

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Júlia Fernandes Aires

**PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DO CAPIM ELEFANTE
INOCULADO COM *Azospirillum brasilense* EM DIFERENTES
SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Santa Maria, RS
2020

Júlia Fernandes Aires

**PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DO CAPIM ELEFANTE INOCULADO
COM *Azospirillum brasilense* EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal/Bovinocultura de Leite, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestra em Zootecnia**.

Orientador: Prof. Dr. Clair Jorge Olivo

Santa Maria, RS
2020

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Aires, Júlia Fernandes
PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DO CAPIM ELEFANTE
INOCULADO COM *Azospirillum brasilense* EM DIFERENTES
SISTEMAS DE PRODUÇÃO / Júlia Fernandes Aires.- 2020.
43 p.; 30 cm

Orientador: Clair Jorge Olivo
Coorientador: Fernando Luiz Ferreira de Quadros
Priscila Flôres Aguirre
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Zootecnia, RS, 2020

1. Bactérias diazotróficas 2. *Pennisetum purpureum*
Schum 3. Produção orgânica 4. Vacas em lactação I. Olivo,
Clair Jorge II. Priscila Flôres Aguirre, Fernando Luiz
Ferreira de Quadros III. Título.

Júlia Fernandes Aires

**PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DO CAPIM ELEFANTE INOCULADO
COM *Azospirillum brasilense* EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal/Bovinocultura de Leite, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestra em Zootecnia**

Aprovada em 26 de fevereiro de 2020:

Clair Jorge Olivo, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Fernando Luiz Ferreira de Quadros, Dr. (UFSM)

Priscila Flôres Aguirre, Dr^a. (IFSC)

Santa Maria, RS
2020

AGRADECIMENTOS

A alguma divindade superior que nos guie nessa vida, por estar sempre comigo, mostrando-me o melhor caminho a seguir na busca do cumprimento dos meus objetivos.

A minha família meu pai Ezequiel, minha mãe Elenara, meus irmãos Anderson, Micheli e Eduarda e meu cunhado Giane por sempre estarem ao meu lado nos momentos mais difíceis, amo vocês mais que tudo nessa vida, obrigada por todo o apoio, eu não sei como faria sem a ajuda de vocês.

Aos meus amigos que estão comigo nos piores e melhores momentos de minha vida, meus mais sinceros agradecimentos a Mariana, Fernanda, Laura, Alexandre e Pedro.

Aos meus colegas de Laboratório, em especial ao Lucas, Alisson, Vinicius, Mauricio e Gabi, com certeza amadureci e aprendi muito com vocês e obrigada por me darem forças para seguir em frente.

Aos estagiários, que foram extremamente importantes para dar vida a este trabalho.

Ao professor Clair Jorge Olivo, pela oportunidade de convivência e por todo o conhecimento que me ensinaste em todos esses anos de orientação.

Aos membros da banca, professor Fernando Quadros e professora Priscila Aguirre, muito obrigada pela disponibilidade e pelas sugestões.

Ao secretário do programa de Pós-graduação em Zootecnia, Marcos, pelas orientações e ajuda em questões administrativas.

A CAPES pela bolsa de estudos.

A UFSM pela estrutura e qualidade de ensino proporcionada durante a vida acadêmica, e por ter sido minha casa.

A todos que mesmo não citados, mas que participaram e colaboraram para que esta conquista fosse possível e a vida por me proporcionar sempre coisas maravilhosas, os meus mais sinceros agradecimentos.

Muito Obrigada!

“Eu costumava achar que eu era a pessoa mais estranha do mundo, mas aí eu pensei tem que ter alguém como eu, que se sinta bizarra e imperfeita, da mesma maneira como eu me sinto.”

Frida Kahlo

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria

PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DO CAPIM ELEFANTE INOCULADO COM *Azospirillum brasilense* EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO

AUTOR: JÚLIA FERNANDES AIRES
ORIENTADOR: CLAIR JORGE OLIVO

DATA E LOCAL DA DEFESA: SANTA MARIA, 26 DE FEVEREIRO DE 2020

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o capim elefante em dois sistemas de produção submetidos à inoculação com bactéria promotora de crescimento de plantas *Azospirillum brasilense*. No sistema orgânico, combinaram-se espécies de ciclo estival e hibernal, o capim elefante foi estabelecido em linhas, com 3 m de distância uma da outra; entre as fileiras de capim elefante, durante o período hibernal, foi semeado azevém e no período estival permitiu-se o desenvolvimento de espécies de crescimento espontâneo. Na produção convencional, o capim elefante foi cultivado de forma estreme, representação de como normalmente é feito em propriedades que utilizam esta forrageira. Foram aplicados 120 kg de N ha⁻¹ em ambos os sistemas, com adubação mineral (ureia) na produção convencional e na produção orgânica esterco bovino e cama de aviário, ambos os sistemas dividiu-se em quatro aplicações. Vacas da raça Holandesa foram utilizadas na avaliação. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em um arranjo fatorial 2x2 (sistemas x com e sem inoculação), com 3 repetições (piquetes) e com medidas repetidas no tempo (estações do ano). Durante o período experimental (366 dias), foram realizados sete pastejos no sistema orgânico e cinco pastejos no sistema convencional. Foram avaliados parâmetros da massa de forragem ao pré e pós-pastejo, produção de forragem, eficiência de pastejo, consumo aparente e taxa de lotação. Foram coletadas amostras de forragem por simulação de pastejo para determinação da matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais. A inoculação não teve efeito sobre os parâmetros da massa de forragem. A inoculação proporcionou aumentos na produção de forragem, de proteína e energia e taxa de lotação.

Palavras-chave: Bactérias diazotróficas. *Pennisetum purpureum* Schum. Produção orgânica. Vacas em lactação

ABSTRACT

Dissertation of Mastership
Animal Science Post-Graduation Program
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brazil

PRODUCTIVITY AND NUTRITIVE VALUE OF ELEPHANT GRASS INOCULATED WITH *Azospirillum brasilense* IN DIFFERENT PRODUCTION SYSTEMS

AUTHOR: JÚLIA FERNANDES AIRES

SUPERVISOR: CLAIR JORGE OLIVO

DATE AND PLACE OF DEFENSE: SANTA MARIA, FEBRUARY 26, 2020

The objective of this research was to evaluate elephant grass in two production systems subjected to inoculation of plant growth promoting bacteria *Azospirillum brasilense*. In the organic system, summer and winter cycle species were combined, elephant grass was established in lines 3 m apart; among the rows of elephant grass, during the winter period, ryegrass was sown and in the summer period the development of spontaneous growth species was allowed. In conventional production, elephant grass was cultivated alone, representing how it is done in properties that use this forage grass. Were applied 120 kg of N ha⁻¹ in both systems, with mineral (urea) in conventional production and organic fertilizer (cattle manure and poultry litter) in organic production, the fertilizers divided into four applications. Holstein cows were used in the evaluation. The experimental design was completely randomized in a 2x2 factorial arrangement (production systems x with and without *A. brasilense* inoculation), with 3 repetitions (paddocks) and with repeated measures over time (seasons). During the experimental period (366 days), seven grazing were carried out in the organic system and five grazing in the conventional system. Forage mass parameters at pre- and post-grazing, forage yield, grazing efficiency, apparent consumption and stocking rate were evaluated. Forage samples were collected by hand plucking simulation to determine organic matter, crude protein, neutral detergent fiber and total digestible nutrients. The inoculation had no effect on the parameters of forage mass. Inoculation provided increases in forage yield, protein and energy and stocking rate.

Key-words: Diazotrophic bacteria. *Pennisetum purpureum* Schum. Organic production. Lactating cows

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Massa de forragem ao pré-pastejo, composição botânica dos pastos e relação lâmina:colmo mais bainha do capim elefante. Santa Maria, 2018-2019.....	35
Tabela 2 – Massa de forragem ao pós-pastejo, composição botânica dos pastos e relação lâmina:colmo mais bainha do capim elefante. Santa Maria, 2018-2019.....	36
Tabela 3 – Produtividade e resposta do capim elefante nos distintos sistemas forrageiros. Santa Maria, 2018-2019.....	37
Tabela 4– Valor nutritivo do capim elefante nos distintos sistemas forrageiros. Santa Maria, 2018-2019.....	38
Tabela 5 – Produção de proteína e nutrientes digestíveis totais do capim elefante em dois sistemas de produção, inoculados com <i>A. brasilense</i> . Santa Maria, 2018-2019..	39

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	11
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
1.1 INTRODUÇÃO.....	11
1.2 HIPÓTESES	12
1.2.1 Hipótese geral	12
1.2.2 Hipóteses específicas	12
1.3 OBJETIVOS.....	12
1.3.1 Objetivo geral	12
1.3.2 Objetivos específicos	12
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
CAPÍTULO 2	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 ORIGEM E POTENCIALIDADES DO CAPIM ELEFANTE	14
2.2 CAPIM ELEFANTE EM DISTINTOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO E DEPENDÊNCIA DA ADUBAÇÃO.....	15
2.3 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS.....	17
2.4 <i>Azospirillum brasilense</i>	18
CAPÍTULO 3	21
PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DO CAPIM ELEFANTE INOCULADO COM <i>Azospirillum brasilense</i>, EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO	21
3.1 RESUMO	21
3.2 ABSTRACT	22
3.3 INTRODUÇÃO.....	23
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.6 CONCLUSÃO.....	32
3.7 REFERÊNCIAS	32
REFERÊNCIAS	41

CAPÍTULO 1

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 INTRODUÇÃO

Na maioria das propriedades leiteiras, as pastagens são a principal fonte de alimentos para os animais. Dentre as várias espécies perenes, pode-se destacar o capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), por seu potencial de produção e pelo seu valor nutritivo, além de boa adaptação em diferentes regiões de clima tropical e subtropical, podendo ser usado também em áreas declivosas, contribuindo para manutenção dos recursos naturais. Essa forrageira é utilizada especialmente para corte e pastejo.

