

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS  
CÂMPUS DE DRACENA**

**Gabriela da Silva Freitas**

Engenheira Agrônoma

**INOCULAÇÃO FOLIAR COM BACTÉRIAS PROMOTORAS  
DO CRESCIMENTO DE PLANTAS ASSOCIADAS A DOSES  
DE NITROGÊNIO EM *Megathyrus maximus* CV. BRS ZURI**

Dracena

2022

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS  
CÂMPUS DE DRACENA**

**Gabriela da Silva Freitas**

Engenheira Agrônoma

**INOCULAÇÃO FOLIAR COM BACTÉRIAS PROMOTORAS  
DO CRESCIMENTO DE PLANTAS ASSOCIADAS A DOSES  
DE NITROGÊNIO EM *Megathyrsus maximus* CV. BRS ZURI**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus de Dracena como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Cecílio Viegas Soares Filho

Dracena

2022

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação  
Campus de Dracena

F866t

Freitas, Gabriela da Silva.

Inoculação foliar com bactérias promotoras do crescimento de plantas associadas a doses de nitrogênio em *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri / Gabriela da Silva Freitas. -- Dracena: [s.n.], 2022.

69 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2022.

Orientador: Cecílio Viega Soares Filho

1. Nitrogênio Fixação. 2. *Pseudomonas*. 3. *Azospirillum*. 4. Inoculação. I. Título.

Bibliotecário Fábio Sampaio Rosas  
CRB 8/6665

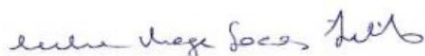
## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: **Inoculação foliar com bactérias promotoras do crescimento de plantas associadas a doses de nitrogênio em *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri**


**AUTORA: GABRIELA DA SILVA FREITAS**

**ORIENTADOR: CECILIO VIEGA SOARES FILHO**

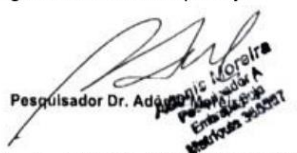
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciência e Tecnologia Animal, área: Produção Animal pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. CECILIO VIEGA SOARES FILHO (Participação Virtual)  
Departamento de Produção e Saúde Animal / FMV / UNESP - Araçatuba

Documento assinado digitalmente  
 MARIANGELA HUNGRIA DA CUNHA  
Data: 07/12/2022 04:03:59-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Pesquisadora Dr.<sup>a</sup> MARIANGELA HUNGRIA DA CUNHA (Participação Virtual)  
Biotecnologia do Solo / Embrapa Soja

  
Pesquisador Dr. Adão Nogueira  
Pesquisador A  
Embrapa Soja  
Mestrado 2022

Pesquisador Dr. MARCO ANTONIO NOGUEIRA (Participação Virtual)  
Biotecnologia do Solo / Embrapa Soja

Dracena, 06 de dezembro de 2022

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Gabriela da Silva Freitas, nascida em 17 de abril de 1997 no município de Araçatuba, São Paulo. Graduada em Agronomia pela Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, unidade de Cassilândia, em abril de 2021. Ingressou no curso de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Animal em março de 2021, na área de produção animal, sendo bolsista CAPES.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus que é o alicerce da minha vida e me deu proteção e saúde para continuar e persistir estudando em tempos difíceis de pandemia.

Ao meu pai Sidnei Forini de Freitas que é o meu maior exemplo de força de vontade, que sempre procura melhorar e dar o seu melhor para os seus. À minha mãe Simone da Silva Cruz Freitas que é a minha base de apoio, que permite que eu me dedique aos estudos e me auxilia em todo momento.

Ao meu filho Kaique Freitas Boneto que é meu maior incentivo em crescer pessoalmente e intelectualmente, que me ajuda todos os dias a buscar o meu melhor.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho“, em especial à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena e à Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, pelo suporte e oportunidade.

Ao Professor Dr. Cecílio Viega Soares Filho, pela orientação, apoio, paciência, aconselhamento e amizade, minha sincera gratidão.

Aos funcionários da Unesp, em especial ao Carlos Renato e Laércio Marcon pela ajuda e paciência na condução do experimento.

Aos professores: Reges Heinrichs; Rosemeire Filardi; Leandro Araújo; Gustavo Polycarpo. Obrigado pela dedicação e maestria em passar conhecimento mesmo pelo modelo de aula remoto.

Aos professores e pesquisadores que aceitaram compor a banca de qualificação e defesa: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho; Adônis Moreira; Marco Antônio Nogueira e Mariângela Hungria.

Aos pesquisadores Mariangela Hungria e Marco Antônio Nogueira e ao Laboratório de Biotecnologia do Solo da EMBRAPA Soja por ter cedido os inoculantes.

À CAPES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore e nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.”

**Josué 1:9**

## RESUMO

Devido à busca por formas mais viáveis e econômicas de fornecimento de nitrogênio (N) para as gramíneas forrageiras, a inoculação com bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) representa uma alternativa potencial, pois pode contribuir de forma positiva para a nutrição das plantas, reduzindo o uso de fertilizantes, como os nitrogenados no caso de bactérias diazotróficas e beneficiando a adoção desta tecnologia no meio agrícola. O experimento teve o objetivo de avaliar a nutrição, desenvolvimento, composição bromatológica e produção de forragem por *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri submetido à inoculação foliar com bactérias promotoras do crescimento em plantas associadas a doses de nitrogênio. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, constituído por sete tratamentos e quatro repetições, sendo tratamento 1 (controle - sem N e sem inoculação), tratamento 2 (40 kg ha<sup>-1</sup> de N e sem inoculação), tratamento 3 (80 kg ha<sup>-1</sup> de N e sem inoculação), tratamento 4 (*Azospirillum brasilense* (Ab-V5 (CNPSO 2083) e Ab-V6 (CNPSO 2084) mais 40 kg ha<sup>-1</sup> de N), tratamento 5 (*Azospirillum brasilense* (Ab-V5 (CNPSO 2083) e Ab-V6 (CNPSO 2084) mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de N), tratamento 6 (*Pseudomonas fluorescens* (CNPSO 2799) mais 40 kg ha<sup>-1</sup> de N) e tratamento 7 (*Pseudomonas fluorescens* (CNPSO 2799) mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de N). Os tratamentos que receberam a inoculação foliar foram pulverizados e adubados com N na forma de ureia a cada dois cortes. As variáveis foram analisadas pelo teste de comparação múltipla de Scott-Knott ( $p \leq 0,10$ ). As plantas inoculadas com *P. fluorescens* CNPSO 2799 e Ab-V5 + Ab-V6 acrescidas de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral apresentaram 8,5% e 4,3%, respectivamente, a mais de produção de massa seca de forragem em relação às que receberam apenas 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral. As plantas inoculadas com *A. brasilense* e com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N produziram 4% a mais que fertilizadas com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral no total de massa seca acumulada. Para altura, número de perfilhos por m<sup>2</sup>, proteína bruta, acúmulo de N e IRC para as plantas inoculadas com BPCP associadas à dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> foram superiores em relação às que receberam apenas o fertilizante.

