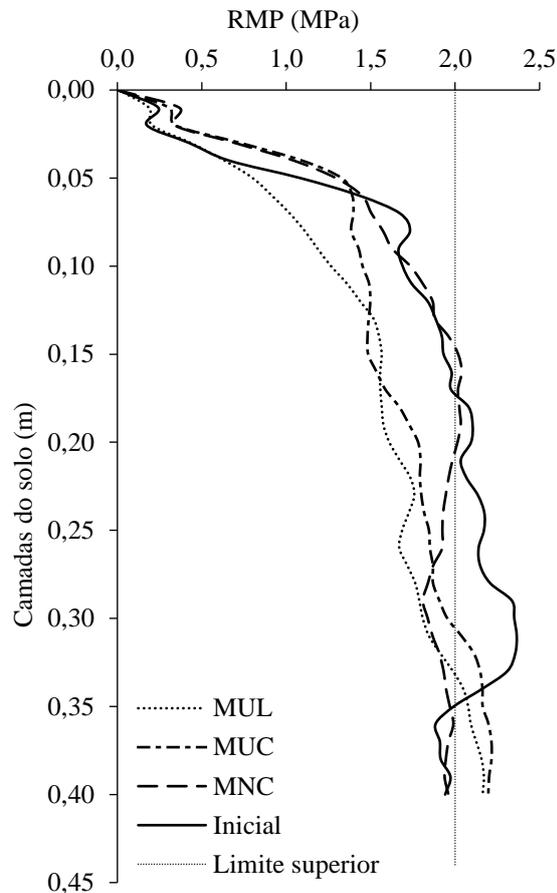
Figura 7 - Resistência à penetração do solo inicial e a interação entre modos de consórcio de milho + *U. brizantha* e camadas amostradas de solo.



Nota: MUL; Semeadura de *U. brizantha* concomitantemente ao milho; MUC: Semeadura de *U. brizantha* concomitantemente à adubação de cobertura do milho; MNC: Milho com ausência de consórcio.  $DMS_{\text{Entre modos}}$  (letras maiúsculas): 0,52 (MNC/MUL; MUC) e 0,37 (MUL/MUC);  $DMS_{\text{Entre camadas}}$  (letras minúsculas): 0,45 (MNC/MUL; MUC) e 0,37 (MUL/MUC). Letras minúsculas, dentro dos mesmos modos de consórcio, e letras maiúsculas, dentro das mesmas profundidades, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p > 0,05$ )  
 Fonte: Dados do próprio autor.

Sabendo que houve efeito iminente no RMP do solo, procedeu o modelamento entre as duas formas de consórcio (MUL e MUC) e com ausência do consórcio (MNC), em comparação com a área inicial (Figura 8). É notório que independente da forma de consórcio, o RMP é inferior à área não consorciada. O MUL possui o RMP do solo, na camada superior (até 10 cm), inferior ao MUC, sendo, posterior a esta camada (0,10 - 0,40 m), ambos têm comportamentos próximos, e somente após os 30 cm, o RMP foi superior ao limite dado como ótimo (2 Mpa). Na área não consorciada (MNC), após 19 meses do sistema, era iminente que os valores de RMP eram próximos ao da área inicial, com o RMP, já nos 0,15 m de profundidade, no limite dado como ótimo (2 Mpa).

Figura 8 - Resistência do solo à penetração nos diferentes modos de consórcio de milho + *U. brizantha*



Nota: MUL; Semeadura de *U. brizantha* concomitantemente ao milho; MUC: Semeadura de *U. brizantha* concomitantemente à adubação de cobertura do milho), em comparação a área inicial e com ausência do consórcio (milho Solteiro; MNC).

Fonte: Dados do próprio autor.

Pelos dados constados na Tabela 15, verifica-se que a Ma é o principal atributo do solo modificado, e que este tem correlação com a PT (0,364) e produtividade de grãos de soja (0,535), e é inversamente correlacionado com a Mi (-0,909), Ds (-0,479) e Ug (-0,650). Houve correlação entre todos os atributos físicos do solo avaliados versus a produtividade de grãos de soja em sucessão ao sistema de consórcio (Tabela 4), com correção de Pearson diretamente proporcional para os atributos de Ma e PT, e inversamente proporcional para Mi, Ds e Ug.

Tabela 15 - Correlação entre os atributos físicos do solo nos dois anos de avaliação.

Variáveis	Ma	Mi	PT	Ds	Ug	Prod
Ma	1,00					
Mi	-0,909**	1,00				
PT	0,364*	0,037	1,00			
Ds	-0,479**	0,257	-0,625**	1,00		
Ug	-0,650**	0,540**	-0,338*	0,500**	1,00	
Prod	0,535**	-0,420**	0,317*	-0,335*	-0,834**	1,00

Nota: Ma; Mi; PT; Ds; Ug; e Prod: Macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, umidade gravimétrica do solo e produtividade de grãos de soja, respectivamente.

ns: Não significativo ( $p > 0,05$ ); \*\*, \*: A correlação é significativa no nível 0,01 e 0,05, respectivamente.

Fonte: Dados do próprio autor.

## 5.3 DISCUSSÃO

### 5.1.5 Milho

#### 5.1.5.1 *Azospirillum brasilense*

Não houve efeito para o uso da inoculação de *A. brasilense*. Na literatura a ausência de resposta para a inoculação vem sendo demasiadamente encontrada para a cultura do milho, como nos trabalhos de Bartchechen et al. (2010), Pandolfo et al. (2015) e Domingues Neto et al. (2013), em avaliação do uso da inoculação de *A. brasilense* nos componentes produtivos e produtividade de grãos. De igual forma, não respostas à inoculação de *A. brasilense* são encontradas para outras culturas, como no arroz (GITTI et al., 2012a), feijão (GITTI et al., 2012b) e trigo (GALINDO et al., 2015).

Porém torna-se necessário destacar a existência de divergências sobre a real eficácia do uso de *A. brasilense*, sendo encontrados trabalhos com ou sem respostas positivas ao uso da inoculação, entretanto, nunca com efeitos negativos. Essas divergências de respostas podem estar associadas às diferentes condições de cultivo, como mencionado por Bartchechen et al. (2010) e Novakowski et al. (2011).

Para Revolti (2014), Pereira et al. (2015) e Bartchechen et al. (2010) as divergências de resposta são atribuídas principalmente à genótipos, ou seja, a escolha do híbrido resulta na resposta à inoculação. Já para Bárbaro et al. (2008), outro fator

de valia para as possíveis respostas divergentes no uso da bactéria, é a seleção de estirpe adequadas às condições edafoclimáticas locais. Inerente ao supracitado, compreende-se que a ausência de resposta no presente trabalho pode ser atribuída pelo híbrido (DKB 350) e as estirpes (AbV5 e AbV6) utilizadas não terem eficiência na simbiose para a região em estudo.

Seguindo o encontrado por Tien et al. (1979), em trabalho pioneiro com *A. brasilense*, a inoculação promoveu crescimento do sistema radicular, principalmente de pelos radiculares, o que, pela ocasião, poder-se-ia esperar maiores resultados nas variáveis analisadas, principalmente na nutrição da planta. Porém, melhorias não foram verificadas no presente trabalho ao uso da inoculação, destacando, inclusive, a ausência de resposta na concentração de N do tecido foliar, em vista que algumas pesquisas têm indicado que o uso de *A. brasilense* para redução parcial da adubação nitrogenada, como observado por Araújo et al. (2014).

A não resposta na concentração de N no tecido foliar é explanada por Pereira et al. (2015), com os autores relatando que o efeito da inoculação na concentração de N deve ser analisado com cautela, devido a resposta à inoculação ser intrínseca de cada genótipo utilizado, não podendo ser utilizada como via de regra.

Salienta-se que diferente do encontrado no presente trabalho, Hungria et al. (2010) observaram efeito significativo na inoculação de *A. brasilense*, nas concentrações foliares de N, P, K, Zn, Fe Cu e B, e Galindo et al. (2016), em avaliação em condições próximas ao presente trabalho, encontraram resposta positiva ao uso da inoculação para o índice de clorofila foliar, maior eficiência agrônômica à adubação N, maiores concentrações de P no tecido foliar e maior rendimento de grãos. Entretanto, em nenhum dos dois anos em estudo Galindo et al. (2016) verificaram efeito significativo para a concentração de N do tecido foliar.

Diante as variáveis acima discutidas e aos dados encontrados na literatura, torna-se visível a existência de influências externas à inoculação ainda não compreendidas, porém, é notório que a resposta à inoculação é dependente da relação mutualística interespecífica entre a estirpe e o genótipo utilizado. Com este fato, torna-se de valia o delineamento de programas de melhoramento de híbridos voltados para o desenvolvimento de genótipos, mais responsivos à inoculação, uma vez que hoje se busca demasiadamente o aumento de produtividade e, esta produtividade, poderia estar associada ao uso de *A. brasilense* na seleção de híbridos.

### 5.1.5.2 *Épocas de semeadura da forrageira*

Poucas respostas foram encontradas para a época de semeadura da forrageira no consórcio, o que pode caracterizar que as épocas avaliadas não influenciaram a cultura do milho.

Destaca-se que o conhecimento da competição interespecífica entre o milho e a forrageira por fatores de produção é de grande valia para êxitos de produtividade da cultura principal, evitando e mitigando que os efeitos de competição inviabilizem o cultivo consorciado (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003). Tais competições têm sido objeto de estudo por diversos autores (PARIZ et al., 2011), mencionando, inclusive, que o uso da consorciação além de não reduzir a produtividade de grãos proporciona produção adicional de pastagem em épocas de escassez, o que possibilita ganho adicional ao produtor (GARCIA et al., 2012). Assim, torna-se necessário o conhecimento da época da semeadura da forrageira para evitar redução da produtividade de grãos da cultura principal.

Em análise dos resultados da MSPA do milho (primeira safra), verifica-se que houve o aumento da produtividade e menor diâmetro de colmo, quando semeada a forrageira em cobertura. Estes efeitos são explicados devido a não existência de competição inicial; quando semeada a forrageira à lanço, sendo possível que a cultura do milho tenha direcionamento fotoassimilados para a produtividade de folhas, aumentando a MSPA, já quando a forrageira foi semeada concomitantemente ao milho, visando possíveis déficit de nutriente, a cultura direcionou fotoassimilados para o aumento do diâmetro de colmo. Mas, na segunda safra, como houve escassez hídrica, a MSPA não foi influenciada, já o diâmetro de colmo reduziu quando semeada a forrageira na linha do milho, devido a competição por água. Assim, pode inferir que os fatores de competição na primeira safra foram nutrientes e na segunda safra a água.

Outro fator que pode ter auxiliado na não diferença entre as épocas de semeadura são as formas com que foram introduzidas a forrageira. Quando semeada a forrageira na linha; como foi em mistura ao fertilizante, a semente foi alocada em aproximadamente 0,1m de profundidade, atrasando sua emergência e viabilizando a consorciação por reduzir a competição interespecífica. Além desse fato, Foloni et al.

(2009) mencionam a existência da redução do potencial de germinação e emergência da *U. brizantha*, quando semeada em profundidades superiores a 0,05 m do solo.

Conforme do encontrado por Foloni et al. (2009), poderia mencionar que o uso da forrageira à lanço teria maior germinação, o que acarretaria em maior competição interespecífica com o milho, e por consequência redução nos fatores de produção, porém, este fato não foi encontrado no presente trabalho.

Como no trabalho foram utilizados nas duas épocas de semeadura (semeadura ou cobertura) a mesma quantidade de semente (5 kg ha<sup>-1</sup> de sementes puras viáveis), e pelo fato da forrageira a lanço não ser incorporada, também ocorre a redução da germinação e estabelecimento de plântulas. Assim, em ambos os casos ocorreram a redução da população final da forrageira. Porém, mesmo com a redução do estande final de plantas, frisa-se que após a retirada da cultura do milho os indivíduos remanescentes de forrageiras produzem demasiadamente, pela maior oferta de nutrientes e água.

Ainda, por sua vez, menciona-se a importância da escolha de híbrido correto, em vista que o uso do híbrido DKB 350 (triplo) foi proposital, devido sua maior resistência e menores exigências. Em comparação ao híbrido simples, o híbrido triplo possui menor necessidade de água e nutrientes, e como consequência são mais tolerantes a competição interespecífica. Este fato também é mencionado por Pariz et al. (2009), onde por ocasião, os autores mencionam que a explicação para a redução de tamanho e peso de espigas, foi devido a competição do milho com a forrageira, comprometendo a translocação de fotoassimilados para os grãos da cultura principal (milho), visto que, no caso dos autores, utilizaram-se de híbrido simples e extremamente exigente.

#### *5.1.5.3 Doses de N em cobertura*

O uso de N-fertilizante para aumento da produtividade de grãos da cultura do milho já é bastante conhecido, e de igual forma, no presente trabalho verificou-se resultados semelhantes; com melhoria nos componentes de produção, mas, principalmente com aumento da produtividade, e melhor nutrição da cultura. O aumento nos componentes de produção e na produtividade de grãos é explicado em

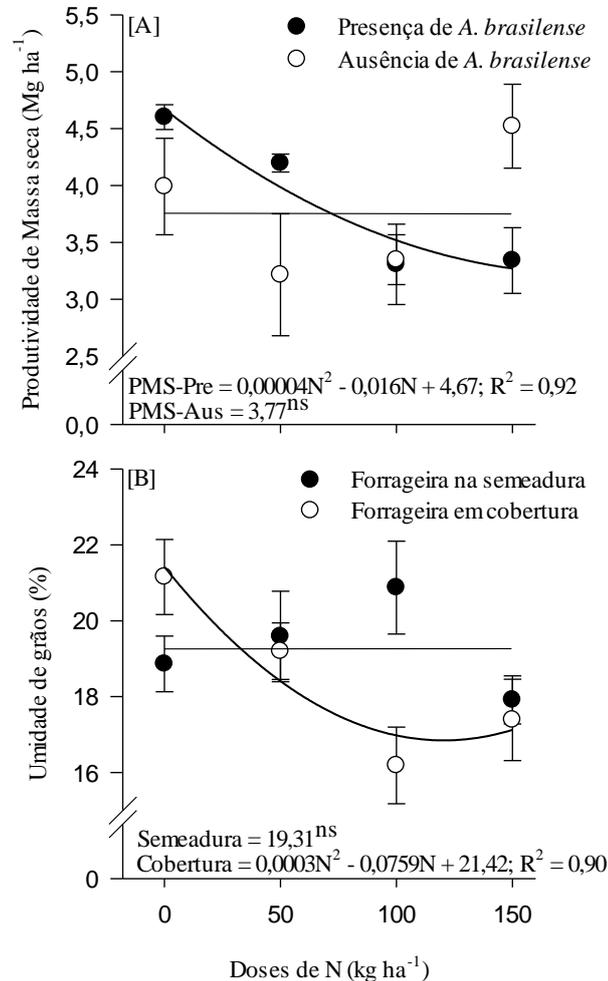
função do N ser componente estrutural e participar de vários processos metabólicos dos vegetais, sendo diretamente relacionado com a produtividades de culturas (HIREL et al., 2007).

