

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense*, MANEJO
DE PASTEJO E NITROGÊNIO EM INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA.**

TESE DE DOUTORADO

Marcos da Silva Brum

**Santa Maria, RS, Brasil
2015**

**INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense*, MANEJO DE
PASTEJO E NITROGÊNIO EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA.**

Marcos da Silva Brum

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade
Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para a obtenção do
grau de **Doutor em Agronomia**

Orientador: Prof. Dr. Thomas Newton Martin

**Santa Maria, RS, Brasil.
2015**

**Universidade Federal De Santa Maria
Centro De Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense*, MANEJO DE PASTEJO E
NITROGÊNIO EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

elaborada por
Marcos da Silva Brum

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Doutor em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Thomas Newton Martin, Dr.
(Presidente/orientador)

Ubirajara Russi Nunes, Dr. (UFSM)

Rogério Luiz Backes, Dr. (UFSM)

Andre Brugnara Soares, Dr. (UTFPR)

Paulo Sérgio Pavinato, Dr. (ESALQ-USP)

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2015.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, à Deus, por nos guiar pelo melhor caminho, nos dando saúde e paz.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) pela oportunidade de realização do curso de Doutorado em Agronomia, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida no Doutorado.

À minha família, em especial à minha mãe Cecília, sinônimo de trabalho, que mesmo em situações adversas não deixou de apoiar seu filho.

À Daiane, pelo amor, paciência, e principalmente pelo apoio e incentivo nos momentos mais difíceis.

À vó Mira, pelos conselhos e incentivos, e por me transmitir força e proteção através de suas orações.

Ao prof. Thomas Newton Martin, a quem agradeço por ter sido seu orientado, pela confiança, orientação, amizade, paciência e pelos conhecimentos a mim transmitidos ao longo do doutorado.

Ao meu colega e amigo Vinícius dos Santos Cunha, que muito contribuiu para a realização deste trabalho, colaborando em todas as suas etapas. Obrigado pela parceria diária, pela amizade e todo apoio desprendido para a concretização desta tese.

Ao pessoal que faz parte, e aos que fizeram parte do “Grupo de Pesquisa em Grandes Culturas de Coxilha”. Obrigado pela ajuda nos trabalhos, pelo convívio saudável, alegre e produtivo.

Às pessoas não citadas na formalidade dos meus agradecimentos, mas que de alguma forma ajudaram a que aqui chegasse e, por isso, são igualmente importantes.

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense*, MANEJO DE PASTEJO E NITROGÊNIO EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

AUTOR: MARCOS DA SILVA BRUM
ORIENTADOR: THOMAS NEWTON MARTIN
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 27 de fevereiro de 2015.

Este trabalho apresenta resultados de um experimento com integração lavoura-pecuária em dois anos agrícolas (2012/2013 e 2013/2014). Nas estações frias se utilizou pastagem formada pela mistura de aveia preta e azevém sob pastejo com ovinos, em um experimento trifatorial (manejo do pastejo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes), em delineamento experimental de blocos ao acaso. Para o fator manejo do pastejo a pastagem foi manejada da seguinte forma: (I) pastejo convencional (PC), onde os animais permaneciam na pastagem por todo o período experimental sem um controle da altura da pastagem, (II, III e IV) - altura da pastagem na saída dos animais de 10, 20 e 30 cm e uma testemunha sem pastejo (SP). As doses de nitrogênio foram três (0, 50 e 100 kg de nitrogênio ha⁻¹), e sementes de aveia preta e azevém inoculadas ou não com a bactéria *Azospirillum brasilense*. Na massa de forragem da pastagem coletada na entrada e saída dos animais, foi realizada a separação botânica dos componentes (folha, colmo, material senescente, inflorescência) e foi obtida a produção de biomassa total nos diferentes tratamentos. Verificou-se que a produção de biomassa da pastagem de aveia preta e azevém aumentou com a aplicação de 100 kg de nitrogênio ha⁻¹ e com a inoculação de *Azospirillum brasilense* e a proporção dos componentes estruturais variaram em função dos diferentes manejos de pastejo, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense*. Sobre a palhada de aveia preta e azevém foram introduzidas as culturas de milho e soja em semeadura direta, as quais foram inoculadas ou não com a bactéria *Azospirillum brasilense*. Na cultura do milho, maior altura de plantas foi verificado quando este é cultivado sob palhada de aveia preta e azevém na ausência de pastejo, o que favorece também a produtividade da cultura. Em condições de estagem o nitrogênio aplicado na pastagem favorece o desenvolvimento do milho, aumentando a altura da planta, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo. Na produtividade do milho este efeito é pronunciado nas áreas onde se tinha uma maior massa de forragem residual. A inoculação com *Azospirillum brasilense* tem efeito positivo sobre os componentes do rendimento e produtividade do milho independente do ano agrícola e do híbrido utilizado. A cultura da soja possui melhores produtividades em sistema de integração lavoura-pecuária quando estabelecida sob pastagem de aveia preta e azevém manejadas com alturas de pastejo entre 20 e 30 cm. A inoculação com *Azospirillum brasilense* não deve ser usada isoladamente na cultura da soja.

Palavras-chave: Nitrogênio. *Avena sativa*. *Azospirillum brasilense*. *Lolium multiflorum*.
Culturas de grãos. Pastejo.

ABSTRACT

Doctor of Science Thesis
Graduate in Agronomy program
Federal University of Santa Maria

INOCULATION WITH *Azospirillum brasilense*, GRAZING MANAGEMENT AND NITROGEN IN CROP-LIVESTOCK INTEGRATION

AUTHOR: MARCOS DA SILVA BRUM

ADVISER: THOMAS NEWTON MARTIN

Defense Place and Date: Santa Maria, february 27th, 2015

This thesis presents results of an experiment with crop-livestock integration in two growing seasons (2012/2013 and 2013/2014). In cold seasons was used pasture formed by the mixture of black and annual ryegrass grazed sheep on a three-factor experiment (Grazing management, nitrogen fertilization level and seed inoculation) in experimental design of randomized blocks. For Grazing management factor to pasture was managed as follows: (i) conventional grazing (PC), where the animals remained in the pasture throughout the trial without a control of the grass height, (II, III and IV) - stubble height of 10, 20 and 30 cm and a witness without grazing (SP). Nitrogen rates were three (0, 50 and 100 kg nitrogen ha⁻¹), and seeds of oat and ryegrass inoculated or not with bacteria *Azospirillum brasilense*. In herbage mass of pasture collected at the entrance and exit of animals, botany separation of the components (leaf, stem, senescent material, inflorescence) was carried out and was obtained total biomass production in the different treatments. It was found that the biomass production of black and annual ryegrass increased with the application of 100 kg nitrogen ha⁻¹ and the *Azospirillum brasilense* inoculation and the proportion of structural components varied according to the different grazing managements, doses nitrogen and inoculation with *Azospirillum brasilense*. Above straw of black and annual ryegrass were introduced corn and soybeans in no-till system, which were inoculated or not with bacteria *Azospirillum brasilense*. In maize, higher plant height was checked when it is grown under straw oat and ryegrass in the absence of grazing, which also favors the crop yield. In conditions of drought nitrogen applied on grassland favors the development of corn, increasing plant height, insertion height of spike and stem diameter. In maize yield this effect is pronounced in areas where it had a larger mass of waste fodder. Inoculation with *Azospirillum brasilense* has a positive effect on the components of income and productivity of independent corn growing season and hybrid used. The soybean crop has the best yield in crop-livestock integration system as established under black and annual ryegrass pasture managed with heights between 20 and 30 cm. Inoculation with *Azospirillum brasilense* should not be used alone in the soybean crop.

Key words: Nitrogen. *Avena sativa*. *Azospirillum brasilense*. *Lolium multiflorum*. Grain crops. Grazing.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II:

Tabela 1 – Valores médios para os componentes massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), relação folha/colmo (RFC), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca de inflorescência (MSI, kg ha⁻¹) e massa seca total (MST, kg ha⁻¹) de uma pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária..... 28

Tabela 2 – Massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca de inflorescência (MSI, kg ha⁻¹), massa seca total (MST, kg ha⁻¹) e altura (ALT, cm) em resíduo pós-pastejo de uma pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária..... 30

Tabela 3 – Produção total de massa seca (PMS, kg ha⁻¹) em pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária. (Ano - 2012) 31

Tabela 4 – Massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca total (MST, kg ha⁻¹) e altura (ALT, cm) de uma pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária (Entrada do primeiro pastejo, ano de 2013). 34

Tabela 5 – Massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca de inflorescência (MSI, kg ha⁻¹), massa seca total (MST, kg ha⁻¹), relação folha/colmo (RFC), e altura da pastagem (ALT, cm) de uma pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária (Entrada do segundo pastejo, ano de 2013)..... 35

Tabela 6 – Massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca de inflorescência (MSI, kg ha⁻¹), massa seca total (MST, kg ha⁻¹), relação folha/colmo (RFC), e altura da pastagem (ALT, cm) de uma pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária (Entrada do terceiro pastejo, ano de 2013)..... 36

Tabela 7 – Massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca total (MST, kg ha⁻¹), relação folha/colmo (RFC) e altura (ALT, cm) em resíduo pós-pastejo de uma pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária (saída do primeiro pastejo, ano de 2013)..... 37

Tabela 8 – Massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca de inflorescência

(MSI, kg ha⁻¹), massa seca total (MST, kg ha⁻¹), relação folha/colmo (RFC) e altura (ALT, cm) em resíduo pós-pastejo de uma pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária (saída do segundo pastejo, ano de 2013)..... 38

Tabela 9 - Produção total de massa seca (PMS, kg ha⁻¹) em pastagem de aveia preta e azevém sob resteva de milho em um sistema de integração lavoura-pecuária. (Ano - 2013)..... 41

CAPITULO III

Tabela 1– Altura de planta (AP, m), altura de inserção de primeira espiga (AIE, m) e diâmetro de colmo (DC, cm) em plantas de milho nos anos agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014. 53

Tabela 2 – Comprimento de espiga (COMP, cm), diâmetro de espiga (DE, cm), número de fileiras de grãos, número de grãos por fileira, produtividade de grãos (PG kg ha⁻¹) e massa de cem grãos (MCG, g) da cultura do milho num sistema de integração lavoura-pecuária nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014. 56

Tabela 3 – Produtividade de grãos de milho (kg ha⁻¹) em um sistema de integração lavoura-pecuária no ano agrícola 2013/2014. 58

CAPÍTULO IV

Tabela 1 – Altura de inserção de primeira vagem (AIPV,cm), altura de inserção da última vagem (AIUV,cm), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (MMG,g) da cultura da soja em sistema de integração lavoura-pecuária..... 70

Tabela 2 – Número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) da cultura da soja em sistema de integração lavoura-pecuária..... 73

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA.....	11
1.1 Sistemas de integração lavoura-pecuária.....	11
1.2 Microrganismos fixadores de nitrogênio.....	13
1.3 Referências bibliográficas.....	16
2 CAPITULO II: COMPOSIÇÃO BOTÂNICA E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE AVEIA PRETA E AZEVÉM SOB ALTERNATIVAS DE MANEJO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.	20
2.1 Resumo	20
2.2 Abstract	21
2.3 Introdução	22
2.4 Material e métodos	23
2.5 Resultados e discussão.....	26
3.1 Conclusão	41
2.7 Referências bibliográficas.....	41
3 CAPITULO III: COMPONENTES DO RENDIMENTO DA CULTURA DO MILHO SOB INOCULAÇÃO DE <i>Azospirillum brasilense</i> EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	45
3.1 Resumo	45
3.2 Abstract	46
3.3 Introdução	47
3.5 Material e métodos	48
3.5 Resultados e discussão.....	51
3.6 Conclusão	58
3.7 Referências bibliográficas.....	58
4 CAPÍTULO IV: CULTURA DA SOJA EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E INOCULAÇÃO DE <i>Azospirillum brasilense</i>	62
4.1 Resumo	62
4.2 Abstract	63
4.4 Introdução	63
4.4 Material e métodos	65
4.5 Resultados e discussão.....	67
4.6 Conclusão	73
4.7 Referências bibliográficas.....	74

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul possui cerca de sete milhões e cem mil hectares utilizados com áreas de lavoura para a produção de grãos no período do verão (FARSUL, 2014). Entretanto, no período de inverno apenas 19% dessas áreas são cultivadas com cereais de inverno, como aveia, centeio, cevada, triticale e trigo, ficando o restante com culturas de cobertura de solo com a finalidade de formar palhada para o sistema de plantio direto.

A utilização da pecuária nestas áreas, no período de inverno, é uma alternativa para diversificar a produção e gerar renda extra nestas propriedades. Para a formação das pastagens de inverno, a mistura de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) geralmente é a alternativa mais usada, por ser um alimento de qualidade, por suprir o déficit alimentar neste período, além de ser alternativa viável para a rotação com as culturas de verão. No entanto, a eficiência de um sistema de integração lavoura-pecuária vai depender do manejo correto desta pastagem, principalmente no que diz respeito à adubação e ao manejo do pastejo.

Existe um consenso por parte dos produtores que a entrada de animais em áreas de lavoura causa problemas para o sistema produtivo, pela compactação do solo, através do pisoteio e retirada de nutrientes através do pastejo. Entretanto, há evidências que os efeitos negativos que o pisoteio dos animais causam nas propriedades físicas do solo depende do tipo de solo e da intensidade de pastejo utilizada. Em pastejos com intensidades moderadas geralmente essas mudanças não são significativas, não comprometendo o rendimento das culturas de grãos cultivadas em sucessão (SANDINI et al., 2011). Sendo assim, um dos maiores desafios do sistema é encontrar um nível de massa de forragem ou de altura de manejo da pastagem que promova elevado desempenho animal, e que não prejudique o rendimento de grãos da cultura subsequente.

Quanto a adubação, sabe-se que a deficiência de nitrogênio é fator limitante para a produção forrageira, principalmente em gramíneas (GARAY et al., 2004), e que a adubação nitrogenada, além de aumentar o rendimento da forragem, pode beneficiar a produtividade das culturas de grãos cultivadas em sucessão, devido ao aproveitamento do nitrogênio residual (NOVAKOWISKI et al., 2011; SANDINI et al., 2011). O retorno de N no sistema ILP ocorre via excrementos animais no inverno, sendo que mais de 70% do N da urina animal está presente na forma de uréia, e o restante se constitui de aminoácidos e peptídeos. A uréia da

urina é rapidamente hidrolizada a amônio. O N presente nas fezes dos animais está na forma orgânica necessitando passar por uma mineralização por microrganismos para ser transformado na forma mineral e ser disponibilizado para a cultura em sucessão (DOAK, 1952).

No entanto, tal fertilizante é um dos insumos que mais contribui para elevar o custo da produção e tem potencial de poluição ambiental através da lixiviação e contaminação dos lençóis freáticos. Assim, alguns pesquisadores têm apresentado como forma alternativa para a economia de fertilizante nitrogenado a fixação biológica de nitrogênio (FBN), por meio da inoculação da bactéria *Azospirillum brasilense*, a qual pode suplementar ou, até mesmo, substituir a utilização desses fertilizantes (HUNGRIA et al., 2010; NOVAKOWISKI et al., 2011).

A bactéria *A.brasilense* é uma espécie de bactéria diazotrófica associativa, que contribui com parte do nitrogênio necessário para as culturas. Além da fixação biológica de N, estes microrganismos podem promover o crescimento das plantas por diversos mecanismos como a produção de hormônios vegetais, o que promove um maior crescimento radicular, e com, isso melhora a absorção de água e nutrientes, e também pelo aumento da resistência das plantas à doenças e estresses como a deficiência hídrica (STEENHOUDT; VANDERLEYDEN, 2000).

Com a crescente expansão de lavouras de grãos, com o desenvolvimento de genótipos cada vez mais produtivos, com técnicas de produção cada vez mais avançadas, os produtores têm obtido rentabilidade satisfatória na estação de produção das culturas de verão, porém na estação fria, muitas vezes essas áreas são usadas apenas com culturas com a finalidade de cobertura do solo, para formação da cobertura vegetal para o plantio direto. Além disso, cultivar milho, soja ou feijão em safrinha pode não ser sustentável economicamente, pois apresentam problemas que podem comprometer a produtividade como de umidade na colheita para a cultura do feijão e doenças de final de ciclo para milho e soja. Diante disso, se faz necessário um melhor conhecimento do sistema integração lavoura-pecuária, buscando informações para que este sistema seja sustentável e economicamente viável.

1 CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Sistemas de integração lavoura-pecuária

Os seres humanos já desenvolviam sistemas combinados de produção agrícola e pecuária há mais de oito mil anos (RUSSELLE et al., 2007). Nos dias de hoje existe uma tendência na aplicação do sistema de integração lavoura-pecuária devido a preocupações com a degradação dos recursos naturais, rentabilidade, estabilidade das propriedades e sustentabilidade a longo prazo. Essa integração poderia ocorrer dentro de uma propriedade ou entre propriedades, dependendo do interesse dos produtores, motivação e dos recursos financeiros. Os sistemas integrados proporcionam um meio de utilizar culturas agrícolas para produzir carne, leite e outros produtos associados, além de melhorar a fertilidade e qualidade do solo (RUSSELLE et al., 2007).

Integração lavoura-pecuária é definido como um sistema de produção que alterna, na mesma área, o cultivo de pastagens anuais ou perenes, destinadas à produção animal, e culturas destinadas à produção vegetal, sobretudo grãos (BALBINOT JUNIOR et al. 2009). No Rio Grande do Sul este sistema foi adotado primeiramente nas áreas de arroz irrigado, em rotação com o azevém ou campo nativo (REIS; SAIBRO, 2004). Atualmente predomina aquele que integra áreas de produção de grandes culturas estivais, principalmente a soja. Estas áreas apresentam um grande potencial para se integrar a pecuária, haja vista que utilizam plantas de cobertura de solo, com potencial para servir de alimentação animal como o azevém e a aveia preta, gramíneas que apresentam elevado acúmulo de biomassa com características nutricionais desejáveis (CONTE, 2007).

O sistema de integração lavoura-pecuária pode apresentar algumas vantagens em relação a sistemas que apresentam produção vegetal e animal de forma isolada, como a elevada ciclagem de nutrientes, pois grande parte dos nutrientes retorna ao solo via fezes e urina e são liberados na solução do solo em curto espaço de tempo (BALBINOT JUNIOR et al., 2009), melhoria da qualidade do solo (TRACY; ZHANG, 2008; LOSS et al., 2011), aumentando as concentrações de carbono orgânico no solo ao longo do tempo, devido ao crescimento contínuo de plantas na área, melhoria da descida do cálcio no perfil do solo e correção da acidez em profundidade, mesmo sem incorporação (CASSOL, 2003), diminuição das plantas invasoras (IKEDA et al., 2007), entre outros benefícios.

A viabilidade do sistema de integração lavoura-pecuária é condicionado pelo manejo correto das pastagens de inverno, sobretudo no sistema de plantio direto (NICOLOSO et al., 2006). O sistema de plantio direto preconiza a manutenção da cobertura do solo durante todo o ano e, para isso, necessita de um aporte abundante e constante de resíduos vegetais (GATIBONI et al., 2009), de maneira a permitir um bom estabelecimento da cultura de verão implantada via semeadura direta. Segundo Lopes et al. (2009), uma das questões centrais do sistema de integração lavoura-pecuária é o nível crítico de biomassa que deve permanecer sobre o solo após a saída dos animais.

A presença de animais em áreas de lavouras com culturas produtoras de grãos é normalmente relacionada a efeitos negativos para a produtividade de grãos, pois estes causam compactação do solo, interferindo no desenvolvimento da cultura. Alguns trabalhos foram conduzidos avaliando o efeito que o pisoteio dos animais exerce sobre as propriedades físicas do solo. A compactação do solo, em termos de valores de densidade, se concentra na camada superficial do solo de 0 a 5 cm de profundidade (LANZANOVA et al., 2007), entretanto, essa compactação pode ser revertida rapidamente, pois o uso de forrageiras, especialmente as gramíneas por possuírem um sistema radicular robusto, conseguem promover a descompactação de camadas superficiais do solo (CONTE et al., 2011).

Quanto às propriedades químicas, o pastejo pode causar uma melhoria na fertilidade do solo devido ao acúmulo de matéria orgânica, alteração na ciclagem de nutrientes (TEIXEIRA et al., 2011), melhoria na eficiência do uso de fertilizantes e capacidade diferenciada na absorção de nutrientes (ALMEIDA et al., 2008). Intensidades de pastejo moderadas (20 e 40 cm de altura em pastagens de forrageiras anuais de inverno) promovem aumento nos estoques de carbono orgânico total, carbono orgânico particulado, nitrogênio total e nitrogênio na matéria orgânica particulada no solo (SOUZA et al., 2009), semelhante ao plantio direto sem pastejo, ao contraponto da alta intensidade de pastejo (10 cm) em que ocorre redução no estoque desses elementos, com degradação da qualidade da matéria orgânica.