**Palavras-chave:** Nitrogênio Fixação. *Pseudomonas*. *Azospirillum*. Inoculação.

## ABSTRACT

Due to the search for more viable and economical ways of supplying nitrogen (N) to forage grasses, inoculation with plant growth promoting bacteria (GPCP) represents a potential alternative, as it can contribute positively to plant nutrition, reducing the use of fertilizers, such as nitrogen fertilizers in the case of diazotrophic bacteria and benefiting the adoption of this technology in the agricultural environment. The experiment aimed to evaluate nutrition, development, bromatological composition and forage production by *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri submitted to foliar inoculation with plant growth-promoting bacteria associated with nitrogen doses. The experimental design was in complete randomized blocks, consisting of seven treatments and four replications, with treatment 1 (control - without N and without inoculation), treatment 2 (40 kg ha<sup>-1</sup> of N and without inoculation), treatment 3 (80 kg ha<sup>-1</sup> of N and without inoculation), treatment 4 (*Azospirillum brasilense* (Ab-V5 (CNPSO 2083) and Ab-V6 (CNPSO 2084) plus 40 kg ha<sup>-1</sup> of N), treatment 5 (*Azospirillum brasilense* (Ab-V5 (CNPSO 2083) and Ab-V6 (CNPSO 2084) plus 80 kg ha<sup>-1</sup> of N), treatment 6 (*Pseudomonas fluorescens* (CNPSO 2799) plus 40 kg ha<sup>-1</sup> of N) and treatment 7 (*Pseudomonas fluorescens* (CNPSO 2799) plus 80 kg ha<sup>-1</sup> of N). The treatments that received foliar inoculation were sprayed and fertilized with N in the form of urea every two cuts. The variables were analyzed using the Scott-Knott multiple comparison test ( $p \leq 0,10$ ). Plants inoculated with *P. fluorescens* CNPSO 2799 and Ab-V5 + Ab-V6 plus 40 kg ha<sup>-1</sup> of mineral N showed 8.5% and 4.3%, respectively, more powder production of forage dry mass in relation to those that received only 40 kg ha<sup>-1</sup> of mineral N. Plants inoculated with *A. brasilense* and 40 kg ha<sup>-1</sup> of N produced 4% more than those fertilized with 40 kg ha<sup>-1</sup> of mineral N in total accumulated dry mass. For height, number of tillers per m<sup>2</sup>, crude protein, N accumulation and CRI for plants inoculated with GPCP associated with a dose of 80 kg ha<sup>-1</sup> were higher than those that received only the fertilizer.

**Keywords:** Fixation nitrogen. *Pseudomonas*. *Azospirillum*. Inoculation.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	- Temperaturas do ar máxima e mínima (°C) e precipitação acumulada (mm) mensais durante o experimento no período de janeiro de 2021 até abril de 2022.....	28
<b>Figura 2</b>	- Primeira inoculação foliar na área experimental.....	31
<b>Figura 3</b>	- Leitura SPAD.....	33
<b>Figura 4</b>	- Corte da parte aérea do capim.....	33
<b>Figura 5</b>	- Avaliação de número de perfilhos e altura de plantas.....	34

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	- Descrição dos tratamentos .....	30
<b>Tabela 2</b>	- Altura das plantas e número de perfilhos por metro quadrado do capim <i>Megathyrus maximus</i> cv. BRS Zuri.....	37
<b>Tabela 3</b>	- Produção acumulada de massa seca da parte aérea no verão, inverno, total e produção de massa seca de raízes do capim <i>Megathyrus maximus</i> cv. BRS Zuri.....	39
<b>Tabela 4</b>	- Índices Relativos de Clorofila e produtividade de massa seca do capim <i>Megathyrus maximus</i> cv. BRS Zuri.....	42
<b>Tabela 5</b>	- Porcentagem de lâmina foliar e acúmulo diário de massa seca por <i>Megathyrus maximus</i> cv. BRS Zuri.....	45
<b>Tabela 6</b>	- Acúmulo e concentração de nitrogênio na parte aérea de <i>Megathyrus maximus</i> cv. BRS Zuri.....	47
<b>Tabela 7</b>	- Teor de proteína bruta da matéria seca e digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) do capim <i>Megathyrus maximus</i> cv. BRS Zuri.....	50
<b>Tabela 8</b>	- Teor de Fibra insolúvel em Detergente Neutro (FDN) e do teor de Fibra insolúvel em Detergente Ácido (FDA) da parte aérea do capim <i>Megathyrus maximus</i> cv. BRS Zuri.....	52

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AIA	Ácido indol-3-acético
BPCP	Bactérias Promotoras de Crescimento em Plantas
DIVMS	Digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i>
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
FDA	Fibra insolúvel em Detergente Ácido
FDN	Fibra insolúvel em Detergente Neutro
GEE	Gases de Efeito Estufa
IRC	Índice Relativo de Clorofila
N	Nitrogênio
PB	Proteína Bruta

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	As Pastagens no Brasil.....	16
2.2	<i>Megathyrus maximus</i> cv. BRS Zuri.....	17
2.3	Adubação Nitrogenada.....	18
2.4	Bactérias que Atuam como Promotoras de Crescimento em Plantas	19
2.5	<i>Azospirillum</i> spp.....	21
2.6	<i>Pseudomonas</i> spp.....	22
2.7	Interação entre Adubação Nitrogenada e Bactérias Promotoras de Crescimento em Plantas.....	23
2.8	Índice de Clorofila – SPAD.....	25
2.9	Valor Nutritivo em Gramíneas.....	26
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1	Local e Condições Climáticas.....	29
3.2	Delineamento Experimental e Tratamentos.....	30
3.3	Colheitas e Composição Químico-Bromatológica .....	32
3.4	Análise Estatística.....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1	Produtividade de <i>Megathyrus maximus</i> cv BRS Zuri.....	36
4.1.1	Altura de planta e número de perfilhos.....	36
4.1.2	Acúmulo de forragem por estações de crescimento.....	38
4.1.3	Índice relativo de clorofila e produção de massa seca.....	41
4.1.4	Lâmina foliar e acúmulo diário de massa seca de forragem.....	44
4.2	Acúmulo de N e Composição Químico-Bromatológica de <i>Megathyrus maximus</i> cv BRS Zuri.....	47
4.2.1	Acúmulo e concentração de N na parte aérea.....	47
4.2.2	Proteína bruta e digestibilidade verdadeira <i>In Vitro</i> .....	49
4.2.3	Fibra insolúvel em detergente neutro e fibra insolúvel em detergente ácido.....	52
5	CONCLUSÕES.....	53
6	REFERÊNCIAS.....	54
	APÊNDICE .....	66

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade pecuária no Brasil contribui com 8,5% do total do PIB anual do país. Pastagens naturais e plantadas são um componente diferencial e primordial para o sucesso da pecuária brasileira. A vantagem competitiva da pecuária de corte se deve ao menor custo de produção quando comparado ao custo de países competidores no mercado da carne, que se deve ao fato de que 86% da produção envolvendo cria, recria e engorda são realizadas com bovinos criados sob pastejo (EMBRAPA, 2020).