A maioria das pesquisas conduzidas com essa gramínea, na sua maioria, insere-se na produção convencional, sendo seu cultivo feito de forma estreme, com produção concentrada no período estival e adubação baseada em fertilizantes químicos, especialmente de fonte nitrogenada (OLIVO et al., 2009). Alguns estudos, conduzidos com capim elefante, em sistemas de produção orgânica ou convencional, de baixos insumos, em associação com outras gramíneas e em consórcio com leguminosas (VIEIRA et al., 2019), demonstram haver melhor uso da terra, estendendo o tempo de utilização do pasto e otimizando a produção da pastagem (DIEHL et al., 2014).

A utilização de bactérias diazotróficas promotoras de crescimento de plantas também pode contribuir para tornar os sistemas mais sustentáveis. Estudos têm demonstrado que a inoculação com *A. brasilense* proporciona aumento do sistema radicular, havendo, assim, aumento significativo na absorção de nutrientes (MOREIRA et al., 2010) e na produtividade das plantas (HUNGRIA, 2011).

Nesse contexto, objetivou-se com essa pesquisa avaliar pastagens de capim elefante sob o sistema convencional, no qual essa forrageira foi estabelecida de forma estreme (forma representativa de como é feito nas propriedades que fazem uso dessa cultura) e sob o sistema orgânico, com o capim elefante cultivado em associação com outras espécies, submetido à inoculação com a bactéria promotora de crescimento *A. brasilense*.

1.2 HIPÓTESES

1.2.1 Hipótese geral

A inoculação com *A. brasilense* em pastagens de capim elefante, cultivada sob os sistemas de produção convencional e orgânico, implica em aumento da produtividade, melhora o valor nutritivo da forragem e a resposta animal.

1.2.2 Hipóteses específicas

- A inoculação altera a composição botânica dos pastos;
- A inoculação com *A. brasilense* modifica a composição morfológica do capim elefante cultivado sob os sistemas de produção convencional e orgânico, propiciando maior participação de lâminas foliares;
- A inoculação aumenta a produtividade dos pastos e melhora a resposta dos animais;
- A inoculação melhora o valor nutritivo da forragem.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a massa de forragem, a produtividade, o valor nutritivo e a resposta animal em pastagens de capim elefante cultivado em sistemas de produção convencional e orgânico, inoculados com *A. brasilense*, estirpes ab-V5 e ab-V6.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar a massa de forragem disponível (ao pré e pós-pastejo em cada ciclo de utilização);
- Avaliar a composição botânica dos pastos e a composição morfológica do capim elefante;
- Estimar a taxa de acúmulo e a produção de forragem;

- Estimar o consumo de forragem, a eficiência de pastejo e a taxa de lotação;
- Determinar a concentração de proteína bruta, de fibra em detergente neutro e estimar os nutrientes digestíveis totais da forragem.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma: No capítulo 1, são abordadas as considerações iniciais; no capítulo 2, tem-se a revisão bibliográfica, abordando os principais aspectos do capim elefante, os sistemas de produção estudados e o estudo das bactérias promotoras de crescimento de plantas; no capítulo 3, fez-se análise, apresentação dos resultados, discussão e conclusões da pesquisa experimental sobre a inoculação da bactéria *A. brasilense* nos sistemas forrageiros, tendo como base o capim elefante.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORIGEM E POTENCIALIDADES DO CAPIM ELEFANTE

O capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é originário do Continente Africano mais especificamente da África Tropical, entre 10°N e 20°S de latitude, tendo sido descoberto em 1905 pelo coronel Napier. Espalhou-se por toda África e foi introduzido no Brasil em 1920, vindo de Cuba. Hoje, encontra-se difundido nas cinco regiões brasileiras. É uma espécie tipicamente tropical, cuja expansão de seu cultivo deve-se ao seu elevado potencial de produção e por sua perenidade. Essa forrageira apresenta hábito de crescimento cespitoso, atingindo de 3 a 5 metros de altura com colmos eretos dispostos em touceira aberta ou não. Além da elevada produção de forragem, destaca-se pelo equilíbrio nutritivo, sendo cultivado em todo o Brasil, resistindo às condições climáticas desfavoráveis, como seca e frio (QUEIROZ FILHO et al., 2000).

Na região sul do País, o capim elefante apresenta grande estacionalidade em função do frio e das geadas (OLIVO et al., 2009), afetando o valor nutritivo e consequentemente limitando o desempenho animal (MEINERZ et al., 2008). No entanto, em condições climáticas mais amenas essa forrageira apresenta condições de pastejo, tanto no outono quanto no início do inverno (BRATZ et al., 2019).

O capim elefante é uma das gramíneas mais importantes no País, e vem sendo utilizado com sucesso como capineira, para produção de biomassa, e para pastejo, com objetivo de aumentar a quantidade e a qualidade da forragem produzida (MAZZARELA, 2007). Sob condições de pastejo, a produção de forragem pode atingir 32,8 t ha⁻¹ ano⁻¹, com níveis de adubação de 120 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, já em sistemas de produção orgânico, com misturas forrageiras, utilizando mesma dose de N, verificaram-se produção de 31,6 t ha⁻¹ (BRATZ et al., 2019). Resultados de experimentos com sistemas forrageiros similares “de baixos insumos”, conduzidos na mesma região demonstraram produções menores, entre 14,6 t ha⁻¹ ano⁻¹, de Diehl et al. (2013), e 18 t ha⁻¹ ano⁻¹ por Azevedo Júnior et al. (2012), ao consorciarem capim elefante com trevo vermelho. Em trabalho com mesma espécie (DALL’AGNOL et al., 2005), obtiveram, em seis cortes, produção de 17 t de MS ha⁻¹ ano⁻¹.

Para o valor nutritivo do capim elefante, na Região Central do RS, foi conduzido um experimento avaliando o capim elefante, cv. Merckeron Pinda, em condições de pastejo rotacionado, estabelecido em linhas cultivadas com espécies de crescimento espontâneo nas entrelinhas, sendo obtidos valores médios de 17,9; 52,3; 69,0 e 60,0 % respectivamente para PB, FDN, DISMO e NDT, a partir de amostras de simulação de pastejo (DIEHL et al., 2014). Normalmente ocorrem diferenças de acordo com as épocas do ano, sendo que os melhores resultados se expressam na primavera e outono, período em que há menor crescimento desta forrageira, em relação ao observado no verão (OLIVO et al., 2017).

Considerando-se a resposta animal, as pastagens de capim elefante, quando bem manejadas suprem às necessidades alimentares de vacas em lactação, para uma produção razoável de leite, entre 12 e 14 kg vaca⁻¹ dia⁻¹, em pastejo, com capacidade de suporte de 2,5 UA ha⁻¹ (DERESZ et al., 2001).

As pesquisas referenciadas demonstram o potencial de exploração do capim elefante, em diferentes sistemas de produção. Estudos que avaliam essa espécie com misturas forrageiras e no decorrer do ano agrícola são necessários, avaliando-se a produtividade, valor nutritivo e resposta animal.

2.2 CAPIM ELEFANTE EM DISTINTOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO E DEPENDÊNCIA DA ADUBAÇÃO

A agricultura convencional visa à alta produtividade, deixando em segundo plano a sustentabilidade dos sistemas produtivos. As pastagens nas propriedades leiteiras têm como estratégia de manejo sistemas convencionais de produção. Neles, geralmente as culturas são estabelecidas e manejadas de forma estreme, com adubação baseada no uso de fertilizantes químicos, especialmente adubação nitrogenada (OLIVO et al., 2014). Técnicas mais sustentáveis como o uso de forrageiras perenes, adubação orgânica, misturas com outras espécies, inoculação com bactérias diazotróficas, poderiam diminuir a utilização de adubos nitrogenados, além de contribuir com a qualidade do pasto no decorrer do ano agrícola.

O uso de pastagens constituídas por espécies forrageiras de diferentes ciclos produtivos em consórcio com o capim elefante, ou misturas com espécies de ciclo hibernal e estival, podem contribuir para o equilíbrio da produção de forragem no

decorrer do ano (STEINWANDTER et al., 2009), e também com a melhora do valor nutritivo quando comparado ao cultivo estreme.

De acordo com a Instrução Normativa nº 46/2011 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), que regulamenta a produção orgânica no Brasil, em relação ao cultivo de forrageiras, deve-se assegurar a diversidade de espécies dentro dos sistemas trabalhados. Diante disso, sistemas forrageiros que envolvem ao menos uma parte com espécies perenes em consórcio ou associação com outras espécies, são recomendados, auxiliando na conservação do solo. Uma das desvantagens deste tipo de agricultura é a grande demanda de adubos orgânicos que, se comparada à adubação química, apresenta baixa concentração de nutrientes, volatilização do N e o custo relacionado ao manejo do esterco (MALAVOLTA, 1979; GLIESSMAN, 2001).

Um dos fatores que interferem na longevidade e produtividade do pasto é a disponibilidade de nitrogênio no solo. Independentemente do sistema de produção a adubação nitrogenada favorece diretamente a taxa de crescimento cultural, por meio da rápida restauração do índice de área foliar (OLIVEIRA et al., 2013), resultando em aumentos no rendimento de forragem, com melhor distribuição da produção de forragem ao longo do ciclo.

A dinâmica do nitrogênio no ambiente é complexa e distinta em relação aos demais nutrientes, pois possui grande mobilidade no solo, sofre inúmeras transformações mediadas por microorganismos, passando por formas gasosas passíveis de serem perdidas por volatilização e também perdas por lixiviação e percolação, reduzindo sua eficiência, o que torna uma prática de custo elevado em vários sistemas de produção pecuária em função do alto custo e da grande demanda de fertilizantes nitrogenados comerciais (COSTA et al., 2006; SOLLENBERGER, 2008; PRIMAVESI et al., 2006).

O uso de fertilizantes químicos no Brasil cresceu cerca de 87%, entre 2000 e 2015, entretanto, a produção desses agroquímicos é inferior à demanda nacional. Com isso, a dependência em relação às importações aumenta ano após ano. Em 2015, cerca de 70% do consumo total de fertilizantes foi suprida por importações. No Brasil, calcula-se que os macronutrientes primários (nitrogênio, fósforo e potássio) presentes nos resíduos de suínos, bovinos e aves de corte, totalizaram 4,2 milhões de toneladas, representando 31% do consumo anual (CRUZ et al., 2017). Em 2015, a demanda total de fertilizantes foi de 30,2 milhões de toneladas, das quais 13,7 milhões representavam o total de macronutrientes primários (IPNI, 2019).