1.2 Microrganismos fixadores de nitrogênio

A fixação biológica de nitrogênio é caracterizada pela utilização do N gasoso da atmosfera (N_2) como fonte de N para o metabolismo de um grupo seletivo de seres vivos, que inclui algumas espécies de microrganismos procarióticos. Estes microrganismos possuem o complexo enzimático chamado nitrogenase, necessário para transformar o N_2 em amônia, subsequentemente assimilada em aminoácidos e proteínas (NEVES; RUMJANEK, 1998). A enzima nitrogenase é capaz de promover a reação de quebra da molécula de nitrogênio à temperatura ambiente e pressão normal, utilizando energia de processos foto e quimiossintéticos, ou obtida a partir de carboidratos (provenientes da fermentação ou respiração) e armazenada sob a forma de ATP.

Nas plantas leguminosas, os organismos simbiotes ocorrem no interior de órgãos especiais da planta denominado nódulos. Nestas plantas, as bactérias fixadoras de nitrogênio induzem à formação de nódulos nas raízes (TAIZ; ZIEGER, 2004). As gramíneas também podem desenvolver relações simbióticas com organismos fixadores de nitrogênio, mas nessas associações não são produzidos nódulos (TAIZ; ZIEGER, 2004). Neste caso, a bactéria fixadora de nitrogênio coloniza os tecidos do vegetal ou se ancora na superfície da raiz, principalmente nas proximidades da zona de alongamento e nos pêlos radiculares.

Em leguminosas, o N fixado simbioticamente pela associação com *Rhizobium*, representa uma fonte renovável de N para a agricultura (ALVES et al., 2006). Os valores estimados para diversas leguminosas e espécies forrageiras estão na faixa de 200-300 kg de N ha^{-1} por ano (PEOPLES et al., 1995). Em gramíneas, a inoculação de plantas com bactérias fixadoras de nitrogênio foi proposta em meados dos anos 70 como uma nova abordagem no fornecimento de nitrogênio, diminuindo o uso de fertilizantes químicos. As espécies de bactérias do gênero *Azospirillum* passaram a ser as mais estudadas (BASHAN; HOLGUIN, 1997), sendo isoladas da rizosfera de muitas gramíneas e cereais em todo mundo, em áreas tropicais, bem como em climas temperados (STEENHOUDT; VANDERLEYDEN, 2000). Podem ser encontradas em associação com plantas monocotiledôneas, incluindo milho, arroz, cana-de-açúcar, sorgo, gramíneas forrageiras como *Digitaria* e Kallar grass (*Leptochloa fusca* (L.) Kunth) e com as dicotiledôneas (BASHAN; HOLGUIN, 1997). O gênero foi definido por Tarrand et al. (1978) e hoje compreende seis espécies: *Azospirillum brasilense*, *A. lipoferum*, *A. amazonense*, *A. halopraeferens*, *A. irakense* e *A. largomobile*.

Em vinte anos de avaliações em experimentos de campo com *A. brasilense*, foi constatado que em 60-70% dos experimentos tiveram resposta positiva nos rendimentos das culturas com acréscimos variando de 5 a 30% (BASHAN; HOLGUIN, 1997). Na cultura do milho, Novakowski et al. (2011) avaliando a associação do efeito residual da adubação nitrogenada na pastagem de inverno e a inoculação com *A. brasilense*, verificaram que a inoculação proporcionou produtividade superior ao controle mesmo com o aumento da dose de nitrogênio aplicada na pastagem. Hungria et al. (2010) também conseguiram incrementos na produtividade de milho na ordem de 24 a 30%, correspondendo a 662 a 823 kg ha⁻¹. Os resultados apresentados neste estudo resultaram na autorização pelo MAPA das estirpes de *A. brasilense* Ab-V4, Ab-V5, Ab-V6 e Ab-V7 para a produção de inoculantes para a cultura do milho. Cavallet et al. (2000) também obtiveram resultados positivos, constatando aumento de 17% na produtividade de grãos de milho, de 5.211 para 6.067 kg ha⁻¹, e de 6% na média do comprimento das espigas quando inocularam as sementes de milho com *Azospirillum*.

Na cultura do trigo, Mendes et al. (2011) relataram que o uso da bactéria *A. brasilense* influencia positivamente o peso hectolitro e a produtividade de grãos. Hungria et al. (2010) também obtiveram incremento na produtividade de 312 a 423 kg ha⁻¹, ou de 13 a 18% quando as semente foram inoculadas com *A. brasilense* em comparação com o controle não inoculado, sendo que as estirpes Ab-V1, Ab-V5, Ab-V6 e Ab-V8 foram as mais efetivas para esta cultura. Sala et al. (2007) destacam que na cultura do trigo a adubação nitrogenada influencia as respostas obtidas com a inoculação, sendo que o maior incremento na produtividade de grãos foi obtido na ausência de N adicional.

O aumento de rendimento das plantas pela inoculação de *A. brasilense* pode ser explicado por alguns fatores como a produção de substâncias promotoras de crescimento como as auxinas (ácido 3-indolacético), as citoquininas, e as giberelinas, sendo a auxina quantitativamente a mais importante (OLIVEIRA et al., 2008). Estas substâncias podem promover alterações na morfologia das raízes das plantas, aumentando a superfície radicular, a partir do número de raízes laterais e pêlos radiculares, sendo que isto resulta numa maior absorção de água e nutrientes, que por sua vez pode ser o principal fator de aumento de crescimento da planta (STEENHOUDT; VANDERLEYDEN, 2000).

As razões que levam à variação de resposta de fixação biológica de nitrogênio em gramíneas ainda não foram completamente explicadas, sugerindo que a interação entre genótipo e ambiente tenha expressiva influência sobre a eficiência de organismos diazotróficos (REIS et al., 2006). Este ajuste é dependente da diversidade genética da população, pois quanto maior a variabilidade, maior o ajuste ao ambiente. A FBN depende de

vários fatores, e estudos têm demonstrado que os diazotróficos associados à gramíneas conseguem se ajustar a um ambiente específico, heterogêneo e variável, como a rizosfera.

É indispensável a utilização de estipes de *A. brasilense* selecionadas (HUNGRIA, 2011) para que a bactéria estabeleça uma interação positiva com a planta e seja capaz de competir com os microrganismos já presentes no solo. Han e New (1998) observaram que diferentes linhagens de microrganismos e até mesmo organismos do mesmo gênero e mesmo em linhagens de uma mesma espécie, apresentaram uma ampla variação na redução do nitrogênio molecular à amônia, cultivados em condições ambientais diferentes.

Na cultura do milho, uma estratégia importante a ser melhor estudada é a identificação, a seleção e o uso de genótipos de milho mais tolerantes à deficiência de nitrogênio e eficientes na aquisição deste elemento. Nesse sentido, deve ser considerada a busca por genótipos que formem associações mais eficientes com bactérias diazotróficas pois a relação benéfica de simbiose entre a cultivar e a bactéria é determinada pela quantidade e qualidade dos exsudados liberados pelas raízes da planta (QUADROS et al., 2014). Cada genótipo libera uma quantidade de exsudado diferente, com composição química distinta, que pode ou não servir de fonte de carbono (malato, piruvato, succinato e frutose) para as bactérias inoculadas (QUADROS, et al., 2014). Segundo Okon e Vanderleyden (1997), com frequência, a inoculação com *Azospirillum* proporciona aumento de massa seca, de produção de grãos e de acúmulo de nitrogênio nas plantas, particularmente quando relacionada a genótipos não melhorados, em presença de baixa disponibilidade de N.

Fatores relacionados ao clima e ao tipo de solo podem interferir nos resultados da inoculação com *Azospirillum* (QUADROS et al., 2014). Neste sentido, Rahman et al. (2006) verificaram que a maioria das espécies de *Azospirillum* tem seu crescimento ótimo em temperaturas do ar na faixa de 35 a 37 °C e solos com pH neutro ou alcalino. A nutrição equilibrada em potássio e fósforo também é um dos fatores mais importantes para o sucesso da inoculação de sementes, pois as concentrações de potássio e fósforo podem afetar fortemente a fixação de nitrogênio, a sobrevivência das bactérias, sua propagação e atividade da bactéria na zona de raiz (MIKHAILOUSKAYA, 2006).

1.3 Referências bibliográficas

ALMEIDA, V. P. et al. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em latossolo vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1227-1237, 2008.

ALVES, B. J. R. et al. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 449-456, 2006.

BALBINOT JUNIOR, A. A. et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009.

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

CASSOL L. C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 143f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2003.

CAVALLET, L, E. et al. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.

CONTE, O. **Atributos físicos de solo e demanda de tração em semeadura direta de soja, com diferentes pressões de pastejo em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2007. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

CONTE, O. et al. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1301-1309, 2011.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO RIO GRANDE DO SUL – FARSUL. **Relatório econômico 2014 e perspectiva para 2015**. Disponível em: <http://www.farsul.org.br/slides/pdf/balanco2014.pdf>. Acesso em: 10 de janeiro de 2015.

GARAY, A. H. et al. Nitrogen fertilization and stocking rate affect star grass pasture and cattle performance. **Crop Science**, v. 44, n. 4, p. 1348-1354, 2004.

GATIBONI, L. C. et al. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia preta, em sistema plantio direto. **Biotemas**, v. 22, p.45-53, 2009.

HAN, S. O.; NEW, P. B. Variation in nitrogen fixing ability among natural isolates of *Azospirillum*. **Microbial Ecology**, v. 36, p.193-201, 1998.

HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, n.1-2, p.413-425, 2010.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: Inovação em rendimento abaixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011, 36p. (Circular técnica, n.325)

IKEDA, F. S. et al. Banco de sementes no solo em sistema de cultivo lavoura-pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1545-1551, 2007.

LANZANOVA, M, E. et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1131-1140, 2007.

LOPES, M. L. T. et al. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1499-1506, 2009.

LOSS, A. et al. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

MENDES, M. C. et al. Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n.3, p.95-110, 2011.

MIKHAILOUSKAYA, N. The effect of flax seed inoculation by *Azospirillum brasilense* on flax yield and its quality, **Plant Soil Environment**, v. 52, n. 9, p. 402-406, 2006.

NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. Ecologia das bactérias diazotróficas nos solos tropicais. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Ed.). **Ecologia Microbiana**. Jaguariúna: Embrapa - CNPMA, 1998. p.15-60.

NICOLOSO, R. S. et al. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1799-1805, 2006.

NOVAKOWISKI, J. H. et al. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasiliense* na cultura do milho. **Semina**, v. 32, n. 1, p. 1687-1698, 2011.

OKON, Y.; VANDERLRYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 63, n. 7, p. 336-370, 1997.

OLIVEIRA, J. P. et al. Fixação do N₂ associativa e em vida livre. In: FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S. (Ed). **Microrganismos e Agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008. cap. 4, p. 97-118.

PEOPLES, M. B., HERRIDGE, D. F., LADHA, J. K. Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production. **Plant Soil**, v.174, p.3-28, 1995.

QUADROS, P. D. de. et al. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, v.61, n.2, p.209-218, 2014.

RAHMAN, M. M. et al. Effect of some environmental factors on the growth of *Azospirillum* species isolated from saline soils of Satkhira District, Bangladesh. **Bangladesh Journal of Microbiology**, v.23, n.2, p. 145-148, 2006.

REIS, J. C. L.; SAIBRO, J. C. Integração do arroz com pastagens cultivadas e pecuária. In: GOMES, A.S. & MAGALHÃES, A.M. Jr. (eds) **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, p 831-859, 2004.

REIS, V. M. et al. Inoculantes contendo bactérias fixadoras de nitrogênio para aplicação em gramíneas. In: FERTBIO 2006. **Anais...** Bonito/MS, 2006. CD-ROM.

RUSSELLE, M. P., ENTZ, M., FRANZLUEBBERS, A. J. Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America. **Agronomy Journal**, v. 99, p. 325–334, 2007.

SALA, V. M. R. et al. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, n. 6, p. 833-842, 2007.

SANDINI, I. E. et al. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v.41, n.8, p. 1315-1322, 2011.

SOUZA, E, D. et al. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1829-1836, 2009.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **Microbiology Reviews**, v. 24, p. 487-506, 2000.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 3º ed., Porto Alegre: Artemed, 2004, p.719.

TARRANT, J. J.; KRIEG, N. R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group with description a new genus, *Azospirillum* gen. Nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 24, n. 8, p. 967-980, 1978.

TEIXEIRA, M. B. et al. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 35, n. 3, p. 867-876, 2011.

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

2 CAPITULO II: COMPOSIÇÃO BOTÂNICA E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE AVEIA PRETA E AZEVÉM SOB ALTERNATIVAS DE MANEJO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.

2.1 Resumo

O sucesso do sistema de integração lavoura-pecuária depende principalmente do correto manejo da pastagem, principalmente quanto às alturas de manejo do pastejo e adubação. Objetivou-se com este trabalho avaliar a produção total de forragem e a proporção dos componentes botânicos e estruturais de uma pastagem de aveia preta e azevém. Foi utilizado delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições e os tratamentos foram organizados em um trifatorial: inoculação de sementes (com e sem inoculação com a bactéria *Azospirillum brasilense*), manejo de pastejo (pastejo convencional, onde os animais permaneciam na pastagem sem um controle da altura da pastagem, altura da pastagem na saída dos animais de 30, 20 e 10 cm e uma testemunha sem pastejo), e o fator adubação nitrogenada (0, 50 e 100 kg de nitrogênio ha⁻¹). Nos tratamentos com alturas de manejo da pastagem na saída dos animais de 30, 20 e 10 cm foi realizado o monitoramento da altura da pastagem na entrada e saída dos animais. Foi coletada a massa de forragem presente em cada tratamento no momento da entrada e saída dos animais do pastejo e por meio de separação manual dos componentes determinou-se a massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV), massa seca de colmos (MSC), massa seca de material senescente (MSMM), massa seca de inflorescência (MSI). A produção total de matéria seca foi obtida pela massa de forragem inicial acrescida das taxas de acúmulo diárias. A proporção dos componentes estruturais variaram em função dos diferentes manejos de pastejo, doses de nitrogênio e inoculação com *A. brasilense*. A produção de biomassa da pastagem de aveia preta e azevém foi incrementada pela aplicação de nitrogênio e com a inoculação de *A. brasilense*.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Alturas de pastejo. *Azospirillum brasilense*. Ovinos.

2.2 Abstract

The success of integrated crop-livestock system depends mainly on the correct pasture management, particularly regarding nitrogen fertilization and grazing intensity. The objective of this study was to evaluate the total production of forage and the proportion of the botanical and structural components of black and annual ryegrass. Was used experimental design of randomized blocks with three replications and the treatments were arranged in a three-factor: seed inoculation (with and without inoculation with *Azospirillum brasilense* bacteria), grazing management (conventional grazing, where the animals were kept in pasture without a control of the sward canopy height: 30, 20 and 10 cm at the exit of the animals and a control without grazing), and the fertilization factor nitrogen (0, 50 and 100 kg nitrogen ha⁻¹). In the treatments with the pasture heights in the removal of the animals 30, 20 and 10 cm was monitored the grass height at the entrance and exit of the animals. This forage mass was collected in each treatment at the entry and exit of grazing animals and by manual separation of the components was determined the dry mass of green leaf blades, dry mass of stems, dry mass of senescent material, dry mass of inflorescence. The total dry matter production was obtained by initial herbage mass increased the daily accumulation rates. The proportion of structural components varied according to the different grazing managements, nitrogen and inoculation with *Azospirillum brasilense*. Biomass production of oat and ryegrass mixture was increased by the application of nitrogen and inoculation of *Azospirillum brasilense*.

Key words: Nitrogen fertilization. Grazing heights. *Azospirillum brasilense*. Sheep.

2.3 Introdução

Atualmente a demanda por uma maior produção de alimentos faz com que os sistemas produtivos se intensifiquem, estando em consonância com a preservação e manutenção da sustentabilidade do sistema. Neste contexto, a integração entre lavoura e pecuária (ILP) constitui-se em um sistema que tende a uma maior sustentabilidade produtiva, ou seja, da utilização mais eficiente dos recursos do sistema agrícola (KUNRATH et al., 2013). Na região Sul do Brasil, caracteriza-se principalmente pela utilização de gramíneas como a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e o azevém (*Lolium multiflorum* L.) no período de inverno, para formação de pastagens, e culturas de grãos como a soja e o milho no período do verão.

Entre as possíveis vantagens da utilização da ILP está a melhoria da qualidade do solo em longo prazo, devido ao acúmulo de matéria orgânica e maior ciclagem de nutrientes (TRACY; ZHANG, 2008), melhor agregação do solo (SOUZA et al., 2010), maior eficiência do uso da adubação, melhor produção da pastagem devido a adubação (CASSOL et al., 2011), quebra do ciclo de algumas doenças, pragas e plantas daninhas, melhor desempenho dos animais (ASSMANN et al., 2004), e redução dos custos de produção, influenciando na melhora do desempenho econômico (BALBINOT JUNIOR et al., 2009). O sucesso do sistema ILP depende principalmente do manejo adequado da pastagem de inverno, quanto à taxa de lotação dos animais e a massa de forragem, que são inversamente correlacionadas (DUMONT et al., 2009). Quando se faz uso de um pastejo moderado a produção de biomassa é favorecida, ocorrendo uma constante renovação de tecidos das plantas, favorecendo o perfilhamento, e quando o pastejo é intenso pode-se comprometer a produção pela remoção excessiva da área foliar, fazendo com que o solo fique descoberto, favorecendo sua compactação pelo pisoteio dos animais (CARVALHO et al., 2010).

Assim, o principal desafio é definir quanto de biomassa deve ser utilizado para produção animal e quanto deve ser deixado como cobertura de solo para que não comprometa a produção das culturas de grãos cultivadas em sequência. Outro aspecto importante que se refere ao manejo da pastagem é a quantificação dos componentes estruturais das plantas, especialmente a relação folha/colmo, pois afeta diretamente o ganho de peso dos animais em pastejo e diversos atributos do comportamento de pastejo, bem como o valor nutritivo do pasto produzido (ROCHA et al., 2007). Preferencialmente deseja-se que a pastagem tenha uma maior quantidade de folhas em relação a colmos, pois em geral as folhas são mais digestíveis, tem um maior percentual de proteína bruta, menores concentrações de fibra em

detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina em comparação com colmos, resultando em aumento da ingestão de matéria seca (ROCHA et al., 2007).

A adubação, especialmente nitrogenada constitui outro fator decisivo no manejo de pastagens em ILP, especialmente em gramíneas. Contudo, para se alcançar elevadas produtividades dessas pastagens se faz necessário grandes quantidades de nitrogênio, o que onera o custo de produção (SOARES; RESTLE, 2002), além de que grande parte do nitrogênio aplicado pode ser perdido por desnitrificação, lixiviação ou volatilização, podendo causar um sério problema ambiental, como contaminação das águas subterrâneas (RAHIMIZADEH et al., 2010).

Nos últimos anos, tem-se estudado o uso da fixação biológica de nitrogênio em gramíneas como forma de substituir ou suplementar a adubação com nitrogênio mineral. Kurepin et al. (2014) relatam que em alguns trabalhos foi evidenciado que a inoculação com *A. brasilense* pode promover o aumento de biomassa de gramíneas em torno de 25%, o que também foi constatado em 60% dos ensaios em um estudo com dez anos, nas culturas de milho, milho e sorgo, com aumento significativo na produção de biomassa quando as plantas foram inoculadas com *A. brasilense* (RAO, 1986). No Brasil, são relatados incrementos de produtividade entre 13 e 30% nas culturas de milho e trigo quando inoculadas com a bactéria *A. brasilense* (HUNGRIA et al., 2010), contudo ainda não há relatos sobre o estudo da utilização desta bactéria em gramíneas forrageiras de estação fria e seus possíveis benefícios para a produção de biomassa e na proporção dos componentes estruturais das plantas.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a produção total de forragem e a proporção dos componentes estruturais de uma pastagem de aveia preta e azevém manejada em diferentes alturas de pastejo, doses de nitrogênio e sementes inoculadas com *A. brasilense* em sistema de integração lavoura-pecuária.

2.4 Material e métodos

O experimento foi conduzido em dois anos agrícolas (2012 e 2013), na localidade de Estância Velha, distrito Boca do Monte, no município de Santa Maria, região central do Rio Grande do Sul, RS, com coordenadas geográficas 29°41'51,07''S e 54°02'30,42''O, e altitude de 195 metros. O clima da região é Cfa, subtropical úmido, segundo a classificação de

Köppen. A área utilizada foi de aproximadamente 0,36 ha, em um sistema integração lavoura-pecuária, com pastagem formada por um consórcio de aveia preta e azevém, no período de inverno e com culturas de milho e soja nos verões subsequentes. No ano de 2012 foram utilizados as cultivares comuns, tanto de aveia-preta como de azevém, adquiridas no comércio local de Santa Maria. No ano de 2013 foram utilizadas a cultivar de aveia-preta IAPAR 61 e a de azevém BRS Ponteio.