Na literatura, resultados são facilmente encontrados destacando que o uso de N-fertilizante é notório no aumento da produtividade de grãos de milho (Valderrama et al., 2011; e Farinelli e Lemos, 2012; Galindo et al., 2016). Desse modo, o principal objetivo das doses de N no presente trabalho, são as possíveis interações para os demais fatores (consorciação com a forrageira e uso de *A. brasilense*).

Porém, é meritório de destaque os comportamentos distintos de ajustes nas duas safras, na produtividade de grãos, em relação às doses de N aplicadas. Verifica-se que na primeira safra houve ajuste linear, e, diferentemente, na segunda safra ajustou-se de modo quadrático. Esse efeito é atribuído às condições de déficit hídrico, sendo que, como não houve escassez de água na primeira safra, a cultura do milho fez melhor proveito do N aplicado, aumentando sua produtividade de modo linear. Já na segunda safra, a produtividade do milho foi limitada pela falta de água, ajustando de modo quadrático.

Acredita-se que a redução da MSPA na presença de *A. brasilense* e a redução da umidade de grãos com a forrageira em cobertura, no segundo ano; nas doses avaliadas (Figura 9), é devido a competição interespecífica entre a forrageira. Apesar de não ter ocorrido incremento da PMS, nota-se que nos dois anos ocorreu aumento do teor de PB, confirmando a hipótese de competição (Tabela 6). Essa hipótese é ainda corroborada por Oliveira et al. (2007), com os autores concluindo que o uso de *A. brasilense*, em *Urochloa*, resulta em melhorias ao capim.

Figura 9 - Interação da inoculação de *A. brasilense* e doses de N em cobertura na cultura do milho, na produtividade de massa seca de parte aérea [A]; e interação de épocas de semeadura da *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e doses de N em cobertura na cultura do milho, na Umidade de grãos [B].



Fonte: Dados do autor.

Na interação de épocas de semeadura da *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e doses de N em cobertura na cultura do milho, na umidade de grãos, a redução de umidade com a forrageira semeada em cobertura, é explicada pelo fato que a forrageira após semeada tinha a necessidade de estabelecer e buscar competitividade frente ao milho, modo este, como a milho dominou a *Urochloa*, é possível que houve maior disponibilização de N (pela menor competição) resultando na maturação fisiológica mais vertiginosa ao passo das doses de N.

Deve-se salientar que dos resultados encontrados no presente trabalho, o fator de condições edafoclimáticas (apesar de não ser objeto de estudo) é um dos mais notórios e intrigantes. Acredita-se que as divergências de resultados entre as duas

safras avaliadas e as interações não rotineiras, devem ser atribuídas exclusivamente aos fatores que não se fizeram passíveis de controle em certo momento da condução da cultura, ou seja, a falha na irrigação no período de estiagem e por consequência o déficit hídrico.

A redução no estande final de plantas pode ter sido ocasionada pela competição interespecífica entre as duas culturas (milho e *U. brizantha*). Todavia, se supõem que ocorreu tal competição nas duas safras de avaliações. Entretanto, como houve a falha no sistema de irrigação na segunda safra, é possível que a forrageira por sua rusticidade, sobressaiu e conseguiu se estabelecer melhor pela menor pressão da cultura do milho, além desse fato, é possível que a forrageira fez-se o melhor uso da adubação nitrogenada, resultando em secamento de plantas de milho ao passo das doses de N aplicadas em cobertura, levando a menor produtividade de grãos de milho, quando comparada à primeira com a segunda safra.

Na competição interespecífica entre as culturas, pode-se inferir que em condições subótimas, visando a cultura principal sendo o milho, o uso de inibidores de crescimento da forrageira pode auxiliar na redução da competição e, por consequência, melhorar o desenvolvimento da cultura. Pariz et al. (2009) mencionam que a aplicação de herbicida, para a redução da taxa de crescimento da cultura das forrageiras, pode ser viável em situações adversas, como solos de baixa fertilidade ou em estiagem prolongada como ocorreu na segunda safra.

### **5.1.6 Capim-Xaraés**

#### *5.1.6.1 Azospirillum brasilense*

Para o uso de *A. brasilense*, houve efeitos em apenas algumas variáveis dependentes (PMS, K, S e B), destacando-se que em todas as ocasiões ocorreram efeito somente na primeira safra, não repetindo tal resultado para a safra consecutiva (segunda safra). Preconiza-se com estes resultados, que o efeito foi influenciado por condições não controladas.

Sabendo-se da existência de diferentes comportamentos (entre safras) para as variáveis analisadas, elucida-se que as diferenças estão associadas ao déficit hídrico.

Frisa-se que houve o uso de irrigação na condução da cultura do milho consorciada à forrageira e durante a condução da forrageira, porém, na segunda safra, ocorreu escassez hídrica no mês de junho devida a danificação do sistema de irrigação, resultando na murcha de plantas.

Assim, o déficit hídrico influenciou diretamente o consórcio. Esses resultados são explicados por Itzigsohn et al. (2000), com os autores concluindo que a inoculação de *A. brasilense* em pastagens tem grande potencial em condições de déficit hídrico, somando-se a este fato, Pariz et al. (2009) comentam que a competição das culturas em consórcio, comprometendo a translocação de fotoassimilados, prejudicando as culturas em safras atípicas. De igual modo, Bashan et al. (2004) citam que a inoculação de *A. brasilense*, resulta em plantas menos susceptíveis ao estresse hídrico, e mais produtivas.

Assim, pode-se arguir que *A. brasilense* resulta na melhoria nas forrageiras, apenas em anos de baixa competição com a principal cultura. Não se pode afirmar categoricamente o real motivo desse efeito, mas, acredita-se que a inoculação de *A. brasilense* ao sistema pode ter auxiliado no crescimento radicular da cultura da forrageira, que em épocas de estiagem, por ser mais resiliente, sobressaiu na competição interespecífica com a cultura do milho.

Resultados positivos ao uso de *A. brasilense* são encontrados na literatura, com aumentos na alteração da fisiologia do vegetal (BASHAN; HOLGUIN, 1997; BASHAN et al., 2004), bem como, em promoção do aumento da superfície de contato radicular e produção de substâncias promotoras de crescimento (TIEN et al., 1979)

#### 5.1.6.2 *Épocas de semeadura da forrageira*

De modo geral, com os resultados de épocas de semeadura da forrageira no consórcio, valida-se que há efeitos iminentes na dinâmica do sistema, sendo necessário compreender essa dinâmica, pois a escolhas equivocadas de manejos pode inviabilizar o cultivo consorciado (KLUTHCOUSKI; YOKOYAMA, 2003), tanto para a cultura principal, quanto para a cultura de entressafra (forrageira).

As respostas significativas na PMS e PB (2ª safra), são explicadas pelos fatores climáticos, como já discutido na seção anterior. Com a forrageira semeada em linha e

concomitantemente à semeadura do milho, a mesma possui seu estabelecimento inicial mais rápido, em comparação a sua semeadura à lanço em cobertura no milho. Assim, com o déficit hídrico na segunda safra, a forrageira semeada inicialmente (concomitantemente ao milho) sobressaiu em relação ao milho, por sua maior resiliência, reduzindo sua competição interespecífica, possibilitando maior PMS e PB. Em safras sem déficit, provavelmente o efeito não seria verificado, pois como a cultura do milho tende a estabelecer primeiro que a forrageira, fazendo com que a competição interespecífica fosse mitigada.

Para a exportação de nutrientes via foliar, nota-se que de forma geral, todos os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), o B e o Mn foram influenciados pelas épocas de semeadura. Estes resultados são explicados pelo estabelecimento inicial mais rápido da forrageira semeada em linha e concomitantemente ao milho, resultando no maior tempo de interferência e competição interespecífica com a cultura do milho (ZANINE; SANTOS, 2004). Assim, a forrageira semeada concomitantemente ao milho, se estabeleceu de forma mais rápida, em comparação a forrageira em cobertura, e ficou passível de absorver nutrientes, para que quando ocorresse a colheita da cultura do milho, a mesma já possuía certa reserva, além de sistema radicular mais desenvolvido, possibilitando maior superfície de contato e maior capacidade de absorção de nutrientes.

#### 5.1.6.3 Doses de Adubação Nitrogenada

Devido o N ser componente estrutural e participar de vários processos metabólicos dos vegetais (HIREL et al., 2007), esperava-se efeitos mais proeminentes. Assim, a aplicação de N-fertilizante resultaria na disponibilização de N no solo, tornando-se passível de ser absorvido, o que culminaria ao aumento de PMS e PB, bem como redução dos teores de fibras (SANTINI et al., 2016a), além de promover o incremento na nutrição da forrageira (SANTINI et al., 2016b).

Na literatura, resultados são facilmente encontrados elucidando que o uso de N-fertilizante é correlacionado ao aumento da PMS de pastagens, como Benett et al. (2008), em capim-marandu (*Urochloa brizantha*), e Cabral et al. (2012), em capim-xaraés. Porém esses resultados são encontrados quando o fertilizante é aplicado na cultura, e não como efeito residual igual ao do presente trabalho.

Chen et al. (2016) avaliaram o efeito residual de N-fertilizantes, utilizando técnica de N<sup>15</sup>. Os autores verificaram que do total de N aplicado ao solo, apenas 31,2 à 39% desse N é aproveitado pela cultura alvo, o restante do N fica no sistema, podendo ser reutilizados é recuperado pelas culturas subsequentes, e/ou perdidos via lixiviação de nitrato ou volatilização da amônia. Esse resultado também foi encontrado por Ichir e Ismaili (2003), com aproveitamento de N-fertilizante de aproximadamente 33,1% pela cultura; e 64,8% do fertilizante N foi encontrado no perfil de 0 a 80 cm como N residual derivado de o N-fertilizante.

Fernandes e Libardi (2012) avaliaram a aplicação de N-fertilizante (N<sup>15</sup>) na cultura do milho e verificaram o efeito residual de N na cultura da *Urochloa brizantha* cv Marandú. Para os autores a eficiência de utilização do N-fertilizante pela cultura do milho é relativamente baixa, chegando ao aproveitamento de 22,7% de N. Porém, o que se torna de maior interesse no trabalho é que a cultura consorciada tem aproveitamento variando de 40,0 à 55,4% de eficiência de utilização do fertilizante, ou seja, a *Urochloa brizantha* cv Marandú tem elevado aproveitamento do N aplicado ao milho.

Compreende-se que parte do N aplicado em cobertura foi destinado ao aumento de produtividade do milho, mas, partes desde ficou retido no sistema, na palhada da cultura, ou fixado pelos microrganismos presentes no solo, estes que foram mineralizados e, portando, aproveitada pela cultura do capim-xaraés.

Sabe-se que a adubação em cobertura diretamente no capim-xaraés resultaria em maiores respostas, como o encontrado por Santini et al. (2016a), verificando aumentos de até 5,5% no PB com 80 de N kg ha<sup>-1</sup> (em comparação a não aplicação). Mas mesmo com aumentos de 1,5 e 1,6% no PB do presente trabalho, deve-se destacar essa melhoria, por se tratar de um dos principais componentes bromatológicos da pastagens para os animais.

É de valia mencionar as altas PMS avaliadas no presente trabalho, por se tratar de PMS na época de estiagem do ano, onde ocorre o déficit alimentar para os bovinos. Nesse período do ano, comumente, encontra-se reduções de ganhos de carcaça ou até perdas de peso do animal (em casos extremos morte dos animais). Quando comparada a PMS média mensal do presente trabalho (4,75 Mg ha<sup>-1</sup>) com o apresentado por Alencar et al. (2009) 700 kg ha<sup>-1</sup>, utilizando sistema intensivo, mas sem o uso de irrigação e de pastagem de capim-xaraés solteiro, verifica-se aumento de até 5,8 vezes.

Assim, pode-se inferir que o uso de irrigação nas pastagens, advindo do sistema de consórcio, é uma boa alternativa para a produção bovina na época seca, por auferir a disponibilização de alimento para os animais em época que de déficit alimentar. De acordo com Dupas et al. (2010), o uso da irrigação é uma ferramenta de valia para a produção bovina, por ocasião do aumento da produção de matéria seca, sem a modificação nos teores de proteína bruta e FDA.

### 5.1.7 Soja

#### 5.1.7.1 *Azospirillum brasilense* e adição de forrageira ao sistema

Diversos autores têm mencionado na literatura o benefício da inoculação de *A. brasilense* em diversas culturas (CANGAHUALA-INOCENTE et al., 2013; CASSÁN et al., 2009; GALINDO et al., 2017a; GALINDO et al., 2017b; HUNGRIA, 2011; HUNGRIA et al., 2010; FERREIRA et al., 2013), sendo denominada promissora no aumento de produtividade das culturas. Porém, é notória a maior contribuição quando *A. brasilense* é inoculado na família *Poaceae*s. Já para a cultura da soja, ou em outras famílias, o estudo vem iniciando com boas perspectivas, mas, efeitos positivos nem sempre tem sido alcançado (BÁRBARO et al, 2008), como no trabalho de Brum et al. (2018), no qual os autores verificaram que a produtividade de grãos de soja foi semelhante ou superior nos tratamentos em que não foi utilizada inoculação com *A. brasilense*.

Pode-se inferir que os resultados do presente trabalho vão contra o normalmente encontrado pela comunidade científica, tornando-se pertinente sua discussão de forma ponderada. Acredita-se que o fato do *Azospirillum brasilense* ter sido adicionado à área, não foi fator crucial (direto) para a redução da produtividade da cultura da soja, já que as bactérias auxiliam, também, no processo de fixação de N (MIRANSARI, 2016).