Nesse contexto do cenário atual, o uso de manejos diferenciados, insumos e tecnologias benéficas ao meio ambiente têm sido estimulados para sanar ou diminuir problemas. A agricultura orgânica tem apontado direcionamentos, valendo-se de práticas que contribuem para a preservação dos recursos naturais, além de proporcionar maior equilíbrio no sistema produtivo.

2.3 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

Bactérias promotoras de crescimento fazem parte da população que habita plantas e alguns tipos de solos. Podem ser epifíticas ou endofíticas e não são fitopatogênicas. Essas bactérias são utilizadas para inoculação de sementes, incorporadas ao substrato de plantio, pulverizações na parte aérea de plantas e frutos e em pós-colheita (MARIANO et al., 2004). Elas atuam promovendo diretamente o crescimento pela produção de fitormônios, enzimas como a ACC (1-aminociclopropano-1-carboxilato) desaminase. Atua também na mineralização de nutrientes, solubilização de fosfato, também na fixação de nitrogênio e aumento da absorção pelas raízes (CONN et al., 1997).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é um dos processos que tem elevada importância, e é realizada por microorganismos procarióticos denominados como diazotróficos (MOREIRA et al., 2010). A FBN, segundo Hungria (2011), consiste na conversão de N_2 gasoso em NH_3 , a qual é incorporada em compostos de carbono. Estes microorganismos, diazotróficos são capazes de realizar tal processo graças à enzima dinitrogenase, a qual rompe a tripla ligação de N_2 e o reduz a amônia, a mesma forma obtida no processo industrial.

Os procariotos que possuem capacidade de fixar N_2 apresentam-se em uma pequena parcela em relação aos demais, e também possuem alta diversidade morfológica, fisiológica, genética e filogenética. Os diazotróficos, na grande maioria são de vida livre, ocorrendo em todos os tipos de solos, na rizosfera e filosfera de plantas. Alguns são encontrados em simbiose com leguminosas, como as bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. Outros podem estabelecer relações menos especializadas com as plantas, como as bactérias do gênero *Azospirillum*, sendo denominadas associações (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Os microorganismos associativos podem viver e fixar N_2 , sem depender de outros organismos. Apresentam elevada população na rizosfera e rizoplano assumindo

importância na interação com raízes de plantas e ciclagem de nutrientes (BALDANI e BALDANI, 2005)

A contribuição da FBN assimbiótica à nutrição vegetal não é tão significativa como a simbiótica, tendo em vista que ao contrário das bactérias simbióticas, outras bactérias associativas excretam somente uma parte de N fixado diretamente para a planta associada; após a morte da bactéria e sua mineralização, pode haver contribuição com aportes adicionais de N, suprimindo, assim, parcialmente as necessidades de N das plantas (HUNGRIA, 2011).

2.4 *Azospirillum brasilense*

O gênero *Azospirillum* abrange um grupo de bactérias promotoras de crescimento de plantas de vida livre, que é encontrado em quase todos os lugares da terra (HUERGO et al., 2008). A espécie *Spirillum lipoferum* foi inicialmente descrita por Beijerinck, mas só em 1978, foi proposta sua reclassificação como *Azospirillum*, juntamente com a descrição de mais duas espécies *Azospirillum lipoferum* e *Azospirillum brasilense* (TARRAND et al., 1978). Há descrição de 14 espécies do gênero (HUNGRIA, 2011). A capacidade de fixação de N pelas bactérias do gênero *Azospirillum*, foi descoberta em 1975, pela pesquisadora da Embrapa, Dra. Johanna Döbereiner (1924-2000), que primeiramente as chamou de *Spirillum* (DÖBEREINER et al., 1976), posteriormente nomeadas de *Azospirillum* (TARRAND et al., 1978).

As bactérias desse gênero são aeróbicas quando supridas de N combinado, e microaerófilas quando crescem dependente da fixação de N₂ (CHAVARRIA e MELLO, 2011). São microrganismos pertencentes ao Domínio Bactéria na subdivisão α -Proteobacteria, gram-negativas, móveis, em formato espiral, e a espécie *A. brasilense* possui um flagelo polar que se desenvolve em meio líquido e quando em meio semissólido, vários flagelos laterais adicionais (HUERGO et al., 2008). São endofíticas facultativas, colonizam os espaços intercelulares ou até dentro de algumas células da raiz, como também a superfície das raízes (MOREIRA et al., 2010; HUERGO et al., 2008).

A inoculação com bactérias *A. brasilense*, tem papel importante, pois são consideradas bactérias promotoras do crescimento de plantas. A FBN desse gênero em associação com gramíneas (DÖBEREINER et al., 1976) pode contribuir com o fornecimento de parte das necessidades das plantas por este nutriente. São capazes de

sintetizar fitormônios, como as auxinas, giberelinas e citocininas, responsáveis pelo maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, havendo assim aumentos consideráveis na absorção de nutrientes, é importante ressaltar que a presença delas, aumenta a resistência das plantas ao estresse hídrico. Outras vantagens são o antagonismo contra fitopatógenos e a capacidade de solubilizar fosfatos inorgânicos (HUNGRIA, 2011; MOREIRA et al., 2010; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Pesquisas vêm sendo desenvolvidas no Brasil e no mundo trabalhando com a inoculação dessas bactérias. A grande parte desses trabalhos é nas culturas de milho e trigo. Em uma sequência de experimentos realizados em parceria com a Embrapa Soja e a Universidade Federal do Paraná, onde foi desenvolvido o primeiro inoculante comercial no País, foram relatados aumentos na média de produção de grãos de 31% e 26% para trigo e milho, respectivamente, em relação ao tratamento controle não inoculado, recebendo 20 e 24 kg de N respectivamente no momento do plantio (HUNGRIA, 2011).

Hungria et al. (2010) obtiveram os ganhos com a inoculação de diferentes estirpes de *A. brasilense*, sendo que com a estirpe ab-V5 os incrementos foram de 30% para a produção de grãos no milho e com a estirpe ab-V6 os ganhos foram de 28,6%, comparados ao controle não inoculado. Com relação à produção de grãos de trigo, os ganhos na produção de 16,0 e 18,1% para a inoculação com as estirpes Ab-V5 e Ab-V6, respectivamente, quando comparadas ao controle não inoculado. Segundo Hungria et al. (2010, 2016), os resultados obtidos com a inoculação destas duas estirpes de *A. brasilense* (Ab-V5 e Ab-V6) estão mais relacionados à promoção do crescimento vegetal, do que a FBN.

Em uma série de experimentos realizados na Argentina com aveia, trigo, centeio, triticale e azevém, em pastejo, sendo inoculados com *A. brasilense*, e recebendo diferentes doses de N no plantio (0, 22 e 50 kg de N ha⁻¹), obteve-se superioridade média de 12% na produção de forragem nas culturas que receberam inoculação em relação as não inoculadas, independentemente do nível de adubação (DÍAZ-ZORITA e CANIGIA, 2008). Hungria et al. (2016), avaliaram em pastagem de *Brachiaria* spp. (*Urochloa* spp.), adubada com 40 kg de N ha⁻¹ e inoculadas com *A. brasilense*, relatando ganho médio de 22,1% na produção de biomassa em relação a não inoculada. Aguirre et al. (2018) em experimentos conduzidos com capim bermuda (*Cynodon dactylon* L. Pers.), cv. Coastcross-1, adubados com 100 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, a inoculação implicou em aumento de 11,5% na produção de forragem.

Por outra parte, estudos visando avaliar a colonização de pastagens com bactérias promotoras de crescimento são incipientes e promissores. Silva et al. (2010) em experimento avaliando capim elefante e braquiárias (*B. decumbens* Stapf. e *B. humidicola* Rendle), verificou-se a presença de *Azospirillum* spp. nessas espécies. Os valores de contribuição da FBN foram de 27,8; 21,0 e 27,8% do N total acumulado nas plantas, para o capim elefante e as duas braquiárias.

As pesquisas demonstram o potencial da inoculação de *A. brasilense* em gramíneas. Porém estudos com inoculação de *A. brasilense* em gramíneas perenes, como o capim elefante e sua resposta em diferentes sistemas de produção, são escassas.

CAPÍTULO 3

3 PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DO CAPIM ELEFANTE INOCULADO COM *Azospirillum brasilense* EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO

PRODUCTIVITY AND NUTRITIVE VALUE OF ELEPHANT GRASS INOCULATED WITH *Azospirillum brasilense* IN DIFFERENT PRODUCTION SYSTEMS

3.1 RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o capim elefante em dois sistemas de produção submetidos à inoculação com bactéria promotora de crescimento de plantas *Azospirillum brasilense*. No sistema orgânico, combinaram-se espécies de ciclo estival e hibernal, o capim elefante foi estabelecido em linhas, com 3 m de distância uma da outra; entre as fileiras de capim elefante, durante o período hibernal, foi semeado azevém e no período estival permitiu-se o desenvolvimento de espécies de crescimento espontâneo. Na produção convencional, o capim elefante foi cultivado de forma estreme, representação de como normalmente é feito em propriedades que utilizam esta forrageira. Foram aplicados 120 kg de N ha⁻¹ em ambos os sistemas, com adubação mineral (ureia) na produção convencional e na produção orgânica esterco bovino e cama de aviário, ambos os sistemas dividiu-se em quatro aplicações. Vacas da raça Holandesa foram utilizadas na avaliação. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em um arranjo fatorial 2x2 (sistemas x com e sem inoculação), com 3 repetições (piquetes) e com medidas repetidas no tempo (estações do ano). Durante o período experimental (366 dias), foram realizados sete pastejos no sistema orgânico e cinco pastejos no sistema convencional. Foram avaliados parâmetros da massa de forragem ao pré e pós-pastejo, produção de forragem, eficiência de pastejo, consumo aparente e taxa de lotação. Foram coletadas amostras de forragem por simulação de pastejo para determinação da matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais. A inoculação não teve efeito sobre os parâmetros da massa de forragem. A inoculação proporcionou aumentos na produção de forragem, de proteína e energia e taxa de lotação.