Anterior à instalação do experimento a área era cultivada com azevém no período de inverno e com a cultura da soja em sucessão. No verão 2011/2012 utilizou-se a cultura do milho no verão para pastejo de bovinos de corte.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2006). O solo é caracterizado quimicamente: pH (CaCl₂) = 4,10; M.O. (g dm⁻³) = 21,44; P (mg dm⁻³) = 1,79; K (cmolc dm⁻³) = 0,80; Cu (mg dm⁻³) = 1,19; Fe (mg dm⁻³) = 175,78; Zn (mg dm⁻³) = 1,36; Mn (mg dm⁻³) = 118,23; Al³⁺ (cmolc dm⁻³) = 0,96; H+Al (cmolc dm⁻³) = 6,21; Ca (cmolc dm⁻³) = 1,82; Mg (cmolc dm⁻³) = 1,13; Índice SMP = 5,70; SB (cmolc dm⁻³) = 3,75; V (%) = 37,65; Sat. Al (%) = 20,38.

A sementeira ocorreu no dia 17 de maio, tanto em 2012 quanto em 2013. No primeiro ano, antes da sementeira a área foi gradeada para destruição dos restos culturais do milho e homogeneização da área. A pastagem foi constituída por uma mistura de aveia preta e azevém na proporção de 75% de sementes de aveia preta e 25% de sementes de azevém. O número de sementes aptas por m² foi de 400 sementes (300 de aveia preta + 100 de azevém), corrigindo-se este valor conforme a germinação do lote de sementes. A sementeira foi realizada manualmente a lanço e as sementes incorporadas com uma leve gradagem. Para a inoculação, as sementes de aveia preta e azevém foram submetidas ou não a inoculação com a bactéria *A. brasilense* (estirpes Abv5 e Abv6), utilizando-se 2 mL do inoculante líquido da marca comercial “AZO TOTAL” para cada 250 gramas da mistura de aveia preta + azevém, numa concentração de 2 x 10⁸ unidades formadoras de colônia por mL de produto. A inoculação se deu na parte da manhã, e a sementeira na parte da tarde, em ambos os anos.

Foi utilizado delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições e os tratamentos foram organizados em um trifatorial (inoculação de sementes (2) x manejo de pastejo (5) x aplicação de nitrogênio (3)). Para o fator inoculação das sementes, as sementes de aveia preta e azevém foram submetidas ou não a inoculação com a bactéria *A. brasilense*. No fator manejo do pastejo, a pastagem de aveia preta + azevém foi manejada da seguinte forma: (I) - pastejo convencional (PC), onde os animais permaneciam na pastagem por todo o período experimental sem um controle da altura da pastagem, (II) - altura da pastagem na

saída dos animais de 30 cm (A30), (III) - altura da pastagem na saída dos animais de 20 cm (A20), (IV) - altura da pastagem na saída dos animais de 10 cm (A10) e (V) - Sem pastejo (SP). No fator manejo da adubação nitrogenada, as unidades experimentais foram manejadas da seguinte forma: sem adubação nitrogenada; 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 100 kg ha⁻¹ de N. Nos tratamentos com dose de 50 kg ha⁻¹, a aplicação foi realizada a lanço em uma única vez e nos tratamentos com dose de 100 kg ha⁻¹, a dose foi dividida em duas aplicações. A fonte de N utilizada foi uréia (45% de N). Em 2012 e 2013 a primeira aplicação de N se deu no início do perfilhamento, na dose de 50 kg de N ha⁻¹. Neste momento o N foi aplicado nas parcelas que receberiam as doses de 50 e 100 kg de N ha⁻¹. A segunda aplicação de 50 kg de N ha⁻¹, nas parcelas que receberiam 100 kg de N ha⁻¹, se deu logo após a saída dos animais no primeiro pastejo. Cada unidade experimental tinha dimensões de 8 x 4 m, totalizando uma área de 32 m².

Os animais utilizados para o pastejo foram ovinos da raça Corriedale, com idade média de um ano, sendo utilizados cinco ovinos por unidade experimental. Para as alturas de saída dos animais de 10, 20 e 30 cm o método de pastejo foi rotativo, sendo que os animais permaneciam nas parcelas o tempo necessário para atingir as alturas pretendidas, variando de dois a cinco dias, sendo o intervalo entre os pastejos foi de 28 dias. No ano de 2012 foi realizado apenas dois pastejos devido ao atraso para que a pastagem atingisse uma massa de forragem inicial em torno de 1500 kg ha⁻¹ e pela pastagem ser composta em sua maioria por aveia preta que estava finalizando o seu ciclo de produção a partir do segundo pastejo, pois o azevém teve problemas no estabelecimento e sua contribuição foi pequena. No ano de 2013 foram realizados três pastejos.

Para a caracterização da altura da pastagem, foi efetuado o monitoramento de sua altura pelo uso do método da régua (*sward stick*), adaptado de Barthram (1985). Os pontos de avaliação foram medidos de forma aleatória, totalizando cinco pontos por unidade experimental, de modo a obter o valor médio de altura da pastagem (Altura, cm) em cada unidade experimental. Esse monitoramento foi realizado antes da entrada dos animais e durante o pastejo, a fim de se obter as alturas pretendidas.

A massa de forragem foi determinada em cada parcela por meio de cortes com tesoura, rente ao solo, em área delimitada por um quadro de 0,25 m². Foi determinada a massa de forragem em cada unidade experimental na entrada e na saída dos animais em cada período de pastejo. A partir das amostras provenientes dos cortes, foi determinada a composição botânica e morfológica da pastagem, por meio da separação manual dos componentes estruturais: folha (lâmina), colmo (bainha foliar + colmo), material senescente e inflorescência. Todas as

amostras foram pesadas e secas em estufa com circulação de ar forçada a 60°C, até obter massa constante e, a partir dessa massa foi calculada a massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV), massa seca de colmos (MSC), massa seca de material senescente (MSMM), massa seca de inflorescência (MSI) e massa seca total (MST).

Nos tratamentos com diferentes alturas da pastagem (A10, A20 e A30), as avaliações da taxa de acúmulo de matéria seca ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) foram realizadas em cada parcela, pela diferença de massa de forragem da entrada dos animais do período (X) pela massa de forragem de saída dos animais do período (X-1) dividida pelo número de dias do período. Nos tratamentos com pastejo convencional as taxas de acúmulo de matéria seca foram determinadas com o auxílio de gaiolas de exclusão de pastejo, sendo utilizada uma gaiola em cada unidade experimental. As quantidades de massa seca dentro e fora da gaiola foram obtidas por corte com tesoura rente ao solo, em área delimitada por um quadro de 0,25 m². As amostras cortadas foram colocadas em sacos de papel, secas em estufa de ventilação forçada a 60°C até massa constante e posteriormente pesadas. A produção total de matéria seca foi obtida pela massa de forragem inicial acrescida das taxas de acúmulo diárias multiplicadas pelos números de dias do período.

Os dados foram submetidos à análise da variância e quando significativos, foi realizada a comparação de médias através do teste Duncan com 5% de probabilidade de erro. Para estas análises, foi utilizado o software estatístico SOC (EMBRAPA, 1997).

2.5 Resultados e discussão

Na tabela 1, são apresentados os dados da composição estrutural da pastagem de aveia preta e azevém relativos ao primeiro corte, antes e depois do primeiro pastejo. Não houve interação tripla (manejo do pastejo x inoculação x doses de nitrogênio) e nem interações duplas para MSFV, MSC, MSMM, MSI e MST, sendo realizado o estudo dos efeitos principais de cada tratamento. Os componentes estruturais da massa de forragem foram influenciados pela aplicação de nitrogênio na pastagem no primeiro período de avaliação. Foi observada uma maior MSFV, MSC e MST nos tratamentos que receberam de 50 kg ha^{-1} de nitrogênio. A MSFV do consórcio aveia preta e azevém teve um aumento de 7,72 kg ha^{-1} de MS para cada kg de N aplicado. Esse resultado deve ser ressaltado, pois a aplicação 50 kg de N ha^{-1} no perfilhamento aumentou em 386 kg ha^{-1} de MSFV e 633 kg ha^{-1} de MST. De forma

prática, a aplicação de N é fundamental para o manejo da pastagem, pois permite que a pastagem produza a mesma quantidade de folhas em um período de tempo menor quando comparado com a pastagem sem N, sendo possível diminuir o intervalo da semeadura até o primeiro pastejo e conseqüentemente o vazio forrageiro.

Em pastagem de azevém Pellegrini et al. (2010) verificaram que o nitrogênio é capaz de proporcionar aumentos nos rendimentos da massa de forragem produzida, e que a massa seca de folhas verdes apresentou comportamento linear crescente de 1,28 kg ha⁻¹ de MS para cada kg de N aplicado na pastagem, sendo que os valores encontrados de massa seca de folhas verdes foram de 515,0 a 814,6 kg ha⁻¹ de MS para a dose 0 e 225 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Quando é adicionado nitrogênio, a planta passa a aumentar o número de meristemas ativos, a densidade de perfilhos e mantém o crescimento das folhas, e estas determinam a quantidade de radiação solar interceptada pela cultura, aumentando a fotossíntese, e conseqüentemente, a quantidade de biomassa produzida (LEMAIRE; AGNUSDEI, 1999). A contribuição de lâminas foliares verdes em pastagem de aveia e azevém é importante para um bom desempenho animal, e sua participação depende principalmente do estágio de desenvolvimento da aveia e do azevém (AGUINAGA et al., 2008).

No início do segundo pastejo (Tabela 2), foi observado a influência do manejo do pastejo na estrutura da pastagem, sendo que os tratamentos com a alturas de 30 e 20 cm da pastagem apresentaram valores superiores de MST, entretanto apresentaram menores valores de relação folha/colmo (RFC) em relação aos pastejos mais intensos. Freitas et al. (2005) citam que em menores massas de forragem em virtude de pastejos mais intensos há uma elevação nos valores da relação folha/colmo principalmente na aveia, pois se evita que haja alongação dos entrenós, o que também foi relatado por Pontes et al. (2004) em pastagem de azevém, que observaram tendência de menores proporções de lâminas foliares em pastagem sob desfolha menos intensa durante o período avaliado, o que é decorrência da indução floral observada nessa fase de desenvolvimento do azevém. Os componentes estruturais da pastagem tiveram acentuada modificação conforme o estágio fenológico das espécies, onde há uma acentuada redução de folhas verdes e um aumento da participação de colmos e material morto na massa seca total do primeiro para o segundo período de avaliação. Isto pode ser explicado pela maior contribuição de aveia na matéria seca total em relação ao azevém e pela aveia estar finalizando o seu ciclo produtivo no segundo período avaliado. Aos 45 dias após a semeadura foi verificado 323 plantas m⁻² e 64 plantas m⁻² de azevém estabelecidas nesta pastagem (CUNHA, 2014).

Conforme verificado na primeira avaliação, os valores de MSFV foram superiores para os tratamentos em que utilizaram 100 e 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada no segundo pastejo. Já a MST foi superior no tratamento com 100 kg ha⁻¹ de N. No segundo pastejo, conforme a equação de regressão ($Y = 8,759X + 2313,9$) houve um aumento da massa de forragem (MST) de 8,75 kg ha⁻¹ de MS para cada kg de N aplicado. Nas duas avaliações, na entrada dos animais para o primeiro e segundo pastejo não houve diferenças significativas nos valores dos componentes estruturais da pastagem para o fator inoculação de sementes com *A. brasilense*. Uma das prováveis explicações para a ausência de resultados significativos da inoculação está no fato de que a espécie *Azospirillum* apresenta seu ótimo crescimento quando a temperatura está entre 35 e 37 graus e o pH do solo próximo da neutralidade (BALDANI et al., 1997). Entretanto, trabalhos mostram que estirpes de *Azospirillum* são capazes de influenciar o crescimento e a produtividade de culturas de inverno como o trigo (HUNGRIA et al., 2010), dentre outras, em temperaturas consideradas sub-ótimas.

Tabela 1 – Valores médios para os componentes massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), relação folha/colmo (RFC), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca de inflorescência (MSI, kg ha⁻¹) e massa seca total (MST, kg ha⁻¹) de uma pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária.

Entrada primeiro pastejo						
Fatores	Tratamentos	MSFV	MSC	RFC	MSMM	MST
Doses de N (kg ha ⁻¹)	0	809,92 b*	336,11 b	2,41	95,29	1.231,07 b
	50	1.196,02 a	562,47 a	2,13	105,84	1.864,33 a
Inoculação <i>Azospirillum</i>	Sem	928	400,57	2,32	96,57	1.411,48
	Com	949,25	422,54	2,25	101,04	1.472,83
Saída primeiro pastejo						
		MSFV	MSC	MSMM	MST	ALT
Manejo do pastejo	30 cm	797,02 a*	684,18 a	96,73	1.577,93 a	23,55
	20 cm	522,51 b	474,00 b	101,04	1.097,56 b	19,95
	10 cm	251,53 c	308,44 c	94,31	641,60 c	12,00
Doses de N (kg ha ⁻¹)	0	499,82 b	438,68 b	96,87	1.029,02 b	18,08
	50	571,42 a	589,27 a	98,35	1.259,04 a	19,34
Inoculação <i>Azospirillum</i>	Sem	516,95	496,55	95,27	1.100,31	18,82
	Com	530,43	481,20	99,45	1.111,08	18,18

* médias não ligadas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Duncan.

As alturas observadas foram inferiores as alturas pretendidas (Tabela 1), entretanto, constatarem-se diferenças significativas entre as alturas de saída dos pastejos, indicando a diferença proposta para cada manejo do pastejo. Isto se refletiu nos valores dos componentes estruturais da pastagem que também foram diferentes para cada altura da pastagem após a saída dos animais. Após o primeiro pastejo, maiores valores de MSFV, MSC e MST foram verificados na maior altura de pastejo (23,55), indicando que os valores dos componentes estruturais da pastagem estão diretamente relacionados com a altura deixada após o pastejo. Também houve um aumento da MST residual do primeiro para o segundo pastejo nas três alturas de manejo do pastejo, principalmente pelo aumento da MSC e da diminuição da MSFV e pela diminuição do teor de água nos tecidos vegetais. Após o segundo pastejo (Tabela 2) foi verificado diferenças na MSC para as diferentes alturas de pastejo, o que não ocorreu para MSFV. Devido ao aumento da participação de colmos de aveia do primeiro para o segundo pastejo, foi o componente que mais contribuiu na MST, enquanto para folhas não houve diferenças entre as alturas de pastejo por sua baixa participação na MST.

Tabela 2 – Massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca de inflorescência (MSI, kg ha⁻¹), massa seca total (MST, kg ha⁻¹) e altura (ALT, cm) em resíduo pós-pastejo de uma pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária.

		Entrada segundo pastejo					
Fatores	Tratamentos	MSFV	MSC	RFC	MSMM	MSI	MST
Manejo do pastejo	PC	585,60 c	757,11 c	0,77 a	338,95 b	158,44 c	1.840,11 c
	30 cm	716,64 b	2.283,73 a	0,31 b	464,00 a	523,31 a	3.987,68 a
	20 cm	714,53 b	1.646,00 b	0,43 b	273,97 b	319,11 b	2.953,62 b
	10 cm	878,18 a	1.063,93 c	0,83 a	155,42 c	127,44 c	2.224,97 c
Doses de N (kg ha ⁻¹)	0	543,27 b	1.218,65 b	0,45 b	310,767 ab	253,38 ab	2.326,06 b
	50	828,28 a	1.451,41 ab	0,57 a	237,867 b	209,61 b	2.727,18 b
	100	799,67 a	1.643,01 a	0,49 b	375,633 a	383,23 a	3.201,55 a
Inoculação <i>Azospirillum</i>	Sem	684,07	1.407,78	0,49	281,71	294,43	2.668,00
	Com	763,41	1.467,60	0,52	334,46	269,72	2.835,20
		Saída segundo pastejo					
		Massa seca de colmos (MSC)		Manejo do Pastejo			
				30 cm	20 cm	10 cm	
Inoculação <i>Azospirillum</i>	Sem			1.682,93 a A	1.331,73 a B	713,46 a C	
	Com			1.871,20 a A	991,68 b B	483,86 a C	
		Massa seca total (MST)					
Inoculação <i>Azospirillum</i>	Sem			2.362,17 a A	1.986,62 a B	1.171,95 a C	
	Com			2.614,57 a A	1.623,33 b B	911,77 a C	
		Massa seca de Material morto (MSMM)					
		Doses de N	0 kg de N ha ⁻¹	50 kg de N ha ⁻¹	100 kg de N ha ⁻¹		
Inoculação <i>Azospirillum</i>	Sem			296,57 a B	279,60 a B	404,17 a A	
	Com			308,53 a A	336,88 a A	272,53 b A	
		Manejo do Pastejo	MSFV	MSI	ALT		
Manejo do pastejo	30 cm			134,07	147,04 a	25,93 a	
	20 cm			176,22	143,49 a	20,45 b	
	10 cm			172,58	75,22 b	11,07 c	
Doses de N (kg ha ⁻¹)	0			130,27	129,93	19,03	
	50			177,18	111,18	18,57	
	100			175,42	124,64	19,86	
Inoculação <i>Azospirillum</i>	Sem			159,85	110,90	19,44	
	Com			162,06	132,93	18,86	

*Letras maiúsculas distintas na linha e letras minúsculas distintas na coluna os tratamentos diferem a 5% de probabilidade pelo teste Duncan.

A produção total de matéria seca (PMS, kg ha⁻¹) foi maior nas áreas que receberam a dose de 100 kg de N ha⁻¹, seguida das parcelas que receberam as dose de 50 kg de N ha⁻¹ e o controle, respectivamente (Tabela 3). Com a aplicação de 100 kg de N ha⁻¹, houve um aumento de 1.665,18 kg de MS ha⁻¹ em comparação com a testemunha sem adubação nitrogenada, o que corresponde a um aumento de 16,65 kg de MS ha⁻¹ para cada kg de N

aplicado na pastagem (equação de regressão: $Y = 16,652X + 3497,2$). Resultado semelhante foi obtido por Pellegrini et al. (2010), que para cada kg de nitrogênio resultou em aumento de 15,83 kg ha⁻¹ de matéria seca de azevém. Cassol et al. (2011) afirmam que o uso da adubação nitrogenada proporciona aumento na produção de forragem de pastagem de aveia preta e azevém, aumentando a capacidade de suporte da pastagem, o que foi verificado por Lupatini et al. (1998), que obtiveram aumento linear na produção de forragem em pastagem de aveia preta e azevém com produções de 4.893, 9.327 e 10.905 kg ha⁻¹ utilizando 0, 150 e 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente.

Houve aumento em 505 kg ha⁻¹ na PMS quando foi utilizada a inoculação de *A. brasilense*. Considerando que, para 1 kg de nitrogênio mineral aplicado na pastagem há um aumento de 16,65 kg de MS ha⁻¹, a inoculação de *A. brasilense* estaria substituindo a aplicação de 30,33 kg ha⁻¹ de N mineral, o que equivale a 67,4 kg de ureia. Esta diferença de 505 kg ha⁻¹ de PMS deve ser ressaltada, pois independente da dose de nitrogênio aplicada na pastagem a inoculação com a bactéria *A. brasilense* se mostrou eficiente, fazendo com que a pastagem produza mais. Devido ao baixo custo do inoculante, e a resposta de PMS verificada neste estudo, pode-se inferir que a utilização da inoculação com a bactéria *Azospirillum brasilense* em aveia preta e azevém pode substituir parte da adubação com nitrogênio mineral. Em culturas de grãos, HUNGRIA et al. (2010) também obtiveram incrementos na produtividade, na ordem de 24 a 30% na cultura do milho e de 13 a 18% na cultura do trigo. Para o presente estudo verificou-se que o incremento de PMS de aveia preta e azevém foi de 12,38%.