As plantas forrageiras constituem a principal fonte de alimentos para os bovinos e são representadas, principalmente, pelos gêneros *Urochloa* spp. (syn. *Brachiaria*) e *Megathyrsus* spp. (syn. *Panicum*) (RESENDE, 2015). No gênero *Megathyrsus*, a espécie *M. maximus* tem sido amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais (SILVA, 2016) e grandes avanços têm ocorrido no melhoramento genético de forrageiras. O capim Zuri (*M. maximus* cv. BRS Zuri) é uma das cultivares modernas mais importantes devido às suas qualidades agronômicas e nutricionais. Além de um rápido crescimento e alto rendimento de biomassa, o capim Zuri se regenera bem ao longo dos ciclos de pastejo sucessivos (JANK *et al.*, 2017).

O nitrogênio (N) é frequentemente um fator limitante no crescimento e produtividade das plantas, especialmente em gramíneas forrageiras tropicais (SANTOS; DE BONA; MONTEIRO, 2013). Os fertilizantes representam uma alternativa para reduzir potencialmente as variações sazonais das forrageiras tropicais e podem aumentar sua qualidade; porém, os fertilizantes comerciais são os insumos mais caros. No entanto, adubações repetidas ou altas quantidades de N podem causar desequilíbrios nutricionais e podem, em última análise, ter efeitos negativos na produção e no valor nutricional da forragem (SOARES FILHO *et al.*, 2018). Além disso, com a crescente preocupação com o desenvolvimento da agricultura sustentável e menos poluente, é necessária a busca por alternativas para reduzir o impacto ambiental dos fertilizantes minerais (COSTA *et al.*, 2015) sem causar perdas na produtividade e na qualidade nutricional (LAL, 2005; SÁ *et al.*, 2015).

O efeito estufa de origem antrópica está diretamente relacionado com as práticas agrícolas e as mudanças do uso da terra devido ao desmatamento,

pecuária intensiva e monocultivo (CERRI, 2007). Os principais gases de efeito estufa são o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e o metano (CH<sub>4</sub>), sendo as atividades agrícolas responsáveis por 64% das emissões globais de N<sub>2</sub>O, principalmente devido à aplicação de N via fertilizantes de alta solubilidade e à deposição via excreta animal (IPCC, 2007; HOUGHTON *et al.*, 2001).

Fertilizantes nitrogenados têm alto custo e a sua obtenção industrial, através do tradicional processo Haber-Bosch, é responsável atualmente por 1,2% das emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> (SMITH *et al.*, 2020), pois requer altas quantidades de combustíveis fósseis. Portanto, a substituição parcial de fertilizantes nitrogenados por microrganismos que fazem a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e promovem o crescimento das plantas por outros meios, pode reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> (HUNGRIA *et al.*, 2016).

As rizobactérias do gênero *Azospirillum* podem se associar a gramíneas e potencializar o crescimento e a produtividade das culturas por uma série de mecanismos, incluindo a produção de fitormônios, fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fósforo e aumento no desenvolvimento radicular. Além disso, podem aumentar a resistência das plantas e atenuar estresses causados por fatores bióticos e abióticos, como o ataque de fitopatógenos, radiação e temperatura excessiva, salinidade e seca (CARDOZO *et al.*, 2021; HUNGRIA *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2020). Desde sua descoberta, na década de 1970, 22 espécies de *Azospirillum* foram identificadas, sendo *A. brasilense* umas das mais promissoras para serem utilizadas como inoculantes (CASSÁN *et al.*, 2020).

A inoculação das estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de *A. brasilense* associadas a doses de N-fertilizante em *Urochloa brizantha* e *U. ruziziensis* promoveu aumentos significativos na produção de massa de forragem, sendo que os maiores incrementos foram observados para os tratamentos com bactérias associadas à dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N (HUNGRIA, 2016). Em estudo com a inoculação de *Pseudomonas fluorescens* em *U. decumbens*, foi verificado aumento da taxa de alongamento de colmos e número de folhas por perfilho (BRENNECKE *et al.*, 2016). Esse fator pode contribuir para aumentar a razão folha:colmo, característica desejável na alimentação animal, uma vez que disponibilizará uma forragem de maior valor nutritivo.

A hipótese deste trabalho é de que a inoculação foliar do *M. maximus* com bactérias promotoras do crescimento em plantas (BPCP) associadas a doses de N

permite reduzir a quantidade de fertilizante nitrogenado e obter produção de massa seca de forragem equivalente e com maior valor nutritivo, de forma mais sustentável.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a nutrição, desenvolvimento, composição químico-bromatológica e produção de massa seca da parte aérea e raízes por *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri submetido à inoculação foliar com bactérias promotoras do crescimento em plantas associadas a doses de nitrogênio na forma de ureia.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 As Pastagens no Brasil

A importância da Pecuária de Corte para o país fica evidente ao analisar o PIB desta atividade, que em 2019 foi de R\$ 618,50 bilhões, valor que está intimamente associado com o tamanho do rebanho e ao fato de o país ser o maior exportador mundial dessa *commodity* (ABIEC, 2020). A grande disponibilidade de pastagens possibilitou ao país atingir o segundo maior rebanho mundial, com cerca de 214,7 milhões de cabeças, com um crescimento de 0,4% em 2019 após dois anos em queda (USDA, 2021). Essa grande disponibilidade de pastagens resulta em um sistema produtivo com baixos custos de produção, manejo simplificado e boas condições relacionadas ao conforto e bem-estar animal (BRUNES; COUTO, 2017).

O território brasileiro é um dos maiores produtores de carne bovina do mundo e, em decorrência do aumento na demanda de produção de bovinos de corte e maior exigência por parte do consumidor (SILVA *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2021). Devido principalmente à importação e exportação da matéria prima, surge a necessidade de se produzir mais sem que necessariamente haja a expansão territorial, associado a medidas de proteção a região amazônica brasileira (DIAS-FILHO, 2015).

O Brasil possui 112 milhões de hectares de pastagens cultivadas (IBGE, 2017), com estimativa de que 52% estejam degradadas e 25%, em degradação (DIAS-FILHO, 2014). A intensificação da pecuária é a principal estratégia para conciliar aumento de produtividade com redução de impactos ambientais (STRASSBURG *et al.*, 2014). A intensificação da pecuária está associada à reforma ou recuperação de pastagens, o que inclui o aporte de nutrientes, principalmente nitrogênio (N), por meio de fertilizantes. Porém, o elevado custo desse insumo limita a adubação de pastagens pelos produtores brasileiros e, em particular, da Amazônia (ANDRADE, 2010; 2012). Nesse cenário, o uso de pastagens de gramíneas consorciadas com leguminosas com capacidade de fixação biológica de N (FBN) torna-se de grande interesse.

A busca por estratégias que venham mitigar a influência edafoclimática é de suma importância. Dessa forma, o uso de manejo de cultivo (ex. adubação, irrigação, etc.) e adequação do pastejo tornam-se práticas relevantes, uma vez que,

buscam a otimização do sistema de produção por meio de modificações no ambiente, proporcionando êxito na produção agrícola, sem causar prejuízos econômicos e ambientais (SANTOS *et al.*, 2011).