Palavras-chave: Bactérias diazotróficas. *Pennisetum purpureum* Schum. Produção orgânica. Vacas em lactação

3.2 ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate elephant grass in two production systems subjected to inoculation of plant growth promoting bacteria *Azospirillum brasilense*. In the organic system, summer and winter cycle species were combined, elephant grass was established in lines 3 m apart; among the rows of elephant grass, during the winter period, ryegrass was sown and in the summer period the development of spontaneous growth species was allowed. In conventional production, elephant grass was cultivated alone, representing how it is done in properties that use this forage grass. Were applied 120 kg of N ha⁻¹ in both systems, with mineral (urea) in conventional production and organic fertilizer (cattle manure and poultry litter) in organic production, the fertilizers divided into four applications. Holstein cows were used in the evaluation. The experimental design was completely randomized in a 2x2 factorial arrangement (production systems x with and without *A. brasilense* inoculation), with 3 repetitions (paddocks) and with repeated measures over time (seasons). During the experimental period (366 days), seven grazing were carried out in the organic system and five grazing in the conventional system. Forage mass parameters at pre- and post-grazing, forage yield, grazing efficiency, apparent consumption and stocking rate were evaluated. Forage samples were collected by hand plucking simulation to determine organic matter, crude protein, neutral detergent fiber and total digestible nutrients. The inoculation had no effect on the parameters of forage mass. Inoculation provided increases in forage yield and stocking rate.

Key-words: Diazotrophic bacteria. *Pennisetum purpureum* Schum. Organic production. Lactating cows

3.3 INTRODUÇÃO

O consumo de alimentos orgânicos tem crescido nas últimas décadas, devido à preocupação da população em relação aos processos produtivos, buscando àquele que não contamine o ambiente, não exerça pressão inadequada sobre os recursos naturais e que leve em consideração os aspectos relacionados à equidade social (CASTRO NETO et al., 2010).

Na produção orgânica com animais ruminantes, a legislação exige que a maior parte dos alimentos sejam volumosos (BRASIL, 2011). Dentre os pastos que se enquadram melhor a esse tipo de agricultura, pode-se destacar o capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), por sua elevada capacidade de produção de forragem e de condições de uso, tanto para corte quanto para pastejo, também podendo ser utilizado na confecção de silagens e fenos (PEGORARO et al., 2009).

Apesar de toda a sua versatilidade, pesquisas conduzidas com essa forrageira inserem-se basicamente na produção convencional (OLIVO et al., 2009), e há poucos estudos avaliando essa forrageira sob produção orgânica. Há alguns estudos sob produção convencional de baixos insumos, que se têm utilizado o capim elefante em associação com outras gramíneas e em consórcio com leguminosas, permitindo melhor uso da terra, utilização do pasto por mais tempo e otimizando a produção da pastagem (DIEHL et al., 2013; VIEIRA et al., 2019).

Outro aspecto que pode ser considerado para tornar os sistemas mais sustentáveis, tanto na produção convencional quanto na orgânica, é a inoculação de forrageiras com bactérias promotoras de crescimento de plantas como do gênero *Azospirillum*, visando reduzir as necessidades de fertilização de N mineral, e ou aumentar a produtividade das culturas (HUNGRIA, 2011). No entanto, são escassos os estudos envolvendo a inoculação do capim elefante com bactérias promotoras de crescimento de plantas.

Nesse contexto objetivou-se com essa pesquisa avaliar o capim elefante sob os sistemas convencional, (no qual essa forrageira esta estabelecida de forma estreme, representativo de como é feito nas propriedades que fazem uso desta cultura) e orgânico com misturas forrageiras, submetidos à inoculação com *A. brasilense*, quanto à produtividade e valor nutritivo da forragem.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em área do Setor de Bovinocultura de Leite, pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), situada na Depressão Central do Rio Grande do Sul, entre abril de 2018 e abril de 2019, totalizando 366 dias. O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento São Pedro (STRECK et al., 2002). O clima da região é o Cfa (subtropical úmido) segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961). A precipitação média mensal e a temperatura diária durante o período experimental foram de 154 mm e 19,99 °C, respectivamente. As médias climáticas de precipitação e temperatura são 139,14 mm e 18,14 °C, respectivamente.

O experimento foi constituído por um arranjo fatorial (2x2) completo, sendo fator A (qualitativo) os sistemas forrageiros (convencional e orgânico) e fator B (qualitativo) a realização ou não da inoculação com *A. brasilense*.

Para experimentação, foi utilizada área de 0,4 ha, com capim elefante, cv. Merckeron Pinda, estabelecido desde 2001. Em metade da área o capim elefante foi estabelecido de forma estreme e manejado sob sistema de produção convencional. Outra metade o capim elefante foi estabelecido, em linhas afastadas a cada 3 m e manejado sob sistema de produção orgânico. (De 2002 até a presente experimentação as pastagens foram utilizadas respeitando-se a estratégia de adubação, com a mesma quantidade de N⁻¹ ha⁻¹ e manejo dos pastos).

A experimentação foi iniciada em 20 de abril de 2018, na área sob manejo orgânico fazendo-se a semeadura do azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), cv. Ponteio, a razão de 40 kg ha⁻¹, mediante preparo superficial do solo, com duas gradagens, nas entrelinhas, no período estival permitiu-se o crescimento de espécies de crescimento espontâneo; para uniformização do capim elefante nas duas áreas, em meados de setembro, fez-se a roçada a 30 cm do solo. Na área sob produção orgânica foram feitas outras duas roçadas, nas entrelinhas, uma em abril e outra em dezembro de 2018.

Em meados de março de 2018 realizou-se coleta de solo (0-20 cm), conforme os resultados obtiveram-se os seguintes valores médios: pH-H₂O=6,6; 6,1; índice SMP=6,2; 6,3; argila=22,0; 19,0%; P-Mehlich=33,8; 50,2 mg/dm³; K=36,0; 44,0 mg/dm³; MO=3,8; 3,5%; Al=0,0; 0,0 cmol_c/dm³; Ca=4,3; 6,3 cmol_c/dm³; Mg=2,5; 2,8 cmol_c/dm³; saturação de bases=66,6; 75,0% e saturação por Al=0,0; 0,0%, para os sistemas convencional e orgânico, respectivamente. Para as adubações seguiu-se a

recomendação da COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (2016), para gramíneas perenes de estação quente. Utilizou-se 140 kg de K_2O ha^{-1} , não havendo necessidade de repor P_2O_5 , para a adubação de N foram usados 120 kg ha^{-1} em ambos os sistemas forrageiros.

Nas pastagens sob sistema convencional usou-se como fonte dos adubos, ureia e cloreto de potássio. Sob sistema orgânico, usou-se esterco de bovinos e cama de aviário. A composição química com base na MS do esterco de bovinos foi de, 1,5; 1,4 e 1,5%; da cama de aviário foi de 3,2; 3,5 e 2,5 de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Foram utilizados 15,47 m^3 ha^{-1} (20% de MS) de esterco bovino e 3,65 t ha^{-1} (75% de MS) de cama de aviário. Essas quantidades foram necessárias para se atingir a mesma quantidade de N utilizado no sistema sob produção convencional (120 Kg ha^{-1}). Do montante recomendado foram feitas quatro aplicações, duas com esterco bovino e duas com cama de aviário, entre maio 2018 e fevereiro de 2019. Na pastagem sob sistema convencional a adubação potássica foi feita em agosto. A adubação nitrogenada foi subdividida em quatro aplicações entre setembro e fevereiro.

Para inoculação foi utilizado o produto comercial AzoTotal® (inoculante líquido composto de cultura pura de bactérias *Azospirillum brasilense*, estirpes Ab-V5 e Ab-V6, com concentração de $2,0 \times 10^8$ UFC ml^{-1}). Fez-se a diluição do produto, na proporção de 0,5 L de inoculante para cada 199,5 L de água. A aplicação da calda foi realizada no mês de novembro, utilizando-se pulverizador costal, nos pastos, utilizando-se uma proporção de 200 L de calda ha^{-1} .

No sistema orgânico, constituído por misturas forrageiras, o critério adotado para o início da utilização dos pastos, durante o período hibernal, foi à altura do azevém, quando esse encontrava-se com 20 cm de altura aproximadamente; no período estival, foi à altura do dossel do capim elefante, entre 100 e 110 cm (VOLTOLINI et al., 2010). Esse critério também foi usado no sistema convencional.

No sistema convencional foram feitas quatro amostragens por piquete, de 0,5 x 0,5 m, a 50 cm do solo (pré-pastejo). No sistema orgânico, foram feitas quatro amostragens no capim elefante de 0,5 m de comprimento pela largura correspondente da touceira (para determinar a área ocupada e a produção desta forrageira). Nas entrelinhas também foram feitas quatro amostragens, rente ao solo, de 0,5 x 0,5 m. Esses procedimentos foram repetidos após a retirada dos animais.

A forragem, proveniente das amostras cortadas, primeiro foi pesada e posteriormente homogeneizada e, após, retirada uma amostra por piquete, sendo esta

utilizada para determinação da composição botânica do pasto e morfológica do capim elefante, sendo posteriormente secas em estufa para determinação do teor de matéria pré-seca (SILVA e QUEIROZ, 2006).

O método de pastejo utilizado foi o de lotação rotacionada, com um dia de ocupação. Para determinar a carga animal instantânea a ser utilizada prevendo-se ocupação de um dia, manteve-se a oferta de forragem de 4 kg de MS de lâminas foliares de capim elefante por 100 kg de peso corporal na produção convencional. Na produção orgânica usou-se o mesmo procedimento com capim elefante, e nas entrelinhas a oferta utilizada foi de 10 kg de MS por 100 kg de peso corporal. Para coleta da forragem, foram utilizadas vacas em lactação com peso corporal médio de 534 kg e produção média de 18,8 kg de leite dia⁻¹, recebendo complementação alimentar à razão de 0,9 % do peso corporal, à base de milho, farelos (de soja, arroz e trigo) e premix mineral. Quando não estavam nas áreas experimentais, os animais foram mantidos sob manejo similar, em pastagens da época.