Tabela 3 – Produção total de massa seca (PMS, kg ha⁻¹) em pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária. (Ano - 2012)

Produção total de Massa seca (PMS)				
Manejo do pastejo		Doses de N		Inoculação
PC	5.541,42 a*	0 kg de N ha ⁻¹	3.524,20 c	Com <i>Azospirillum</i> 4.582,30 a
30	4.670,00 b	50 kg de N ha ⁻¹	4.275,67 b	Sem <i>Azospirillum</i> 4.077,20 b
20	3.816,93 b	100 kg de N ha ⁻¹	5.189,38 a	
10	3.290,65 c			

*Letras distintas na coluna, os tratamentos diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Nas tabelas 4, 5 e 6 (ano de 2013) são apresentados os dados da composição estrutural da pastagem de aveia preta e azevém implantada sob resíduo da cultura de milho, relativos ao primeiro, segundo e terceiro corte, respectivamente, antes da entrada dos animais nos três períodos de pastejo. Constatou-se que houve interação tripla (inoculação x doses de nitrogênio x manejo do pastejo) para MSFV, MSMM e MST e interação dupla (manejo do pastejo x doses de nitrogênio) para MSC no primeiro período avaliado (Tabela 4). Os valores de MSFV e MST tiveram um comportamento distinto em função da inoculação, doses de N e o manejo do pastejo que foi praticado no ano anterior. Os valores de MSFV e MST foram superiores quando foi usado 50 kg de N ha⁻¹ e as sementes inoculadas independente do manejo do pastejo do ano anterior (Tabela 4). Já quando não foi usada a inoculação os valores de MSFV e MST não responderam de forma uniforme quando da aplicação de nitrogênio, variando sua resposta em função do manejo do pastejo aplicado no ano anterior. Comportamento semelhante foi verificado para MSFV e MST anterior ao terceiro pastejo (Tabela 6). A provável explicação para este resultado está no fato de que o nitrogênio proveniente da ureia é muito suscetível às perdas e, conseqüentemente, muito sensível às condições da aplicação (SOARES; RESTLE, 2002). Assim, a inoculação com *A. brasilense* pode ter proporcionado quantidade adicional de nitrogênio, proporcionando maior MST. Já os valores de MSC variaram em função das doses de nitrogênio e manejo do pastejo. Quanto ao efeito da inoculação, os valores dos componentes estruturais da pastagem variaram em função do manejo do pastejo e das doses de nitrogênio, não tendo uma resposta padrão quanto ao uso da inoculação. Para MSMM, nos tratamentos PC, 20 cm e SP e sem nitrogênio, o uso da inoculação permitiu menores valores de material morto na pastagem (Tabela 4).

Anterior ao segundo pastejo (Tabela 5) não foi verificada interação tripla e nem interação dupla para MSFV e RFC, sendo necessário o estudo dos efeitos principais de cada tratamento. Para MSC, MSMM, MSI e MST houve interação tripla (inoculação x manejo do pastejo x doses de N). A MSFV foi maior no tratamento de 30 cm, no entanto apresentou uma RFC menor devido ao maior acúmulo de colmos (MSC) neste tratamento, o que está de acordo com Baggio et al. (2008) que relatam que em situações de pastejo moderado, com menores frequências e intensidades de desfolha, maiores alturas de manejo do pastejo geram maior participação de colmos em pastagem de aveia preta e azevém. Segundo Aguinaga et al. (2008) a estrutura da pastagem sofre acentuada modificação conforme o estado fenológico das espécies e conforme a altura de manejo do pastejo. A MSFV foi maior quando aplicados 100 kg de N ha⁻¹, em comparação com as doses 0 e 50 kg de N ha⁻¹, não havendo efeito da inoculação sobre a MSFV. Os maiores valores de MSC, MSMM, MSI e MST foram dos

tratamentos de altura de manejo do pastejo de 30 cm, consequência da maior massa seca residual deixada neste tratamento após o primeiro pastejo.

Houve interação tripla para altura da pastagem anterior a entrada dos animais para o primeiro, segundo e terceiro pastejo. Para o primeiro pastejo foram verificados maiores valores na altura da pastagem quando foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de N na maioria dos manejos dos pastejos do ano anterior (Tabela 4). Antes do segundo e ao terceiro pastejo, as alturas de entrada tiveram seus valores influenciados pelo manejo das alturas de saída do pastejo anterior (Tabelas 5 e 6), sendo também maiores alturas da pastagem foram verificadas quando foi aplicado 100 kg ha⁻¹ de N na maioria dos tratamentos. As alturas não responderam de forma uniforme para o fator inoculação de sementes variando em função do manejo do pastejo e doses de N aplicadas. Neste caso, verifica-se que a altura da pastagem não aumentou com a inoculação de *A. brasilense*.

Tabela 4 – Massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca total (MST, kg ha⁻¹) e altura (ALT, cm) de uma pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária (entrada do primeiro pastejo, ano de 2013).

MSFV						
Inoculação	Doses N	Manejo do Pastejo				
<i>Azospirillum</i>	(kg de N ha ⁻¹)	PC	30 cm	20 cm	10 cm	Sem pastejo
Sem <i>Azospirillum</i>	0	**β 521,99 BC	*β 323,34 C	α 846,29 a A	α 657,79 AB	β 605,30 B
	50	α 742,73 a A	α 761,23 A	β 687,90 AB	β 537,25 b B	α 693,49 b AB
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 362,70 B	β 351,43 B	β 540,71 b AB	706,99 A	β 477,22 AB
	50	α 498,29 b C	α 674,60 B	α 829,01 AB	726,64 a B	α 908,85 a A
MSC						
	0	β 142,22 AB	β 106,90 B	β 151,90 AB	α 255,76 A	α 233,55 A
	50	α 191,48 A	α 214,64 A	α 234,03 A	β 188,03 A	β 190,08 A
MSMM						
Sem <i>Azospirillum</i>	0	α 184,10 a A	60,97 C	α 104,06 a B	β 39,70 C	α 215,78 a A
	50	β 41,57 B	50,98 B	β 67,48 B	α 55,04 B	β 119,42 A
Com <i>Azospirillum</i>	0	66,08 b AB	α 85,47 A	β 35,26 b BC	β 12,68 C	89,86 b A
	50	61,65 B	β 58,19 B	α 64,97 B	α 51,56 B	94,95 A
MST						
Sem <i>Azospirillum</i>	0	β 878,00 a A	β 456,12 B	1098,26 a A	α 1163,66 A	α 1110,34 a A
	50	α 1095,37 a A	α 981,63 A	1122,93 A	β 720,04 b B	β 961,23 b A
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 541,33 b B	β 578,90 B	β 731,87 b AB	β 937,22 A	β 744,93 b AB
	50	α 710,67 b D	α 950,60 C	α 1184,45 AB	α 1026,54 a BC	α 1281,00 a A
ALT						
Sem <i>Azospirillum</i>	0	β 22,11 BC	β 22,33 BC	β 24,5 AB	α 27 A	β 19,44 C
	50	α 26,61 A	α 27,72 A	α 29,5 a A	β 22,08 b B	α 23,16 b B
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 18,77 B	β 22,22 B	26,78 A	β 23,11 AB	β 21,44 B
	50	α 26,41 A	α 26,27 A	26,41 b A	α 25,61 a A	α 26,27 a A

*Letras maiúsculas distintas na linha e letras minúsculas distintas na coluna os tratamentos diferem a 5% de probabilidade pelo teste Duncan. **Letras gregas distintas apresentadas na coluna representam a diferença entre as doses de nitrogênio dentro de cada nível de inoculação e manejo do pastejo.

Tabela 5 – Massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca de inflorescência (MSI, kg ha⁻¹), massa seca total (MST, kg ha⁻¹), relação folha/colmo (RFC), e altura da pastagem (ALT, cm) de uma pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária (entrada do segundo pastejo, ano de 2013).

Massa seca de folhas verdes (MSFV)					
Manejo do pastejo		Doses de N		Inoculação	
PC	408,29 c*	0 kg de N ha ⁻¹	441,23 b	Com <i>Azospirillum</i>	504,23
30	690,47 a	50 kg de N ha ⁻¹	438,14 b	Sem <i>Azospirillum</i>	514,90
20	490,38 b	100 kg de N ha ⁻¹	649,33 a		
10	449,11 bc				
MSC					
Inoculação <i>Azospirillum</i>	Doses de N (kg de N ha ⁻¹)	Manejo do Pastejo			
		PC	30 cm	20 cm	10 cm
Sem <i>Azospirillum</i>	0	**β 182,52 D	β 961,62 A	β 538,65 B	354,40 C
	50	β 220,59 C	α 1637,01 a A	α 813,25 a B	366,66 C
	100	α 426,17 C	α 1529,32 a A	α 820,41 B	306,15 C
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 178,97 C	α 1037,09 A	α 674,59 B	β 223,09 C
	50	β 223,50 C	β 812,65 b A	β 409,88 b B	αβ 375,23 BC
	100	α 448,64 C	β 834,07 b A	α 668,53 B	α 442,98 C
MSMM					
Sem <i>Azospirillum</i>	0	37,91 BC	β 102,12 A	αβ 95,30 AB	β 19,33 C
	50	11,81 B	αβ 142,34 b A	α 58,77 B	α 125,39 a A
	100	29,09 B	α 190,13 A	α 146,32 a A	β 17,54 B
Com <i>Azospirillum</i>	0	19,15 B	β 134,09 A	α 146,30 A	13,40 B
	50	58,01 B	α 307,01 a A	β 77,42 B	38,96 b B
	100	14,32 B	β 158,14 A	β 41,41 b B	17,94 B
MSI					
Sem <i>Azospirillum</i>	0	11,48 A	π 53,18 b A	β 31,34 A	31,52 A
	50	11,32 C	α 299,08 a A	α 112,64 a B	18,86 C
	100	5,45 B	β 208,42 a A	β 35,57 B	11,45 B
Com <i>Azospirillum</i>	0	9,35 B	α 195,83 a A	20,92 B	12,26 B
	50	26,38	β 44,51 b	30,52 b	27,12
	100	31,10	β 50,03 b	54,29	41,80
MST					
Sem <i>Azospirillum</i>	0	β 446,87 C	β 1805,48 b A	π 943,67 b B	880,16 B
	50	β 558,47 C	α 2731,24 a A	β 1453,89 a B	731,76 C
	100	α 1055,35 C	α 2782,08 a A	α 1721,33 a B	892,00 C
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 570,00 C	α 2058,65 a A	α 1322,56 a B	β 649,96 b C
	50	β 746,00 B	β 1738,21 b A	β 875,43 b B	α 897,47 a B
	100	α 1114,66 BC	α 1987,66 b A	α 1332,11 b B	α 966,66 a C
Altura da pastagem					
Sem <i>Azospirillum</i>	0	18,00 a C	47,00 A	β 43,5 A	β 29,77 B
	50	18,00 D	51,22 b A	αβ 46,5 B	αβ 31,55 C
	100	19,89 C	48,66 b A	α 49,5 A	α 35,89 B
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 13,33 b D	π 50,44 A	β 41,83 B	32,33 C
	50	β 16,88 D	β 59,5 a A	β 43,16 B	31,00 C
	100	α 22,11 D	α 66,67 a A	α 48,66 B	34,11 C
Relação folha/colmo (RFC)					
Manejo do pastejo		Doses de N (kg de N ha ⁻¹)		Inoculação	
PC	1,51 a	0	1,16	Com <i>Azospirillum</i>	1,12
30	0,77 b	50	0,95	Sem <i>Azospirillum</i>	1,02
20	0,65 b	100	1,11		
10	1,37 a				

*Letras maiúsculas distintas na linha e letras minúsculas distintas na coluna os tratamentos diferem a 5% de probabilidade pelo teste Duncan. **Letras gregas apresentadas na coluna representam a diferença entre as doses de nitrogênio dentro de cada nível de inoculação e manejo do pastejo.

Tabela 6 – Massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca de inflorescência (MSI, kg ha⁻¹), massa seca total (MST, kg ha⁻¹), relação folha/colmo (RFC), e altura da pastagem (ALT, cm) de uma pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária (entrada do terceiro pastejo, ano de 2013).

MSFV						
Inoculação	Doses de N	Manejo do Pastejo				
<i>Azospirillum</i>	(kg de N ha ⁻¹)	PC	30 cm	20 cm	10 cm	Sem pastejo
Sem <i>Azospirillum</i>	0	89,33 B	**β 61,77 b B	*α 207,50 A	αβ 140,53 AB	β 66,50 B
	50	58,66 B	β 117,87 B	β 92,22 B	α 213,27 A	αβ 123,75 B
	100	67,63 b C	α 206,67 A	α 221,78 A	β 119,13 b BC	α 151,10 b AB
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 34,00 C	155,47 a AB	194,47 A	π 68,02 C	β 91,94 BC
	50	β 75,18 C	190,72 B	150,03 CB	β 282,32 A	β 147,88 CB
	100	α 150,62 a B	171,44 B	213,20 B	α 436,20 a A	α 431,47 a A
MSC						
Sem <i>Azospirillum</i>	0	158,00 D	β 916,75 b B	640,36 BC	αβ 379,39 CD	β 1521,38 A
	50	20,00 C	β 625,86 B	817,96 B	α 511,18 B	β 1794,50 b A
	100	51,63 D	α 1373,44 B	725,44 C	α 385,76 CD	α 2840,52 A
Com <i>Azospirillum</i>	0	30,00 C	747,38 a B	526,90 B	435,55 BC	β 1550,11 A
	50	178,10 C	975,74 B	849,44 B	331,78 C	α 3016,18 a A
	100	360,45 C	1036,33 B	831,02 B	626,23 BC	α 2817,10 A
MSMM						
Sem <i>Azospirillum</i>	0	142,66 B	180,84 B	β 72,48 b B	109,87 B	β 406,46 A
	50	156,00 CB	212,14 B	β 86,43 b CD	16,79 D	β 413,84 a A
	100	71,09 b C	116,66 b C	α 384,78 B	109,99 C	α 674,00 A
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 108 C	256,46 B	β 244,96 a B	32,51 C	α 498,34 A
	50	β 167,54 B	259,29 AB	αβ 328,22 a A	16,17 C	β 281,01 b A
	100	α 471,47 a A	248,78 a C	α 368,11 B	22,26 D	α 567,44 A
MSI						
Sem <i>Azospirillum</i>	0	14,00 D	548,41 B	β 321,81 C	157,94 CD	β 965,89 A
	50	4,00 D	487,16 B	β 330,38 CB	215,11 C	β 1048,44 b A
	100	13,82 C	879,25 B	α 723,07 B	173,90 C	α 1133,11 b A
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 14,00 C	601,34 A	β 320,93 B	250,07 B	α 797,95 A
	50	β 53,18 C	506,24 B	αβ 219,67 C	149,25 C	β 1542,92 a A
	100	α 117,27 C	684,87 B	α 702,93 B	184,05 C	α 2490,00 a A
MST						
Sem <i>Azospirillum</i>	0	404,00 D	β 1707,78 B	β 1242,16 C	687,41 D	π 2960,24 A
	50	238,66 D	β 1443,05 b B	β 1327,00 B	822,00 C	β 3380,54 b A
	100	204,18 b E	α 2576,03 a B	α 2055,08 C	788,79 b D	α 5660,34 b A
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 186,00 D	β 1472,99 B	β 1287,28 B	β 833,62 C	π 2938,36 A
	50	β 474,00 E	α 1932,00 a B	β 1547,38 C	β 779,54 D	β 4988,00 a A
	100	α 1099,82 a C	α 1898,00 b B	α 2115,26 B	α 1268,74 a C	α 6306,01 a A
RFC						
Sem <i>Azospirillum</i>	0	π 0,58 b A	0,06 A	0,32 A	0,36 A	0,04 A
	50	α 3,51 a A	0,20 b B	0,11 B	0,45 B	0,07 B
	100	β 1,37 a A	0,15 B	0,31 B	0,32 B	0,06 B
Com <i>Azospirillum</i>	0	α 1,16 a A	0,22 B	0,37 B	β 0,16 B	0,06 B
	50	β 0,41 b AB	0,19 a B	0,18 B	α 0,88 A	0,05 B
	100	β 0,55 b A	0,16 A	0,27 A	α 0,69 A	0,15 A
ALT						
Sem <i>Azospirillum</i>	0	αβ 23,77 D	β 32,83 b B	αβ 38,33 b A	β 28,00 b C	
	50	β 23,33 b C	α 46,83 a A	β 36,00 B	β 24,33 b C	
	100	α 27,66 D	α 47,89 a A	α 40,89 a B	α 36,55 C	
Com <i>Azospirillum</i>	0	27,55 C	42,5 a A	α 43,66 a A	33,00 a B	
	50	27,50 a C	41,16 b A	β 36,55 B	30,89 a C	

100	30,33 B	40,50 b A	α 43,55 b A	32,55 B
-----	---------	-----------	--------------------	---------

*Letras maiúsculas distintas na linha e letras minúsculas distintas na coluna os tratamentos diferem a 5% de probabilidade pelo teste Duncan. **Letras gregas apresentadas na coluna representam a diferença entre as doses de nitrogênio dentro de cada nível de inoculação e manejo do pastejo.

Não houve interação (inoculação x doses de N x manejo do pastejo) para as alturas de manejo da pastagem na saída dos animais do primeiro pastejo (Tabela 7). Estas alturas foram diferentes apenas em função do manejo do pastejo proposto, mas os valores ficaram abaixo dos pretendidos, pois em função da demora para que a pastagem implantada sob resteva de milho atingisse uma massa de forragem próxima de 1.500 kg de MS ha⁻¹, indicada para iniciar o primeiro pastejo. Nas alturas da pastagem na saída dos animais do segundo pastejo houve interação tripla (inoculação x manejo do pastejo x doses de N) e as alturas ficaram mais próximas das alturas pretendidas devido ao maior crescimento da pastagem neste período principalmente pelo aumento da MSC (Tabela 8).

Foi verificado que as diferenças de MSFV e MST residual foram mais acentuadas entre as alturas de manejo do pastejo (10, 20 e 30 cm) quando foi utilizado 50 kg de N ha⁻¹, visto que as MSFV e MST da pastagem antes da entrada dos animais em pastejo eram maiores devido a adubação nitrogenada, permitindo que após o pastejo maiores diferenças fossem verificadas nas diferentes alturas (Tabela 7), o que também foi constatado para MSFV e MST residual após o segundo pastejo (Tabela 8), quando diferenças mais significativas de MSFV residual entre as alturas de manejo do pastejo foram quando a pastagem recebeu a adubação de 100 kg ha⁻¹ de N e de MST quando a pastagem recebeu 50 e 100 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 7 – Massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca total (MST, kg ha⁻¹), relação folha/colmo (RFC) e altura (ALT, cm) em resíduo pós-pastejo de uma pastagem

de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária (saída do primeiro pastejo, ano de 2013).

MSFV		Manejo do Pastejo			
Doses de N	30 cm	20 cm	10 cm		
0 kg de N ha ⁻¹	*β 363,98 A	α 325,91 A	α 162,63 B		
50 kg de N ha ⁻¹	α 570,07 A	α 313,45 B	β 104,99 C		
MSC					
Inoculação	Doses de N	Manejo do Pastejo			
<i>Azospirillum</i>	(kg de N ha ⁻¹)	30 cm	20 cm	10 cm	
Sem <i>Azospirillum</i>	0	**β 78,75 C	347,60 a A	α 218,31 B	
	50	α 520,39 a A	338,88 B	β 106,45 C	
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 82,62 B	α 230,44 b A	127,84 AB	
	50	α 348,03 b A	β 321,46 A	114,0 B	
MSMM					
Sem <i>Azospirillum</i>	0	α 101,52 A	β 105,73 a A	90,34 b A	
	50	β 79,12 B	α 123,69 a A	85,39 a B	
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 63,36 B	41,23 b B	α 174,61 a A	
	50	α 92,83 A	48,97 b B	β 48,66 b B	
MST					
Sem <i>Azospirillum</i>	0	β 541,13 B	β 782,66 a A	484,83 B	
	50	α 1213,83 a A	α 735,40 B	312,51 C	
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 513,08 A	α 594,17 b A	α 451,54 A	
	50	α 865,07 b A	α 669,17 B	β 252,00 C	
RFC		Manejo do Pastejo			
Doses de N	30 cm	20 cm	10 cm		
0 kg de N ha ⁻¹	α 4,52 A	α 1,25 B	1,00 B		
50 kg de N ha ⁻¹	β 1,38 A	β 0,97 B	1,03 B		
Altura da pastagem (Saída primeiro pastejo)					
Manejo do pastejo	Doses de N		Inoculação		
30	19,64 a	0 kg de N ha ⁻¹	15,02	Com <i>Azospirillum</i>	14,5
20	15,24 b	50 kg de N ha ⁻¹	14,92	Sem <i>Azospirillum</i>	15,41
10	9,99 c				

*Letras maiúsculas distintas na linha e letras minúsculas distintas na coluna os tratamentos diferem a 5% de probabilidade pelo teste Duncan.**Letras gregas apresentadas na coluna representam a diferença entre as doses de nitrogênio dentro de cada nível de inoculação e manejo do pastejo.

Tabela 8 – Massa seca de lâminas foliares verdes (MSFV, kg ha⁻¹), massa seca de colmos (MSC, kg ha⁻¹), massa seca de material morto (MSMM, kg ha⁻¹), massa seca de inflorescência (MSI, kg ha⁻¹), massa seca total (MST, kg ha⁻¹), relação folha/colmo (RFC) e altura (ALT,

cm) em resíduo pós-pastejo de uma pastagem de aveia preta e azevém sob diferentes manejos em um sistema de integração lavoura-pecuária (saída do segundo pastejo, ano de 2013).