As informações supracitadas são alicerçadas por Cassán e Diaz-Zorita (2016), com os autores destacando que o uso de *A. brasilense* pode incrementar diretamente no rendimento de grãos, inclusive na cultura da soja. Zakikhani et al. (2012) atribuem mais fatores positivos à inoculação de *A. brasilense* na cultura da soja, não restringindo somente ao ganho de produtividade, mas, nos ganhos no N total da

planta, aumento da produção de ácido abscísico e na resistência ao déficit hídrico das plantas.

Outro fator preponderante à inoculação de *A. brasilense* na cultura da soja é sua utilização na co-inoculação. De acordo com Chibeba et al. (2015), a co-inoculação resulta na nodulação mais rápida na cultura, além de aumentar os números de nódulos nos estágios iniciais e ajuda a manutenção sob a seca (CEREZINI et al. 2016). Esses autores mencionam que o uso da co-inoculação garante maior acumulação de N em estágios reprodutivos e culminando no aumentar no rendimento de grãos. O aumento no rendimento de grãos pela co-inoculação é verificado por Galindo et al. (2017a), ainda os autores relatam aumentos nos teores de N foliar e frisam a melhoria na rentabilidade quando utilizada a co-inoculação associada ao uso de Cobalto e Molibdênio. Já Souza e Ferreira (2017) mencionam que com o uso da co-inoculação aumentou a produtividade de grãos de soja em 5 a 27%.

Torna-se claro que o uso das bactérias diazotróficas são benéficas ao sistema e a cultura da soja, não ponderando, diretamente, nos resultados encontrados no presente trabalho. Assim sendo, infere-se que como fator que pode ter contribuído a este resultado, é o uso da forrageira adicionada ao sistema. Apesar de não poder afirmar categoricamente, acredita-se que a forrageira se beneficiou da inoculação com *A. brasilense*, e essa, pode ter modificado a eficiência na nodulação da soja.

Para compreender essa hipótese, torna-se válido mencionar que o uso de *A. brasilense* em forrageiras pode resultar em incrementos de produtividade da cultura, como mencionado por Vogel et al. (2014) e encontrado por Hungria et al. (2016). Entretanto, o fator que tem maior contribuição a essa redução da produtividade da soja, pode ser explicado pelo ciclo global do nitrogênio, ou melhor, de acordo com por Coskun et al. (2017), pelos os fatores que ainda não eram compreendidos no ciclo do N - a influência dos exsudatos das raízes das plantas nas profundas modificações das comunidades microbianas do solo e suas influencias nas transformações N. Para Coskun et al. (2017), agora começa a surgir melhor detalhamento sobre o controle que os exsudatos de raiz exercem em dois processos principais de N do solo - a nitrificação e fixação de N<sub>2</sub>. Em sua pesquisa, os autores mencionam diferentes exsudatos de *Urochloa* que influenciam diretamente no ciclo de N.

Esta teoria é sustentada por Subbarao et al. (2009), com os autores mencionando que a braquialactona – exsudatos de *Urochloa* inibidora da nitrificação

– reduz a nitrificação pela ação direta nas *nitrossomonas* (contribuindo com poder inibitório de 60 a 90%). Ainda, os autores, enaltecem a necessidade de explorar a inibição biológica de nitrificação, o que, poder-se-á utilizá-la como estratégia poderosa para o desenvolvimento de sistemas agronômicos de baixa nitrificação, beneficiando a agricultura e o meio ambiente. Os autores ainda salientam, que ao passo que é reduzida drasticamente a nitrificação, menores são as quantidades de  $N_2O$  emitidos anualmente. Assim, pode-se deduzir que *A. brasilense* intervém na *Urochloa*, esta, que modifica diretamente o ciclo de N pelos seus exsudatos. Nesse ponto, influi que a modificação no ciclo de N proverá maiores teores de N total no solo (bem como  $NO_3^-$  e  $NH_4^+$ ), o que reduzirá a eficiência da simbiose da *Bradyrhizobium* na cultura da soja.

Para melhor compreensão dessa hipótese, se deve abranger que a soja é a mais importante cultura de grãos, de leguminosas e com alto potencial de produção, que não requer fertilização nitrogenada sintética (HUNGRIA; MENDES, 2015). Inclusive, para as condições brasileiras, o uso de fertilização nitrogenada pode afetar negativamente a cultura, reduzindo a nodulação e impactando sobre os rendimentos da cultura (HUNGRIA et al., 2006; MENDES et al., 2008). Kaschuk et al. (2016) mencionam que a de aplicação de fertilizantes nitrogenados não é apenas o custo do fertilizante que conta, mas também perdas do potencial produtivo.

Assim, o aumento nos teores de N presente no solo, em suas formas minerais  $NO_3^-$  e  $NH_4^+$ , pode ter afetado a fixação biológica de nitrogênio, impactando diretamente na nodulação da cultura da soja, por inibir a formação ou causar senescência dos nódulos já formados (BOTTOMLEY; MYROLD, 2007). Esta indagação é sustentada por Hungria et al. (2006), com os autores verificando que o aumento das concentrações de N no solo, no plantio da soja, resultou no decréscimo no peso de nódulos. Esses mesmos autores, acrescentaram que se existir concentrações de N no solo em estádios reprodutivos ( $R_2$  a  $R_4$ ) ocorrerá a redução na nodulação secundária, o que, ao final do ciclo, resultará na diminuição da quantidade de nitrogênio fixado biologicamente e, por conseguinte, haverá redução na produtividade de grãos.

### 5.1.7.2 Doses de N em cobertura

Como a adubação foi realizada em cobertura no milho e, por conseguinte, foi cultivado a cultura da pastagem, o N remanescente foi incorporado ao sistema, fixado por microrganismos. A biomassa microbiana tem elevada participação no N total do solo, podendo chegar de 40 a 496 kg ha<sup>-1</sup> de N (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Esse N microbiano é ciclado no sistema pela mineralização, com velocidade da meia-vida de 2 a 6 meses (BIRD et al., 2001). Frisa-se ainda, que o estoque total de N no solo é demasiadamente superior ao microbiana, podendo chegar em até 6.000 kg ha<sup>-1</sup> (BRASIL, 1960), com mineralização de até 5% por ano, o que, resultaria na mineralização de até 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N (CAMARGO et al., 1999). Concluindo que o N-fertilizante aplicado no milho, terá influência em um curto período de tempo, sendo apenas após sua aplicação e, ao transcorrer desse momento, o N passará a ter pouca influência pontual e começará a participar no ciclo de N do ecossistema local.

O N-fertilizante é utilizado em momentos oportunos na cultura do milho, momentos onde serão estabelecidos os componentes de produtividade da cultura. Entretanto, sabe-se que o N aplicado via fertilizantes tem baixo aproveitamento para a cultura alvo (milho). De acordo com Chen et al. (2016), do total de N aplicado ao solo, via fertilizante, apenas 31,2 à 39% desse N foi aproveitado pela cultura alvo (milho), com melhores resultados na eficiência do uso de fertilizantes nitrogenadas quando utilizados forrageiras subsequentes ao milho (como no presente trabalho). Fernandes e Libardi (2012) verificaram o efeito residual de N na cultura da *Urochloa brizantha* cv Marandú, após a aplicação em cobertura na cultura do milho, foi de 40,0 à 55,4% de N. Ou seja, a *Urochloa brizantha* cv Marandú tem elevado aproveitamento do N aplicado ao milho.

Face o exposto, torna-se sucinto que parte do N aplicado em cobertura do milho foi destinada à própria cultura e que possivelmente a cultura da *Urochloa* aproveitou de igual forma do N-Fertilizante. Já a cultura da soja, devido sua autossuficiência em N, não ocorreu respostas e pouco aproveitou o N-fertilizante, diretamente.

### 5.1.8 Física do Solo

#### 5.1.8.1 Macroporosidade, microporosidade e porosidade total

Por se tratar de solo argiloso, e deste estar manejado de modos distintos, eram esperadas modificações principalmente na macroporosidade, devido ao aumento da massa de partículas de solo por unidade de volume, reduzindo os espaços ocupados pelos maiores poros e aumentando a microporosidade (SOUZA; ALVES, 2003). Entretanto, não foi observado tal efeito, com não modificação da macroporosidade, porém houve aumento da microporosidade do solo, nos tratamentos com consórcio do milho + *U. brizantha* (no primeiro ano experimental).

Acredita-se que o não efeito para a macroporosidade é exclusivamente elucidado pelo alto coeficiente de variação (39,7 e 27,3%, respectivamente para primeira e segunda safra) em relação ao coeficiente de variação da microporosidade (12,4 e 5,3%, respectivamente para primeira e segunda safra). Compreende-se que o valor  $p$  deve ser considerado, entretanto, seu uso isolado, pode, em algumas ocasiões, causar discussões equivocadas. Assim sendo, mesmo com o não efeito estatístico para a macroporosidade (na significância adotada), pode-se atribuir, com ressalvas, o aumento da microporosidade desse solo à redução da mesma. Essa explanação é completamente sustentada pelo *score* de correção do teste de correção de Pearson, de -0,909 ( $p < 0,01$ ) entre as duas variáveis (Tabela 4).

O efeito de aumento de microporosidade e redução da macroporosidade é explicado pela reestruturação do solo, em virtude que na área foi realizada a prática física (subsolagem), que por ocasião, tornando-se necessária a reestruturação de partículas do solo e seus agregados, sendo essa reestruturação lenta, onde, no presente trabalho observa-se que após a segunda safra do consórcio, não havia maiores diferenças para a macroporosidade e microporosidade. Evidencia-se que nas presentes condições, foram necessários 19 meses para a estabilidade dos atributos físicos.

É pertinente ressaltar que, quando comparado o presente valor com o de sistema de semeadura direta sem o uso de consórcio, 19 meses é um tempo ótimo, já que de acordo com Silva et al. (2012), em seis meses foram suficientes para estabelecer os atributos físicos do solo em sistemas de semeadura direta sem o uso

de consórcio, e inclusive, retornar aos valores iniciais. Mas, destaca-se que para cada solo, ocorrerão distintas respostas.

Deve-se destacar que mesmo com o auxílio na melhoria dos atributos físicos do solo pelo uso do consórcio, nota-se que no segundo ano de experimento a  $M_a$  foi inferior a  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , valor este considerado de solo compactado. Acredita-se que esse efeito é explicado por fatores externos ao do experimento, onde, por se tratar de área experimental multidisciplinar e irrigada, o manejo de irrigação não é o mais indicado, ocasionando a entrada de máquinas em momentos inadequados, ou seja, com alta umidade. Porém, mesmo com o manejo inadequado da irrigação, frisa-se que o valor dos atributos físicos na área consorciada é superior às áreas não consorciadas.

As modificações na porosidade total, tanto para o ajuste na primeira safra (Tabela 2); quanto para a maior porosidade total na segunda safra do sistema não consorciado em comparação aos dois sistemas em consórcio (Tabela 3), são exclusivamente correlacionadas às modificações na macroporosidade, também, sendo fundamentada essa afirmação pelo *score* de correção do teste de correção de Pearson, de  $-0,364$  ( $p < 0,05$ ) entre as duas variáveis (Tabela 4).

Para as profundidades analisadas, observa-se que a macroporosidade tende à redução com o aumento da profundidade, e de modo inverso, a microporosidade tende ao aumento na profundidade, ou seja, ocorre a compactação, fator este que será melhor discutido *a posteriori* na avaliação de  $D_s$  e RPM.

Deve-se frisar que mesmo com a ausência de movimentação no solo (por tratar de sistema de plantio direto), no ato da semeadura ocorre a quebra da compactação superficial, pela haste sulcadora do adubo, acarretando em maiores valores de macroporosidade e menor microporosidade na camada inicial.

Pelos dados da Tabela 3, nota-se que o uso do consórcio melhorou a porosidade do solo, e quando não utilizado o consórcio, o aumento da porosidade total na área foi resultante do aumento desordenado de microporos pela compactação, principalmente, pelo não auxílio descompactador ocasionado pelo sistema radicular do capim-xaraés.

### *5.1.8.2 Densidade do solo, umidade gravimétrica e resistência mecânica à penetração*

Como a  $D_s$  é o resultante final nas modificações de macro e porosidade total do solo e o RMP é diretamente proporcional a  $D_s$ . Os resultados da  $D_s$  do solo, são os reflexos das modificações na porosidade do solo, bem como, os resultados de RMP são próximos aos de  $D_s$ .

Na primeira análise observa-se inexistência de efeito entre as formas de consórcio, bem como das doses de N, com influência apenas das camadas amostradas (Tabela 13), entretanto houve interação entre as formas de consórcio e as doses de N em cobertura no capim (Figura 7). Apesar das doses de N não se ajustarem, em ambos os consórcios, o capim semeado na linha da semeadura, em mistura com o adubo (MUL), resultou em menor RMP do solo (nas camadas 0,0 - 0,10 e 0,20 - 0,40 m) ao capim à lanço em cobertura (MUC). Acredita-se que este efeito seja explicado pelo capim ter maior tempo de estabelecimento antes de receber o N em cobertura no milho, utilizando parte do nutriente disponibilizado, acarretando em maior desenvolvimento do capim.

Este resultado é sustentado pelos resultados de cobertura vegetal do solo, com o MUL 24,3% maior que o MUC, sendo provável que, também, teve maior crescimento radicular, o que, por ocasião, reduziu o RMP do solo. Mas, já quando comparado os sistemas de consórcio com a ausência de consorciação, é nítida a superioridade em qualidade física do solo tanto para a MUL, quanto para o MUC (Tabela 14).

Ainda, é interessante destacar que as análises foram realizadas posteriormente à dessecação do capim-xaraés, devido ao curto período de manejo entre as culturas, uma vez que era prevista a semeadura da cultura da soja, e que pode ter influenciado (superestimado) a  $D_s$  e o RMP. De acordo com Mello (2001), é necessário período de tempo suficiente para a decomposição das raízes das plantas dessecadas, para que os valores de  $D_s$  e RMP do solo se reduzam.

A maior qualidade física do solo das áreas consorciadas pode ser atribuída à agressividade e produção do capim consorciado. O maior desenvolvimento aéreo e radicular do capim favorece à maior ciclagem de resíduos - pela intensa renovação vegetal - além de que, por ocasião, as raízes produzem maiores quantidades de

exsudatos, que melhora os agregados do solo, e o material vegetal auxilia na redução da variação de temperatura do solo, aumenta o teor de água e os níveis de MOS, promovendo assim ambiente favorável ao desenvolvimento da microfauna e mesofauna, que terão papel fundamental na melhoria do ambiente (SALTON et al., 2014), - quimicamente ou fisicamente - como observado no presente trabalho.