A eficiência de pastejo foi estimada pela diferença entre as massas de forragem de pré e pós-pastejo, transformada em percentagem (HODGSON, 1979). A taxa de acúmulo diário da forragem foi determinada pela diferença entre a massa de forragem do pré-pastejo e a massa de forragem pós-pastejo do ciclo anterior, dividindo-se o resultado pelo número de dias compreendido entre os ciclos de pastejo considerados. A produção de forragem foi calculada somando-se o acúmulo diário de forragem. Para o cálculo da taxa de lotação dividiu-se o valor da carga animal instantânea pelo número de dias do ciclo do pastejo, e por 450 kg, para obtenção do valor em unidade animal (UA). O consumo aparente de forragem foi estimado pelo método da diferença agrônômica (BURNS et al., 1994), estimado mediante subtração das massas de pré e pós-pastejo, dividindo-se o resultado pela carga animal e multiplicando-se por 100.

Para estimar o valor nutritivo da forragem, foram coletadas amostras, separadamente, para o capim elefante e também as espécies presentes nas entrelinhas (no sistema orgânico), mediante técnica de simulação de pastejo (EUCLIDES et al., 1992), após a observação do comportamento ingestivo dos animais por 15 min, no início e no final de cada pastejo. As amostras foram pré-secas em estufa com circulação de ar forçado a 55°C até peso constante e armazenadas. Posteriormente o material foi moído em moinho de facas do tipo “Willey”. Para as análises foram constituídas amostras compostas. Primeiramente, foram misturadas amostras de cada ciclo de utilização (início e final do pastejo) e posteriormente, fez-se a mistura das amostras dos

pastejos de acordo com as estações do ano. As amostras compostas foram analisadas no laboratório de Nutrição Animal (DZ-UFSM) quanto à proteína bruta – PB, pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995) e fibra em detergente neutro (VAN SOEST et al., 1991). A estimativa dos valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi obtida através da equação: $NDT = 83,79 - 0,4171 \times FDN$; $r^2=0,82$; $P<0,01$ (CAPPELLE et al., 2001).

Para o cálculo de produção de PB multiplicou-se a produção de forragem pelo teor de PB, dividido por 100. Para a produção de NDT usou-se a mesma metodologia de cálculo, valendo-se do NDT estimado.

No mês de outubro de 2018 foi observada a presença da cigarrinha das pastagens (*Deois flavopicta*). Para o seu controle foi aplicado produto biológico METARRIL® , cujos ingredientes ativos são esporos do fungo *Metarhizium anisopliae*.

Para análise estatística, foram utilizados os dados médios dos pastejos em cada estação do ano. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, distribuído em um esquema fatorial 2x2 (sistemas de produção x com e sem inoculação), com três repetições (piquetes). Fez-se a comparação de médias, usando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade do erro. Para análise utilizou-se o procedimento MIXED, as matrizes de covariância utilizadas foram escolhidas pelo menor valor de AIC (Akaike's Information Criteria), (SAS, 2016).

Foi utilizado o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijkl} = m + I_i + S_j + E_k + I_iS_j + I_iE_k + S_jE_k + I_iS_jE_k + \epsilon_{ijkl}$. Em que, Y_{ijkl} representa as variáveis dependentes; m é a média de todas as observações; I_i é o efeito do uso da inoculação ($i=2$); S_j , é o efeito dos sistemas ($j=2$); E_k , é o efeito das estações do ano ($k=4$); I_iS_j é a interação entre inoculação e os sistemas de produção; I_iE_k é a interação entre inoculação e estações; S_jE_k é a interação dos sistemas e estações; $I_iS_jE_k$ é a interação entre inoculação, sistemas e estações; e ϵ_{ijkl} é o efeito residual.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, 366 dias, foram conduzidos sete ciclos de pastejo no sistema orgânico e, no sistema convencional foram conduzidos cinco ciclos de pastejo. Considerando o período em que o capim elefante tem maior desenvolvimento, da primavera ao outono, os ciclos de pastejo foram em média de 28 dias. Períodos curtos de ocupação e de descanso, em torno de 30 dias, em pastagens de

capim elefante estão associados à melhor qualidade da forragem (SOARES et al., 2004) e ao desempenho de vacas em lactação (DERESZ, 2001).

Com relação à massa de forragem ao pré-pastejo (Tabela 1) composição botânica dos pastos e relação lâmina:colmo mais bainha do capim elefante, não houve interação entre sistema, estação do ano e inoculação ($p \leq 0,05$). Entre sistemas de produção e estação do ano houve interação ($p \leq 0,05$) para massa de forragem e participação do capim elefante. Na primavera, no sistema de produção orgânico, houve diferença ($p \leq 0,05$) para massa de forragem, possivelmente devido à presença do azevém. Nesta época, destaca-se também, a elevada participação de outras gramíneas de ciclo estival, especialmente *Paspalum conjugatum*, grama paulista (*Cynodon dactylon* L. Pers.), capim das roças (*Paspalum urvillei* Steud.) e capim setária (*Setaria* spp.). A participação de outras espécies como guanxuma (*Sida santaremnensis*), erva-de-bicho (*Polygonum persicaria*) e buva (*Conyza bonariensis*), pouco consumida pelos animais (VIEIRA et al., 2019), foi de 6 % aproximadamente.

No verão, houve diferença ($p \leq 0,05$) para massa de forragem. Sendo (Tabela 1) superior ($p \leq 0,05$) no sistema de produção convencional, em função do cultivo estreme, e do maior rendimento dessa cultura quando comparada às espécies de crescimento espontâneo presentes no sistema orgânico (DIEHL et al., 2013). Destaca-se que, no outono, não houve diferença entre os sistemas, indicando elevada participação do capim elefante sob produção orgânica, embora ocupando somente 40,5% da área. Observa-se que nesse sistema o capim elefante esteve presente na composição do pasto mesmo no inverno. Nesta estação, a participação do azevém foi próxima a 50% declinando na primavera, em função de sua maturação e da maior participação de outras gramíneas. No sistema convencional, o capim elefante, por ter sido estabelecido de forma estreme e por seu porte alto, inibe o crescimento de outras espécies de crescimento espontâneo.

Para a fração material morto, os valores são maiores no sistema orgânico. Na primavera, devido à maturação do azevém; no verão, em função da roçada efetuada nas entrelinhas em dezembro, visando uniformizar a pastagem, cujos componentes apresentam comportamentos fenológicos distintos; e no outono, devido à senescência das espécies de crescimento espontâneo que, em maioria, são de ciclo estival. Agregasse, ainda, o comportamento dos animais que se deslocam nas entrelinhas, por apresentar dossel mais baixo, tanto para consumir forragem nestas áreas quanto nas touceiras formadas pelo capim elefante. Esse comportamento implica em maior injúria às plantas devido ao pisoteio, aumentando a massa de material morto, consequentemente. No

sistema convencional destaca-se que o material morto, basicamente constituído por material senescente do capim elefante, manteve-se próximo a 5% nas distintas estações do ano.

Para a relação lâmina foliar:colmo mais bainha do capim elefante, ao pré-pastejo, houve diferença ($p \leq 0,05$), com maiores valores no sistema convencional, na primavera e verão. Possivelmente esse resultado seja devido à proximidade das touceiras e a competição por luz, conseqüentemente, implicando em maior participação de folhas no estrato superior das plantas (SIMONETTI et al., 2019). No outono, não houve diferença entre os sistemas para essa variável, condição atribuída à resposta produtiva das plantas no sistema orgânico nesta época do ano quando comparado com as que receberam adubo mineral. Bratz et al. (2019) verificaram comportamento similar trabalhando com sistemas forrageiros que tinham como base o capim elefante.

Para massa de forragem ao pós-pastejo (Tabela 2) também não houve interação entre estação e inoculação. Entre sistemas de produção e estação do ano houve interação. Na primavera, o menor ($p \leq 0,05$) valor de massa de forragem no sistema orgânico deve-se ao maior consumo do azevém em relação aos demais componentes do pasto. No outono, verificou-se resultado similar com menor ($p \leq 0,05$) valor de massa residual, condição associada, possivelmente, a diversidade dos componentes do pasto.

Na composição botânica, os percentuais de participação do capim elefante e de outras gramíneas guardam relação com os valores de pré-pastejo. Esse resultado deve-se ao valor nutritivo similar dessas forrageiras que são de ciclo estival, implicando em consumo similar pelas vacas. Para material morto, houve aumento em ambos os sistemas de produção considerando que o material senescente está mais concentrado no estrato inferior das plantas e também pelo efeito do pisoteio dos animais.

Para a relação lâmina:colmo mais bainha do capim elefante ao pós-pastejo, o menor ($p \leq 0,05$) valor verificado na primavera está associado ao maior consumo dessa forrageira, em relação aos demais componentes do pasto, especialmente do azevém que estava em fase reprodutiva. Nessa condição, os animais consomem menos essa forrageira (DIELH et al., 2014). Já no verão, os animais consumiram menor quantidade de folhas do capim elefante do sistema orgânico, resultado associado, possivelmente, ao consumo das demais espécies componentes do pasto. No outono houve declínio, naturalmente esperado, de lâminas foliares em ambos os sistemas de produção.