MSFV				
Inoculação <i>Azospirillum</i>	Doses de N (kg de N ha ⁻¹)	Manejo do Pastejo		
		30 cm	20 cm	10 cm
Sem <i>Azospirillum</i>	0	*β 239,30 A	**π 149,86 b B	β 42,00 C
	50	β 250,93 b A	β 248,21 A	β 65,51 B
	100	α 623,36 a A	α 378,87 a B	α 172,69 C
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 278,37 A	α 418,70 a B	61,82 C
	50	α 395,29 a A	β 310,45 A	77,33 B
	100	α 440,96 b A	β 235,56 b B	110,75 C
MSC				
Sem <i>Azospirillum</i>	0	π 501,62 A	αβ 471,14 A	76,00 B
	50	β 779,31 A	β 358,00 B	102,00 C
	100	α 1266,06 a A	α 681,92 B	140,54 C
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 530,67 A	589,56 A	175,98 B
	50	α 800,31 A	406,24 B	118,66 C
	100	αβ 584,37 b A	610,42 A	135,91 B
MSMM				
Sem <i>Azospirillum</i>	0	145,74	β 123,69 b	98,87
	50	106,71 B	α 300,93 a A	114,19 B
	100	141,03	β 101,17	130,55
Com <i>Azospirillum</i>	0	159,54 A	α 209,01 a A	β 31,38 B
	50	163,62	αβ 165,41 b	α 132,00
	100	170,78 A	α 115,00 AB	αβ 82,25 B
MSI				
Sem <i>Azospirillum</i>	0	β 116,45 A	α 77,28 b B	6,24 C
	50	α 159,10 a A	β 12,37 b B	7,08 B
	100	αβ 135,16 a A	α 71,78 a B	9,76 C
Com <i>Azospirillum</i>	0	α 120,74 A	α 120,88 a A	3,70 B
	50	αβ 100,34 b A	α 91,53 a A	12,00 B
	100	β 75,76 b A	β 30,33 b B	4,00 B
MST				
Sem <i>Azospirillum</i>	0	π 1003,12 A	β 821,98 b A	223,12 B
	50	β 1296,06 A	β 919,51 B	288,78 C
	100	α 2165,62 a A	α 1476,61 a B	453,55 C
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 1089,33 B	α 1338,16 a A	272,89 C
	50	α 1459,67 A	β 871,92 B	340,00 C
	100	αβ 1271,88 b A	β 991,32 b B	332,91 C
Altura de saída (segundo pastejo)				
Sem <i>Azospirillum</i>	0	β 24,00 A	αβ 22,17 a A	12,67 B
	50	α 29,11 A	β 20,83 B	12,78 C
	100	α 29,16 A	α 23,78 B	11,89 C
Com <i>Azospirillum</i>	0	β 26,11 A	β 17,83 b B	12,11 C
	50	β 26,66 A	β 19,87 B	12,33 C
	100	α 29,33 A	α 26,00 B	13,33 C
RFC				
Doses de N (kg de N ha ⁻¹)	Manejo do Pastejo			
	30 cm	20 cm	10 cm	
	0	0,55	0,51	β 0,47
	50	0,41 B	0,75 A	β 0,70 A
100	0,62 B	0,53 B	α 1,08 A	

*Letras maiúsculas distintas na linha e letras minúsculas distintas na coluna os tratamentos diferem a 5% de probabilidade pelo teste Duncan. **Letras gregas apresentadas na coluna representam a diferença entre as doses de nitrogênio dentro de cada nível de inoculação e manejo do pastejo.

Ocorreu interação tripla (inoculação x doses de N x manejo do pastejo) para produção total de massa seca (PMS) da pastagem implantada sob resteva de milho (Tabela 9). Quanto aos manejos dos pastejos, houve maior produção da pastagem no tratamento sem pastejo e no

tratamento 30 cm. É possível inferir que o aumento na altura da pastagem resulta em aumento da massa de forragem. Como consequência se mantem uma maior área foliar nestes tratamentos, aumentando a capacidade das plantas em interceptar a radiação solar transformando em crescimento vegetal.

As doses de N tiveram efeito distinto em função da inoculação e dos manejos dos pastejos. Sem inoculação, nas alturas de 10 e 30 cm a aplicação de nitrogênio não aumentou a produção total da pastagem, e nos manejos de pastejo em 20 cm e sem pastejo a pastagem produziu mais quando foi adicionado 100 kg ha⁻¹ de N. Já com a inoculação a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N permitiu maior produção da pastagem independente do manejo do pastejo. O milho é uma cultura que possui alta demanda por nitrogênio, e após a colheita do mesmo pouco desse nitrogênio fica no solo. A relação C/N do milho é alta, e isso faz com que a liberação de nitrogênio seja mais lenta, disponibilizando menor quantidade desse nutriente no início do desenvolvimento das plantas cultivadas em sequência (DA SILVA et al., 2009). Com isso, a associação da inoculação e 100 kg ha⁻¹ de N pode ter suprido melhor a necessidade deste nutriente para a pastagem resultando em diferenças significativas.

Para o fator inoculação a produção total da pastagem não respondeu ou respondeu de forma positiva conforme o manejo do pastejo e as doses de N. Na altura de manejo do pastejo de 10 cm com 50 e 100 kg de N ha⁻¹ e na ausência de pastejo (SP) com 50 kg de N ha⁻¹ a pastagem produziu mais biomassa quando as sementes foram inoculadas. Uma provável explicação para estes resultados está no fato de que as bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas não contribuem com quantidades suficientes de N fixado, para garantir produtividade máxima (BALDANI; BALDANI, 2005), e que a ausência de N pode representar um alto custo da associação para a planta, em condição de baixo nível de N no solo.

Steenhoudt e Vanderleyden (2000) citam que fatores como a produção de substâncias promotoras de crescimento e aumento na taxa de absorção de nutrientes pela inoculação com *Azospirillum* podem explicar o aumento de rendimento das plantas. Segundo esses autores, após a inoculação com *Azospirillum* é observada uma alteração na morfologia das raízes das plantas, o que tem sido atribuído a produção de substâncias de regulação de crescimento das plantas. Ocorre um aumento da superfície radicular pelo aumento do número de raízes laterais e pêlos radiculares, e isto resulta numa maior absorção de água e nutrientes, que por sua vez pode ser o principal fator de aumento de crescimento da planta (OKON; LABANDERA-GONZALEZ, 1994; STEENHOUDT; VANDERLEYDEN, 2000).

Tabela 9 - Produção total de massa seca (PMS, kg ha⁻¹) em pastagem de aveia preta e azevém sob resteva de milho em um sistema de integração lavoura-pecuária. (Ano - 2013).

Produção total de Massa seca (PMS)					
Inoculação <i>Azospirillum</i>	Doses de N (kg de N ha ⁻¹)	Manejo do Pastejo			
		30 cm	20 cm	10 cm	Sem pastejo
Sem <i>Azospirillum</i>	0	3089,46 A	**β 1917,46 B	2469,45 AB	β 2960,24 A
	50	3117,22 A	β 2291,11 B	2098,34 b B	β 3380,54 b A
	100	3578,62 B	α 3557,39 B	2194,71 b C	α 5660,34 A
Com <i>Azospirillum</i>	0	αβ 3205,81 A	*π 1680,50 B	π 2072,46 B	π 2938,36 A
	50	β 2633,08 B	β 2340,66 B	β 2764,58 a B	β 4988,00 a A
	100	α 3404,47 B	α 3764,06 B	α 3455,98 a B	α 6306,01 A

*Letras maiúsculas distintas na linha e letras minúsculas distintas na coluna os tratamentos diferem a 5% de probabilidade pelo teste Duncan. **Letras gregas apresentadas na coluna representam a diferença entre as doses de nitrogênio dentro de cada nível de inoculação e manejo do pastejo.

3.1 Conclusão

A produção de biomassa da pastagem de aveia preta e azevém aumentou com a aplicação nitrogênio e com a inoculação de *Azospirillum brasilense*.

A proporção dos componentes estruturais variaram em função dos diferentes manejos de pastejo, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense*.

2.7 Referências bibliográficas

AGUINAGA, A. A. Q. et al. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1523-1530, 2008.

ASSMANN, A. L. et al. Produção de Gado de Corte e Acúmulo de Matéria Seca em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária em Presença e Ausência de Trevo Branco e Nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.37-44, 2004.

BAGGIO, C. et al. Padrões de uso do tempo por novilhos em pastagem consorciada de azevém anual e aveia-preta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1912-1918, 2008.

BALBINOT JUNIOR, A. A. et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1925-1933, 2009.

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.77, p.549-579, 2005.

BALDANI, J. I. et al. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, n.5/6, p.911-922, 1997.

BARTHAM, G. T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: ALCOCK, M.M. (Ed.) **Biennial Report of the Hill Farming Research Organization**. Midlothian: Hill Farming Research Organization, 1985. p.29-30.

CARVALHO, P. C. F. et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, v.88, n.2, p.259-273, 2010.

CARVALHO, P. C. F. et al. Característica produtiva e estrutural de pastos mistos de aveia e azevém manejados em quatro alturas sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.1857-1865, 2010.

CASSOL, L. C. et al. Produtividade e composição estrutural de aveia e azevém submetidos a épocas de corte e adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, v.58, n.4, p.438-443, 2011.

DA SILVA, P. C. G. et al. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1504-1512, 2009.

DUMONT, B. et al. How does grazing intensity influence the diversity of plants and insects in a species-rich upland grassland on basalt soils? **Grass Forage Science**, v.64, p.92-105, 2009.

EMBRAPA, C. N. P. S. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA. **Ambiente de software NTIA, versão 4.2.2: manual do usuário - ferramental estatístico**. Campinas: Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura, 1997. 258p.

FREITAS, F. K. et al. Suplementação Energética na recria de fêmeas de corte em pastagem cultivada de inverno. Dinâmica da Pastagem. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.34, n.6, p.2029-2038, 2005.

HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, n.1-2, p.413-425, 2010.

KUNRATH, T. R. et al. Management targets for continuously stocked mixed oat x annual ryegrass pasture in a no-till integrated crop–livestock system. **European Journal of Agronomy**, v.57, p.71-76, 2013.

KUREPIN, L. V.; ZAMAN, M.; PHARIS, R. P. Phytohormonal basis for the plant growth promoting action of naturally occurring biostimulators. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.94, n.9, p.1715-1722, 2014.

LEMAIRE, G; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: INTERNACIONAL SYMPOSIUM “GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY”, 1999, Curitiba, UFPR, **Anais...MORAES et al. (Eds.)**, p.165-186, 1999.

LUPATINI, G. C. et al. Avaliação da mistura de aveia preta e azevém sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.1, p.1939-1943, 1998.

OKON, Y., LABANDERA-GONZALEZ, C. A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years world wide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, v.26, p. 1591-1601, 1994.

PELLEGRINI, L. G. et al. Produção e qualidade de azevém-anual submetido a adubação nitrogenada sob pastejo por cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.1894-1904, 2010.

PONTES, L. S. et al. Fluxo de biomassa em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* lam.) manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.529-537, 2004.

RAHIMIZADEH, M. et al. Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. **Australian Journal of Crop Science**, v.4, n.5, p.363-368, 2010.

RAO, N. S. S. Cereal nitrogen fixation research under the BNF coordinated project of the ICAR, in **Proceedings of the Working Group Meeting on Cereal Nitrogen Fixation**, ed. by Wani SP. ICRISA, Patancheru, India, p. 23-35, 1986.

ROCHA, M. G. et al. Avaliação de espécies forrageiras de inverno na Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1990-1999, 2007.

SOARES, A. B.; RESTLE, J. Adubação nitrogenada em pastagem de tritcale mais azevém sob pastejo com lotação contínua: recuperação de nitrogênio e eficiência na produção de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.43-51, 2002.

SOUZA, E. D. et al. Soil aggregation in a crop-livestock integration system under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1365-1374, 2010.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. Azospirillum, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **Microbiology Reviews**, v.24, p.487-506, 2000.

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

3 CAPÍTULO III: COMPONENTES DO RENDIMENTO DA CULTURA DO MILHO SOB INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

3.1 Resumo

A produtividade do milho pode ser incrementada pelo aproveitamento do nitrogênio residual aplicado na pastagem e pela inoculação com *Azospirillum brasilense*. Objetivou-se com este trabalho avaliar as características agronômicas da cultura do milho sob inoculação de sementes com *A. brasilense*, cultivado sobre palhada de aveia-preta e azevém manejada em diferentes manejos de pastejo e doses de nitrogênio. O experimento foi conduzido em Santa Maria, em dois agrícolas (2012/2013 e 2013/2014), num delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições. No período hibernar a pastagem de aveia preta e azevém foi manejada em diferentes alturas de pastejo (30 cm, 20 cm, 10 cm, pastejo convencional e sem pastejo) por ovinos, três doses de N (0, 50 e 100 kg ha⁻¹) com ou sem inoculação (*Azospirillum brasilense*). Foi realizada semeadura direta do milho foi realizada em 16 de novembro de 2012 e 01 de dezembro de 2013 nos anos agrícolas avaliados. Foi utilizado o híbrido Pioneer P1630H em 2012 e o híbrido Agroeste AS 1551 em 2013. Utilizaram-se quatro fileiras de plantas com espaçamento de 0,90 m e população de 60.000 sementes ha⁻¹, sendo que em duas fileiras as sementes foram inoculadas com a bactéria *A. brasiliense*. A altura das plantas de milho é beneficiada quando este é cultivado sobre palhada de aveia preta e azevém na ausência de pastejo, o que favorece também a produtividade. Em condições de déficit hídrico o nitrogênio aplicado na pastagem favorece o desenvolvimento do milho, aumentando a altura da planta, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo. Na produtividade do milho este efeito é pronunciado nas áreas com uma maior massa de forragem residual. A inoculação com *A. brasilense* tem efeito positivo sobre os componentes do rendimento e produtividade do milho independente do ano agrícola e do híbrido utilizado.

Palavras-chave: Alturas de pastejo. Fixação biológica. Nitrogênio. Sistemas integrados. *Zea mays*.

3.2 Abstract

The corn production can be increased by the use of residual nitrogen applied on grassland and the inoculation with *Azospirillum brasilense*. The objective of this study was to evaluate the agronomic characteristics of maize in seed inoculation with *A. brasilense*, grown on straw of black and ryegrass managed under different management of grazing and nitrogen. The experiment was conducted in Santa Maria, in two agricultural (2012/2013 and 2013/2014), in a randomized complete block design with three replications. In the winter period the oat and ryegrass was managed at different times of grazing (30 cm, 20 cm, 10 cm, conventional grazing and no grazing) for sheep, three doses of N (0, 50 and 100 kg ha⁻¹) with or without inoculation (*Azospirillum brasilense*). Direct corn seeding was done on November 16th, 2012 and December 1st, 2013 the assessed crop years was held. It used the hybrid Pioneer P1630H in 2012 and the hybrid Agroeste AS 1551 in 2013. It was used four rows of plants spaced 0.90m population of 60,000 ha⁻¹ seeds, and the seeds in two rows were inoculated with *A. brasiliense* bacteria. The height of the corn plant is benefited when it is grown on straw oat and ryegrass in the absence of grazing, which also favors productivity. In drought conditions the nitrogen applied on grassland favors the development of corn, increasing plant height, insertion height of spike and stem diameter. In maize yield The effect is pronounced in areas with a larger mass of waste fodder. Inoculation with *A. brasilense* has a positive effect on the components of income and productivity of independent corn growing season and hybrid used.

Key words: Grazing heights. Biological fixation. Nitrogen. Integrated systems. *Zea mays*.

3.3 Introdução

O sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) visa alcançar elevada produtividade animal e de grãos dentro de um mesmo ano, buscando ser sustentável ao longo do tempo (SANDINI et al., 2011). Neste sistema, a cultura do milho (*Zea mays*) se destaca devido às suas diversas aplicações, seja na alimentação animal ou humana, e também na geração de renda pela comercialização da produção excedente (ALVARENGA et al., 2006).

Na região Sul do Brasil, a ILP se caracteriza pela utilização de pastagens no período hibernal, como a mistura de aveia preta e azevém, para a alimentação animal e culturas para produção de grãos, como o milho e a soja, no período estival. Assim, manejo das pastagens é fator decisivo, para a produtividade animal e de grãos das culturas subsequentes (NICOLOSO et al., 2006). Neste sistema, uma das maiores preocupações dos produtores de grãos se refere a possível compactação do solo causada pelo pisoteio dos animais nas áreas de pastagens e também na redução da quantidade de resíduo deixado para cobertura do solo em função do pastejo, o que pode repercutir negativamente na produção de grãos das culturas em sucessão.

Neste sentido, Nicoloso et al. (2006) afirmam que alta pressão de pastejo de inverno limita a produtividade das culturas de soja e milho cultivadas em sucessão. Já Macari et al. (2011) verificaram que o pastejo com ovinos em área com azevém não afetou a produtividade de milho e soja cultivados em sucessão, independente da intensidade e do método de pastejo utilizado. Tracy e Zhang (2008) verificaram que a presença de bovinos em áreas agrícolas não teve efeito negativo nas propriedades do solo e na produtividade da cultura do milho num período de cinco anos de experimento, além de apresentar benefícios como a melhora da qualidade do solo pelo incremento de matéria orgânica e redução dos custos de alimentação com os animais no período de inverno.

A adubação nitrogenada também deve ser considerada neste sistema, pois a aplicação de nitrogênio na pastagem proporciona maior produção de biomassa, permite uma distribuição mais uniforme da forragem e um ciclo de produção maior (HERINGER; MOOJEN, 2002), e na cultura do milho o nitrogênio é um dos nutrientes que apresenta efeitos mais acentuados no aumento da produtividade de grãos. Em ILP tem sido verificado que a aplicação de determinadas quantidades de nitrogênio na pastagem tem efeito residual para a cultura subsequente, podendo até mesmo dispensar o uso deste nutriente na cultura do milho (ASSMANN et al., 2003; NOVAKOWISKI et al., 2011). Por outro lado, a adubação nitrogenada é uma importante questão econômica e ambiental, já que a rentabilidade do

sistema produtivo é muito influenciada pelo seu uso, tem custo alto, e sua aplicação excessiva aumenta a concentração de nitrato no solo causando poluição das águas subterrâneas (BERENGUER et al., 2009).

Parte do nitrogênio requerido pelas gramíneas pode ser suprido pela fixação biológica de nitrogênio, através da associação entre as plantas e bactérias promotoras de crescimento, como é o caso da bactéria *Azospirillum brasilense*. Estas bactérias podem promover o crescimento vegetal tanto pela fixação biológica de nitrogênio quanto pela produção de substâncias que auxiliam o crescimento radicular, como o ácido indol acético (MOREIRA et al., 2010). Cálculos da contribuição da fixação biológica de nitrogênio por bactérias associativas para gramíneas estimam em torno de 25 a 50 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, o que equivale ao suprimento médio de cerca de 17% das demandas de culturas como o arroz, trigo e milho (MOREIRA et al., 2010), o que representa uma economia nos custos de produção e um uso mais racional de insumos.

Objetivou-se com este trabalho avaliar as características produtivas de milho cultivado sobre palhada de aveia-preta e azevém em diferentes alturas de pastejo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em um sistema de integração lavoura-pecuária.

3.5 Material e métodos

O experimento foi conduzido em dois anos agrícolas (2012/2013 e 2013/2014), na localidade de Estância Velha, distrito de Boca do Monte, no município de Santa Maria, região central do Rio Grande do Sul – RS, com coordenadas geográficas 29°41'51,07''S 54°02'30,42''O, e altitude de 195 metros. O clima da região é Cfa, subtropical úmido, segundo a classificação de Köppen (NIMER, 1989). A área utilizada foi de aproximadamente 0,36 ha, em um sistema integração lavoura-pecuária, com pastagem formada por um consórcio de aveia preta e azevém, no período hibernal e com milho no período estival. Anterior à instalação do experimento a área vinha sendo utilizada com azevém no período hibernal para alimentação de ovinos e com a cultura da soja em sucessão. No verão 2011/2012 utilizou-se a cultura do milheto no verão para pastejo de bovinos de corte.

O solo do local do experimento é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2006), e sua análise química apresentou os seguintes resultados: pH

(CaCl₂) = 4,10; M.O. (g dm⁻³) = 21,44; P (mg dm⁻³) = 1,79; K (cmolc dm⁻³) = 0,80; Cu (mg dm⁻³) = 1,19; Fe (mg dm⁻³) = 175,78; Zn (mg dm⁻³) = 1,36; Mn (mg dm⁻³) = 118,23; Al³⁺ (cmolc dm⁻³) = 0,96; H+Al (cmolc dm⁻³) = 6,21; Ca (cmolc dm⁻³) = 1,82; Mg (cmolc dm⁻³) = 1,13; Índice SMP = 5,70; SB (cmolc dm⁻³) = 3,75; V (%) = 37,65; Sat. Al (%) = 20,38.

A pastagem de inverno foi constituída por uma mistura de aveia preta e azevém na proporção de 75% de sementes de aveia preta e 25% de sementes de azevém, e a semeadura ocorreu no dia 17 de maio, tanto em 2012 como em 2013. No ano de 2012 foi utilizado cultivares comuns, tanto de aveia-preta como de azevém, adquiridas no comércio local de Santa Maria. No ano de 2013 foram utilizadas a cultivar de aveia-preta IAPAR 61 e a de azevém BRS Ponteio. O número de sementes aptas por m⁻² foi de 400 sementes (300 de aveia preta + 100 de azevém), corrigindo-se este valor conforme a germinação do lote de sementes. A semeadura foi feita manualmente a lanço e as sementes incorporadas com uma leve gradagem. As sementes de aveia preta e azevém foram submetidas ou não a inoculação com a bactéria *A. brasilense* (estirpes Abv5 e Abv6), utilizando-se 2 ml do inoculante líquido da marca comercial “AZO TOTAL” para aproximadamente 250 gramas da mistura de aveia preta + azevém, numa concentração de 2×10^8 unidades formadoras de colônia por ml de produto. A inoculação se deu na parte da manhã, e a semeadura na parte da tarde, em ambos os anos.