## **2.2 *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri**

Há uma procura crescente por espécies forrageiras altamente produtivas, devido à crescente intensificação da pecuária e sistemas agrícolas (BRAGA *et al.*, 2019). As gramíneas do gênero *Megathyrsus* estão entre as forrageiras mais utilizadas na agropecuária, em razão da sua alta produtividade e valor nutritivo. Assim como as forrageiras do gênero *Brachiaria*, o *Megathyrsus* é caracterizada pela alta produção de matéria seca e acelerado processo de rebrota (SOARES, 2017), facilidade de estabelecimento, bom valor nutritivo e crescimento, inclusive no período de seca (SILVA *et al.*, 2016).

A espécie *Megathyrsus maximum* destaca-se por possuir cultivares produtivas de ótima qualidade, adaptadas às diferentes regiões do mundo (SILVA *et al.*, 2020) e largamente utilizadas em sistemas de pastejo intensivo para criação, engorda e terminação de gado bovino de corte. Lançada pela Embrapa Gado de Corte em 2014, a cultivar BRS Zuri (“bom e bonito” na linguagem suaíli, no Quênia), é resultado de uma seleção massal em populações de *Megathyrsus maximum* coletadas na Tanzânia, leste da África, nos anos de 1960.

A cultivar foi selecionada em parcerias entre a Unipasto (Associação para o Fomento à Pesquisa de Melhoramento de Forrageiras), Embrapa Cerrados, Embrapa Acre, Embrapa Gado de Leite, Embrapa Pecuária Sul, Embrapa Rondônia e Universidade da Grande Dourados (EMBRAPA, 2015). Indicada para os biomas Cerrado e Amazônia, pode ser mais uma alternativa para diversificar e intensificar as pastagens, possui moderada tolerância ao alagamento (SILVEIRA; WANDER, 2015), mas desenvolve-se melhor preferencialmente em solos com boa drenagem e de média a alta fertilidade (EMBRAPA, 2014).

A BRS Zuri é descrita como uma planta cespitosa (cresce formando tufo ou touceiras), de porte ereto e altura de 1,0 m a 1,3 m com folhas verdes escuras, longas, largas e arqueadas, resistente à cigarrinhas-das-pastagens e resistente ao fungo *Bipolaris maydis* (mancha foliar) (BRAGA *et al.*, 2019), possui alta

produtividade de forragem, vigor, capacidade de suporte e bom desempenho animal (SILVA *et al.*, 2020).

A produção da cultivar BRS Zuri atingiu cerca de 22 toneladas por hectare no período de um ano apenas de massa seca foliar, sendo que esse valor é 50% superior quando comparado com a cultivar Tanzânia-1. Mesmo durante a estacionalidade, essa cultivar apresentou uma produção similar à das cultivares Mombaça e Tanzânia-1, com mais de 15% produzidos no período seco em relação ao total produzido no ano. Além disso, apresentou 87% a mais de folhas e uma maior composição proteica de até 15% nas folhas e 12% nos caules (EMBRAPA, 2014).

### **2.3 Adubação Nitrogenada**

Em sistemas de produção pecuária sobre pastagens tropicais, faz-se necessário incrementar a disponibilidade de nitrogênio (N) a fim de se obter elevada produção de massa seca (MS) e incremento no valor nutritivo, particularmente no teor de proteína bruta (PB) (CAMPOS *et al.*, 2016), e, como consequência, ampliar a carga animal que a área suporta (ASSMANN *et al.*, 2004).

O nitrogênio é um componente importante das proteínas, além de maximizar o rendimento de massa seca de gramíneas forrageiras, sendo o principal nutriente para a manutenção de sua produtividade (DUPAS *et al.*, 2016). Quando aplicado, é assimilado pela planta e incorporado às cadeias de carbono, promovendo o aumento dos constituintes celulares e, conseqüentemente, aumentando o vigor do rebrote e a produção total de massa seca verde das plantas sob condições climáticas favoráveis (GALINDO *et al.*, 2017).

O N é um elemento importante para melhorar o ambiente de produção, sendo o mais acumulado pelas plantas, responsável direto no crescimento destas, sendo constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, clorofila, ácidos nucleicos, coenzimas e hexoaminas (TAIZ *et al.*, 2017). Entretanto, o N no solo é muito dinâmico, sendo afetado pelas condições do solo e do clima. Por exemplo, perdas de N por volatilização ocorrem após a hidrólise enzimática da ureia no solo, com a produção de amônia (NH<sub>3</sub>) (WANG *et al.*, 2020); além disso, durante o ciclo do N existe o processo de amonificação, o qual também é responsável pela liberação de NH<sub>3</sub>.

No processo de volatilização de  $N-NH_3$ , ocorre a transferência de amônia gasosa do solo para a atmosfera (MARTHA JUNIOR, 2003). Em solos alcalinos, as perdas de  $N-NH_3$  a partir de sais amoniacais podem atingir patamares de até 40% do N-total (WHITEHEAD; RAISTRICK, 1990). Em relação à ureia, principal fertilizante utilizado, a perda também é significativa, em aplicações superficiais a lanço essas perdas situam-se entre 10 a 25% (PRIMAVESI *et al.*, 2001). Cassimiro *et al.* (2020) observaram em *U. brizantha* cv. Marandu, sob adubação a lanço com ureia comum, que 47% do N aplicado foram perdidos via volatilização de amônia.

As gramíneas do gênero *Urochloa* ocupam maior percentual de área de pastagens no Brasil. Apesar de serem tolerante a solos de baixa fertilidade, respondem bem à aplicação de N. São necessárias diferentes doses de N em pastagens do gênero *Urochloa* (braquiárias) com base no sistema de pastejo e grau de tecnificação da produção, o uso de maior dose de N é requerido quando se quer atingir maior número de unidades animais por área.

A máxima produtividade de massa seca da parte aérea, relatada por Cassimiro *et al.* (2020), em estudo com *U. brizantha* cv. Marandu submetida à adubação nitrogenada a lanço, na forma de ureia, na estação chuvosa (verão) foi atingida com a dose de  $94 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, resultando em incremento de 75% em relação ao obtido na ausência de adubação.

O potencial produtivo de cultivares de *M. maximus* tem sido observado em diversos estudos. Rosado *et al.* (2016) relataram resposta linear da cultivar Mombaça, sob irrigação, à aplicação até a dose de  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, utilizando diferentes fontes do nutriente (nitrato de cálcio, sulfato de amônio e ureia).

O nitrogênio (N) é o nutriente mais limitante para o crescimento vegetal em todo o mundo, e a adubação mineral é uma prática comum para melhorar a taxa de lotação, o desempenho animal e a produtividade do sistema forrageiro-pecuário (SILVA *et al.*, 2020). No entanto, o fertilizante mineral é muito caro e contribui para as emissões de gases de efeito estufa por esses sistemas (BOURSCHEIDT *et al.*, 2019).

## 2.4 Bactérias Promotoras de Crescimento em Plantas

Bactérias promotoras do crescimento em plantas (BPCP) pertencem a um grupo de microrganismos, que possuem a capacidade de se associarem às raízes

de plantas, sendo comumente encontradas, no solo e na rizosfera, que podem ainda colonizar alguns ou uma grande parte de tecidos de plantas (GLICK, 2014).

As BPCP, a partir da interação com as plantas, possibilitam a captação de recursos, a inibição de patógenos (GLICK, 2014), além da produção de sideróforos, solubilização de fosfato, produção de auxinas como ácido indol-acético (AIA), 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) deaminase e FBN, usando o complexo enzimático da nitrogenase (AHEMAD; KIBRET, 2014).