Para as variáveis produtivas do pasto (Tabela 3), (taxa de acúmulo e produção de forragem, taxa de lotação), houve interação entre sistemas forrageiros, inoculação e

estações do ano. Quanto à taxa de acúmulo de forragem, o efeito da inoculação ($p \leq 0,05$) foi de 12% superior aproximadamente, considerando a média dos sistemas de produção. Destaca-se que no sistema convencional o efeito ocorreu na primavera e outono e no sistema orgânico somente no outono, para a produção de forragem acumulada, houve efeito à inoculação, implicando em aumentos de 11% aproximadamente, para ambos os sistemas. Esse valor é similar ao relatado por Díaz-Zorita e Canigia (2008), em uma série de experimentos realizados na Argentina com distintas forrageiras, sendo inoculados com *A. brasilense*, e recebendo diferentes doses de N (0, 22 e 50 kg de N/ha), obtendo-se aumento de 12% na produção de forragem nas culturas que receberam inoculação, independentemente do nível de adubação. Em experimentos conduzidos com capim bermuda (*Cynodon dactylon* L. Pers.), cv. Coastcross-1, adubados com 100 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, a inoculação implicou em aumento de 11,5% na produção de forragem (AGUIRRE et al., 2018). Hungria et al. (2016) avaliaram *Brachiaria* spp. (*Urochloa* spp.), utilizando 40 kg ha⁻¹ de N e inoculação com *A. brasilense*, obtiveram ganhos de 22,1 % na produção de forragem.

Esse resultado pode estar associado à ação das bactérias diazotróficas, promovendo aumento do sistema radicular, implicando em maior absorção de nutrientes, na emissão de afixos e folhas, e estendendo o período de utilização do pasto, além de proporcionar maior resistência ao estresse hídrico (MOREIRA et al., 2010). Dentre os fatores abióticos que contribui para o efeito da bactéria destaca-se o pH do solo, cuja faixa considerada ideal para a máxima atividade microbiana situa-se entre 6,0 e 6,5 (DARTORA et al., 2013), como verificado na análise do solo do presente experimento. Para esses autores, valores extremos de pH podem influenciar no desenvolvimento de microorganismos do solo, podendo ser prejudicados não apenas pelo efeito direto da elevada concentração de íons de H⁺ e OH⁻, e também, pela influência indireta na disponibilidade de nutrientes e de compostos tóxicos presentes no interior das células microbianas.

Para eficiência de pastejo e consumo de forragem houve efeito somente de sistema de produção e estações do ano. Há equilíbrio para eficiência de pastejo, considerando o período de maior produção de forragem, entre a primavera e o outono. O valor médio próximo a 50% indica que não houve limitação de consumo (DELAGARDE et al., 2001), e que o manejo foi adequado, permitindo novo ciclo de pastejo em menos de 30 dias. Entre as estações do ano, o menor ($p \leq 0,05$) valor para eficiência de pastejo verificado no inverno deve-se a elevada participação de material

senescente em meio a folhagem verde do capim elefante (DIELH et al., 2014), interferindo no consumo.

Quanto ao consumo aparente de forragem, a diferença para o sistema orgânico ($p \leq 0,05$) verificada na primavera, com maior valor na produção convencional deve-se à elevada participação de lâminas foliares do capim elefante (Tabela 1). O valor baixo verificado no sistema de produção orgânico, no inverno, está associado à elevada porcentagem de material morto, em função do efeito do frio e das geadas sobre as espécies de ciclo estival, e na primavera devido à maturação do azevém. Resposta similar, com valor médio de 2,7 % também foi obtida em pastagens manejadas sob a estratégia de produção agroecológica (SIMONETTI et al., 2019).

Para as variáveis de valor nutritivo (Tabela 4), para o capim elefante, houve interação ($p \leq 0,05$) entre sistema de produção e estações do ano para MO, FDN e NDT. Os teores mais baixos de MO no inverno e primavera podem estar associados com a maior presença de material senescente, considerando que as touceiras de capim elefante estão mais expostas ao frio e as geadas em relação ao capim em cultivo estreme do sistema convencional, comportamento similar foi obtido por Simonetti et al. (2019).

Quanto a FDN, a diferença ($p \leq 0,05$) verificada na primavera, com maior concentração no capim elefante sob sistema convencional, deve-se a resposta mais rápida dessa forrageira aos adubos minerais em relação aos adubos orgânicos (BRATZ, et al., 2019). Esse maior crescimento pode ser constatado pela maior participação de lâminas foliares na massa de forragem (Tabela 1). Esse maior crescimento implica em maiores concentrações de lignina, fibra, celulose e parede celular (MACEDO JUNIOR, et al., 2007). Esse resultado implicou em menor concentração de NDT, no mesmo período, em função da relação inversa, entre essa variável e FDN (PEQUENO et al., 2015).

Entre as estações do ano, destaca-se a elevada concentração de proteína do capim elefante no inverno, condição também associada ao menor crescimento dessa forrageira nessa época. Outros estudos confirmam esse resultado, como verificado na mesma região, de 17,7% e 13,7% para PB do capim elefante, para o inverno e verão, respectivamente (OLIVO, et al., 2007). Em outro estudo com avaliação de misturas forrageiras as concentrações de PB obtidas para o capim elefante foram de 22,9 % e 16,9 % para o período hibernal e estival, respectivamente (VIEIRA et al., 2019).

Para a forragem presente nas entrelinhas (Tabela 4), no sistema sob produção orgânico, os melhores valores das distintas variáveis, que implicam em melhor valor

nutritivo, foram obtidos no inverno e na primavera. Esse resultado deve-se a elevada participação do azevém na composição do pasto. Normalmente, as gramíneas de ciclo hibernal, como azevém, apresentam melhor valor nutritivo em relação os de ciclo estival (AZEVEDO JUNIOR et al., 2012).

Para as variáveis de produção de PB e NDT (Tabela 5) houve interação ($p \leq 0,05$) entre sistemas, estação do ano e inoculação. Diferenças ocorreram no período estival, entre a primavera e o outono, tanto para a produção de proteína quanto de energia. Considerando a produção de PB acumulada a inoculação implicou em aumento de 18,5% e de 14,8% para os sistemas orgânico e convencional, respectivamente. Para a produção de NDT o aumento foi de 12% aproximadamente para ambos os sistemas, resposta similar foi obtida em pesquisa conduzida com capim bermuda (*Cynodon dactylon* L. Pers), adubado com 100 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ e inoculado com *A. brasilense* (AGUIRRE et al. 2018).

3.6 CONCLUSÕES

Sob sistema de produção orgânico, tendo como base o capim elefante, a inoculação com *A. brasilense* não afeta a composição do pasto.

Em ambos os sistemas de produção, a inoculação não interfere na relação lâmina foliar: colmo mais bainha do capim elefante.

A inoculação implica em maior produção de forragem, de proteína e de energia em ambos os sistemas de produção.

Variáveis respostas dos animais (eficiência de pastejo e consumo de forragem) não são influenciadas pela inoculação.

3.7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 12. Ed. Washington, D. C. 1995, 1141p.

AGUIRRE, P. F. et al. Forage yield of Coastcross-1 pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 40, p. 1-8, 2018.

AGUIRRE, P. F. et al. Valor nutritivo da Coastcross-1 inoculada com *Azospirillum brasilense*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n.6, p.1997-2006, 2018.

BRASIL, 2011. **Instrução Normativa nº 46/2011**. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAtO.do?method=LegislacaoFederal>> Acessado em: 10 fevereiro 2019.

BRATZ, V. F. et al. Response of elephant grass to grazing under an organic production system. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 1, p. 159-168, 2019.

BURNS, J. C. et al. Measurement of Forage intake, In FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Wisconsin: American Society of Agronomy, p.494-523,1994.

CASTRO NETO, et al. Produção orgânica: uma potencialidade estratégica para a agricultura familiar. **Revista Percorso**, v.2, n.2, p.73-95, 2010.

CAPPELLE, E. R. et al. Estimativas do Valor Energético a partir de Características Químicas e Bromatológicas dos Alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**.v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. SBCSNRS, 2016. 400 p.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F., MARINI, D., SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1023–1029, 2013.

DELAGARDE, R. et al. Ingestion de l'herbe par les ruminants au pâturage. **Fourrages** . v.166, p. 189-212. 2001.

DERESZ, F.; LOPES, F. C. F.; AROEIRA, L. J. M. Influência de estratégias de manejo em pastagem de capim elefante na produção de leite de vacas Holandês xZebu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, p.482-491, 2001.

DÍAZ-ZORITA, M.; CANIGIA, M. V. F. Análisis de la producción de cereales inoculados con *Azospirillum brasilense* en la República Argentina. In: CASSÁN, F. D.; SALAMONE, I. G. *Azospirillum sp.*: cell physiology, **plant interactions and agronomic** research in Argentina. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología,. p. 155-164. 2008.

DIEHL, M. S. et al. Massa de forragem e valor nutritivo de capim elefante e espécies de crescimento espontâneo consorciadas com amendoim forrageiro ou trevo vermelho. **Ciência Rural**, v.44, n. 10, p.1845-1852, 2014.

DIEHL, M. S.; OLIVO, C. J.; AGNOLIN, C. A. et al. Produtividade de sistemas forrageiros consorciados com leguminosas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.5, p. 1527-1536, 2013.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M; OLIVEIRA, M. P. Avaliação de diferentes métodos de amostragens sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.5, p.691-702, 1992.

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

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Dados mensais Estação Meteorológica de Santa Maria – Cód. A803, 2018-2019. **INMET**: 2018.

MACEDO JÚNIOR, G. L. et al. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. **Ciência Animal**, v.17, n.1, p.7-17,2007.

MEINERZ, G. R. *et al.* Composição nutricional de pastagens de capim-Elefante submetidos a duas estratégias de manejo em pastejo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 4, p. 379-385, 2008.

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.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretária da Agricultura, 41 p. 1961.

OLIVO, C. J. et al. Produção de forragem e carga animal em pastagens de capim elefante consorciadas com azevém, espécies de crescimento espontâneo e trevo branco ou amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.1, p.27-33, 2009.

OLIVO, C. J. et al. Produtividade de pastos consorciados com leguminosas forrageiras. **Revista de Agricultura**, v.89, n. 2, p.78-90, 2014.

OLIVO, C. J. et al. Forage systems mixed with forage legumes grazed by lactating cows. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 19-26, 2017.

OLIVO, C.J. et al. Produtividade e valor nutritivo de pasto de capim elefante manejado sob princípios agroecológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1729-1735, 2007.