Pelas Figuras 4, 5, e 6, nota-se a existência do retorno na área compactada após 19 meses da descompactação, nas áreas onde não se adotou a consorciação. Este efeito é visível principalmente nas camadas de 0,0 – 0,20 m de profundidade, onde, no geral, a área sem consorciação possuiu maior Ds e RMP, em comparação aos tratamentos com consórcio, frisando ainda, que os valores estão próximos aos atributos físicos iniciais da área.

Na figura 7, torna-se claro, que o uso da consorciação resulta em melhor gradiente de RMP, onde, somente próximos aos 0,30 m de profundidade que a RMP aproximou do limite dado como ótimo (2 MPa), diferente da área não consorciada, que o mesmo valor já era encontrado aos 0,15 m de profundidade.

Mesmo com o uso do consórcio é provável que ocorra com o passar do tempo aumento da Ds nas camadas superficiais, em vista que a Ds é maior na camada superficial e decresce nas maiores profundidades (SARMENTO et al., 2008; MARCHÃO et al., 2007). Porém, atrasos nesse processo, ou redução dos valores, em comparação as áreas sem consórcio, são extremamente válidos para a viabilidade do sistema.

Para Conte et al. (2011), o uso de consórcio para a integração é completamente válido na produtividade de pastagens, e não resulta em alterações significativas nos atributos físicos do solo (Ds e porosidade do solo), mesmo com a presença de animais nas áreas, provocando apenas aumento da RMP do solo, na camada superficial (0 - 0,1 m), que toda via, é facilmente rompida na próxima safra pelo uso da haste sulcadora. Mas, torna-se necessária a menção que o pastejo deve ser realizado em baixas pressões e com intervalos de mais espaçados (LANZANOVA et al., 2007).

De modo geral a Ug tem pouca influência dos modos de consórcio (MUL e MUC) e doses de N em cobertura do milho, sendo influenciado somente pela profundidade; com aumento da Ug ao passo das camadas (Tabela 2 e 3), em vista que a solução lixivia para as camadas mais profundas e o solo tende a secar sua

superfície inicialmente, por ter maior facilidade de trocas com a atmosfera e transferência de energia (BORTOLUZZI; ELTZ, 2000).

Não obstante, comparando-se sistemas de consórcio com a área de milho solteiro (MNC), verificou-se que o MNC possui menor Ug. A maior Ug nos sistemas consorciados é explicado exclusivamente pela proteção física do material orgânico depositado pelo consórcio (SEIDEL et al., 2015). Devido ao aumento da porosidade e Ds no MNC, ocasionado pela rápida compactação (levando ao aumento dos microporos), poderia ter maior retenção hídrica, mas devido a menor cobertura vegetal, já que a área era mantida, na entressafra, com manejo de herbicidas, ficaram expostas e desprotegidas e passíveis de trocas com a atmosfera.

Para Bertol et al. (1989), a variação do teor de água no solo depende do manejo dado à palha, e Silva et al. (2006), complementam que o resíduo cultural depositado na superfície do solo é primordial contra o aquecimento excessivo e a perda de água, e que ainda, esses resíduos revelam alta refletividade da radiação solar e baixa condutividade térmica. Quando mensurada a cobertura vegetal resultante do capim em consórcio, no presente trabalho, o MUL produziu 5,4 Mg ha<sup>-1</sup> e o MUC 4,0 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca mensal, e mesmo sendo removido, em partes, o capim das parcelas, ou resíduos remanescentes foram de grande serventia à Ug nos solos.

#### *5.1.8.3 Produtividade de grãos de soja*

Nas correlações avaliadas entre os atributos físicos do solo e a produtividade de grãos de soja houve correlação significativa ( $p < 0,05$ ) em 13 das 15 correlações possíveis. Quando relacionado à produtividade de grãos, todas as correlações foram significativas ( $p < 0,05$ ), mas, o principal atributo físico do solo influenciador da produtividade de grãos da cultura foi a Ma, sendo as correlações da produtividade de grãos de soja com a Mi, PT, Ds e Ug, efeito indireto da correlação com a Ma.

Os dados do presente trabalho são próximos ao encontrado por Andreotti et al. (2010), onde os autores avaliaram os efeitos dos atributos físicos do solo e a produtividade de grãos de soja, em condições similares e localidade próxima ao do presente trabalho. De acordo com os autores, houve correlação direta entre a produtividade de grãos de soja e a Ma, nas camadas de 0 a 0,2 m de profundidade.

Além disso, os autores ressaltam que a Ma do solo foi o melhor indicador de qualidade física do solo, quando destinado à produtividade de soja no cerrado. Inerente aos dados encontrados e ao acima citado, pode-se inferir que a Ma do solo foi o principal atributo físico do solo a limitar a produtividade de grãos de soja do presente trabalho.

#### 5.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Nas Tabelas 15 e 16 encontram-se, respectivamente, a produtividade relativa dos tratamentos em comparação ao controle e a PMS do capim-xaraés em função das formas de semeadura, inoculação com *A. brasilense* e doses de N em cobertura na cultura do milho.

Tabela 16 - Produtividades relativas do milho e soja em função da inoculação com *A. brasilense*, formas de semeadura do capim-xaraés e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria –MS, 2014 a 2016

Tratamentos	Milho		Soja	
	1ª Safra	2ª Safra	1ª Safra	2ª Safra
Controle (kg ha <sup>-1</sup> )				
Controle	7.542,9	4.058,1	4.739,4	3.316,2
Inoculação de <i>Azospirillum brasilense</i> (%)				
Presença	85,5	107,0	96,3	74,98
Ausência	85,5	110,3	97,0	95,99
Forma de semeadura <i>Urochloa brizantha</i> (%)				
Simultâneo	85,5	111,2	100,6	80,44
Cobertura	85,5	106,1	92,7	90,53
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> ) (%)				
0	76,3	101,1	99,6	84,78
50	83,1	107,3	94,3	80,80
100	89,5	112,7	96,0	91,34
150	93,2	113,5	96,6	85,03

Fonte: Dados do próprio autor.

Verifica-se, que embora tenha ocorrido pequena redução na produtividade de milho e soja comparativamente ao tratamento controle (milho solteiro; Tabela 16), foi possível obter elevada PMS com o capim (Tabela 17) e levando-se em consideração a escassez de alimentos volumosos durante o período de inverno, principalmente na região de Cerrado, a produção de capim na entressafra permitiria aos produtores

armazenar alimentos de melhor qualidade, quer seja na forma de silagem ou feno, para a nutrição dos animais nesse período (COSTA et al., 2015), ou pelo uso do pastejo em si. Neste contexto, a produção de forragem torna-se uma estratégia para contornar o problema de escassez de pasto no período de estiagem (OLIVEIRA et al., 2014).

Tabela 17 - Produtividade de massa seca do capim-xaraés em função da inoculação com *A. brasilense*, formas de semeadura do capim-xaraés e doses de N em cobertura na cultura do milho. Selvíria –MS, 2014 a 2016

Produtividade de massa seca (kg ha <sup>-1</sup> por mês)					
<i>A. brasilense</i>	Capim	Doses N	Primeiro ano	Segundo ano	Média
Presença	Simultâneo	0	2.755,0	3.154,5	2.954,7
		50	2.352,5	2.853,8	2.603,2
		100	2.530,0	3.152,3	2.841,2
		150	2.325,0	3.613,4	2.969,2
	Cobertura	0	2.438,8	1.836,9	2.137,8
		50	1.980,0	1.740,9	1.860,4
		100	1.800,0	1.997,7	1.898,8
		150	2.500,0	2.228,7	2.364,3
Ausência	Simultâneo	0	1.695,0	3.566,3	2.630,6
		50	2.155,0	2.848,1	2.501,6
		100	1.990,0	3.109,7	2.549,8
		150	2.450,0	2.682,3	2.566,1
	Cobertura	0	1.870,0	1.411,9	1.641,0
		50	1.655,0	2.163,3	1.909,2
		100	1.570,0	2.012,5	1.791,3
		150	2.295,0	3.223,1	2.759,1

Fonte: Dados do próprio autor.

Além disso, segundo ponderam Coan et al. (2008), em virtude da maior competitividade da pecuária em relação à agricultura pelo uso do solo e visando melhor remuneração sobre o capital investido, têm-se buscado tecnologias de produção complementares, que proporcionem benefícios integrados ao sistema de produção como um todo, além do uso e ocupação do solo em tempo permanente. Assim, a utilização de sistemas produtivos de capim no período seco do ano, permite ganhos em eficiência no manejo das pastagens e solo e minimização dos custos de alimentação no confinamento, em razão do menor custo por tonelada de MS obtida com a gramínea forrageira.

Na Tabela 18 encontra-se a estrutura do custo operacional total (COT) das culturas do milho, soja e capim-xaraés sendo descrito o tratamento na dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de N, sem inoculação com *A. brasilense* e com semeadura do capim-xaraés simultânea ao milho, em um hectare. Este modelo de estrutura de COT foi utilizado em todos os tratamentos.

Os investimentos iniciais com preparo de solo e calagem não foram considerados nesta pesquisa, uma vez que essas práticas não são corriqueiras, principalmente por se tratar de uma área com mais de quinze anos de adoção do SPD, contribuindo para reduzir os custos iniciais com a implantação dos consórcios.

O custo operacional efetivo (COE), que é composto por despesas com as operações e insumos, foi de R\$ 4.407,53 e 3.973,20 ha<sup>-1</sup> e o custo operacional total (COT) foi de R\$ 4.771,16 e 4.300,99 ha<sup>-1</sup>, nos dois anos agrícolas, respectivamente. A diminuição dos custos de produção no segundo ano de avaliação advém, principalmente, da redução do uso de fertilizantes, com mudanças nos formulados utilizados em função da fertilidade da área no segundo ano.

Nas operações que compõem o COE destacam-se os custos com a irrigação, totalizando 19,9 e 17,0% dos gastos, nos dois anos agrícolas, respectivamente, uma vez que para a obtenção das altas produtividades de grãos verificadas e época de cultivo (milho na segunda safra), além das características da região em estudo (Cerrado), foi necessária a adoção dessa tecnologia (irrigação).

No entanto, para as despesas com insumos, destacam-se os fertilizantes; responsáveis por 36,7 e 31,2% e as sementes 13,0 e 14,4 % do COE, respectivamente para cada ano (Tabela 18). Tal fato ocorreu em razão da grande exigência por nutrientes no consórcio da cultura do milho com o capim, bem como da soja subsequente, demandando assim, grande quantidade de fertilizante para elevadas produtividades de grãos, e além disso o custo elevado com sementes deve-se, principalmente, ao elevado preço das sementes híbridas de milho.

Tabela 18 - Estimativa de custo operacional total das culturas do milho, soja e capim-xaraés para o tratamento na dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de N, sem inoculação com *A. brasilense* e com semeadura do capim-xaraés simultânea ao milho, em um hectare. Selvíria – MS, 2014 a 2016

DESCRIÇÃO	Especificação <sup>1</sup>	Nº vezes	Coefficiente	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
<b>A. OPERAÇÕES MECANIZADAS</b>					
Dessecação	HM	3,00	0,50	85,00	127,50
Roçagem (Triton)	HM	2,00	0,50	85,00	85,00
Semeadura	HM	2,00	1,00	110,00	220,00
Pulverização	HM	5,00	0,60	85,00	255,00
Adubação de cobertura	HM	1,00	0,50	85,00	42,50
Colheita	HM	2,00	0,60	118,00	141,60
Roçagem capim-xaraés	HM	2,00	1,00	65,00	130,00
Adubação de cobertura capim-xaraés	HM	2,00	0,30	65,00	39,00
Irrigação (Pivô central)	mm	1,00	350,00	2,50	875,00
<b>Subtotal A</b>					<b>1.915,60</b>
<b>B - INSUMOS</b>					
<b>Milho</b>					
Adubo 06-12-08 + 2 kg de B	t	1,00	0,50	1.370,00	685,00
Cloreto de Potássio	t	1,00	0,10	1.770,00	177,00
Ureia	t	1,00	0,00	1.750,00	0,00
Inoculante ( <i>A. brasilense</i> )	L	1,00	0,00	10,00	0,00
Sementes de milho DKB 350 YD	sc 20 kg	1,00	1,00	450,00	450,00
Herbicida glyphosate	L	1,00	4,00	14,51	58,04
Herbicida 2,4-D	L	1,00	1,00	13,24	13,24
<b>Capim-xaraés</b>					
Sementes de capim-xaraés	kg semente	1,00	14,00	1,72	24,08
Ureia	t	1,00	0,09	1.750,00	155,55
Herbicida 2,4-D	L	1,00	1,00	13,24	13,24
<b>Soja</b>					
Adubo 08-28-16	t	1,00	0,30	1.998,00	599,40
Inoculante ( <i>B. elkanii</i> e <i>B. japonicum</i> )	L	1,00	1,00	10,00	10,00
Sementes de soja	sc 50 kg	1,00	1,00	100,00	100,00
Herbicida glyphosate	L	1,00	4,00	14,51	58,04
Herbicida 2,4-D	L	1,00	1,00	13,24	13,24
Herbicida clorimuron	kg	1,00	0,03	146,68	4,40
Fungicida tratamento de sementes carbendazin	L	1,00	0,05	45,57	2,28
Inseticida tratamento de sementes tiametoxan	L	1,00	0,10	407,68	40,77
Fungicida azoxistrobina + ciproconazol	L	1,00	0,30	150,89	45,27
Inseticida metomil	L	1,00	0,50	22,54	11,27
Inseticida tiametoxan + lambda-cialotrina	L	1,00	0,20	155,58	31,12
<b>Subtotal B</b>					<b>2.491,93</b>
<b>Custo operacional efetivo (COE)</b>					<b>4.407,53</b>
Outras despesas					<b>220,38</b>
Juros de custeio					<b>143,24</b>
<b>Custo operacional total (COT)</b>					<b>4.771,16</b>

Nota: <sup>1</sup>HM = Hora máquina

Fonte: Dados do próprio autor.