O uso dessas bactérias surge em resposta à pressão exercida nos sistemas agrícolas, por causa da utilização de potenciais poluentes do meio ambiente, a exemplo do N fertilizante. Essa fonte alternativa, devido à capacidade de FBN, possibilita uma substituição parcial do uso de N-fertilizantes (BALDANI; BALDANI, 2005; BERGAMASCHI *et al.*, 2007; HUNGRIA *et al.*, 2010; MUS *et al.*, 2016; GOUDA *et al.*, 2018).

Com o intuito de potencializar o avanço social, econômico e ecológico que existe nos ecossistemas dominados pelas pastagens no Brasil é necessária a adoção de biotecnologias já existentes para o manejo adequado da fertilidade do solo nessas áreas. As bactérias que realizam a FBN geralmente são encontradas no interior de tecidos vegetais ou próximas à rizosfera. A disponibilidade de nitrogênio (N) assimilável que essas bactérias produzem é moderada para as culturas de gramíneas tropicais, necessitando de um suplemento nitrogenado.

Nesse contexto, a utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas em gramíneas é considerada uma alternativa viável para a criação de bovinos de corte no país, que aumentaria a produção de forragem e reduziria o uso de produtos químicos no solo, diminuindo também o impacto ambiental. A contribuição global da FBN é estimada em  $180 \times 10^6$  toneladas métricas de N anualmente, sendo as associações simbióticas entre plantas leguminosas e bactérias responsáveis por 80% dessa produção enquanto que as bactérias de vida livre, endofíticas e associativas seriam responsáveis pelo restante. Esse processo resulta em quantidades substanciais de N que podem enriquecer o solo (SIVASAKTHI; USHARANI; SARANRAJ, 2014).

A diminuição no uso de fertilizantes com N que são produzidos por meio de combustíveis fósseis não renováveis resulta em maior sustentabilidade, reduzindo a poluição ambiental relacionada à produção de gado de corte (BERGAMASHI, 2006).

Somente no Brasil, estima-se que as BPCP possam gerar uma economia de até 50 kg por hectare com fertilizantes nitrogenados (FANCELLI, 2010). De acordo com Duarte *et al.* (2021), o uso de BPCP associado à dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou um acúmulo de matéria seca da parte aérea do capim Mavuno semelhante ao obtido com o dobro da dose de N na ausência de inoculação. Em um experimento realizado com capim Zuri, Carvalho *et al.* (2020) reportaram que as BPCP, quando combinadas com N-fertilizante, podem aumentar a produtividade de massa seca da parte aérea, assim, como os valores nutritivos da forrageira.

## 2.5 *Azospirillum* spp.

O gênero *Azospirillum* ocorre em todos os tipos de solo e clima (ANDRADE *et al.*, 2016). São bactérias Gram-negativas preferencialmente aeróbias, mas também crescem em meio com pouco oxigênio (microaerofílicas). Utilizam ácidos orgânicos e pentoses como fontes de carbono, e amônio, nitrito, nitrato, aminoácidos e nitrogênio molecular (N<sub>2</sub>) como fonte de nitrogênio (MODESTO *et al.*, 2019).

O Brasil tem tradição em estudos com *Azospirillum*; Johanna Döbereiner (1924-2000) descreveu, na década de 1970, a capacidade do *Azospirillum*, inicialmente nomeado *Spirillum*, de realizar a FBN quando associado com gramíneas (SANTOS *et al.*, 2019). *Azospirillum* é a mais conhecida entre as BPCP não simbióticas e tem a capacidade de incrementar o crescimento das plantas através de diferentes mecanismos (BASHAN; De-BASHAN, 2005).

As bactérias do gênero *Azospirillum* são diazotróficas associativas, ou seja, podem colonizar tanto a rizosfera quanto o interior das raízes, têm uma distribuição ecológica universal, colonizando monocotiledôneas e dicotiledôneas (MARIN *et al.*, 1999). Colonizam os espaços intercelulares das raízes ou vivem na superfície das mesmas. Provocam aumento do sistema radicular pela produção do fitormônio auxina (MEHNAZ, 2015), com conseqüente aumento da absorção de nutrientes. Também produzem giberelinas e citocininas (MODESTO *et al.*, 2019).

Outro benefício promovido pelo *Azospirillum* é a proteção da planta pela produção de sideróforos, induz a produção de quitinases, glucanases e antibióticos (OKUMURA *et al.*, 2013). *A. brasilense* também pode ser empregada na mitigação de estresses abióticos das plantas, promovendo aumento de produtividade vegetal (FUKAMI *et al.*, 2017).

A contribuição do N fixado por *A. brasilense* não parece ser o seu principal papel na promoção do crescimento de plantas, mesmo assim, é um atributo importante dessa bactéria (FIBACH-PALDI *et al.*, 2012). Não se sabe ainda o quanto a FBN, os efeitos hormonais ou a proteção da planta participam separadamente na melhoria do desempenho das plantas. Os benefícios da inoculação com *Azospirillum* vão além da fixação biológica de nitrogênio, por isso, essas bactérias são classificadas como promotoras de crescimento de plantas (HUNGRIA, 2011).

Em 2009, foi lançado o primeiro inoculante com *Azospirillum* no Brasil (SANTOS *et al.*, 2019). A Embrapa soja e a Universidade Federal do Paraná (UFPR) selecionaram, e testaram a campo, várias estirpes de *A. brasilense* e concluíram que Ab-V5 e Ab-V6 proporcionaram aumento de 26% na produtividade de milho e de 31% na de trigo (HUNGRIA, 2011). A utilização de *A. brasilense* foi amplamente estudada em milho e trigo na Argentina, em 383 experimentos realizados, o aumento da produtividade com a inoculação com essa bactéria variou de 5 a 41% em comparação aos tratamentos controle (FIBACH-PALDI *et al.*, 2012).

A maioria dos estudos com inoculação de gramíneas forrageiras foi realizada com *Azospirillum* spp. e os ganhos vieram pela fixação biológica de nitrogênio (FBN) e a modificação da produção de raízes, aumentando a área de absorção e o volume de solo explorado (DUARTE *et al.*, 2020). A aplicação de *Azospirillum brasilense* em gramíneas forrageiras contribui para o aumento da produtividade de forragem, concentração de N e altura de plantas, tornando a inoculação com BPCP uma interessante alternativa a substituição parcial de fertilizantes nitrogenados (DUARTE *et al.*, 2020).

## **2.6 *Pseudomonas* spp.**

Bactérias do gênero *Pseudomonas* são bastonetes Gram-negativos, não esporulados que possuem versatilidade nutricional, aeróbios obrigatórios, a sua locomoção no solo é facilitada pelos flagelos, possuem habilidade para colonizar diferentes ambientes (DUARTE *et al.*, 2020).

*P. fluorescens* se destaca como potente colonizadora de rizosfera (BRENNECKE *et al.*, 2016). Quando em associação às plantas, essas bactérias produzem inibidores de patógenos, secretam hormônios de crescimento vegetal e liberam ácidos que solubilizam fosfatos inorgânicos (COELHO, 2007).