Quanto ao manejo do pastejo, a pastagem de aveia preta + azevém foi manejada da seguinte forma: (I) - pastejo convencional (PC), onde os animais permaneciam na pastagem por todo o período experimental sem um controle da altura da pastagem, (II) - altura da pastagem na saída dos animais de 30 cm (A30), (III) - altura da pastagem na saída dos animais de 20 cm (A20), (IV) - altura da pastagem na saída dos animais de 10 cm (A10) e (V) - Sem pastejo (SP). No fator manejo da adubação nitrogenada, as unidades experimentais foram manejadas da seguinte forma: sem adubação nitrogenada; 50 kg de nitrogênio ha⁻¹ e 100 kg de nitrogênio ha⁻¹, constituindo os trinta tratamentos.

No dia 26 de outubro de 2012 e 28 de novembro de 2013, a pastagem de aveia preta e azevém foi dessecada com herbicida Glyphosato, na dosagem de 3,0 L ha⁻¹ do produto comercial. Nestas duas datas, foram coletadas amostras de massa de forragem de aveia preta e azevém de cada parcela, para obtenção da quantidade de resíduo que permaneceu na área em função dos diferentes manejos que foram aplicados no inverno. As quantidades de massa foram obtidas por corte com tesoura rente ao solo, em área delimitada por um quadro de 0,25 m². As amostras cortadas foram colocadas em saco de papel, secas em estufa de ventilação forçada a 60°C até massa constante, pesadas e calculadas a massa seca residual em kg ha⁻¹.

No ano de 2012 as massas de forragem residuais foram de 3287, 2247, 2088, 1723, e 1186 kg de MS ha⁻¹, para os tratamentos SP, 30 cm, 20 cm, 10 cm e PC, respectivamente. Já no ano de 2013 as massas de forragem residuais foram de 4146, 2414, 2252, 1277, e 1182 kg de MS ha⁻¹, para os tratamentos SP, 30 cm, 20 cm, 10 cm e PC, respectivamente.

Cada parcela experimental era de 16 m² (4x4 metros). Realizou-se semeadura direta em 16 de novembro de 2012 e 01 de dezembro de 2013. Foi utilizado o híbrido Pioneer P1630H em 2012 e o híbrido Agroeste AS 1551 em 2013. Para a cultura da milho, utilizaram-se quatro fileiras com espaçamento de 0,90 m e população de 60.000 sementes ha⁻¹, sendo que em duas fileiras as sementes foram submetidas a inoculação com a bactéria *A. brasilense* (estirpes Abv5 e Abv6), numa concentração de 2 x 10⁸ unidades formadoras de colônia por mL de produto, onde foi utilizado 5 mL do inoculante líquido da marca comercial “AZO TOTAL” para cada quilo de semente, sendo que nas demais fileiras não foi realizada a inoculação das sementes. Para a adubação de base se utilizou 350 kg ha⁻¹ de adubo da fórmula 05-20-20 de NPK. Os demais tratamentos culturais aplicados foram realizados segundo as recomendações técnicas para a cultura do milho. Não foi aplicado nitrogênio em cobertura no milho.

Nos dois anos agrícolas, anterior a colheita, foram realizadas avaliações de altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo. Para determinação destas variáveis foram verificadas três plantas de forma aleatória em cada parcela. A altura de planta (AP, m) correspondeu à medida da distância do solo até a inserção do pendão. A altura de inserção de primeira espiga (AIE, m) correspondeu à medida entre o nível do solo e o nó que estava inserida a espiga inferior. O diâmetro do colmo (DC, cm) foi medido a uma distância de 20 cm do solo com auxílio de um paquímetro digital.

A colheita ocorreu após a maturação fisiológica das plantas (30% de umidade), colhendo-se todas as espigas de cada parcela. Em cinco espigas de cada parcela, separadas aleatoriamente, efetuou-se avaliações do diâmetro da espiga (DE, cm) com auxílio de um paquímetro, comprimento de espiga (COMP, cm) utilizando-se uma régua numerada e contagem do número de grãos por fileira (NGF) e número de fileiras de grãos por espiga (NF). Para avaliação da produtividade, todas as espigas da parcela foram debulhadas com uma trilhadora, sendo efetuada a pesagem dos grãos e os valores corrigidos a 13% de umidade, expressos em kg ha⁻¹. Posteriormente, estimou-se a massa de cem grãos, sendo os dados expressos em gramas, corrigidos para 13% de umidade.

Os dados foram submetidos à análise da variância e quando significativos, foi realizada a comparação de médias pelo teste Duncan com 5% de probabilidade de erro. Para estas análises, foi utilizado o software estatístico SOC (EMBRAPA, 1997).

3.5 Resultados e discussão

Nos dois anos agrícolas avaliados, 2012/2013 e 2013/2014, não houve interação (manejo do pastejo x doses de N x inoculação) para as variáveis AP, AIE e DC, sendo necessário o estudo dos efeitos principais de cada tratamento (Tabela 1). No ano agrícola de 2012/2013, os valores de altura das plantas de milho tiveram efeito dos diferentes manejos de pastejo e da inoculação com *Azospirillum brasilense*, não sendo influenciados pelas doses de nitrogênio aplicadas na pastagem. Maiores valores de altura das plantas de milho foram verificadas nas áreas que não foram pastejadas (SP) em comparação com os demais manejos do pastejo nos dois anos agrícolas. Este resultado pode ser explicado pelo maior resíduo de massa seca de aveia e azevém do tratamento SP (Tabela 1), o que pode ter favorecido a manutenção da umidade do solo por mais tempo, favorecendo o crescimento das plantas. No ano agrícola 2013/2014 a diferença na altura das plantas de milho foi mais acentuada em função dos diferentes manejos de pastejo, o que pode ser justificado por um maior período de estiagem que ocorreu durante o desenvolvimento da cultura do milho, e pelas diferenças entre os resíduos de massa seca de aveia e azevém em função das alturas de manejo do pastejo, o que compromete a proteção do solo, principalmente em condições ambientais adversas, como falta de umidade e altas temperaturas.

No ano agrícola 2012/2013 não foi verificado efeito residual da adubação nitrogenada realizada na pastagem na altura do milho, entretanto em 2013/2014 as plantas de milho foram mais altas quando a pastagem recebeu 50 e 100 kg de N ha⁻¹ em comparação com as parcelas que não receberam adubação nitrogenada. Deve-se considerar que a disponibilidade de N aplicado na pastagem durante o inverno para a cultura do milho no verão esteja relacionada com as condições ambientais presentes (SANDINI et al., 2011), portanto, no ano agrícola 2012/2013 pode ter havido perdas de N por lixiviação e/ou volatilização, o que pode comprometer a disponibilidade deste nutriente para a cultura do milho.

Nos dois anos agrícolas quando as sementes de milho foram inoculadas com *A. brasilense* houve resposta positiva na altura das plantas. Kappes et al. (2013) também verificaram aumento na altura de plantas de milho quando as sementes foram inoculadas com *A. brasilense*, fato que foi atribuído a maior produção de substâncias promotoras de crescimento pelas bactérias como o ácido indol-acético (AIA). Steenhoudt e Vanderleyden (2000) citam que após a inoculação com *Azospirillum* é observada uma alteração na morfologia das raízes das plantas, o que tem sido atribuído à produção de substâncias de regulação de crescimento das plantas, ocorrendo um aumento da superfície radicular pelo aumento do número de raízes laterais e pêlos radiculares, isto resulta numa maior absorção de água e nutrientes, que por sua vez é o principal fator de aumento de crescimento da planta.

No ano agrícola de 2012/2013 não foi verificado efeito dos manejos de pastejo e da adubação nitrogenada da pastagem na AIE e DC das plantas de milho, entretanto em 2013/2014 as parcelas do tratamento SP tiveram plantas de milho com maior AIE e DC, seguida das parcelas onde o pastejo foi menos intenso (30 cm). Também neste ano foi verificado efeito positivo da adubação nitrogenada aplicada na pastagem na AIE e DC das plantas de milho. Trogello et al. (2012) verificaram em ILP com pastagem de aveia preta manejada em alturas de 5, 15 e 30 cm com vacas de leite que a altura inicial das plantas, altura de inserção de primeira espiga e a produtividade de grãos de milho foram afetadas negativamente quando a altura de pastejo de 5 cm.

A inoculação com *A. brasilense* não proporcionou aumentos na AIE e DC nas plantas de milho no ano agrícola de 2012/2013, mas teve efeito positivo sobre estas características no ano agrícola de 2013/2014. Segundo Kappes et al. (2013) o aumento do diâmetro do colmo é idealizado na cultura do milho, pois esta característica é uma das que mais se relaciona com o percentual de acamamento e quebramento das plantas, além de quanto maior for o seu diâmetro maior a capacidade da planta em armazenar fotoassimilados que contribuirão com o enchimento de grãos. Esses autores também relataram aumento na AIE com a inoculação de *A. brasilense*.

Tabela 1– Altura de planta (AP, m), altura de inserção de primeira espiga (AIE, m) e diâmetro de colmo (DC, cm) em plantas de milho nos anos agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014.

Ano agrícola 2012/2013			
Manejo do pastejo	AP (m)	AIE (m)	DC (cm)
SP	1,92 a*	1,04	2,32
30 cm	1,84 b	1,04	2,34
20 cm	1,85 b	1,05	2,36
10 cm	1,84 b	1,04	2,29
PC	1,86 b	1,07	2,35
Doses de N na pastagem	AP (m)	AIE (m)	DC (cm)
0 kg ha ⁻¹	1,86	1,05	2,32
50 kg ha ⁻¹	1,86	1,04	2,35
100 kg ha ⁻¹	1,86	1,05	2,34
Inoculação (milho)	AP (m)	AIE (m)	DC (cm)
Com <i>Azospirillum</i>	1,87 a	1,03 b	2,32
Sem <i>Azospirillum</i>	1,85 b	1,06 a	2,35
Média	1,86	1,04	2,34
CV (%)	3,61	5,53	8,01
Ano agrícola 2013/2014			
Manejo do pastejo	AP (m)	AIE (m)	DC (cm)
SP	1,85 a	1,12 a	2,28 a
30 cm	1,74 b	1,09 ab	2,16 b
20 cm	1,68 c	1,05 b	2,13 bc
10 cm	1,57 d	0,94 c	2,07 bc
PC	1,45 e	0,90 c	2,10 c
Doses de N na pastagem	AP (m)	AIE (m)	DC (cm)
0 kg ha ⁻¹	1,61 b	0,99 b	2,11 b
50 kg ha ⁻¹	1,67 a	1,04 a	2,14 ab
100 kg ha ⁻¹	1,68 a	1,03 a	2,19 a
Inoculação (milho)	AP (m)	AIE (m)	DC (cm)
Com <i>Azospirillum</i>	1,72 a	1,05 a	2,28 a
Sem <i>Azospirillum</i>	1,59 b	0,99 b	2,02 b
Média	1,66	1,02	2,15
CV (%)	7,51	10,35	7,43

*Letras distintas na coluna, os tratamentos diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Para as variáveis, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras, número de grãos por fileira e produtividade de grãos não ocorreu interação entre os fatores (manejo do pastejo x doses de N x inoculação) no ano agrícola 2012/2013. No entanto, houve interação entre doses de nitrogênio x manejo do pastejo para a massa de cem grãos (Tabela 2). No ano agrícola 2013/2014 houve interação tripla (manejo de pastejo x doses de N x

inoculação) para produtividade de grãos (Tabela 3), sendo que nas variáveis COMP, DE, NF, NGF e MCG não ocorreu interação entre os fatores (Tabela 2).

O comprimento e diâmetro de espigas, número de grãos por fileira na espiga e produção de grãos não foram influenciados pelo manejo do pastejo e pelas doses de N aplicadas na pastagem, mas responderam positivamente a inoculação de sementes com *A. brasilense* no ano agrícola 2012/2013. Maior comprimento de espiga pela inoculação das sementes com *A. brasilense* foi observado por Kappes et al. (2013), representando incremento de 3,7% em comparação ao tratamento sem inoculação, o que também foi verificado por Cavallet et al. (2000) com aumento do comprimento médio das espigas, de 13,6 para 14,4 cm.

No ano agrícola de 2012/2013 a massa de cem grãos variou em função das doses de nitrogênio aplicadas na pastagem e do manejo do pastejo, sendo que no tratamento PC, a MCG foi maior quando foi aplicado 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio na pastagem, verificando-se efeito residual do nitrogênio neste tratamento. Já no ano agrícola de 2013/2014, foi constatado maiores valores para MCG quando as sementes foram inoculadas com *A. brasilense*, o que também foi verificado por Novakowski et al. (2011) para massa de mil grãos. Kappes et al. (2013) relatam que a massa de grãos é influenciada pelo genótipo, disponibilidade de nutrientes e condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos.

A produtividade de grãos do milho aumentou em 333 kg ha⁻¹ (4,5%) com a inoculação de *A. brasilense* no ano agrícola 2012/2013. Alguns trabalhos também evidenciaram aumentos de produtividade do milho com a inoculação de *A. brasilense* (CAVALLET et al., 2000; HUNGRIA et al., 2010; NOVAKOWISKI et al., 2011). Segundo Bashan et al. (2004) existem indicativos de que o efeito positivo da inoculação em ganhos de produtividade não está relacionado somente a sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio, mas também pela capacidade da bactéria produzir substâncias promotoras de crescimento, como auxinas, giberelinas e citocininas, que alteram o metabolismo e a morfologia das plantas, fazendo com que melhore a absorção de água e nutrientes. A inoculação com *Azospirillum* altera a morfologia do sistema radicular das plantas (aumento do número de radículas, do diâmetro médio das raízes laterais e de adventícias), possibilitando a exploração de maior volume de solo, aumentando a superfície de absorção das raízes da planta (BASI et al., 2011). Este efeito pode ser benéfico para a cultura em épocas de ocorrência de baixa precipitação pluvial, visto que o milho é altamente exigente em água e o aumento da área superficial específica de raízes possibilita maior capacidade de absorção de água e nutrientes do solo. Também é relatado que a relação associativa entre *Azospirillum* e plantas de milho tem um impacto significativo sobre o metabolismo da planta (WALKER et al., 2011).

A adição de fitohormônios ou mudanças na disponibilidade de nitrogênio pode modificar os conteúdos totais de metabólitos secundários (por exemplo, fenóis totais e alcalóides) nas plantas. Isto pode ser relevante, porque metabólitos secundários podem ser exsudados pelas raízes e em maior quantidade em plantas inoculadas (RAJA et al., 2006). No trabalho de Walker et al. (2011) a inoculação de plântulas de milho alterou o conteúdo de benzoxazinoides na planta, importante pelo seu papel na defesa da planta e também por interferir no funcionamento dos hormônios vegetais e em múltiplos efeitos sobre o desenvolvimento das plantas, como fitossanidade e composição da comunidade rizobacterial.

A produtividade do milho no ano agrícola 2012/2013 foi estatisticamente semelhante entre os manejos de pastejo efetuados na pastagem de aveia preta e azevém. Este resultado deve ser ressaltado, porque tanto intensidades mais leves de pastejo (30 cm) quanto pastejos mais intensos (10 cm) não influenciaram na produtividade do milho em sucessão. Diante desses resultados, afirma-se que o uso de ovinos nas áreas de lavoura no período de inverno é indicado, pois pode ser uma alternativa de renda extra para o produtor no período de inverno, otimizando o uso destas áreas durante todo o ano. Resultado semelhante foi verificado por Sandini et al. (2011), em que a produtividade do milho não foi influenciada pelo pastejo contínuo com ovinos, em pastagem de aveia preta e azevém manejada a 14 cm de altura.

No ano agrícola 2012/2013 não houve resposta da produtividade do milho a aplicação de nitrogênio na pastagem. Apesar de não ter sido significativamente diferente, quando foi aplicado 100 kg ha⁻¹ de N na pastagem, a produção do milho aumentou em 210 kg ha⁻¹ em comparação com as áreas que não receberam N. Levando em consideração apenas o ganho na produção do milho, não seria viável aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N na pastagem. Entretanto, considerando o sistema como um todo se sabe que a pastagem de aveia preta e azevém responde a aplicação de N, resultando em aumento da produção da pastagem, na capacidade de lotação, e conseqüentemente na produção animal.

No ano agrícola de 2013/2014 houve interação tripla entre os fatores manejo de pastejo x doses de N x inoculação para produtividade de grãos de milho. Quanto aos manejos do pastejo verificou-se que a produtividade de grãos de milho foi superior no tratamento SP e menores no PC (Tabela 3). No tratamento SP o resíduo de massa seca de aveia e azevém pós pastejos no momento da semeadura era de 4.146,22 kg ha⁻¹ e no tratamento PC era de 1.182 kg ha⁻¹. Em plantio direto é importante a manutenção de uma quantidade adequada de resíduos vegetais para proteção do solo, principalmente em situações de estiagem como a que ocorreu no agrícola 2013/2014. Assmann et al. (2003), verificaram que quando não se

adicionou nitrogênio na cultura do milho, a produtividade de grãos aumenta linearmente de acordo com a quantidade de fitomassa seca deixada como resíduo.

Tabela 2 – Comprimento de espiga (COMP, cm), diâmetro de espiga (DE, cm), número de fileiras de grãos, número de grãos por fileira, produtividade de grãos (PG kg ha⁻¹) e massa de cem grãos (MCG, g) da cultura do milho num sistema de integração lavoura-pecuária nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.

Milho 2012/2013					
Manejo do pastejo	COMP (cm)	DE (cm)	NF	NGF	PG (kg ha ⁻¹)
SP	17,73	4,88	15,75	36,2	7854,61
30 cm	17,78	4,92	15,93	36,83	7741,14
20 cm	17,87	4,90	15,83	36,2	7530,39
10 cm	17,79	4,91	16,01	36,3	7693,61
PC	17,60	4,89	15,74	35,49	7340,7
Doses de N na pastagem					
0 kg ha ⁻¹	17,75	4,91	15,87	36,36	7542,04
50 kg ha ⁻¹	17,72	4,88	15,85	35,81	7601,81
100 kg ha ⁻¹	17,81	4,90	15,84	36,5	7752,48
Inoculação (milho)					
Com <i>Azospirillum</i>	18,48 a*	4,95 a	15,91	38,04 a	7798,44 a
Sem <i>Azospirillum</i>	17,03 b	4,84 b	15,8	34,4 b	7465,78 b
Média	17,76	4,9	15,86	36,22	7632,11
CV (%)	7,9	2,36	3,93	9,2	12,06
MCG (g)					
Doses de N na pastagem	Manejo do pastejo				
	SP	30 cm	20 cm	10 cm	PC
0 kg ha ⁻¹	35,78 a A	34,76 a AB	34,1 a B	34,8 a AB	33,74 b B**
50 kg ha ⁻¹	35,08 a A	34,61 a A	34,1 a A	35,1 a A	34,37 b A
100 kg ha ⁻¹	34,78 a AB	34,31 a B	34,6 a AB	34,4 a B	35,74 a A
Média	34,69				
CV (%)	4,21				
Milho 2013/2014					
	COMP (cm)	DE (cm)	NF	NGF	MCG (g)
SP	15,13 a	4,37 a	13,20 a	33,49 a	31,97 a
30 cm	14,36 b	4,34 a	12,93 ab	31,96 b	31,21 b
20 cm	14,82 a	4,36 a	12,85 b	32,25 ab	31,90 ab
10 cm	15,15 a	4,29 a	12,99 ab	32,27 ab	32,12 a
PC	14,87 a	4,18 b	12,77 b	29,85 c	32,39 a
Doses de N na pastagem					
	COMP (cm)	DE (cm)	NF	NGF	MCG (g)
0 kg ha ⁻¹	14,97	4,32	13,06	31,63	31,90
50 kg ha ⁻¹	14,68	4,29	12,86	31,61	32,05
100 kg ha ⁻¹	14,95	4,32	12,93	32,66	31,80
Inoculação (milho)					
	COMP (cm)	DE (cm)	NF	NGF	MCG (g)
Com <i>Azospirillum</i>	15,58 a	4,38 a	13,11 a	33,98 a	32,15 a
Sem <i>Azospirillum</i>	14,15 b	4,23 b	12,79 b	29,95 b	31,69 b
Média	14,86	4,31	12,95	31,97	31,92
CV (%)	6,11	5,05	4,46	8,77	4,69

* Letras maiúsculas distintas na linha e letras minúsculas distintas na coluna os tratamentos diferem a 5% de probabilidade pelo teste Duncan.