PEQUENO, D. N. L. et al. Forage accumulation and nutritive value of Brachiariagrasses and Tifton 85 bermudagrass as affected by harvest frequency an irrigation. **Agronomy Journal**, v.106, p.1741-1749, 2015.

PEGARARO, R. F. et al. Manejo da água e do nitrogênio em cultivo de capim-elefante. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.2, p.461-467, 2009.

SAS INSTITUTE, SAS, **Statistical analysis user's guide**. Version 9.2, Cary: SAS Institute, Cary, NC, 1686 p. 2016.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**, 3, 235 p. 2006.

SIMONETTI, G. D. et al. Productivity and nutritive value of elephant grass pastures under organic and conventional production systems. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.91, n.2, p. 2018001, 2019.

SOARES, J. P. G. et al. Estimativas de consumo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), fornecido picado para vacas lactantes utilizando a técnica do óxido crômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.811-820, 2004.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. EMATER/RS,. 222p. 2008.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarchpolysacarides in relation to animal nutrition. **Journal Animal Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VIEIRA, A.C. et al. Plant and animal responses of elephant grass pasture-based systems mixed with pinto peanut. **Journal of Agricultural Science**, v. 157, p. 63-71, 2019.

VOLTOLINI, T. V. et al. Características produtivas e qualitativas do capim elefante pastejado em intervalo fixo ou variável de acordo com a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v39, n.5, p.1002-1010, 2010.

Tabela 1. Massa de forragem ao pré-pastejo, composição botânica dos pastos e relação lâmina:colmo mais bainha do capim elefante, Santa Maria, 2018-2019.

SF	Estações				Média	CV (%)
	Inverno	Primavera	Verão	Outono		
	Massa de forragem do pasto (t de MS ha ⁻¹)					
Org ¹	5,5 ^c	5,7 ^{Ac}	7,2 ^{Bb}	10,7 ^{Aa}	7,1	5,5
Conv ²	.	4,9 ^{Bc}	8,9 ^{Ab}	10,2 ^{Aa}	8,3	4,7
CV (%)	7,1	6,8	4,4	3,6		
	Capim elefante (%)					
Org	23,9 ^b	25,0 ^{Bc}	47,9 ^{Ba}	40,5 ^{Ba}	34,3	9,1
Con	.	95,4 ^{Ab}	94,2 ^{Aa}	93,6 ^{Aa}	94,4	6,7
CV (%)	12,9	7,0	6,2	6,9		
	Azevém (%)					
Org	46,9 ^a	30,9 ^b	.	.	37,4	12,4
CV (%)	12,2	14,6				
	Outras gramíneas (%)					
Org	6,2 ^c	20,4 ^b	30,5 ^a	35,6 ^a	23,2	14,3
CV (%)	13,3	12,3	9,7	11,2		
	Outras espécies (%)					
Org	4,8 ^a	5,2 ^a	6,4 ^a	9,2 ^a	6,4	14,0
CV (%)	15,7	12,3	11,1	15,5		
	Material morto (%)					
Org	18,2 ^a	18,5 ^{Aa}	15,2 ^{Ab}	14,7 ^{Ab}	14,1	8,9
Con	---	5,0 ^{Bb}	4,8 ^{Bb}	6,4 ^{Ba}	5,4	10,8
CV (%)	10,8	7,3	9,3	6,0		
	Relação lâmina:colmo mais bainha do capim elefante					
Org	1,3 ^c	3,2 ^{Bb}	6,2 ^{Aa}	3,2 ^{Ab}	3,9	12,1
Con	---	9,8 ^{Aa}	4,6 ^{Bb}	3,6 ^{Ac}	3,5	12,0
CV (%)	12,6	13,1	11,7	12,8		

¹Sistema de produção orgânica, com misturas forrageiras; ²Sistema de produção convencional, com capim elefante sob cultivo estreme. Letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05); MS=matéria seca; CV=coeficiente de variação.

Tabela 2. Massa de forragem ao pós-pastejo, composição botânica dos pastos e relação lâmina:colmo mais bainha do capim elefante, Santa Maria, 2018-2019.

SF	Estações				Média	CV (%)
	Inverno	Primavera	Verão	Outono		
	Massa de forragem do pasto (t de MS ha ⁻¹)					
Org ¹	2,1 ^c	2,4 ^{Bc}	3,5 ^{Ab}	5,3 ^{Ba}	3,8	8,1
Con ²	.	3,1 ^{Ac}	3,9 ^{Ab}	6,1 ^{Aa}	4,3	8,6
CV (%)	9,1	9,2	7,3	4,6		
	Capim elefante (%)					
Org	22,8 ^c	25,4 ^{Bb}	45,1 ^{Ba}	37,8 ^{Ba}	32,7	12,1
Con	.	84,2 ^{Ac}	92,2 ^{Aa}	88,1 ^{Ab}	88,1	11,7
CV (%)	11,5	6,0	6,9	8,9		
	Azevém (%)					
Org	30,9 ^a	23,5 ^b	.	.	27,2	11,4
CV (%)	11,8	13,4				
	Outras gramíneas (%)					
Org	15,9 ^c	26,7 ^b	27,6 ^a	29,4 ^a	24,9	14,8
CV (%)	15,3	11,3	11,7	10,2		
	Outras espécies (%)					
Org	4,2 ^c	4,1 ^c	6,2 ^b	9,5 ^a	6,0	14,0
CV (%)	15,7	12,3	11,1	15,5		
	Material Morto (%)					
Org	26,2 ^a	20,4 ^{Ac}	21,1 ^{Ac}	23,4 ^{Ab}	22,7	11,9
Con	.	15,8 ^{Ba}	7,8 ^{Bc}	11,9 ^{Bb}	11,8	15,2
CV (%)	12,8	11,3	10,3	5,0		
	Relação folha:colmo do capim elefante					
Org	0,9 ^c	3,0 ^{Bb}	4,3 ^{Aa}	2,5 ^{Ab}	2,6	12,9
Con	.	5,2 ^{Aa}	3,6 ^{Bb}	2,8 ^{Ac}	3,8	12,4
CV (%)	15,6	11,1	12,7	11,8		

¹Sistema de produção orgânica, com misturas forrageiras; ²Sistema de produção convencional, com capim elefante sob cultivo estreme. Letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); MS=matéria seca; CV=coeficiente de variação.

Tabela 3. Produtividade e resposta do capim elefante nos distintos sistemas forrageiros. Santa Maria, 2018-2019.

SF	Estações				Média ou produção	CV (%)
	Inverno	Primavera	Verão	Outono		
Taxa de acúmulo de forragem (kg de MS ha ⁻¹ dia ⁻¹)						
Org I ¹	10,3 ^{Ac}	32,4 ^{Cb}	33,9 ^{Cb}	179,4 ^{Ba}	64,0	7,8
Org NI ¹	11,9 ^{Ac}	26,5 ^{Cb}	32,0 ^{Cb}	153,2 ^{Ca}	55,9	8,9
Con I ²	.	99,5 ^{Ac}	121,5 ^{Ab}	192,6 ^{Aa}	137,8	5,2
Con NI ²	.	74,3 ^{Bc}	118,6 ^{Ab}	171,3 ^{Ba}	121,4	5,1
CV (%)	15,6	6,7	9,5	2,6		
Produção de forragem (t de MS ha ⁻¹)						
Org IN ¹	1,4 ^{Ad}	2,5 ^{Cc}	5,1 ^{Bb}	6,8 ^{Aa}	15,8 ^C	8,1
Org NI ¹	1,3 ^{Ac}	2,1 ^{Cc}	4,8 ^{Bb}	5,8 ^{Ba}	14,0 ^D	8,8
Con IN ²	.	4,5 ^{Ac}	7,0 ^{Ab}	7,9 ^{Aa}	19,4 ^A	6,9
Con NI ²	.	3,4 ^{Bb}	6,8 ^{Aa}	7,0 ^{Aa}	17,2 ^B	7,0
CV (%)	12,8	7,0	4,5	4,0		
Taxa de lotação (UA ha ⁻¹ dia ⁻¹)						
OrgI	0,3 ^{Ac}	1,5 ^{Bb}	1,9 ^{Bb}	9,5 ^{Aa}	3,3	7,2
OrgNI	0,2 ^{Ac}	1,8 ^{Bb}	1,9 ^{Bb}	6,4 ^{Ca}	2,6	9,1
ConI	.	4,1 ^{Ac}	6,9 ^{Ab}	8,8 ^{Ba}	6,6	3,6
ConNI	.	3,2 ^{ABc}	6,9 ^{Ab}	8,4 ^{Ba}	6,0	4,0
CV (%)	15,8	5,7	3,4	2,5		
Consumo aparente (% PC)						
Org	2,3 ^b	2,6 ^{Bb}	2,7 ^{Ab}	3,9 ^{Aa}	2,8	14,4
Con	.	3,5 ^{Aa}	2,8 ^{Aa}	2,8 ^{Aa}	3,0	11,9
CV (%)	11,4	12,0	10,9	12,1		
Eficiência de pastejo (%)						
Org	43,2 ^c	57,8 ^{Aa}	51,3 ^{Bb}	50,5 ^{Ab}	50,7	9,4
Con	.	57,1 ^{Ab}	56,1 ^{Aa}	40,2 ^{Bb}	51,1	9,1
CV (%)	11,2	12,0	10,9	12,1		

¹Sistema de produção orgânica, com misturas forrageiras; ²Sistema de produção convencional, com capim elefante sob cultivo estreme. Letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); I=inoculado; NI=não inoculado PC=peso corporal; MS=matéria seca; UA=unidade animal, 450 kg; CV=coeficiente de variação. Período de avaliação: 20/04 a 20/04 no sistema sob produção orgânico (366 dias); e de 20/08 a 14/04 (236 dias).

Tabela 4 - Valor nutritivo do capim elefante em dois sistemas de produção, inoculados com *A. brasilense*. Santa Maria, 2018-2019.