*Pseudomonas* são capazes de produzir sideróforos (DEY *et al.*, 2004), moléculas capazes de converter o ferro da forma insolúvel ( $\text{Fe}^{3+}$ ) para a forma solúvel ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e disponível para as plantas. Desta forma, micro-organismos produtores de sideróforos podem incrementar a produtividade em solos com baixa disponibilidade de Fe (SANTOS *et al.*, 2019).

Vários isolados de *P. fluorescens* foram identificados por Dey *et al.* (2004). Esses microrganismos, em laboratório, foram capazes de: produzir ácido indol acético (AIA); solubilizar fosfato tricálcico; promover amonificação e de inibir *Aspergillus niger*, *A. flavus* e *Sclerotium rolfsii*. Bashan e De-Bashan (2005) também relataram a capacidade de BPCP endofíticas, como *P. fluorescens* e *Bacillus* spp. de servir como biocontroladores de patógenos de solo como *Fusarium*, *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii*.

Em solos de duas regiões no noroeste do Irã, Alishahi *et al.* (2013) isolaram 58 cepas de *P. fluorescens*, das quais, 84% apresentaram capacidade de solubilizar fosfatos, destas, 70% apresentaram habilidade para produzir sideróforos, 100% produziram auxina e 80% produziram a enzima ACC deaminase.

Em estudo semelhante, Sivasakthi *et al.* (2013) isolaram 10 cepas de *P. fluorescens* provenientes de rizosfera de arroz inundado na Índia e constataram que os isolados tinham diferentes graus de capacidade de produzir AIA, ácido giberélico e sideróforos e, em menor intensidade, solubilização de fosfatos.

A utilização de *P. fluorescens* em gramíneas tem mostrado resultados promissores. Rosa *et al.* (2020) verificaram aumento de produtividade e da concentração de fósforo (P) nas folhas de cana-de-açúcar sob inoculação com *P. fluorescens* CCTB 03. Oliveira *et al.* (2012a) encontraram maiores teores de P e K em grãos de milho em decorrência da aplicação de *P. fluorescens* via inoculação das sementes, independentemente das doses de adubação fosfatada.

## **2.7. Interação entre Adubação Nitrogenada e Bactérias Promotoras de Crescimento em Plantas**

Embora a maioria das plantas forrageiras seja responsiva ao nitrogênio, a adubação nitrogenada é uma prática com custo elevado e seus efeitos são de curta duração em solos tropicais (CANTO *et al.*, 2013). Além disso, os fertilizantes nitrogenados podem ser prejudiciais ao ambiente, uma vez que, aproximadamente

de 50% do nitrogênio é volatilizado ou lixiviado (REIS JUNIOR *et al.*, 2008; PEDREIRA *et al.* 2017), e há riscos de contaminação do solo e da água pela adição de nitrato, além de serem fabricados a partir de combustíveis fósseis (MORAIS *et al.*, 2012).

Para reduzir os custos da fertilização nitrogenada, a adoção de estratégias para melhorar a quantidade de massa de forragem sem provocar danos ao meio ambiente tem sido fundamental no novo modelo de exploração pecuário. Nesse sentido, a inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal é uma estratégia para o fornecimento de N para as plantas e a produção forrageira, devido à fixação biológica de nitrogênio, a produção de fitormônios, a indução de tolerância a estresses, que podem, inclusive, agir em combinação (HUNGRIA *et al.*, 2016; LEITE *et al.*, 2018). A contribuição estimada em termos de N fixado pelas bactérias diazotróficas está entre 10 a 42% em gramíneas como o milho e leguminosas como a soja e o feijão (ALVES *et al.*, 2009). Para Okon & Labandera-Gonzales (1994), a FBN realizada pelas BPCPs pode contribuir com aproximadamente 40 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N em espécies de *Pennisetum* e *Megathyrsus*.

A associação entre bactérias e o sistema radicular de gramíneas está sendo apontada como uma técnica ambientalmente correta e economicamente viável para a substituição total ou parcial das adubações nitrogenadas. Leite *et al.* (2018) verificaram maior produção de massa de forragem, redução do uso de nitrogênio e mitigação do estresse hídrico pela inoculação do capim-marandu (*Urochloa brizantha*) com *Azospirillum brasilense*, e constataram ainda que a inoculação com esta bactéria garantiu maior altura de plantas, perfilho e massa radicular, principalmente em condições de seca. Em relação à produção de massa de forragem, os autores observaram que a inoculação com *A. brasilense* aumentou o rendimento anual de forragem em 14%. Lopes *et al.* (2018) relataram que a inoculação com *Pseudomonas fluorescens* em capim-piatã, aumentou a produção de massa seca acima de 100%, além da área foliar e teor de clorofila estimado pelo índice de SPAD.

Em estudo com *M. maximus* cv. BRS Zuri, Carvalho *et al.* (2020) relataram efeito benéfico da coinoculação com *R. tropici* CIAT 899 + *A. brasilense* Ab-V6, combinada com fertilização com 100 kg ha<sup>-1</sup> de N. Os autores constataram: aumento da produtividade de massa seca da parte aérea; aumento do número de perfilhos por m<sup>2</sup>; maior acúmulo de N e aumento do teor de proteína bruta e digestibilidade

verdadeira *in vitro* da matéria seca da forragem; redução dos teores de fibra insolúvel em detergente neutro e fibra insolúvel em detergente ácido.

Assim, o uso de BPCP, associado a pequenas doses de fertilizantes nitrogenados, é uma alternativa sustentável e de baixo custo para aumentar a produtividade das pastagens (HUNGRIA *et al.*, 2016) e para incrementar o seu valor nutricional (TONIATO *et al.*, 2018).

## 2.8. Índice Relativo de Clorofila – SPAD

A eficiência fotossintética está intimamente relacionada ao desenvolvimento de plantas cultivadas em diferentes ambientes, podendo servir de suporte para tomadas de decisões relacionadas à adubação nitrogenada, pois a clorofila apresenta alta relação com produtividade de diversas culturas. A taxa fotossintética é reduzida à medida que se reduz a concentração de nitrogênio nos vegetais, posto que altera a resistência estomática na difusão de dióxido de carbono, modificando a atividade da enzima Rubisco, diminuindo consideravelmente a fotossíntese (RIGON *et al.*, 2013).

As aplicações de nitrogênio nas culturas requerem monitoramento da dose do nutriente durante o crescimento das plantas (RAVIER *et al.*, 2017). Segundo Langhinotti *et al.*, (2011), o uso de instrumentos para medir o teor de clorofila é uma forma indireta de medir a absorção do nutriente e o estado nutricional da cultura, pois a clorofila está diretamente relacionada com o teor de N na planta, sendo este elemento essencial para que ocorra a síntese de clorofila. Assim, quantidades adequadas de N podem ser aplicadas nos estádios de maior capacidade de absorção pelas plantas, através de estimativas precisas dessas necessidades (SAMBORSKI *et al.*, 2009).