Nos tratamentos SP e PC a inoculação com *A. brasilense* teve efeito positivo na produtividade do milho (Tabela 3). No PC, chegou a aumentos de 1.038, 1.573 e 962 kg ha⁻¹ para as doses 0, 50 e 100 kg de N ha⁻¹ aplicadas na pastagem, respectivamente, o que correspondeu a um acréscimo de 38, 74 e 41% de produtividade, respectivamente. Em resposta aos diferentes manejos de pastejo, a produtividade do milho foi maior no tratamento SP e menor no PC, entretanto, esse decréscimo de produtividade em função de um pastejo intenso pode ser compensado em parte pela inoculação com *A. brasilense*. Neste caso, no ano agrícola 2013/2014, a resposta da produtividade de grãos do milho em função da inoculação com *A. brasilense* foi superior, o que pode estar relacionado com o híbrido de milho utilizado (AS 1551) e a condição de estiagem que ocorreu neste ano.

Segundo Casanovas et al. (2002), a inoculação com *A. brasilense* aumenta o volume de raízes e incrementa o conteúdo de água das folhas, aliviando o estresse hídrico nas plantas de milho, o que pode reduzir em até 75% o suprimento de água para a cultura, o que justifica o melhor desenvolvimento das plantas de milho em situações de déficit hídrico. Já Quadros et al. (2014) relatam que o clima e o tipo de solo podem acarretar variação nos resultados da inoculação e cada híbrido de milho responde de forma diferente à inoculação de *Azospirillum*, o que pode estar relacionado com a relação rizosfera/bactéria, sugerindo fazer estudos de híbridos de milho que tenham melhor resposta à inoculação. Neste sentido, Rahman et al. (2006) verificaram que a maioria das espécies de *Azospirillum* tem seu crescimento ótimo em temperaturas na faixa de 35 a 37 °C e solos com pH neutro ou alcalino.

Nos tratamentos SP sem *Azospirillum* e 30 cm com *Azospirillum* houve efeito residual no N aplicado na pastagem de inverno na produtividade do milho. Uma provável explicação para este resultado, é que nestes tratamentos, em função de uma massa de forragem residual maior, o nitrogênio pode ter ficado imobilizado na palhada da aveia preta e do azevém em uma quantidade maior do que em massas residuais menores, sendo posteriormente disponibilizado para a cultura sucessora.

Tabela 3 – Produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) em um sistema de integração lavoura-pecuária no ano agrícola 2013/2014.

		Produção de grãos de milho (kg ha^{-1})				
		Manejo do Pastejo				
	N na pastagem	SP	30 cm	20 cm	10 cm	PC
Com <i>Azospirillum</i>	0 kg de N ha^{-1}	4367,72 a A	** β 2863,7 b C	3669,67 B*	3669,32 B	3752,74 a B
	50 de N ha^{-1}	4546,49 a A	β 3276,11 B	3531,63 B	3692,88 B	3685,33 a B
	100 de N ha^{-1}	4600,25 A	α 3914,48 B	3918,18 B	3889,49 B	3284,29 a C
Sem <i>Azospirillum</i>	0 de N ha^{-1}	β 2980,52 b BC	3537,9 a AB	3634,75 A	3336,93 AB	α 2714,38 b C
	50 de N ha^{-1}	α 3971,33 b A	3202,75 BC	3052,38 C	3729,97 AB	β 2111,78 b D
	100 de N ha^{-1}	α 4206,02 A	3534,26 B	3396,75 B	3466,75 B	$\alpha\beta$ 2322,23 b C

*Letras maiúsculas distintas na linha e letras minúsculas distintas na coluna os tratamentos diferem a 5% de probabilidade pelo teste Duncan. **Letras gregas apresentadas na coluna representam a diferença entre as doses de nitrogênio dentro de cada nível de inoculação e manejo do pastejo.

3.6 Conclusão

As plantas de milho são mais altas quando este é cultivado sob palhada de aveia preta e azevém na ausência de pastejo, o que favorece também a produtividade da cultura.

Em condições de estiagem o nitrogênio aplicado na pastagem favorece o desenvolvimento do milho, aumentando a altura da planta, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo. Na produtividade do milho este efeito é pronunciado nas áreas com maior massa de forragem residual.

A inoculação com *Azospirillum brasilense* teve efeito positivo sobre os componentes do rendimento e produtividade do milho independente do ano agrícola e do híbrido utilizado.

3.7 Referências bibliográficas

ALVARENGA, R. C. et al. **A cultura do milho na integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 14p. (Circular Técnica n.80).

ASSMANN, T. S. et al. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.4, p.675-683, 2003.

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

BASI, S. et al. Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n.3, p.219-234, 2011.

BERENGUER, P. et al. Nitrogen fertilisation of irrigated maize under Mediterranean conditions. **European Journal of Agronomy**, v.30, p.163-171, 2009.

CASANOVAS, E. M.; BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J. *Azospirillum* inoculation mitigates water stress effects in maize seedlings. **Cereal Research Communications**, v. 30, p.343-350, 2002.

CAVALLET, L. H. et al. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.129-132, 2000.

EMBRAPA. **Ambiente de software NTIA, versão 4.2.2: manual do usuário - ferramental estatístico**. Campinas: Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura, 1997. 258p.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.

HERINGER, I.; MOOJEN, E. L. Potencial produtivo, alterações da estrutura e qualidade da pastagem de milheto submetida a diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 875-882, 2002.

HUNGRIA, M. et al. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, n.1-2, p.413-425, 2010.

KAPPES, C. et al. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.2, p. 527-538, 2013.

MACARI, S. et al. Recria de borregas sob diferentes métodos de pastoreio em azevém anual em sucessão a lavoura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1401-1408, 2011.

MOREIRA, F. M. S. et al. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v.1, n. 2, p.74-99, 2010.

NICOLOSO, R. S.; LANZANOVA, M. E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1799-1805, 2006.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2ª edição, 1989. 422p.

NOVAKOWISKI, J. H. et al. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasiliense* na cultura do milho. **Semina, Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.1687-1698, 2011.

QUADROS, P. D. de. et al. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, v.61, n.2, p.209-218, 2014.

RAHMAN, M. M. et al. Effect of some environmental factors on the growth of *Azospirillum* species isolated from saline soils of Satkhira District, Bangladesh. **Bangladesh Journal of Microbiology**, v.23, n.2, p. 145-148, 2006.

RAJA, P. et al. Impact of bio inoculants consortium on rice root exudates, biological nitrogen fixation and plant growth. **Journal of Biological Sciences**, v.6, p.815-823, 2006.

SANDINI, I. E. et al. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v.41, n.8, p. 1315-1322, 2011.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **Microbiology Reviews**, v. 24, p. 487-506, 2000.

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

TROGELLO, E. et al. Desenvolvimento inicial e produtividade da cultura do milho no sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Ceres**, v.59, n.2, p. 286-291, 2012.

WALKER, V. et al. Host plant secondary metabolite profiling shows a complex, strain-dependent response of maize to plant growth-promoting rhizobacteria of the genus *Azospirillum*. **New Phytologist**, v.189, p.494-506, 2011.

4 CAPÍTULO IV: CULTURA DA SOJA EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*

4.1 Resumo

Objetivou-se com este trabalho avaliar os parâmetros fitomorfológicos da cultura da soja em um sistema de integração lavoura-pecuária e inoculados com *Azospirillum brasilense*. O experimento foi conduzido em Santa Maria, em dois agrícolas (2012/2013 e 2013/2014), num delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições. No período de inverno a pastagem de aveia preta e azevém foi manejada com ovinos em diferentes sistemas de pastejo: (I) - pastejo convencional (PC), onde os animais permaneciam na pastagem por todo o período experimental sem um controle da altura da pastagem, (II,III e IV) - altura da pastagem na saída dos animais de 10, 20 e 30 cm e uma testemunha sem pastejo (SP), três doses de nitrogênio (0, 50 e 100 kg ha⁻¹) e com ou sem inoculação (*Azospirillum brasilense*). A semeadura da soja foi realizada em semeadura direta em 16 de novembro de 2012 e 01 de dezembro de 2013, utilizando-se a cultivar BMX Potência RR. Em cada parcela, se utilizou sete fileiras de plantas com espaçamento de 0,45 m, sendo que em quatro fileiras as sementes foram inoculadas com a bactéria *Azospirillum brasilense*. Foram avaliados variáveis fitomorfológicas e a produtividade de grãos. Em sistema de integração lavoura-pecuária a cultura da soja possui melhores produtividades quando estabelecida sobre pastagem de aveia preta e azevém manejadas com alturas de pastejo entre 20 e 30 cm. As áreas sob pastejo convencional no inverno proporcionam plantas de soja menores, com menores inserções de primeira e última vagem. A inoculação com *Azospirillum brasilense* não deve ser usada isoladamente na cultura da soja.

Palavras-chave: Pastejo. Nitrogênio. Promotores de crescimento. *Glycine max*.

4.2 Abstract

The objective of this study was to evaluate the morphologic parameters of the soybean crop in a crop-livestock integration system and inoculated with *Azospirillum brasilense*. The experiment was conducted in Santa Maria, in two agricultural (2012/2013 and 2013/2014), in a randomized complete block design with three replications. In the winter period the oat and ryegrass was managed with sheep grazing in different systems: (I) - conventional grazing (PC), where the animals remained in the pasture throughout the trial without a control of the grass height, (II, III and IV) - height of the pasture in the removal of the animals from 10, 20 and 30 cm and a control without grazing (SP), three nitrogen rates (0, 50 and 100 kg ha⁻¹) and with or without inoculation (*Azospirillum brasilense*). The soybean sowing was carried out in no-till system on November 16, 2012 and December 1, 2013, using the growing power BMX RR. In each plot, we used seven rows of plants spaced 0.45 m, and in four rows seeds were inoculated with bacteria *Azospirillum brasilense*. They were evaluated morphologic variables and grain yield. In integrated crop-livestock system the soybean crop has the best yield when established on oat and ryegrass pasture managed with heights between 20 and 30 cm. The areas under conventional grazing in winter provide smaller soybean plants with smaller inserts first and last pod. Inoculation with *Azospirillum brasilense* should not be used alone in the soybean crop.

Key words: Grazing. Nitrogen. Growth promoters. *Glycine max*.

4.4 Introdução

A expansão da soja no Rio Grande do Sul é crescente, principalmente em áreas antes ocupadas com o cultivo do arroz e pecuária de corte. O aumento da área cultivada foi de 7% na última safra (2013/2014) em relação ao ano anterior (CONAB, 2014). Com a utilização de leguminosas como a soja, o sistema se beneficia, pois a decomposição da palhada da soja libera nutrientes, principalmente o nitrogênio, possibilita a rotação de culturas e melhora os aspectos ligados aos manejos fitossanitários e fertilidade do solo (ARF et al., 1999).

No entanto, o uso integrado das áreas é bastante discutido, tendo como principal entrave as questões relacionadas a física do solo e a compactação do solo (LANZANOVA et al., 2007; SPERA et al., 2004), principalmente na camada superficial do solo (até 5 cm de profundidade). A maior intensidade de pastejo aumenta os valores de densidade do solo, reduzindo os valores de macroporosidade e porosidade total, a permeabilidade e a taxa de infiltração de água no solo. Entretanto, há evidências que o manejo da pastagem, dos animais e tipo de solo são determinantes para evitar danos à estrutura dos solos (LOPES et., 2009).

No sistema de integração lavoura-pecuária com a cultura da soja é necessário o entendimento de quanto de biomassa de forragem residual deve permanecer sobre o solo após a saída dos animais que não comprometeria a produtividade do sistema (LUNARDI et al., 2008; LOPES et al., 2009), e o que isto representaria em termos de altura de manejo do pastejo. Em sistema de pastejo contínuo Lopes et al. (2009) e Silva et al. (2014) avaliaram diferentes alturas de pastejo (10, 20, 30 e 40 cm e sem pastejo) em aveia preta e azevém e não constataram diferenças quanto a produtividade da soja. Já Lunardi et al. (2008) verificaram que a produtividade da soja foi maior quando utilizada baixa intensidade de pastejo com cordeiros, e que o método de pastejo contínuo ou rotativo não é determinante sobre a produtividade.

Na soja, a fixação biológica supre toda a demanda nitrogenada por meio da interação com a bactéria *Bradyrhizobium* (HUNGRIA et al., 2005), gerando uma economia anual aproximada de US\$ 7 milhões em fertilizantes nitrogenados (HUNGRIA et al., 2013), preservando o ambiente produtivo e evitando a contaminação dos lençóis freáticos.

Outro grupo de microrganismos são as bactérias associativas, capazes de promover o crescimento das plantas por diversos processos biológicos, e entre elas se destaca as do gênero *Azospirillum*. Estes microrganismos podem promover o crescimento vegetal por diversos processos biológicos incluindo a fixação biológica de nitrogênio (ASHRAF et al., 2011), produção de fito-hormônios como o ácido indol acético (KUSS et al., 2007), indução da planta a resistência a doenças (CORREA et al., 2008), melhorias em parâmetros fotossintéticos, como teor de clorofila e condutância estomática (BARASSI et al., 2008), maior desenvolvimento do sistema radicular (BASHAN et al., 2004), o que resulta em maior potencial de absorção de água e nutrientes, tornando as plantas menos susceptíveis a períodos de estresse (STEENHOUDT; VANDERLEYDEN, 2000). Nas culturas de milho e trigo tem-se verificado respostas positivas para a inoculação com *Azospirillum brasilense*, como verificado em estudos realizados na Argentina, onde houve aumento médio na produtividade de 256 kg ha⁻¹ para a cultura do trigo em 76% dos casos, e em milho 85% dos casos

responderam positivamente, com um aumento médio na produtividade de 472 kg ha⁻¹ (DÍAZ-ZORITA; FERNANDEZ CANIGIA 2008).

Na cultura da soja, alguns resultados mostraram a viabilidade da utilização de *A. brasilense* quando em co-inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* (HUNGRIA et al., 2013) indicando que inoculantes podem ser utilizados em uma ampla gama de sistemas agrícolas, substituindo a aplicação de nitrogênio mineral. No entanto, a aplicação prática da inoculação com *A. brasilense* ainda representa uma incógnita devido à inconsistência dos resultados (BALDANI; BALDANI, 2005).

Objetivou-se com este estudo avaliar os parâmetros fitomorfológicos da cultura da soja submetida ao sistema de integração lavoura-pecuária inoculada com *A. brasilense*.

4.4 Material e métodos

O experimento foi conduzido em dois anos agrícolas (2012/2013 e 2013/2014), na localidade de Estância Velha, distrito de Boca do Monte, no município de Santa Maria, região central do Rio Grande do Sul – RS, com coordenadas geográficas 29°41'51,07''S 54°02'30,42''O, e altitude de 195 metros. O clima da região é Cfa, subtropical úmido, segundo a classificação de Köppen (NIMER, 1989). A área utilizada foi de aproximadamente 0,36 ha, em um sistema integração lavoura-pecuária, com pastagem formada por um consórcio de aveia preta e azevém no período de inverno, e a cultura da soja no verão.

O solo do local do experimento é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2006), e sua análise química apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl₂) = 4,10; M.O. (g dm⁻³) = 21,44; P (mg dm⁻³) = 1,79; K (cmolc dm⁻³) = 0,80; Cu (mg dm⁻³) = 1,19; Fe (mg dm⁻³) = 175,78; Zn (mg dm⁻³) = 1,36; Mn (mg dm⁻³) = 118,23; Al³⁺ (cmolc dm⁻³) = 0,96; H+Al (cmolc dm⁻³) = 6,21; Ca (cmolc dm⁻³) = 1,82; Mg (cmolc dm⁻³) = 1,13; Índice SMP = 5,70; SB (cmolc dm⁻³) = 3,75; V (%) = 37,65; Sat. Al (%) = 20,38.

No sistema ILP realizado no inverno (culturas de aveia preta e azevém) foram estabelecidos os seguintes manejos: (I) - pastejo convencional (PC), onde os animais permaneciam na pastagem por todo o período experimental sem um controle da altura da pastagem, (II) - altura da pastagem na saída dos animais de 30 cm (A30), (III) - altura da pastagem na saída dos animais de 20 cm (A20), (IV) - altura da pastagem na saída dos animais de 10 cm (A10) e (V) - Sem pastejo (SP). Os animais utilizados para o pastejo foram

ovinos da raça Corriedale, com idade média de um ano, sendo utilizados cinco ovinos por unidade experimental. No fator manejo da adubação nitrogenada, as unidades experimentais foram manejadas da seguinte forma: sem adubação nitrogenada; 50 kg de nitrogênio ha⁻¹ e 100 kg de nitrogênio ha⁻¹.

No ano de 2012 as massas de forragem residuais foram de 3.287, 2.247, 2.088, 1.723, e 1.186 kg de MS ha⁻¹, para os tratamentos SP, 30 cm, 20 cm, 10 cm e PC, respectivamente. Já no ano de 2013 as massas de forragem residuais foram de 4.146, 2.414, 2.252, 1.277, e 1.182 kg de MS ha⁻¹, para os tratamentos SP, 30 cm, 20 cm, 10 cm e PC, respectivamente. Sobre as parcelas experimentais resultantes do inverno instalou-se o experimento de verão onde cada parcela tinha 4x4 metros. O experimento foi realizado segundo o delineamento blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos constituíram-se da semeadura da soja (com e sem inoculação *A. brasiliense*) semeadas sobre as parcelas com os manejos de inverno anteriormente descritos.

A semeadura foi realizada em semeadura direta em 16 de novembro de 2012 e 01 de dezembro de 2013. Foi utilizado a cultivar BMX Potência RR. Para a cultura da soja, utilizaram-se sete fileiras com espaçamento de 0,45m entre fileiras e população de 350.000 plantas ha⁻¹, sendo que em quatro fileiras as sementes foram submetidas a inoculação com a bactéria *A. brasiliense* (estirpes Abv5 e Abv6), numa concentração de 2 x 10⁸ unidades formadoras de colônia por mL de produto, onde foi utilizado 5 mL do inoculante líquido para cada quilo de semente, sendo que em três fileiras não foi realizada a inoculação das sementes. Não foi utilizada a inoculação com a bactéria *Bradyrhizobium*. Para a adubação de base se utilizou 350 kg ha⁻¹ de adubo da fórmula 05-20-20 de NPK. Os demais tratamentos culturais aplicados foram realizados segundo as recomendações técnicas para a cultura da soja.

Nos dois anos agrícolas, foram realizadas avaliações de altura de inserção da primeira vagem (AIPV) e da última vagem (AIUV) em cinco plantas de cada parcela, colhidas aleatoriamente. Destas cinco plantas foi verificado o número de vagens em cada planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e realizada a pesagem dos grãos para determinar a massa de mil grãos (MMG). Para avaliação da produtividade, foram colhidas manualmente as plantas em três fileiras com dois metros de comprimento, debulhadas com uma trilhadora, sendo efetuada a pesagem dos grãos e os valores corrigidos a 13% de umidade, expressos em kg ha⁻¹. Posteriormente, estimou-se a massa de mil grãos, sendo os dados expressos em gramas, corrigidos para 13% de umidade.

Os dados foram submetidos à análise da variância e quando significativos, foi realizada a comparação de médias pelo teste Duncan com 5% de probabilidade de erro. Para estas análises, foi utilizado o software estatístico SOC (EMBRAPA, 1997).

4.5 Resultados e discussão

No ano agrícola de 2012/2013, não houve interação para as variáveis AIPV, AIUV, NGV e MMG sendo necessário o estudo dos efeitos principais de cada tratamento (Tabela 1). A AIPV foi menor quando a pastagem foi manejada em PC, o que também foi verificado para AIUV. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que o pastejo intenso significa a manutenção de um índice de área foliar baixo que resulta em menor produção de biomassa da parte aérea (BALBINOT JUNIOR et al., 2009) e das raízes das plantas forrageiras, o que pode limitar a absorção de nutrientes, a infiltração de água no solo, as trocas gasosas e consequentemente o desenvolvimento da cultura sucessora. Este componente do rendimento tem grande influência na produtividade, pois quanto menor a altura de inserção de vagem, maiores são as perdas mecânicas no momento da colheita, já que a plataforma de corte da colhedora atua a uma altura mínima da superfície (NEPOMUCENO et al., 2007). A altura de inserção da última vagem (AIUV) está relacionada com a altura das plantas, portanto no PC as plantas de soja foram mais baixas, e isto é explicado pela condição de manejo dos animais, pois permaneciam por mais tempo nas parcelas, o que pode ter alterado os atributos físicos do solo e pela menor massa de forragem residual deste tratamento, o que não é preconizado quando se usa o sistema de semeadura direta (NICOLOSO et al., 2006).