De maneira geral, os gastos com operações mecanizadas, seguidos dos fertilizantes, foram os mais elevados, correspondendo a 40,1 e 42,1% para as operações e 33,9 e 28,8% do COT para os fertilizantes, em 2014 e 2015, respectivamente (Tabela 18). Vale ressaltar que, com o incremento das doses de N e com a inoculação de *A. brasilense*, ocorre a tendência de aumento da porcentagem de gastos em relação ao COT dos fertilizantes.

Garcia et al. (2012), trabalhando com a cultura do milho no município de Selvíria - MS, em função de diferentes consórcios com forrageiras, obtiveram maiores custos relacionados aos insumos: com sementes de milho (46,46%), seguido de custos com adubação (39,01%) e maiores custos operacionais com a irrigação via pivô central (45,28%), com produtividades variando entre 105 e 137 sacas de 60 kg de milho, utilizando-se como fonte de adubação nitrogenada a ureia na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup>, valores estes próximos aos verificados no presente trabalho.

Os custos com a adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho, em função das doses de N, sem e com inoculação de *A. brasilense* (independentemente da forma de semeadura do capim-xaraés), variaram no primeiro ano de 3,94 até 10,80 e 3,90 até 10,75% do COT, respectivamente, e no segundo ano de 4,31 até 11,83 e 4,30 até 11,80%, respectivamente.

Em trabalho semelhante, Kaneko et al. (2015), avaliando doses de N em cobertura (0, 45, 90, 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup>), com e sem inoculação de *A. brasilense* na cultura do milho, obtiveram custo com adubação de semeadura na primeira safra e segunda safra, respectivamente de 31,80 e 24,16% do COT, com produtividades variando entre 119 e 191 sacas de 60 kg de milho. Para os custos com a adubação nitrogenada de cobertura, os valores variaram, em ambas as safras entre 12 a 14 % com a fonte ureia, próximos aos relatados no presente trabalho, mesmo na ausência de forrageira em consórcio com a cultura do milho.

Richetti e Ceccon (2010), avaliando o custo de produção do milho safrinha consorciado com *U. ruziziensis*, não verificaram diferença em comparação ao milho cultivado sem o consórcio. Os autores ressaltam ainda que a utilização de tecnologia de forma criteriosa, resultou, quase sempre, em uso mais adequado de insumos e, por consequência, em menor custo de produção. Destaca-se ainda os benefícios advindos desse sistema produtivo para manutenção do SPD pela palhada resultante das forrageiras em consórcio. Da mesma forma, Macedo (2009) e Garcia et al. (2012)

demonstraram que a ILP é economicamente lucrativa, sendo opção viável para investidores do agronegócio no domínio Cerrado.

Com relação ao COT e produtividade dos tratamentos avaliados (Tabela 19), o maior valor para o COT refere-se ao tratamento na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, com inoculação com *A. brasilense*, independentemente da forma de semeadura do capim-xaraés. Enquanto que o menor valor do COT correspondeu aos tratamentos sem adubação nitrogenada em cobertura (0 kg ha<sup>-1</sup>) no milho e sem inoculação com *A. brasilense*. Assim, pode-se afirmar que o COT é principalmente influenciado pelas doses de N em cobertura, e erros de aplicações de fertilizantes nitrogenados resultarão em aumentos de COT não necessários, sendo sabido desde a segunda lei da fertilidade (incrementos decrescentes) que com o aumento de doses de N não haverá aumento de produtividade e IL de forma proporcional.

Não obstante, deve-se frisar um ponto de grande interesse no presente trabalho, inerente a adubação de N, que é a possibilidade da redução da adubação de N em cobertura ao fato do uso da soja como cultura de sucessão ao sistema de integração. Assim, parte do N seria subsidiado pelos restos culturais, refletindo em maiores produtividades com menores COT. Hipótese confirmada por Kurihara et al. (2013), onde os autores verificaram que ao fim do ciclo da cultura ocorreu acúmulo de aproximadamente 415 kg ha<sup>-1</sup> de N e apenas 235 kg ha<sup>-1</sup> de N foi exportado, ou seja, 180 kg ha<sup>-1</sup> de N foi incorporado ao sistema.

Destaca-se de igual modo, que a espécie forrageira utilizada neste trabalho teve por finalidade, a formação de palhada para SPD, mas, principalmente, a possibilidade de produção de matéria seca na entressafra, visando a alimentação animal, quer seja na forma de silagem, feno ou pastejo. Desta maneira, é de extrema importância levar em consideração as possíveis melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo ocasionados pela adubação nitrogenada em cobertura, com incrementos na cobertura vegetal; propiciada pela palhada, além da eventual melhoria do valor nutritivo da pastagem formada visando a alimentação de ruminantes.

Tabela 19 - Custo operacional total e produtividade de grãos de milho e soja em função de doses de N, época de semeadura do capim-xaraés e inoculação com *Azospirillum brasilense*. Selvíria - MS, 2014 a 2016

Sem <i>Azospirillum brasilense</i>												
Doses	Semeadura				Cobertura				COT R\$	PROD MILHO sc 60 kg ha <sup>-1</sup>	PROD SOJA sc 60 kg ha <sup>-1</sup>	
	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16				
0	4.771,16	4.300,99	99,23	84,87	82,51	44,67	4.771,16	4.300,99	96,34	60,83	79,14	59,62
50	4.981,64	4.511,47	118,48	80,89	79,27	52,05	4.981,64	4.511,47	105,23	69,38	72,96	50,39
100	5.192,13	4.721,96	112,69	51,28	77,40	51,10	5.192,13	4.721,96	120,78	87,59	69,20	60,37
150	5.402,61	4.932,45	120,93	78,86	81,38	51,05	5.402,61	4.932,45	129,79	61,14	71,34	55,17
Média	5.086,89	4.616,72	112,83	73,98	80,14	49,72	5.086,89	4.616,72	113,04	69,74	73,16	56,39
Com <i>Azospirillum brasilense</i>												
Doses	Semeadura				Cobertura				COT R\$	PROD MILHO sc 60 kg ha <sup>-1</sup>	PROD SOJA sc 60 kg ha <sup>-1</sup>	
	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16				
0	4.792,81	4.311,81	111,11	52,27	77,03	41,07	4.792,81	4.311,81	108,58	77,08	76,04	42,06
50	5.003,29	4.522,30	111,88	65,89	74,74	37,14	5.003,29	4.522,30	113,61	90,10	71,04	39,04
100	5.213,78	4.732,79	124,26	77,01	82,48	38,62	5.213,78	4.732,79	120,25	84,05	74,33	51,85
150	5.424,26	4.943,27	133,09	62,63	81,13	39,97	5.424,26	4.943,27	122,62	69,45	71,48	41,79
Média	5.108,54	4.627,54	120,09	64,45	78,85	39,20	5.108,54	4.627,54	116,27	80,17	73,22	43,69

Fonte: Dados do próprio autor.

A presença da palhada do capim-xaraés pode ter favorecido, ainda, a elevada produtividade da soja em sucessão, com destaque ao primeiro ano de estudo (Tabela 16). Tal fato se deve ao processo de decomposição e mineralização dos resíduos vegetais (SIMIDU et al., 2010), maior retenção hídrica (BERTOL et al., 1989) e conservação da temperatura do solo (SILVA et al., 2006).

É indispensável ao agricultor, anteriormente à instalação de sistemas de produção integrados, avaliar as necessidades das culturas a serem implantadas, das condições ambientais e edafoclimáticas, dos aspectos tecnológicos e do capital disponível para que sejam alcançadas altas produtividades e lucratividade nos sistemas de cultivo. Portanto, em sistemas de ILP os agricultores proverão maiores adoções de tecnologias e maiores cuidados, mas, em contrapartida, há o benefício no sistema de produção como um todo, além de garantirem melhor ocupação da área agrícola durante todo o ano (COSTA et al., 2015).

No que se refere à produtividade, os maiores valores para a cultura do milho foram obtidos nos tratamentos em que o capim-xaraés foi semeado simultaneamente à cultura do milho, com aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura e com de *A. brasilense*, na segunda safra de 2014. A aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N e com inoculação e no consórcio capim semeado no momento da adubação nitrogenada em cobertura, na segunda safra de 2015, proporcionou produtividade média aproximada de 133 e 90 sacas, respectivamente (Tabela 19).

Para a cultura da soja, as maiores produtividades foram verificadas nos tratamentos sem adubação nitrogenada em cobertura no milho, sem inoculação com *A. brasilense* e com o capim-xaraés semeado simultaneamente com o milho (safra de 2014). A aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura no milho, com inoculação de *A. brasilense* e com o capim semeado em cobertura (safra 2015), com produtividade média aproximada de 83 e 60 sacas, respectivamente (Tabela 19).

A magnitude de variação na produtividade de grãos de milho e soja no sistema produtivo entre 2014 a 2015 foi elevada, e, possivelmente, ocorreu em função de adversidades climáticas nem sempre previsíveis e eventuais na agricultura. Entretanto, o manejo adequado do solo e água, nutrientes, das culturas e da palhada conseguem mitigar tais adversidades, culminando em sistemas produtivos e lucrativos, diluindo as perdas eventuais em determinado ano agrícola, como verificado no presente trabalho.

Com relação às receitas brutas por hectare (Tabela 20), obtidas nas combinações dos tratamentos para milho e soja, nos dois anos de estudo, observa-se que sendo constante o preço do milho e da soja, as receitas brutas dos tratamentos seguem a mesma tendência das produtividades (Tabela 16). Os acréscimos na receita ocorrem pelos aumentos na produtividade de grãos. Tal resultado está de acordo com Silva et al. (2007) e Duete et al. (2009), segundo os quais a produtividade é o fator primordial para garantir boa rentabilidade ao produtor. Conforme Duete et al. (2009), mesmo em regiões onde o produtor obtém bons preços na comercialização de grãos, caso obtenha baixa produtividade, a rentabilidade fica comprometida. Assim, o investimento em práticas de manejo, como adubação nitrogenada equilibrada, incrementa a produtividade de grãos e a margem bruta das culturas, independentemente do local.

Tabela 20 - Receita bruta e receita total do milho e soja em função de doses de N, época de semeadura do capim-xaraés e inoculação com *Azospirillum brasilense*. Selvíria - MS, 2014 a 2016

Presença <i>Azospirillum brasilense</i>												
Doses	Semeadura						Cobertura					
	2014/15		2015/16		2014/15		2015/16		2014/15		2015/16	
	RB MILHO R\$	RB SOJA R\$	RB MILHO R\$	RB SOJA R\$	RB TOTAL R\$	RB TOTAL R\$	RB MILHO R\$	RB SOJA R\$	RB MILHO R\$	RB SOJA R\$	RB TOTAL R\$	RB TOTAL R\$
0	2480,84	2121,78	5115,42	2769,42	7596,26	4891,20	2408,62	1520,80	4906,56	3696,58	7315,18	4605,83
50	2962,07	2022,30	4914,81	3227,38	7876,87	5249,68	2630,86	1734,58	4523,77	3124,48	7154,64	4859,06
100	2817,26	1282,05	4799,04	3168,05	7616,29	4450,10	3019,45	2189,69	4290,27	3743,11	7309,71	5932,80
150	3023,34	1971,50	5045,72	3165,17	8069,06	5136,66	3244,67	1528,53	4422,92	3420,49	7667,59	4949,02
Média	2820,88	1849,41	4968,75	3082,51	7789,62	4931,91	2825,90	1743,40	4535,88	3496,17	7361,78	5086,68

Ausência <i>Azospirillum brasilense</i>												
Doses	Semeadura						Cobertura					
	2014/15		2015/16		2014/15		2015/16		2014/15		2015/16	
	RB MILHO R\$	RB SOJA R\$	RB MILHO R\$	RB SOJA R\$	RB TOTAL R\$	RB TOTAL R\$	RB MILHO R\$	RB SOJA R\$	RB MILHO R\$	RB SOJA R\$	RB TOTAL R\$	RB TOTAL R\$
0	2777,76	1306,86	4776,07	2546,41	7553,83	3853,27	2714,48	1926,97	4714,39	2607,83	7428,86	4534,8
50	2796,97	1647,20	4634,05	2302,44	7431,02	3949,64	2840,2	2252,46	4404,56	2420,25	7244,77	4672,71
100	3106,61	1925,15	5113,93	2394,53	8220,55	4319,68	3006,23	2101,28	4608,23	3214,64	7614,86	5315,92
150	3327,34	1565,83	5030,33	2477,98	8357,67	4043,81	3065,47	1736,13	4431,46	2590,71	7496,93	4326,85
Média	3002,17	1611,3	4888,60	2430,34	7890,77	4041,60	2906,60	2004,21	4539,66	2708,36	7446,36	4712,57

Nota: \*Preço de comercialização do milho R\$ 25,00 sc e soja R\$ 62,00 sc

Fonte: Dados do próprio autor.

Para os valores referentes ao lucro operacional (Tabela 21), no primeiro ano agrícola, foi positivo para todos os tratamentos estudados, independentemente da dose de N, forma de semeadura do capim-xaraés ou presença de inoculação. Costa et al. (2012), estudando doses de N (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> por ano) na cultura do milho consorciado com *Urochloa brizantha* ou *U. ruziziensis* e feijão em sucessão, que também obtiveram LO positivo. No segundo ano, o lucro operacional foi negativo na maioria dos tratamentos estudados com inoculação, entretanto, nos tratamentos não inoculados obteve-se, sobremaneira, resultados positivos (Tabela 21).

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2005), que trabalhando com doses de N em cobertura (30, 60, 90, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>), em sistema plantio direto no Cerrado obtiveram IL entre 12,62% e 21,51%, enquanto que na ausência de adubação nitrogenada, o IL foi -17,37%. Com essa diferença entre os IL, reforça-se a importância do manejo da adubação nitrogenada para obtenção de lucratividade, mas também, salienta-se que por se tratar do sistema de sucessão com a soja, o IL, de modo geral, até na ausência de adubação foi positivo, e que o sistema do presente trabalho é viável, uma vez que os resultados inerentes ao IL foram superiores aos supracitados. De maneira semelhante, Garcia et al. (2012) e Costa et al. (2012b), trabalhando em sistemas produtivos consorciados, na mesma região do presente trabalho, com milho e capim, também obtiveram IL positivo, variando entre 31,51 e 45,87% (GARCIA et al., 2012) e 31,12 e 42,35% (COSTA et al., 2012b).