Alguns autores, ao observar o índice de clorofila (SPAD) em plantas de milho, concluíram que valores por volta de 45 são considerados ótimos para gramíneas (FONSECA *et al.*, 2012). Em estudo conduzido por Lima *et al.* (2007) foi demonstrada para a cultura do Painço (*Panicum miliaceum* L.) a relação da leitura do índice de clorofila com o N total na folha em função da adubação nitrogenada de cobertura, a qual se mostrou significativamente eficiente quando foram doses de 40 mg L<sup>-1</sup> de N demonstrando um índice de clorofila 31,30 SPAD.

Os valores das leituras de SPAD nas lâminas de folhas recém-expandidas foram estudados por Abreu e Monteiro (1999) no capim-marandu sendo verificada que, para as idades de 28 e 42 dias, os valores de SPAD foram significativamente influenciados pelas doses de nitrogênio de 205 e 314,5 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, em condições hidropônicas. A análise das equações de regressão obtidas demonstrou que, aos 14, 28 e 42 dias de crescimento da forrageira, o valor SPAD variou entre 31, 18 e 14 na ausência de N e entre 51, 57 e 46 para a dose de N relacionada ao máximo valor SPAD, tendo esses máximos valores correspondido às doses de 228, 239 e 302 mg L<sup>-1</sup> em hidroponia, respectivamente.

Em estudo com *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri, Carvalho *et al.* (2020), relataram que os tratamentos reinoculados com *P. fluorescens* CCTB 03 e *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 foram superiores aos demais tratamentos, com valores de índice relativo de clorofila (IRC) de 31 e 26 unidades SPAD, respectivamente.

## 2.9. Valor Nutritivo em Gramíneas

O nitrogênio é o elemento mais demandado pelas plantas. Também é o nutriente que apresenta maior potencial de resposta à adubação. Faz parte de vários componentes como: proteínas; aminoácidos; enzimas e vitaminas. Participar de processos vitais como: trocas iônicas; fotossíntese; respiração e crescimento radicular (MALAVOLTA, 2006).

Análises da composição química de forrageiras são importantes, como os teores de proteína e fibra digestível neutra. Os teores proteicos, conforme relatado por Edwards *et al.* (1978), são bom indicadores para avaliar o nível nutricional da forragem quando esses são apresentados abaixo de 7% na composição nutricional da forragem limita o estímulo a ingestão de alimentos pela diminuição da taxa de degradação ruminal, acarretando diminuição na taxa de passagem da digesta. Assim como a FDN que conforme a sua participação na dieta pode acarretar repleção ruminal como relatado por Pereira *et al.* (2010).

O consumo animal de matéria seca e a digestibilidade podem ser estudados através dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e de fibra em detergente ácido (FDA). No caso, os teores de FDA e FDN, podem indicar a porcentagem de material altamente indigestível. Baixos valores de FDA apontam uma maior energia e alta digestibilidade; em contrapartida, baixo teor de FDN representa maior taxa de

consumo, sendo que o material consumível que possui esta característica é prejudicial para o consumo animal (MOURA *et al.*, 2011).

Rodrigues *et al.* (2010) observaram valores na Cultivar Tanzânia que variaram de 10,01 a 15,72%, sendo que o maior valor observado foi quando a quantidade de N introduzido na cultura atingiu 300 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que Zaccaron e Arboitte (2019) observaram valores de 14,51 e 65,32 % de PB e FDN, respectivamente, na Cultivar Tanzânia, sob a mesma condição de solo.

Como a fração FDN representa 50 a 80% da composição da maioria das forragens, esse constituinte e a produção de biomassa podem ser correlacionados. A FDN também pode ter relação com a digestibilidade da proteína afetando indiretamente o consumo de matéria seca pelos ruminantes devido ao efeito de enchimento. O teor de FDN na forragem tem relação negativa com a participação de energia, sendo assim o valor da participação da FDN indica, com boa precisão, o nível energético do alimento ou da dieta (CAPPELLE *et al.*, 2001; DETMANN *et al.*, 2003).

Lima *et al.* (2020) avaliaram o acúmulo de nutrientes na parte aérea e raízes de gramíneas, analisando a composição química bromatológica da *M. maximus* cv. BRS Zuri, com três cortes após a rebrota. As plantas foram inoculadas ou não inoculadas com bactérias promotoras de crescimento vegetal. Houve diferenças entre cortes e interação entre os tratamentos e os cortes, mas não foi observado efeito significativo entre os tratamentos e interação entre eles com os cortes para porcentagem da digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca da parte aérea. Ainda assim, houve efeito significativo dos cortes para a digestibilidade. No segundo e terceiro cortes não houve efeito dos tratamentos para a porcentagem de FDA e FDN (LIMA *et al.*, 2020).

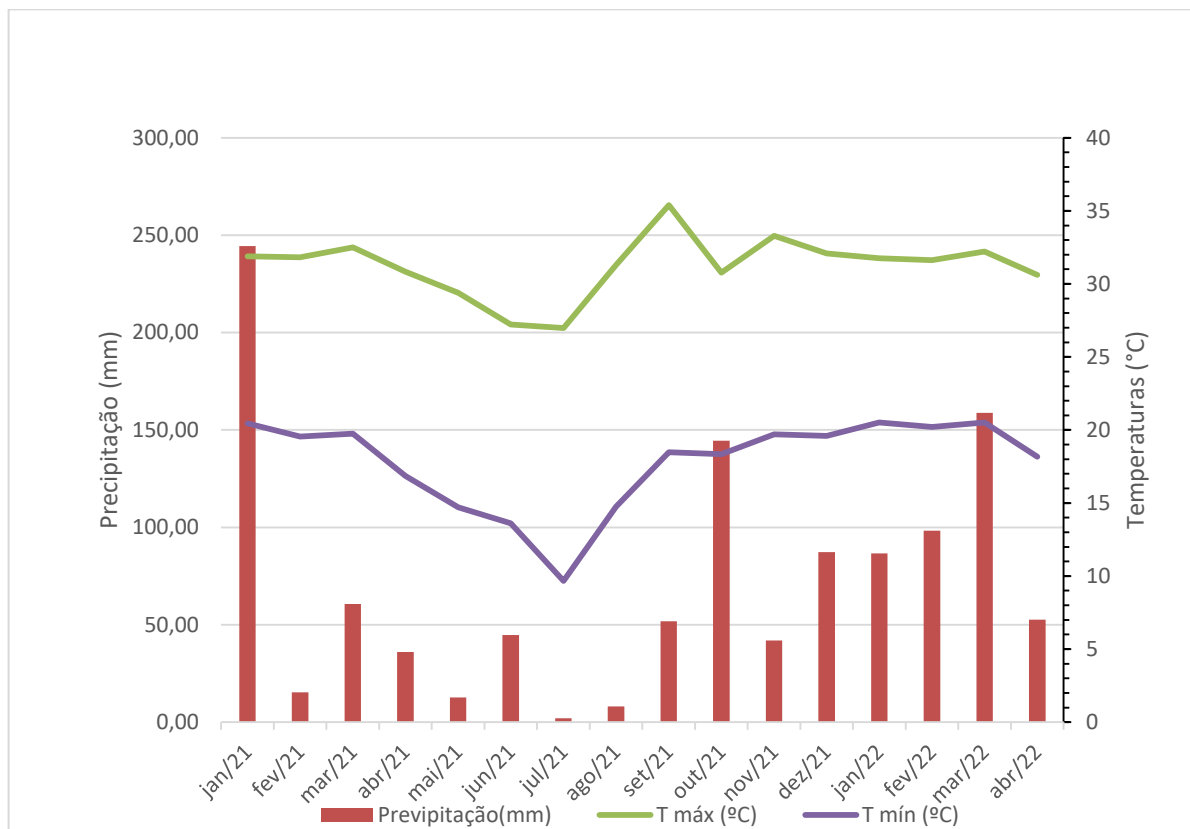
Carvalho *et al.* (2020) constataram acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea similar nas épocas, onde as plantas inoculadas com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6, *P. fluorescens* e *A. brasilense* Ab-V6 + *R. tropici* apresentaram incrementos de N, em 15, 14 e 13 % para as épocas secas e 13, 14 e 13% para a época das águas em comparação com fertilizante nitrogenado.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local e Condições Climáticas