SF	Estações				Média	CV (%)
	Inverno	Primavera	Verão	Outono		
Capim elefante						
Matéria Orgânica (%)						
Org ¹	84,4 ^b	87,1 ^{Bb}	89,1 ^{Aa}	88,1 ^{Ba}	87,2	0,8
Conv ²	.	90,1 ^{Aa}	88,1 ^{Aa}	89,8 ^{Aa}	89,6	16,4
CV (%)	18,2	12,1	15,4	6,2		
Proteína bruta (%)						
SF	22,1 ^a	15,2 ^b	15,5 ^b	15,3 ^b	17,1	4,6
CV (%)	3,5	5,1	5,0	5,1		
Fibra detergente neutro (%)						
Org	60,8 ^b	60,7 ^{Bb}	65,6 ^{Aa}	68,8 ^{Aa}	63,8	3,2
Conv	.	64,4 ^{Aa}	66,7 ^{Aa}	66,1 ^{Aa}	65,7	2,5
CV (%)	2,6	2,4	2,4	2,3		
Teor de nutrientes digestíveis totais (%)						
Org	58,4 ^a	58,4 ^{Aa}	56,4 ^{Ab}	55,3 ^{Ab}	57,1	1,1
Conv	.	56,9 ^{Ba}	55,9 ^{Aa}	56,2 ^{Aa}	56,3	1,2
CV (%)	1,1	1,1	1,2	1,2		
Forragem presente na entrelinha						
Matéria orgânica (%)						
Org	89,2 ^b	88,9 ^b	90,8 ^a	90,63 ^a	89,8	1,0
CV (%)	1,1	1,1	1,1	1,1		
Proteína bruta (%)						
Org	21,7 ^a	18,8 ^a	15,0 ^b	13,2 ^b	17,2	12,5
CV (%)	9,9	11,5	16,3	14,4		
Fibra detergente neutro (%)						
Org	53,9 ^b	56,3 ^b	68,1 ^a	69,5 ^a	61,5	8,0
CV (%)	8,8	9,4	7,2	7,1		
Teor de nutrientes digestíveis totais (%)						
Org	58,7 ^b	61,8 ^a	55,3 ^b	54,8 ^b	57,6	3,7
CV (%)	3,6	3,4	3,8	3,9		

¹Sistema de produção orgânica, com misturas forrageiras; ²Sistema de produção convencional, com capim elefante sob cultivo estreme. Letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); MS=matéria seca; CV=coeficiente de variação.

Tabela 5. Produção de proteína e nutrientes digestíveis totais do capim elefante em dois sistemas de produção, inoculados com *A. brasilense*. Santa Maria, 2018-2019.

SF	Estações				Produção	CV (%)
	Inverno	Primavera	Verão	Outono		
Produção de proteína bruta (t de MS ha ⁻¹)						
OrgI	0,3 ^{Ac}	0,4 ^{Bc}	0,9 ^{Bb}	1,1 ^{Aa}	2,7 ^A	5,2
OrgNI	0,3 ^{Ab}	0,3 ^{Cb}	0,8 ^{Ca}	0,8 ^{Ca}	2,2 ^B	4,3
ConI	.	0,6 ^{Ab}	1,0 ^{Aa}	1,1 ^{Aa}	2,7 ^A	6,4
ConNI	.	0,4 ^{Bb}	0,9 ^{Ba}	1,0 ^{Ba}	2,3 ^B	5,2
CV(%)	10,2	5,2	9,3	6,2		
Produção de nutrientes digestíveis totais (t de MS ha ⁻¹)						
OrgI	0,8 ^{Ad}	1,4 ^{Bc}	2,9 ^{Bb}	3,8 ^{Ba}	8,9 ^C	9,1
OrgNI	0,8 ^{Ad}	1,2 ^{Cc}	2,7 ^{Cb}	3,1 ^{Ca}	7,8 ^D	8,2
ConI	.	2,6 ^{Ac}	3,9 ^{Ab}	4,4 ^{Aa}	10,9 ^A	10,3
ConNI	.	1,9 ^{Bb}	3,8 ^{Aa}	3,9 ^{Ba}	9,6 ^B	10,7
CV(%)	10,2	4,2	6,9	7,8		

¹Sistema de produção orgânica, com misturas forrageiras; ²Sistema de produção convencional, com capim elefante sob cultivo estreme. Letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); CV=coeficiente de variação.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO JUNIOR, R. L. *et al.* Forage mass and the nutritive value of pastures mixed with forage peanut and red clover. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.4, p.827-824, 2012.
- BRATZ, V. F. *et al.* Response of elephant grass to grazing under an organic production system. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 1, p. 159-168, 2019.
- CHAVARRIA, G.; MELLO, N. Bactérias do gênero *Azospirillum* e sua relação com gramíneas. **Revista Plantio Direto**, v. 125, n. 1, p. 34-42, 2011.
- 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.
- CONN, K.L., NOWAK, J. & LAZAROVITS, G. Agnotobiotic bioassay for studying interactions between potatoes and plant growth-promoting rhizobacteria. **Canadian Journal of Microbiology** 43: 801-808. 1997.
- COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, I. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Arroz e Feijão, (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 192), 2006.
- CRUZ, A. C.; PEREIRA, F.S.; FIGUEIREDO, V.S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **Indústria química BNDES Setorial**, v.45, p. 137-187, 2017.
- DALL'AGNOL, M. *et al.* Produção de Forragem de Capim-Elefante sob Clima Frio. 2. Produção e Seletividade Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.425-432, 2005.
- DIEHL, M. S.; OLIVO, C. J.; AGNOLIN, C. A. *et al.* Produtividade de sistemas forrageiros consorciados com leguminosas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.5, p. 1527-1536, 2013.
- DIEHL, M. S. *et al.* Massa de forragem e valor nutritivo de capim elefante e espécies de crescimento espontâneo consorciadas com amendoim forrageiro ou trevo vermelho. **Ciência Rural**, v.44, n. 10, p.1845-1852, 2014.
- DERESZ, F.; LOPES, F. C. F.; AROEIRA, L. J. M. Influência de estratégias de manejo em pastagem de capim elefante na produção de leite de vacas Holandês X Zebu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, p.482-491, 2001.
- DÍAZ-ZORITA, M.; CANIGIA, M. V. F. Análisis de la producción de cereales inoculados con *Azospirillum brasilense* en la República Argentina. In: CASSÁN, F. D.; SALAMONE, I. G. *Azospirillum sp.*: cell physiology, **plant interactions and agronomic research in Argentina**. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología., p. 155-164. 2008.

DÖBEREINER, J.; MARRIEL, I.; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 22, n. 1, p. 1464–1473, 1976.

GLIESSMAN, Stephen R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2ª ed.Ed. UFRGS, 2001.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. [EMBRAPA Soja], 38 p. (Documentos 325), 2011.

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

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A; ARAUJO, R. S. Inoculation os *Brachiaria* ssp. White the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: Na environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.221, n.1, p.125- 131, 2016.

HUERGO, L. F. et al. Regulation of nitrogen fixation in *azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F. D.; SALAMONE, I. G. ***Azospirillum sp.*: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología, p. 17-28, 2008.

IPNI – **International Plant Nutrition Institute**. Fertilizantes. 2019. Disponível em: <<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>> Acesso em: 10 out. 2019.

MACHADO, L. A. Z. Misturas de forrageiras anuais e perenes para sucessão à soja em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.4, p.629-636, 2012.

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

MARIANO, R.L.R.; SILVEIRA, E.B.; ASSIS, S.M.P.; GOMES, A.M.A. Identificação de bactérias fitopatogênicas. In: MARIANO, R.L.R.; SILVEIRA, E.B. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, vol. 1, p.89-111, 2004.

MAZZARELA, V. (Producer). (2007). Capim-elefante como fonte de energia no Brasi: realidade atual e expectativas. **INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética**. Disponível em: http://www.inee.org.br/dow_loads/eventos/0945VicenteMazzarelaIPT.ppt. >Acessado em: 07/12/2018

MEINERZ, G. R. *et al.* Composição nutricional de pastagens de capim-Elefante submetidos a duas estratégias de manejo em pastejo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 30, n. 4, p. 379-385, 2008.

- 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.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Editora UFLA, 729 p. 2006.
- OLIVEIRA, T. S. Qualidade química do solo e características produtivas do capim-elefante submetido à adubação química e orgânica. *Revista Brasileira de Agropecuária e Sustentável*, v.1, n.3, p.99-104, 2013.
- OLIVO, C.J. et al. Produtividade e valor nutritivo de pasto de capim elefante manejado sob princípios agroecológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1729-1735, 2007.
- OLIVO, C. J. et al. Produção de forragem e carga animal em pastagens de capim elefante consorciadas com azevém, espécies de crescimento espontâneo e trevo branco ou amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.1, p.27-33, 2009.
- OLIVO, C. J. et al. Produtividade de pastos consorciados com leguminosas forrageiras. **Revista de Agricultura**, v.89, n. 2, p.78-90, 2014.
- OLIVO, C. J. et al. Forage systems mixed with forage legumes grazed by lactating cows. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 39, n. 1, p. 19-26, 2017.
- PRIMAVESI, O. et al. Lixiviação de nitrato em pastagem de coastcross adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 683-690, 2006.
- QUEIROZ FILHO, J.L; SILVA, D.S; NASCIMENTO, I.S. Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Pennisetumpurpureumschum.*) cultivar roxo em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.69-74, 2000.
- SILVA. L.L.G.G. et al. Fixação biológica de nitrogênio em pastagens com diferentes intensidades de corte. **Archivos de Zootecnia**, v.59, n.225, p. 21-30, 2010.
- SOLLENBERGER, L.E. Sustainable production systems for *Cynodon* species in the subtropics and tropics. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 85-100, 2008.
- STEINWANDTER, E. et al. Produção de forragem em pastagens consorciadas com diferentes leguminosas sob pastejo rotacionado. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.31, n.2, p.131-137, 2009.
- TARRANT, J. J.; KRIEG, N. R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of 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. 1, p. 967-980, 1978.
- VIEIRA, A.C. et al. Plant and animal responses of elephant grass pasture-based systems mixed with pinto peanut. **Journal of Agricultural Science**, v. 157, p. 63-71, 2019.