Avaliando o balanço da LO nos dois anos agrícolas, na ausência de inoculação, os tratamentos com maior LO, foram com a aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> e sem adubação nitrogenada (dose 0 kg ha<sup>-1</sup>), com LO acumulado em R\$3.633,43 e R\$3.460,41 quando o capim-xaraés foi semeado simultaneamente e na adubação em cobertura do milho, respectivamente (Tabela 21). Quando os tratamentos foram inoculados com *A. brasilense*, o maior LO foi obtido com a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup>, com LO acumulado em R\$2.984,21 e R\$2.593,66 com o capim-xaraés semeado na adubação em cobertura e simultaneamente à cultura do milho, respectivamente (Tabela 21). Ao final dos anos de cultivo do sistema, a inoculação com *A. brasilense* não propiciou maior retorno econômico, com lucratividade 17,87% menor, comparando-se o tratamento com maior LO com inoculação para o tratamento que propiciou maior LO sem inoculação.

Tabela 21 - Lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL) e lucro acumulado (LO AC) do milho e soja em função de doses de N, época de semeadura do capim-xaraés e inoculação com *Azospirillum brasilense*. Selvíria MS, 2014 a 2016

Sem <i>Azospirillum brasilense</i>										
Doses	Semeadura				Cobertura					
	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16
	LO R\$		IL ----- (%) -----	LO AC R\$	LO R\$		IL ----- (%) -----	LO AC R\$		
0	2.825,10	590,21	37,19	12,07	3.415,31	2.544,02	916,39	34,78	17,56	3.460,41
50	2.895,23	738,20	36,76	14,06	3.633,43	2.173,00	347,59	30,37	7,15	2.520,59
100	2.424,16	-271,87	31,83	-6,11	2.152,29	2.117,58	1.210,84	28,97	20,41	3.328,42
150	2.666,45	204,21	33,05	3,98	2.870,66	2.264,98	16,57	29,54	0,33	2.281,55
Média	2.702,74	315,19	34,71	6,00	3.017,92	2.274,90	622,85	30,92	11,36	2.897,74
Com <i>Azospirillum brasilense</i>										
Doses	Semeadura				Cobertura					
	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16
	LO R\$		IL ----- (%) -----	LO AC R\$	LO R\$		IL ----- (%) -----	LO AC R\$		
0	2.761,02	-458,54	36,55	-11,90	2.302,48	2.636,05	222,99	35,48	4,92	2.859,04
50	2.427,73	-572,66	32,67	-14,49	1.855,07	2.241,43	150,41	30,94	3,22	2.391,84
100	3.006,77	-413,11	36,58	-9,56	2.593,66	2.401,08	583,13	31,53	10,97	2.984,21
150	2.933,41	-899,46	35,10	-22,24	2.033,95	2.072,67	-616,42	27,65	-14,25	1.456,25
Média	2.782,23	-585,94	35,23	-14,55	2.196,29	2.337,81	85,03	31,40	1,22	2.422,84

Fonte: Dados do próprio autor.

A adubação nitrogenada é amplamente influenciada pelo meio, podendo haver diferentes resultados nos anos agrícolas, de igual forma, o tipo de manejo, solo, culturas antecessoras e até a localidade dos estudos podem diferir nos resultados da adubação nitrogenada, com resultados variáveis, não somente em relação à produtividade de grãos, mas, também, à lucratividade e retorno econômico. Torna-se claro a importância de estudos recorrentes de análise de custo e rentabilidade, englobando a adubação nitrogenada em cobertura em sistemas e não apenas por cultura.

Quanto ao efeito da inoculação, o uso de *A. brasilense*, em função da variação dos resultados obtidos, faz necessário mais estudos relacionados à viabilidade econômica dessa tecnologia, caminhando junto ao trabalho de estudos relacionados à melhoria e adaptação de estirpes de *Azospirillum*, relacionadas aos genótipos de gramíneas em regiões diversas, como em Cerrado de baixa altitude, a fim de melhores resultados em produtividade para as culturas, aliando rendimento e viabilidade econômica. Toda via, no presente estudo, a inoculação foi prejudicial à viabilidade econômica do consórcio no segundo ano experimental.

No tocante às culturas, há resultados de pesquisa que comprovam a eficiência do sistema de ILP, quando desenvolvido seguindo seus fundamentos básicos, ao proporcionar produção igual ou superior ao dos sistemas constituídos somente com o cultivo exclusivo (NICOLOSO et al., 2006). Portanto, torna-se de fundamental importância, em sistemas complexos como a ILP, o conhecimento dos custos de produção, para auxiliar na tomada de decisão, quanto a formas de manejo que, além de promoverem aumento da produtividade, resultem em redução de custos e minimizem riscos ambientais.

Em função dos resultados obtidos, compreende-se que o consórcio de culturas anuais com forrageiras é promissora opção econômica de produção de grãos (PARIZ et al., 2009; GARCIA et al., 2012) e de forragem na entressafra (PARIZ et al., 2011; COSTA et al., 2012b), além de proporcionar resultados sócio-econômicos e ambientais positivos (TRACY; ZHANG, 2008; CRUSCIOL et al., 2012, COSTA et al., 2012b, COSTA et al., 2015), destacando ainda, que o sistema de integração milho + capim-xaraés, com soja na sucessão é viável economicamente.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não se verificou efeito positivo da inoculação de *Azospirillum brasilense* para a cultura do milho. No residual na cultura do capim-Xaraés, verificou-se incrementos de produtividade de massa seca no primeiro ano experimental. Já para a cultura da soja, a inoculação reduziu os componentes agronômicos e produtivos; e na produtividade de grãos, na segunda safra.

A inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho, não possibilitou a redução da adubação nitrogenada em cobertura. Sua utilização, não propiciou aumento nos teores de N foliar, bem como, em aumentos de produtividade. Tão pouco interações com as doses nitrogenadas aplicadas.

As épocas de inserção do capim-Xaraés, pouco influenciou na produtividade de milho e soja. Já para o capim-Xaraés, a época de semeadura da forrageira é crucial e determinante, principalmente em sua nutrição. A semeadura concomitantemente ao milho, proporcionou maiores produtividades e maiores exportações de nutrientes pela cultura do capim.

Na cultura do milho, verificou-se melhorias tanto nos componentes avaliados, na produtividade de grãos e na nutrição da cultura, com as doses de N aplicadas. Na cultura do capim-Xaraés, a adubação nitrogenada em cobertura do milho, pouco influenciou. Entretanto, enaltece-se o aumento no teor de proteína bruta pela adubação. A cultura da soja não foi influenciada pela aplicação de N-fertilizante em cobertura no milho.

A consorciação milho + *Urochloa brizantha* cv. Xaraés promoveu melhoria na qualidade física do solo. Sem o consórcio, 19 meses após a escarificação mecânica do solo, foram suficientes para os atributos físicos regredirem ao estado inicial, com compactação aos 0,15 m de profundidade, com a macroporosidade do solo sendo o principal atributo modelador do sistema e da produtividade de grãos de soja.

A inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasilense* não foi economicamente viável para o cultivo em consórcio com o capim-xaraés e soja em sucessão, independentemente da adubação nitrogenada em cobertura e da forma de semeadura do capim na cultura do milho. O consórcio milho com o capim-xaraés e cultivo de soja em sucessão teve índices de lucratividade positivos,

independentemente da forma de semeadura do capim e da dose de N em cobertura no consórcio, indicando a viabilidade das modalidades de cultivo.

## 7 CONCLUSÕES

Recomenda-se o cultivo do milho em consórcio com o capim-xaraés semeado concomitantemente, sem a inoculação de *Azospirillum brasilense*, adubado com 50 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura; e com o cultivo da soja em sucessão. Essa combinação conferiu melhor desempenho econômico, garantindo rentabilidade com a produção de grãos de milho e soja no Cerrado, bem como produção de matéria seca de capim-xaraés na entressafra

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES - ABIEC. **Perfil da pecuária no Brasil relatório anual**. [S. l.], 2016. 46 p.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRIANUAL. São Paulo: AgraFNP. 2015. 482 p.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L. ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 717-723, 2001.

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 3. ed. São Paulo: Associação Nacional Para Difusão de Adubos - ANDA, 1998.

ALENCAR, C. A. B. **Produção de seis gramíneas forrageiras tropicais submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio, na região Leste de Minas Gerais**. 2007. 137 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

ALENCAR, C. A. B., OLIVEIRA, R. A., CÓSER, A. C., MARTINS, C. E., CUNHA, F. F., FIGUEIREDO, J. L, A. Produção de capins cultivados sob pastejo em diferentes lâminas de irrigação e estações anuais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 3, p. 680-686, 2009.

ALLEN V.G.; BAKER M. T.; SEGARRA, E.; BROWN, C. P. Integrated irrigated crop-livestock systems in dry climates. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, p. 346-360, 2007.

ALVARENGA, R. C.; NETO, M. M. G.; CASTRO, A. A. D. N.; COELHO, A. M.; CLEMENTE, E. P. Rendimento do consórcio milho-braquiária brizantha afetado pela localização do adubo e aplicação de herbicida. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.10, n.3, p. 224-234, 2011.

ALVARENGA, R. C.; NETO, M. M. G.; RAMALHO, J. C.; VIANA, M. C. N.; CASTRO, A. A. D. N. **Sistema de integração lavoura-pecuária**: o modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas: Embrapa, 2007. 9 p. (Circular técnica 93)

ALVARENGA, R. C.; SILVA, V. P.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA. M. C; M.; VILELA. L. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, p. 59-67, 2010.

ALVES, V. B.; PADILHA, N. S.; GARCIA, R. A.; CECCON, G. Milho safrinha consorciado com *Urochloa ruziziensis* e produtividade da soja em sucessão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 280-292, 2013.

ANDERSEN, M. K. **Short term N mineralization-immobilization turnover in soil after incorporation of green manures as a function of plant litter quality and soil temperature: a comparison of analytical models with the numerical model FLUAZ**. 1999. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Institute of Biological Sciences, University of Aarhus, Copenhagen, 1999.

ANDRADE, C. M. S. **Produção de bovinos em pastagem irrigada**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 24 p. Revisão elaborada na disciplina Tópicos Especiais em Forragicultura.

ANDREOTTI, M.; CARVALHO, M. P.; MONTANARI, R.; BASSO, F. C.; PARIZ, C. M.; AZENHA, M. V.; VERCESE, F. Produtividade da soja correlacionada com a porosidade e a densidade de um Latossolo Vermelho do cerrado brasileiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 3, p. 520-526, 2010.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15 th. Washington, DC: AOAC, 1990.

ARAÚJO, R. M.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; FIGUEIREDO, M. V. B. Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, p.1556-1560, 2014.

ASSIS, P. C. R.; STONE, L. S.; MEDEIROS, J. C.; MADARI, B. E.; OLIVEIRA, J. M.; WRUCK, F. J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 4, p. 309-316, 2015.

BALDANI, J. I.; CARUSO, L.; BALDANI, V. L. D.; GOI, S. R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 29, p. 911-922, 1997.

BALSALOBRE, M.A.A.; SANTOS, P.M.; MAYA, F. L.A.; PENATI, M.A.; CORSI, M. Pastagens irrigadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20, Piracicaba, 2003. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 265-295.

BÁRBARO, I. M.; BRANCALIÃO, S. R.; TICELLI, M. É possível a fixação biológica de nitrogênio no milho? **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 1-8, 2008.

BARCELLOS, A. O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8., 1996. Brasília, DF. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p.130-136.

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

BARTCHECHEN, A.; FIORI, C. C. L.; WATANABE, S. H.; GUARIDO, R. C. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* na produção de milho (*Zea mays* L.). **Campo Dígito**, Campo Mourão, v. 1, n. 5, p. 56-59, 2010.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. Azospirillum: plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, p. 103-121, 1997.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 50, p. 521-577, 2004.

BATISTA, K.; DUARTE, A. P. CECCON, G.; 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, DF, v. 46, n. 10, p. 1154-1160, 2011.

BENETT, C. G.; 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, n. 32, v. 5, p.1629-1636, 2008.

BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta superficial. **Revista brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 13, p. 373-379, 1989.

BEULTER, N. A.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 6, p. 581-588, 2004.

BIRD, J. A.; HORWATH, W. R.; EAGLE, A. J.; VAN KESSEL, C. Immobilization of fertilizer nitrogen in rice: effects of straw management practices. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, p. 1143–1152, 2001.

BODDEY, R. M.; DÖBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: Recent progress and perspectives for the future. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 42, p. 241-250, 1995.

BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, n. 24, p. 449-45, 2000.

BOTTOMLEY, P.J.; MYROLD, D.D. Biological N inputs. In: PAUL, E. A. (Ed.). **Soil microbiology, ecology and biochemistry**. 3rd. ed. Oxford: Academic, 2007. p. 365-388.

BRAMBILLA, J. A.; LANGE, A.; BUCHELT, A. C. MASSAROTO, J. A. Produtividade de milho safrinha no sistema de integração lavoura-pecuária, na região de sorriso, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 3, p. 263-274, 2009.

BRANDT, E. A.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; MARCHETTI, M. E. Desempenho agrônômico da soja em função da sucessão de culturas em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 869-874, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, 1960. 634 p.

BRUM, M. S.; MARTIN, T. N.; CUNHA, V. S.; GRANDO, L. F. T.; SCHONELL, A. T. Soybean cultivation in a crop-livestock system with *Azospirillum brasilense* inoculation. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 1-8, 2018.

CABRAL, W. B.; SOUZA, A. L.; ALEXANDRINO, E.; TORAL, F. L. B.; SANTOS, J. N.; CARVALHO, M. V. P. Características estruturais e agronômicas da *Urochloa brizantha* cv. Xaraés submetida a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 41, n. 4, p. 846- 855, 2012.

CAMARGO, P. B. **Dinâmica do nitrogênio dos fertilizantes uréia (15N) e aquamônia (15N) incorporados ao solo na cultura de cana-de-açúcar**. 1989. 104 f. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

CANGAHUALA-INOCENTE, G. C. et al. Identification of six differentially accumulated proteins of *Zea mays* seedlings (DKB240 variety) inoculated with *Azospirillum brasilense* strain FP2. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 58, p. 45-50, 2013.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100)

CARDOSO, I. C. M. **Ocorrência e diversidade de bactérias endofíticas do gênero *Azospirillum* na cultura do arroz irrigado em Santa Catarina**. 2008. 75f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo) - Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2008.