No ano agrícola 2013/2014 houve interações duplas (manejo do pastejo x doses de N na pastagem, manejo do pastejo x inoculação e doses de N na pastagem x inoculação) para AIPV (Tabela 1). Para o fator manejo do pastejo verifica-se que no tratamento SP as plantas tiveram maiores valores de AIPV e AIUV, e como consequência foram plantas mais altas. As condições ambientais em que o experimento se desenvolveu prejudicaram o desenvolvimento da cultura, pois logo após a semeadura teve um período de estiagem. Os efeitos das alterações causados pelo pisoteio animal, nos atributos físicos do solo, fazendo com que esses se tornem prejudiciais ao desenvolvimento da cultura de verão, são potencializados pela condição de restrição hídrica (FLORES et al., 2007). Portanto, na condição onde não foi pastejado tinha-se uma maior massa de forragem residual, favorecendo a manutenção de umidade do solo por

mais tempo. Entretanto, isso não se refletiu nos valores de produtividade de grãos, já que a soja possui mecanismos de compensação (ANDRADE; ABBATE, 2005), ou seja, plantas mais baixas ramificam mais, aumentando o número de vagens por planta e consequentemente a produtividade.

Quanto ao efeito residual do nitrogênio aplicado na pastagem não se teve uma resposta padrão para os valores de AIPV, variando em função do tipo de manejo do pastejo aplicado e inoculação. Já para AIUV, quando as sementes foram inoculadas com *A. brasilense*, houve efeito residual do nitrogênio aplicado na pastagem, pois quando se utilizou 50 e 100 kg de N ha⁻¹ os valores de AIUV foram maiores. Para o fator inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* os valores de AIPV e AIUV não foram diferentes ou foram inferiores quando do uso da inoculação, variando esta resposta em função dos manejos de pastejos e das doses de N da pastagem. A ausência de resultados positivos da inoculação pode ser explicado pelas características químicas do solo do experimento, já que este tipo de microrganismo tem seu maior crescimento em valores de pH entre 7 a 8 (RAHMAN et al., 2006), e também pelo fato da área já ter sido cultivada com a cultura da soja em anos anteriores, e em consequência ter uma população de microrganismos específicos para a cultura no solo, fazendo com que haja uma competição por espaço e alimentos com *Azospirillum*, dificultando sua associação com plantas de soja. Em solos cultivados anteriormente, as populações de *Bradyrhizobium* existentes já apresentam estirpes eficientes em números adequados e altamente competitivas por sítios de infecção. Portanto, a resposta à inoculação das sementes é observada somente em áreas novas ao cultivo de soja (BÁRBARO et al., 2009).

No ano agrícola 2012/2013, o número de grãos por vagem (NGV) foi menor nas áreas que não foram pastejadas (SP), o que não refletiu na produtividade de grãos, pois no número de vagens por planta esse tratamento foi igual ou superior aos demais (Tabela 1). Já no ano agrícola 2013/2014 o número de grãos por vagem não diferiu entre os tratamentos, apresentando valor médio de 2,33 grãos por vagem. Entre os componentes de produtividade de grãos, o número de grãos por vagem é o que apresenta menor variação entre diferentes situações de cultivo, demonstrando uma estabilidade das cultivares (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

A massa de mil grãos (MMG) não diferiu entre os tratamentos no ano agrícola 2012/2013, apresentando valor médio de 139,66 g. Para o ano agrícola 2013/2014 não houve interação entre os tratamentos para MMG, sendo que para o fator manejo do pastejo maiores valores de MMG de soja foram verificados nos tratamentos SP, 30 cm e PC e valores menores para os tratamentos 10 e 20 cm. Com este resultado verifica-se que tanto numa condição onde

se tinha mais massa de forragem residual (SP) ou em menos massa de forragem residual (PC), o enchimento de grãos não foi afetado. Ao contrário, Lunardi et al. (2008) verificaram que os maiores valores de massa de mil grãos foram em áreas que foram pastejadas no inverno, com valores da ordem de 136,1 g. Não houve efeito residual do nitrogênio aplicado na pastagem na MMG. Já para a inoculação com *A. brasilense* houve efeito negativo para MMG, com menores valores para as plantas inoculadas.

Tabela 1 – Altura de inserção de primeira vagem (AIPV,cm), altura de inserção da última vagem (AIUV,cm), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (MMG,g) da cultura da soja em sistema de integração lavoura-pecuária.

Soja 2012/2013						
		AIPV (cm)	AIUV (cm)	NGV	MMG (g)	
Manejo do pastejo	SP	12,82 bc*	76,25 a	2,25 b	Média	139,66
	30 cm	14 a	75,42 a	2,32 a	CV (%)	6,71
	20 cm	13,42 abc	73,67 a	2,34 a		
	10 cm	13,75 ab	75,36 a	2,38 a		
	PC	12,49 c	68,45 b	2,35 a		
N na pastagem	0 kg ha ⁻¹	13,18	73,34	2,34		
	50 kg ha ⁻¹	13,4	74,69	2,33		
	100 kg ha ⁻¹	13,31	73,46	2,31		
Inoculação (soja)	Com <i>Azospirillum</i>	13,17	74,21	2,33		
	Sem <i>Azospirillum</i>	13,42	73,45	2,32		
	Média	13,3	73,83	2,33		
	CV (%)	14,56	9,3	7,04		
Soja 2013/2014						
Altura de inserção de primeira vagem (AIPV, cm)						
Manejo do Pastejo						
N na pastagem		PC	30 cm	20 cm	10 cm	SP
	0 kg ha ⁻¹	8,85 ab D	11,89 BC	12,99 AB	10,31 a CD	14,43 b A
	50 kg ha ⁻¹	7,14 b D	10,25 C	14,52 B	8,17 b D	16,57 a A
	100 kg ha ⁻¹	9,44 a C	10,19 C	13,05 B	9,02 ab C	15,85 ab A
Inoculação (soja)	Com <i>Azospirillum</i>	8,34 D	10,07 C	13,08 B	7,61 b D	15,81 A
	Sem <i>Azospirillum</i>	8,61 C	11,48 B	13,96 A	10,72 a B	15,42 A
Inoculação (soja)	N na pastagem	0 kg ha ⁻¹	50 kg ha ⁻¹	100 kg ha ⁻¹		
	Com <i>Azospirillum</i>	10,73 b	10,51 b	11,7		
	Sem <i>Azospirillum</i>	12,65 a	12,14 a	11,32		
Altura de inserção de última vagem (AIUV, cm)						
Manejo do Pastejo						
N na pastagem		PC	30 cm	20 cm	10 cm	SP
	0 kg ha ⁻¹	59,11 a D	70,67 BC	74,95 AB	65,07 C	78,52 b A
	50 kg ha ⁻¹	50,88 b D	69,77 BC	73,77 AB	66,5 C	87,93 a A
	100 kg ha ⁻¹	57,68 a D	69,84 B	76,73 A	63,45 C	81,66 b A
Inoculação (soja)	N na pastagem	0 kg ha ⁻¹	50 kg ha ⁻¹	100 kg ha ⁻¹		
	Com <i>Azospirillum</i>	65,09 b B	66,05 b AB	69,06 A		
	Sem <i>Azospirillum</i>	74,24 a	73,50 a	70,68		
Massa de mil grãos (g)						
Manejo do pastejo		N na pastagem		Número de grãos por vagem (NGV)		
PC	126,88 ab	0 kg ha ⁻¹	125,5	Média	2,33	
30 cm	128,90 ab	50 kg ha ⁻¹	127,28	CV (%)	7,22	
20 cm	124,37 b	100 kg ha ⁻¹	128,2			
10 cm	122,47 b	Com <i>Azospirillum</i>	122,00 b			
SP	132,34 a	Sem <i>Azospirillum</i>	131,99 a			

*Letras maiúsculas distintas na linha e letras minúsculas distintas na coluna os tratamentos diferem a 5% de probabilidade pelo teste Duncan.

No ano agrícola 2012/2013, as áreas que não foram pastejadas tiveram maiores valores de NVP na maioria das combinações de tratamentos, o que não refletiu na produtividade de grãos, que foi semelhante aos demais manejos (Tabela 2), pois o número de grãos por vagem

foi menor neste tratamento (Tabela 1). O número de vagens por planta é o componente do rendimento que mais sofre modificações pela utilização de práticas de manejo diferenciadas, entretanto a soja apresenta alta plasticidade (SILVA et al., 2014), ou seja, capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia da planta e nos componentes do rendimento. Foi verificado efeito residual do nitrogênio aplicado na pastagem no NVP no tratamento PC, que teve maiores valores de número de vagens quando foi aplicado 100 kg de N ha⁻¹, ao contrário do tratamento SP, que teve menores valores. A explicação para este resultado está no fato de que a maior massa de forragem residual no tratamento sem pastejo, provavelmente tenha imobilizado maior quantidade de nutrientes do que nas áreas pastejadas, onde ocorre transformação da forragem em urina e fezes, acelerando o processo de ciclagem de nutrientes no sistema (LUNARDI et al. 2008). A transferência de N da pastagem via urina e fezes dos animais para a cultura sucessora diminuiu os efeitos de imobilização do nutriente na palha, favorecendo a reciclagem do N no sistema.

Os resultados de produtividade de grãos não tiveram um comportamento padrão quanto aos tratamentos aplicados, dependendo das condições ambientais de cada ano agrícola. No ano agrícola de 2012/2013 a produtividade da soja não teve variação em função dos manejos de pastejo (Tabela 2). Vale ressaltar que neste ano agrícola as condições climáticas foram favoráveis para o desenvolvimento da cultura da soja. Resultados semelhantes foram verificados por Silva et al. (2014), em que diferentes alturas de pastejo com bovinos em sistema de pastejo contínuo não tiveram efeito sobre a produtividade da soja cultivada em sucessão, os quais atribuíram este resultado as condições climáticas favoráveis e pela soja ser uma cultura rústica que tem alguma elasticidade para se adaptar a diferentes estratégias de pastejo durante o inverno, desde que a qualidade do solo não seja severamente reduzida.

Já no ano agrícola de 2013/2014 foi verificado que a produtividade de grãos foi superior nas áreas onde o pastejo foi menos intenso (20 e 30 cm) e nas áreas que não foram pastejadas (SP). Convém salientar que no ano agrícola de 2013/2014 ocorreu uma estiagem logo após a semeadura da soja e que as produtividades da soja foram inferiores quando comparadas com as de 2012/2013. Supõem-se que onde havia maior massa de forragem residual, a umidade do solo foi mantida por mais tempo, favorecendo o desenvolvimento da cultura. Lopes et al. (2009) ressaltam que a menor cobertura do solo nos tratamentos de menor altura de manejo não somente acarreta uma umidade menor, mas também permite uma maior infestação por plantas indesejáveis. Esses resultados corroboram com os verificados por Nicoloso et al. (2006), que obtiveram redução na produtividade de grãos de soja com o

aumento da frequência de pastejo de bovinos sob pastagem de aveia preta e azevém, sendo que o intervalo entre pastejos de 14 dias reduziu a produtividade da soja em mais de 780kg ha⁻¹ em relação ao tratamento que não recebeu pastejo no inverno. Já, Lunardi et al. (2008), mesmo em condição de déficit hídrico verificaram valores maiores de NVP em áreas que foram pastejas, sendo que a combinação de NVP e MMG determinaram rendimento 32,5% superior nessas áreas, concluindo que presença de pastejo por cordeiros em azevém, em sistema de integração lavoura-pecuária, favoreceu o rendimento de soja.

Quanto ao efeito residual do nitrogênio aplicado na pastagem não foi verificado uma resposta padrão na produtividade da soja. O nitrogênio em forma de amônio (NH₄⁺) originado das formulações de adubos minerais é preferencialmente absorvido pelas plantas juntamente com o nitrato (NO₃⁻). O amônio interfere no desenvolvimento e na sobrevivência das bactérias no solo, prejudicando o funcionamento do complexo enzimático nitrogenase da bactéria, diminuindo a fixação biológica de nitrogênio, que é um processo natural da cultura da soja (RUDNICK et al., 1997).

A produtividade de grãos de soja foi semelhante ou superior nos tratamentos onde não foi usada inoculação com *A. brasilense*. Resultados semelhantes foram verificados por Bárbaro et al. (2009), onde a co-inoculação de *A. brasilense* com *Bradyrhizobium* não promoveu incremento na maioria dos parâmetros avaliados, principalmente na produtividade da soja quando cultivada em área já estabelecida com a cultura. Fatores como as condições de umidade, de fertilidade, de interação com os outros microrganismos do solo, e primordialmente, de interação com a planta, devido às características genéticas intrínsecas, as quais produzem diferentes substâncias nos seus exsudados, podem justificar os resultados inferiores da inoculação. Outra explicação está no fato de que na condição de baixo nível de N no solo a associação com a bactéria *A. brasilense* pode representar um alto custo para a planta, uma vez que essas bactérias são extremamente dependentes das fontes de carbono disponibilizadas pela planta, e todos os fatores que influenciam as bactérias a ela associadas (BALDANI; BALDANI, 2005).

Os resultados sugerem que a presença de ovinos sob pastejo em intensidades moderadas não prejudicam o cultivo subsequente da soja, possibilitando aumento da renda do produtor pela oportunidade de utilização das áreas durante a entressafra. A inoculação de *A. brasilense* na cultura da soja não se mostrou uma prática eficiente para aumentos de produtividade, o que nos remete sugerir a realização de mais experimentos em diversas condições de manejo e com mais cultivares analisadas, já que a perfeita associação entre

planta e bactéria é dependente das condições ambientais, de solo e da própria interação entre microrganismo/hospedeiro.

Tabela 2 – Número de vagens por planta (NVP) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) da cultura da soja em sistema de integração lavoura-pecuária.

Soja 2012/2013						
Número de vagens por planta						
Manejo do Pastejo						
	N na pastagem	PC	30 cm	20 cm	10 cm	SP
Com <i>Azospirillum</i>	0 kg ha ⁻¹	**β 61,5 BC	57,91 C*	α 78,75 a A	α 72,98 a AB	α 80,6 A
	50 kg ha ⁻¹	α 90,05 a A	57,9 B	β 57,45 B	αβ 62,1 B	α 86,5 A
	100 kg ha ⁻¹	α 85,15 a A	55,9 a B	α 83,41 a A	β 54,1 B	β 65,15 B
Sem <i>Azospirillum</i>	0 kg ha ⁻¹	β 50,93 B	48,55 B	46,8 b B	β 50,00 b B	α 80,5 A
	50 kg ha ⁻¹	β 55,83 b B	48,05 B	56,85 B	α 68,96 A	αβ 74,86 A
	100 kg ha ⁻¹	α 70,25 b A	43,7 b C	50,7 b BC	β 54,8 BC	β 63,15 AB
Produção de grãos de soja (kg ha ⁻¹)						
Com <i>Azospirillum</i>	0 kg ha ⁻¹	α 3171,65 AB	3023,88 AB	2771,02 b B	3028,33 AB	αβ 3261,58 A
	50 kg ha ⁻¹	α 3106,58	3075,5	2992,42	2945,11 b	β 2843,02 b
	100 kg ha ⁻¹	β 2452,10 b C	2935,38 b B	2835,66 CB	3065,94 AB	α 3382,48 A
Sem <i>Azospirillum</i>	0 kg ha ⁻¹	2912,04 B	3359,22 A	α 3473,24 a A	αβ 207,82 AB	β 2843,36 B
	50 kg ha ⁻¹	3236,15 AB	3352,3 AB	β 2945,91 B	α 3517,48 a A	α 3478,45 a A
	100 kg ha ⁻¹	3055,04 a AB	3510,81 a A	αβ 3128,72 AB	β 3013,03 B	α 3387,71 AB
Soja 2013/2014						
Número de vagens por planta						
Com <i>Azospirillum</i>	0 kg ha ⁻¹	α 96,45 A	85,65 AB	α 89,06 A	81,7 AB	β 70,73 B
	50 kg ha ⁻¹	β 64,21 b C	97,85 a A	β 70,63 C	90,55 b AB	β 77,16 BC
	100 kg ha ⁻¹	β 71,7 B	86,18 AB	αβ 81,33 b AB	84,26 AB	α 94 A
Sem <i>Azospirillum</i>	0 kg ha ⁻¹	86,61 AB	91,2 AB	α 99,43 A	β 93,96 AB	76,7 B
	50 kg ha ⁻¹	93,43 a B	77,11 b B	β 78,6 B	α 115,98 a A	80,56 B
	100 kg ha ⁻¹	77,4 B	77,26 B	α 105,5 a A	β 80,83 B	82,9 B
Produção de grãos de soja (kg ha ⁻¹)						
Com <i>Azospirillum</i>	0 kg ha ⁻¹	α 1897 ABC	2269,52 A	2173,92 b AB	β 1639,9 C	β 1816,39 b BC
	50 kg ha ⁻¹	β 1089,24 b B	2243,07 A	2487,63 A	α 2082,74 A	α 2335,77 A
	100 kg ha ⁻¹	α 2131,27	2163,51 b	2331,76 a	αβ 2028,62	α 2227,72
Sem <i>Azospirillum</i>	0 kg ha ⁻¹	1991,18 BC	2265,22 AB	α 2584,70 a A	1788,05 C	2461,06 a A
	50 kg ha ⁻¹	2177,66 a	2433,69	α 2212,59	2048,95	2332,52
	100 kg ha ⁻¹	2258,61 AB	2572,99 a A	β 1771,14 b C	2073,7 BC	2431,56 AB

*Letras maiúsculas distintas na linha e letras minúsculas distintas na coluna os tratamentos diferem a 5% de probabilidade pelo teste Duncan. **Letras gregas apresentadas na coluna representam a diferença entre as doses de nitrogênio dentro de cada nível de inoculação e manejo do pastejo.

4.6 Conclusões

A cultura da soja possui melhores produtividades em sistema de integração lavoura-pecuária quando estabelecida sob pastagem de aveia preta e azevém manejadas com alturas de pastejo entre 20 e 30 cm. As áreas sob pastejo convencional no inverno proporcionaram plantas de soja menores, com menores inserções de primeira e última vagem.

A inoculação com *Azospirillum brasilense* de forma isolada não é indicada para a cultura da soja.

4.7 Referências bibliográficas

ANDRADE, F. H.; ABBATE, P. E. Response of maize and soybean to variability in stand uniformity. **Agronomy Journal**, v.97, p.1263-1269, 2005.

ARF, O. et al. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p. 2029-2036, 1999.

ASHRAF, M. A.; RASOOL M.; MIRZA, M. S. Nitrogen fixation and indole acetic acid production potential of bacteria isolated from rhizosphere of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Advances in Biological Research**, v.6, p.348-355, 2011.

BALBINOT JUNIOR, A. A. et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1925-1933, 2009.

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.77, p.549-579, 2005.

BARASSI, C.A. et al. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: **Asociación Argentina de Microbiología**, 2008. p.49-59.

BÁRBARO, I. M. et al. Produtividade da soja em resposta a inoculação padrão e co-inoculação. **Colloquium Agrariae**, v.5, n.1, p.1-7, 2009.

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

CASSÁN, F. D; GARCIA DE SALAMONE, I. (eds) ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, 266 p., 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Séries históricas**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos. Acesso em: 03 de dezembro de 2014.

CORREA, O. S. et al. *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSAN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina*. Argentina: **Asociación Argentina de Microbiología**, 2008. p.87-95

DÍAZ-ZORITA M., FERNANDEZ CANIGIA M. V. Análisis de la producción de cereales inoculados con *Azospirillum brasilense* en la República Argentina. In: Cassán FD, Garcia de Salamone I (eds) ***Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina***. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, p.153–164, 2008.

EMBRAPA. **Ambiente de software NTIA, versão 4.2.2: manual do usuário - ferramental estatístico**. Campinas: Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura, 1997. 258p.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.

FLORES, J. P. C. et al. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.31, p. 771-780. 2007.

HUNGRIA M. et al. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. In: Newton WE (ed) **Nitrogen fixation: origins, applications and research progress**, v.4, Werner W, Newton WE (Ed) Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment. Springer, Dordrecht, Amsterdam, p. 25-42, 2005.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v.49, p.791-801, 2013.

KUSS, A. V. et al. Fixação de nitrogênio e produção de ácido indolacético in vitro por bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1459-1465, 2007.

LANZANOVA, M. E. et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1131-1140, 2007.

LOPES, M. L. T. et al. A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1499-1506, 2009.

LUNARDI, R. et al. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.795-801, 2008.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento dos grãos**. UFRGS, Departamento de plantas de Lavoura da Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005. 31p.

NEPOMUCENO, M. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, v.25, n.1, p.43-50, 2007.

NICOLOSO, R. S.; LANZANOVA, M. E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1799-1805, 2006.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2ª edição, 1989. 422p.

RUDNICK, P. et al. Regulation of nitrogen fixation by ammonium in diazotrophic species of proteobacteria. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29,p. 831-841, 1997.

SILVA, F. D. et al. Pasture grazing intensity and presence or absence of cattle dung input and its relationships to soybean nutrition and yield in integrated crop–livestock systems under no-till. **European Journal of Agronomy**, v. 57, p. 84-91, 2014.

SPERA, S. T. et al. Efeito de pastagens de inverno e de verão em características físicas de solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1193-1200, 2004.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **Microbiology Reviews**, v. 24, p. 487-506, 2000.