CAS, V. J. S. **Mineralização do carbono e do nitrogênio no solo com o uso de lodo de esgoto e palha de aveia**. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

CASARIN, V.; STIPP, S. R. Manejo 4C: quatro medidas corretas que levam ao uso eficiente dos fertilizantes. **Informações agrônomicas**, Campinas, n. 142, p. 1-7, 2013.

CASSÁN, F. et al. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 45, n. 1, p. 28-35, 2009.

CASSÁNA, C. DIAZ-ZORITAB, M. *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 1, n. 103, p. 117-130, 2016.

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.

CEREZINI, P.; KUWANO, B. H.; SANTOS, M. B.; TERASSIC, F.; HUNGRIA, M. A. Strategies to promote early nodulation in soybean under drought. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 196, p. 160-167, 2016.

CHEN, Z.; WANG, H.; LIU, X.; LIU, Y.; GAO, S.; ZHOU, J. The effect of N fertilizer placement on the fate of Urea-<sup>15</sup>N and yield of winter wheat in southeast China. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 11, n. 4, p. 1-13, 2016.

CHIBEBA, A. M. C.; GUIMARÃES, M. F. G.; BRITO, O. R.; Nogueira, M. A.; Araujo, R. S.; Hungria, M. Co-Inoculation of Soybean with Bradyrhizbium and Azospirillum Promotes Early Nodulation. **American Journal of Plant Sciences**, [S.l.], v. 6, p. 1641-1649, 2015.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. R., CESARIN, A. L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1101-1109, 2010.

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

CIVARDI, E. A.; NETO, A. N. S.; RAGAGNIN, V. A.; GODOY, E. R.; BROD, E. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 52-59, 2011.

COAN, R. M.; REIS, R. A.; RESENDE, F. D. D.; SAMPAIO, R. L.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; GARCIA, G. R.; BERCHIELLI, T. T. Viabilidade econômica, desempenho e características de carcaça de garrotes em confinamento alimentados com dietas contendo silagem de capins tanzânia ou marandu ou silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, p. 311-318, 2008.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. **Seja o doutor do seu milho**: nutrição e adubação. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1995. 9 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: grãos, safra 2017/18, terceiro levantamento. Brasília, DF, v. 5, n. 3, p. 1-139, out. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: grãos, safra 2016/17, décimo segundo levantamento. Brasília, v. 4, n. 12, p. 1-158, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: grãos, safra 2015/16, décimo segundo levantamento. Brasília, v. 3, n. 12, p. 1-184, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: grãos, safra 2014/15, décimo segundo levantamento. Brasília, DF, v. 2, n. 12, p. 1-139, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: grãos, safra 2013/14, décimo segundo levantamento. Brasília, DF, v. 1, n. 12, p. 1-151, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: grãos, safra 2012/13, décimo segundo levantamento. Brasília, DF, p. 1-30, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: grãos, safra 2011/12. décimo segundo levantamento. Brasília, DF, p. 1-30, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: grãos, safra 2010/11, décimo segundo levantamento. Brasília, DF, p. 1-41, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: grãos, safra 2009/10. décimo primeiro levantamento. Brasília, p. 1-41, 2010.

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; LEVIEN, R.; WESP, C. L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1301-1309, 2011.

COOPER, J. P.; TANTON, N. M. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. **Herbage Abstracts**, Farnham Royal, v. 38, p.167-176, 1968.

COSKUN, D.; BRITTO, D. T.; SHI, W.; KRONZUCKER, H. J. How plant root exudates shape the nitrogen cycle. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 22, n. 8, p. 661–673, 2017.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; GOMES, M. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 7, p. 1185–1191, 2006.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 1, p. 192-199, 2010.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, J. L.; RODRIGUES, R. B. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. II – Nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1601-1607, 2008.

COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. S. C.; SILVA, F. G.; BORGES, E. F.; EPIFÂNIO, P. S.; GUIMARÃES, K. C. Doses and sources of nitrogen on yield and bromatological composition of Xaraés grass. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.14, n. 3, p. 288-298, 2013.

COSTA, K. A. P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P.; CUSTÓDIO, D. P.; SILVA, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Urochloa brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005.

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

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, MG, v. 59, n.5, p. 597-605, 2012b.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A. F.; LOPES, K. S. M.; LIMA, A. E. S. Custo da produção de silagens em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n.1, p. 9-19, 2015.

CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M. An innovative crop-forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, Mandson, v. 104, p. 1085-1095, 2012.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; KRÜGER, C. A. M. B.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 54, p. 855–864, 2009.

DEBIASII, H. D.; FRANCHINI, J. C.; Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1180-1186, 2012.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M.H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.9, p.645-651, 1996.

DOMINGUES NETO, F. J.; YOSHIMI, F. K.; GARCIA, R. D.; MIYAMOTO, Y. R.; DOMINGUES, M. C. S. Desenvolvimento e produtividade do milho verde safrinha em resposta à aplicação foliar com *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, p. 1030-1040, 2013.

DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; SILVA, E.; TRELIN, P.; AMBROSANO, E. J. Viabilidade econômica de doses e parcelamentos da adubação nitrogenada na cultura do milho em latossolo vermelho Eutrófico. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringa, v. 31, p. 175-181, 2009.

DUPAS, E.; BUZETTI, S.; SARTO, A.L.; HERNANDEZ, F.B.T.; BERGAMASCHINE, A.F. Dry matter yield and nutritional value of Marandu grass under nitrogen fertilization and irrigation in cerrado in São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, p. 2598- 2603, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

ERISMAN, J. W.; SUTTON, M. A.; GALLOWAY, J. N.; KLIMONT, Z.; WINIWARTER, W.: How a century of ammonia synthesis changed the world, **Nature Geoscience**, Londres, v. 1, p. 636–639, 2008.

ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; RAMPAZZO, C. Lixiviação e imobilização de nitrogênio num nitossolo como variáveis da forma de aplicação da uréia e da palha de aveia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4 p. 993-1000, 2002.

EUCLIDES, V.P.B.; FLORES, R.; MEDEIROS, R.N.; OLIVEIRA, M.P. Diferimento de pastos de braquiária cultivares Basilisk e Marandu, na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n.2, p.273-280, 2007.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 21-29. 2006.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 63-70, 2012.

FERNANDES F. C. S.; LIBARDI P. L. Distribuição do Nitrogênio do Sulfato de Amônio (15N) no Sistema Solo-Planta, em uma Sucessão de Culturas, Sob Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, p. 885-893, 2012.

FERNANDES, E.; GUIMARÃES, B. A.; MATHEUS, R. R. **Principais empresas e grupos brasileiros do setor de fertilizantes**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 29, p. 203-228, 2009.

FERRAZ, J.B.S.; FELÍCIO, P.E. Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, Barking, v. 84, p. 238-243, 2010.

FERREIRA, A. S.; PIRES, R. R.; RABELO, P. G.; OLIVEIRA, R. C.; LUZ, J. M. Q.; BRITO, C. H. Implications of *Azospirillum brasilense* inoculation and nutrient addition on maize in soils of the Brazilian Cerrado under greenhouse and field conditions. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 72, p. 103–108, 2013.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. Experimental Designs: um pacote R para análise de experimentos. **Revista de Estatística da UFOP**, Ouro Preto, v. 1 p. 11-9, 2011.

FOLONI, J. S. S.; CUSTÓDIO, C. C.; POMPEI, F. P.; VIVAN, M. R. Instalação de espécie forrageira em razão da profundidade no solo e contato com fertilizante formulados NPK. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 1, p. 7-12, 2009.

FÜRSTENAU, V. Pecuária de corte: baixos índices zootécnicos e eficiência no setor exportador. **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v. 32, n. 1, p. 265-292, 2004.

GALINDO, F. S.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; BELLOTE, J. L. M.; SANTINI, J. M. K.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S. Épocas de inoculação de *Azospirillum brasilense* via foliar afetando a produtividade da cultura do trigo irrigado. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, Jacarapé, v. 9, p. 43-48, 2015.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S. SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J. NOGUEIRA, L. M.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ANDREOTTI, M. BELLOTTE, J. L. M. Rendimento de Milho e Diagnóstico Foliar Afetado pela Fertilização e Inoculação do Azoto com *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Viçosa, MG, v. 40, n. 1, p. 1-18, 2016.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; BAGGIO, G. Modes of application of cobalt, molybdenum and *Azospirillum brasilense* on soybean yield and profitability. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 3, p. 180-185, 2017a.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; BELLOTTE, J. L. M.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ANDREOTTI, M.; SILVA, V. M. GARCIA, C. M. P. Chemical soil attributes after wheat cropping under nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 659-670, 2017b.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; TARSITANO, M. A. A.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ALVES, C. J.; ARF, O. Economic analysis of corn inoculated with *Azospirillum brasilense* associated with nitrogen sources and doses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 4, p. 1749-1764, 2017c.

GALLOWAY, J. N., TOWNSEND, A. R., ERISMAN, J. W., BEKUNDA, M., CAI, Z., FRENEY, J. R., MARTINELLI, L. A., SEITZINGER, S. P., AND SUTTON, M. A.: Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions and Potential Solutions. **Science**, Washington, v. 320, p. 889– 892, 2008.

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

GITTI, D. C.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, p. 36-46, 2012b.

GITTI, D. C.; ARF, O.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C.; RODRIGUES, R. A. F.; KANEKO, F. H. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 71, p. 509-517, 2012a.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; VILELA, R. G. Nitrogênio em cobertura para o milho (*Zea mays* L.) Em sistema plantio direto na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n.2 , p. 169-177, 2012.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; TAKASU, A. T.; ARF, O.: Características agrônomicas e produtividade do milho sob fontes e doses de nitrogênio em cobertura no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n.3, p. 250-259, 2013.

GRIFFIN, T. S.; HONEYCUTT, C. W. Using growing degree days do predict nitrogen availability from livestock manures. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, n. 5, p. 1876-1882, 2000.

GUARESCHI, R. F.; GAZOLLA, P. R.; SOUCHIE, E. L.; ROCHA, A. C. Adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lanço antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 769-774, 2008.

GUIMARÃES, G. L.; BUZETTI, S.; SILVA, E. C.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Culturas de inverno e pousio na sucessão da cultura da soja em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 339-344, 2003.

HIREL, B., GOUIS, J. LE, NEY, B., GALLAIS, A. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, n. 9, p. 2369–2387, 2007.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 37 p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).

HUNGRIA, M. A.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; Inoculation of *Urochloa* 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, p. 125-131, 2016.

HUNGRIA, M., MENDES, I.C. **Nitrogen fixation with soybean**: the perfect symbiosis? In: DE BRUIJN, F. (Ed.) Biological nitrogen fixation. New Jersey: John Wiley & Sons, 2015. Cap. 99, p. 1005–1019.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, Washington, v. 331, n. 1/2, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; CRISPINO, C.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLI, R. N. R.; MENDES, I.C.; ARIHARA, L. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N<sub>2</sub> fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 86, p. 927–939, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo agropecuário 2006**: dados preliminares. Rio de Janeiro, 2006. p.1-146.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estatística da produção pecuária de março de 2012**. Rio de Janeiro, 2012. 45 p. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abateleite-couro-ovos\\_201104\\_publ\\_completa.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abateleite-couro-ovos_201104_publ_completa.pdf)>. Acesso em: 19 fev. 2014.

ICHIR, L.L.; ISMAILI, M. Recovery Of Wheat Residue Nitrogen<sup>15</sup> And Residual Effects Of N<sup>15</sup> Fertilisation In A Wheat - Wheat Cropping System Under Mediterranean Conditions. **African Crop Science Journal**, Kampala, v. 11, n. 1, p. 27-34, 2003.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Banco de dados**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: < <http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>> Acesso em: 29 abr. 2016.

IEIRI, A.Y. et al. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com *Urochloa*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, p. 1154-1160, 2010.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE- IPNI. **Estatísticas de fertilizantes**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>>. Acesso em: 01 jan. 2014.

ITZIGSOHN, R.; BURDMAN, S.; OKON, Y.; ZAADY, E.; YONATAN, R.; PEREVOLOTSKY, A. Plant-growth promotion in natural pastures by inoculation with *Azospirillum brasilense* under suboptimal growth conditions. **Arid Soil Research Rehabilitation**, Philadelphia, v. 13, p. 151-158, 2000.

JAKELAITIS, A.; DANIEL, T. A. D.; ALEXANDRINO, E.; SIMÕES, L. P.; SOUZA, K. V.; LUDTKE, J. Cultivares de milho e de gramíneas forrageiras sob monocultivo e consorciação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 380-387, 2010.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Efeitos do nitrogênio sobre o milho cultivado em consórcio com *Urochloa brizantha*. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 39-46, 2005.

KANEKO, F. H.; SABUNDJIAN, M. T.; ARF, O.; FERREIRA, J. P.; GITTI, D. C.; NASCIMENTO, V.; LEAL, A. J. F. Análise econômica do milho em função da inoculação com azospirillum, fontes e doses de N em cerrado de baixa altitude. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, p. 23-37, 2015.

KASCHUKA, G.; NOGUEIRA, M. A.; DE LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. Response of determinate and indeterminate soybean cultivars to basal and topdressing N fertilization compared to sole inoculation with *Bradyrhizobium*. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 195, p. 21-27, 2016.

KIEHL, J. C. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264 p.

KLUTHCOUSKI, J., COBUCCI, T., AIDAR, H., YOKOYAMA, L.P., OLIVEIRA, I.P. de, COSTA, J.L. da S., VILELA, L., BARCELLOS, A. de O, MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé: tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 28p, 2000. (Circular técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. **Opções de integração lavoura-pecuária**. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Integração lavoura-pecuária. Santo Antonio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 2003. p. 129-141.

KURIHARA, C. H.; VENEGAS, V. H. A.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em soja, como variável do potencial produtivo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 60, n.5, p. 690-698, 2013.

LAGREID, M.; BLOCKMAN, O. C.; KAARSTAD, o. **Agriculture fertilizer and the environment**. Wallingford: Cabi publishing, 1999. 294 p.

LANGE, A.; FERREIRA, A. C. T.; LEMKE, A. F.; BUCHELT, A. C.; BORSA, C. D.; SCHONINGER, E. L. Pasto, silagem e palhada no sistema de integração lavoura-pecuária na região norte do mato grosso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 293-306, 2013.

LANZANOVA ME, NICOLOSO RS, LOVATO T, ELTZ FLF, AMADO TJC, REINERT DJ. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n.5, p. 1131-1140, 2007.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho em sistema de plantio direto no triangulo mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 363-376, 2000.

LARA-CABEZAS, W. A. R.; BRANCALÃO, S. R. Avaliação técnico - econômica de milho, sorgo granífero e milheto em manejo exclusivo e consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.11, n.1, p. 1-24, 2012.

LARA-CABEZAS, W. A. R.; PÁDUA, R. V. Eficiência e distribuição de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura de milho consorciada com *Urochloa ruziziensis*, cultivada no sistema santa fé. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 131-140, 2007.

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

MACHADO, V. J. **Resposta da cultura do milho aos fertilizantes fosfatados e nitrogenados revestidos com polímeros**. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1967. 606 p.

MALAVOLTA, E; VITTI, G.C; OLIVEIRA, S.A. Fundações. In: MALAVOLTA, E.: VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. (Ed.). **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E. M.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L. BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavourapecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 873-882, 2007.

MARQUES, T. C. L. L.; VASCONCELOS, C. A.; PEREIRA FILHO, I.; FRANÇA, G. E.; CRUZ, J. C. Evolvimento de dióxido de carbono e mineralização do nitrogênio em latossolo vermelho-escuro com diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 3, p. 581-589, 2000.

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

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. M.; SANTOS, P. M.; RIBEIRO JUNIOR, J. I.; CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRAI, L. M. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 1475-1482, 2005.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. N. E.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, p. 123-139, 1976.

MEIRA, F. A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. ANDRADE, J. A.C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009.

MELLO, L. M. M. **Integração agricultura-pecuária em plantio direto: atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico**. 2001. 72 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

MELLO, S. Q. S.; FRANÇA, A. F. S.; LANNA, A. C.; BERGAMASCHINE, A. F.; KLIMANN, H. J.; RIOS, L. C.; SOARES, T. V. Adubação nitrogenada em capim-mombaça: produção, eficiência de conversão e recuperação aparente do nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, n. 4, p. 935-947, 2008.

MENDES, I. C.; REIS-JUNIOR, F. B.; HUNGRIA, M.; SOUSA, D. M. G.; CAMPO, R. J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, p. 1053-1060, 2008.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylasetreated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 85, p. 1217-1240, 2002.

MIRANSARI, M. 5 - Soybean N fixation and production of soybean inocula. **Abiotic and Biotic Stresses in Soybean Production**. [S. l.], v. 1, p. 107–129, 2016.

MOREIRA, M.S.F.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**, Lavras: Editora UFLA, 2006. 626 p.

MÜLLER, M. S.; FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A. G.; OVEJERO, R. F. L. Produtividade do *Panicum maximum* cv. Mombaça Irrigado, sob pastejo rotacionado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 427-433, 2002.

MURAISHI, C. T. LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; GOMES JUNIOR, F. G. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, p. 199–206, 2005.

NAVE, R. L. G. **Produtividade, valor nutritivo e características físicas da forragem do capim-Xaraés [*Brachiaria brizantha* (hochstex A. Rich.) STAPF.] em resposta a estratégia de pastejo sob lotação intermitente**. 2007. 94p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

NICOLOSO, R. S.; LANZANOVA, M. E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavourapecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 1799- 1805, 2006.

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, p. 1687-1698, 2011.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **Applied and Environmental Microbiology**, New York, v. 63, n. 7, p. 366-370, 1997.

OLIVEIRA, E. R.; MONÇÃO, F. P.; MOURA, L. V.; GABRIEL, A. M. A.; DE TONISSI, R. H.; DE GÓES, B.; LEMPP, B.; NASCIMENTO, F. A. Valor nutricional de silagem de capim-mombaça com aditivos agroindustriais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, p. 1543-1556, 2014.

OLIVEIRA, I. P.; BUSO, L. H.; DUTRA, L. G.; YOKOYAMA, L. P.; GOMIDE, J. C.; PORTES, T. A. Sistema barreirão: uma opção de reforma de pastagem degradada utilizando associação cultura-forrageira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FORRAGICULTURA - REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., Maringá, 1994. **Anais...** Maringá: EDUEM/SBZ, 1994. p. 57-64.

OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S.; BARIONI JUNIOR, W. Produção de forragem e qualidade de *Urochloa brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense* e fertilizada com nitrogênio. **Circular Técnica**, São Carlos, n. 54, p. 1-6, 2007.

PANDOLFO, C. M.; VOGT, G. A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; GALLOTTI, G. J. M.; ZOLDAN, S. R. Desempenho de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* associado a doses de nitrogênio em cobertura. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 27, p. 94-99, 2015.

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 *Urochloa* 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. 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.

PASQUALETTO, A.; COSTA, L. M. Influência de sucessão de culturas sobre características agronômicas do milho (*Zea mays* L.) em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.31, p. 61-64, 2001.

PEQUENO, D. N. L.; MARTINS, E. P.; AFFERRI, F. S.; FIDELIS, R. R.; SIQUEIRA, F. L. T. Efeito da época de semeadura da *Urochloa brizantha* em consórcio com o milho, sobre caracteres agronômicos da cultura anual e da forrageira em Gurupi, estado do Tocantins. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 2, n. 3, p. 127-134, 2006.

PEREIRA, L. M.; PEREIRA, E. M.; REVOLTI, L. T. M.; ZINGARETTI, S. M.; MÔRO, G. V. Seed quality, chlorophyll content index and leaf nitrogen levels in maize inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, p. 630-637, 2015.

PESSÔA, A.; NOGUEIRA, M. P. **Apresentação dos resultados de 2017**. [S.l.: s.n., 2017]. Disponível em: <<http://www.rallydapecuaria.com.br/faca-o-download-dos-resultados-do-rally-da-pecuaria-2017-2/>>. Acesso em: 01 jan. 2014.

QUEIROZ, A. M.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2011.

RADWAN, T. E. E.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 10, p. 987-994, 2004.

RAGAGNIN, V. A.; SENA JÚNIOR, D. G.; KLEIN, V. LIMA, R. S.; COSTA, M. M.; OLIVEIRA NETO, O. V. Adubação nitrogenada em milho safrinha sob plantio direto em Jataí-GO. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 3, n. 2, p. 70-77, 2010.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para analiação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. 285 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100)

REIS, V. M.; OLIVEIRA, A. L. M.; BALDANI, V. L. D.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, J. I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 153-174.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNEIRO, L. F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, p. 453-466, 2006.

REVOLTI, L. T. M. **Interação genótipo vs formas de inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho**. 2014, 46 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

RICHETTI, A.; CECCON, G. **Estimativa do Custo de Produção do Milho Safrinha 2010, em Cultivo Solteiro e Consorciado com *Urochloa ruziziensis*, na Região Sul de Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 7 p. (Comunicado técnico, 157).

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G.; SILVEIRA, A. P. D. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 6, p.833-842, 2007.

SALTON, J. C.; MERCANTEA, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 190, p. 70-79, 2014.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I. H. Mineralização e absorção por milho do nitrogênio do solo, da palha de milho-(15N) e da uréia-(15N). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 17, n. 3, p. 423-429, 1993.

SANTINI, J. M. K.; BUZETTI, S.; GALINDO, F. S.; DUPAS, E.; COAGUILA, D. N. TÉCNICAS DE MANEJO PARA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS DE CAPIM BRAQUIÁRIA (*Urochloa decumbens* STAPF CV. BASILISK). **Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 72, n. 4, p. 331-340, 2015.

SANTINI, J. M. K.; PERIN, A.; COAGUILA, D. N.; VALDERRAMA, M.; DUPAS E.; DOS SANTOS, C. G.; SILVA, V. M.; BUZETTI, S. Adubação nitrogenada na implantação de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés no cerrado: Características biométricas e bromatológicas - parte 1. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 10, n. 2, p. 129-139, 2016a.

SANTINI, J. M. K.; PERIN, A.; COAGUILA, D. N.; VALDERRAMA, M.; GALINDO, F. S.; DOS SANTOS, C. G.; SILVA, V. M.; BUZETTI, S. Adubação nitrogenada na implantação de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés no cerrado: Características nutricionais - parte 2. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 10, n. 2, p. 140-153, 2016b.

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

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. A.; CRUZ, M. C. P.; LUCÃO, S. M. B.; CAMPOS, F. P.; CENTURION, J. F.; FERREIRA, M. E. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv.IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 183-193, 2008.

SEIDEL, E. P.; GERHARDT, I. F. S.; CASTAGNARA, D. D. NERES, M. A. Efeito da época e sistema de semeadura da *Urochloa brizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 55-66, 2014.

SEIDEL, E. P.; MATTIA, V. MATTEI, E.; CORBARI, F. Produção de matéria seca e propriedades físicas do solo na consorciação milho e braquiária. **Scientia Agraria Paranaensis**, Acrelândia, v. 14, n. 1, p. 18-24, 2015.

SHIOGA, P. S.; OLIVEIRA, E. L.; GERAGE, A. C. densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 381-390, 2004.

SILVA, E. C., BUZETTI, S., LAZARINI, E. Aspectos econômicos da adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema plantio direto em latossolo vermelho distroférico fase Cerrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, p. 286-297, 2005.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; MONTEIRO, R. O. C.; BUZETTI, S. Análise econômica da adubação nitrogenada no milho sob plantio direto em sucessão a plantas de cobertura em latossolo vermelho. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 29, p. 445-452, 2007.

SILVA, S. G. C.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. F.; SÁ, J. C. M. Temporary effect of chiseling on the compaction of a rhodic hapludox under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, p. 547-555, 2012.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Variação na temperatura do solo em três sistemas de manejo na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, p. 391-399, 2006.

SIMIDU, H. M.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; ABRANTES, F. L.; SILVA, M. P.; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 309-315, 2010.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 283-315.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 395-405, 2006.

SOUZA, I. A.; RIBEIRO, K. G.; ROCHA, W. W.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R. Atributos físicos de um latossolo vermelho-amarelo e produtividade de um pasto de capim-braquiária sob doses crescentes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, p. 1549-1556, 2013.

SOUZA, J. E. B.; FERREIRA, E. P. B. Improving sustainability of common bean production systems by co-inoculating rhizobia and azospirilla. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 237, p. 250-257, 2017.

SOUZA, L. C. F.; FEDATTO, E.; GONÇALVES, M. C.; SOBRINHO, T. A.; HOOGERHEIDE, H. C.; VIEIRA, V. V. Produtividade de grãos de milho irrigado em função da cultura antecessora e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 1, p. 44-51, 2003.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogenio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 216-252.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringa, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2003.

SUBBARAOA, G. V.; NAKAHARAA, K.; HURTADOB, M. P.; ONOC, H.; MORETAB, D. E.; SALCEDOB, A. F.; YOSHIHASHIA, A. T.; ISHIKAWAA, T.; ISHITANIB, M.; OHNISHI-KAMEYAMAC, M.; YOSHIDAC, M.; RONDONB, M.; RAOB, I. M.; LASCANOB, C. E.; BERRYF W. L.; ITOA, O. Evidence for biological nitrification inhibition in Urochloa pastures. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 106, n. 41, p. 17302-17307, 2009.

SUTTON, M. A.; HOWARD, C.; ERISMAN, J. W.; BILLEN, G.; BLEEKER, A.; GRENNFELT, P.; VAN GRINSVEN, H.; GRIZZETTI, B.: **The european nitrogen assessment**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 612 p.

SUTTON, M. A.; REIS, S.; BILLEN, G.; CELLIER, P.; ERISMAN, J. W.; MOSIER, A. R.; NEMITZ, E.; SPRENT, J.; VAN GRINSVEN, H.; VOSS, M.; BEIER, C.; SKIBA, U. "Nitrogen & Global Change". **Biogeosciences**, Hoboken, n. 9, p. 1691–1693, 2012.

TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Plant growth substances produced by Azospirillum brasilense and their effect on the growth of pearl millet (Pennisetum americanum L.). **Applied and Environmental Microbiology**, Nova York, v. 37, p. 1016-1024, 1979.

TRACY, B. F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated croplivestock system in Illinois. **Crop Science**, Mandson, v. 48, p. 1211-1218, 2008.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP. Faculdade de Engenharia. Área de Hidráulica e Irrigação. **Canal CLIMA da Unesp de Ilha Solteira**. Ilha Solteira, 2016. Disponível em: <<http://clima.feis.unesp.br/>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

UNIDET STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Livestock and poultry: world markets and trade**. [S. l.]: Foreign Agricultural Service, 2017. 27 p.

UNIDET STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. [S. l.]: WASDE, 2017. 40 p.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em sistemas de manejo do solo, estimado por métodos de fumigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 3, p. 411-417, 1998.

VARGAS, L. K.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 76-83, 2005.

VILLAS BÔAS, R. L, BULL, L. T., FERNÁNDEZ, D. Fertilizantes em fertilização. In: FOLEGATTI, M. V. **Fertilização**: citros, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. v. 1, p. 293-320.

VOGEL, G. F.; MARTINKOSKI, L.; RUZICKI, M. Efeitos da utilização de *Azospirillum* brasileiro em poáceas forrageiras: importâncias e resultados. **Agropecuária científica no semiárido**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 01-06, 2014.

WAGNER, G. H.; WOLF, D. C. Carbon transformation and Soil Organic matter formation. In: SYLVIA, D. M.; FUHRMANN, J. J.; HARTEL, P. G.; ZUBERER, D. A. (Ed). **Principles and applications of soil microbiology**. New Jersey: [s. n.], 1998. 258 p.

ZAKIKHANI, H.; ARDAKANI, M. R.; REJALI, F.; GHOLAMHOSEINI, M.; JOGHAN, A. K.; DOLATABADIAN, A. Influence of Diazotrophic Bacteria on Antioxidant Enzymes and Some Biochemical Characteristics of Soybean Subjected to Water Stress. **Journal of Integrative Agriculture**, Amsterdam, v. 11, n. 11, p. 1828-1835, 2012.

ZANINE, A. de M.; SANTOS, E. M. Competição entre espécies de plantas: uma revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 10-30, 2004.

ZAVASCHI, E. **Volatilização de amônia e produtividade do milho em função da aplicação de ureia revestida com polímeros**. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ZIMMER, A. H.; EUCLIDES FILHO, K. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1997. p. 349-379.