O experimento foi conduzido a campo, em que a pastagem com forrageira *M. maximus* cv. BRS Zuri estava estabelecida há dois anos, no período de janeiro de 2021 a janeiro de 2022 no Setor Experimental de Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária (FMVA), Campus de Araçatuba, localizado na região noroeste do Estado de São Paulo, Brasil, a 390 metros de altitude, latitude 21° 10' 53''S e longitude 50° 26' 07''O. O clima local é definido como Aw, segundo a classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013).

Figura 1 - Temperaturas do ar máxima e mínima (°C) e precipitação pluvial acumulada (mm) mensais durante o experimento no período de janeiro de 2021 até abril de 2022.



Fonte: CIIAGRO (2022)

O solo local foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS *et al.*, 2018). Foram realizadas coletas na profundidade de 0-20 cm, formando-se uma amostra composta por 15 subamostras, e enviada para análises químicas. Os resultados foram: M.O. =  $24 \text{ g dm}^{-3}$ ; pH  $\text{CaCl}_2 = 4,9$ ; P (fósforo resina), S, B, Cu, Fe, Mn e Zn de 1; 0,19; 1; 80; 9,8 e  $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$  respectivamente; K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB e CTC de 1,9; 13; 11; 30; 1; 25,9; e  $55,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , e saturação por base  $V=46,3\%$ , respectivamente. A granulometria da área correspondeu a  $155 \text{ g kg}^{-1}$  de argila,  $110 \text{ g kg}^{-1}$  de silte e  $735 \text{ g kg}^{-1}$  de areia total. A necessidade de calagem foi determinada a partir do método de saturação por bases para atingir 70% da capacidade de troca de cátions (QUAGGIO *et al.*, 2022).

Foi utilizado o calcário dolomítico com 90% de PRNT para correção do solo no final de agosto de 2020, no momento da implantação do capim na área. Para a adubação de superfície com fósforo foram aplicados  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na forma superfosfato simples e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  na forma de cloreto de potássio uma semana após o corte de uniformização do capim e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  ou  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na forma de ureia nos tratamentos que deveriam levar esse nutriente, ou seja, todos os tratamentos inoculados e o controle não inoculado. É importante ressaltar que as adubações foram realizadas levando em consideração a previsão do tempo, após a adubação choveu na área não sendo necessária a irrigação.

### 3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando 28 unidades experimentais. Os tratamentos estão descritos na Tabela 1. O experimento foi instalado em parcelas de  $3,0 \text{ m} \times 3,0 \text{ m}$  (com  $9 \text{ m}^2$  de área).

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos realizados.

Tratamento	Descrição dos Tratamentos
1	Controle: Sem N e sem inoculação
2	Aplicação de N-mineral (40 kg ha <sup>-1</sup> de N) e sem inoculação
3	Aplicação de N-mineral (80 kg ha <sup>-1</sup> de N) e sem inoculação
4	Associação de N- mineral (40 kg ha <sup>-1</sup> de N) com inoculação foliar de <i>A. brasilense</i>
5	Associação de N- mineral (80 kg ha <sup>-1</sup> de N) com inoculação foliar de <i>A. brasilense</i>
6	Associação de N-mineral (40 kg ha <sup>-1</sup> de N) com inoculação foliar de <i>P. fluorescens</i>
7	Associação de N-mineral (80 kg ha <sup>-1</sup> de N) com inoculação foliar de <i>P. fluorescens</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

As estirpes resultam de programa de seleção realizados no Brasil e são utilizadas comercialmente. *A. brasilense* Ab-V5 (CNPSo 2083) e Ab-V6 (CNPSo 2084) são utilizadas como inoculantes para milho (*Zea mays* L.) (HUNGRIA et al., 2010), trigo (*Triticum aestivum* L.) (HUNGRIA et al., 2010), *Urochloa* spp. (*Brachiaria* spp.) (HUNGRIA et al., 2016) e coinoculação de soja (*Glycine max*) (HUNGRIA et al., 2013b) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (HUNGRIA et al., 2013b); *P. fluorescens* é usada em milho (ZUCARELI et al., 2011).

Os inoculantes foram produzidos pelo Laboratório de Biotecnologia do Solo da Embrapa Soja (Londrina, Paraná, Brasil), *A. brasilense* Ab-V5 (CNPSo 2083) e Ab-V6 (CNPSo 2084) foram preparados em meio DYGS (FUKAMI et al., 2017a), *P. fluorescens* (CNPSo 2799) em meio TSB (HUNGRIA; ARAUJO, 1994).

As plantas dos tratamentos que receberam a inoculação foliar foram pulverizadas e adubadas com N na forma de ureia a cada dois cortes, com intervalo de cada corte em aproximadamente 45 dias, exceto na época da seca que houve um descanso para as forrageiras. Ao final do experimento os tratamentos receberam 160 kg ha<sup>-1</sup> e 320 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia.

As doses do inoculante para aplicação foliar foram de 300 mL/ha, seguindo a recomendação do laboratório. O volume de calda utilizado foi de 200 L/ha (200 mL

por parcela de 9 m<sup>2</sup>, nesses estavam 270 microlitros do respectivo inoculante). As aplicações foram realizadas em condições ideais de temperatura e umidade, geralmente ao final da tarde, em temperaturas amenas.

Figura 2 – Primeira inoculação foliar na área experimental.



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.3 Colheitas e Composição Químico-Bromatológica

Durante os meses do experimento, os cortes foram realizados em fevereiro/2021, março/2021, maio/2021, novembro/2021, janeiro/2022, fevereiro/2022 e março/2022. Sendo considerada a estação das águas (verão) os meses de fevereiro/2021, março/2021, janeiro/2022, fevereiro/2022, março/2022, enquanto a estação da seca (inverno) os meses de maio/2021 e novembro/2021. Para a determinação do rendimento, as áreas de bordaduras de 0,5 m foram desconsideradas. Foram realizados sete cortes que ocorrem durante a estação seca e chuvosa, para determinar a massa seca da planta, quando as plantas alcançaram a altura média de 0,7 m (EMBRAPA, 2014), e colhidas a 0,15 m acima da superfície

do solo com um quadrado amostrador com área de 1 m<sup>2</sup> e cortando-se as plantas do interior com uma foice (cutelo) de cortar arroz.

Antes de cada corte, as leituras de altura das plantas foram realizadas com régua milimétrica e o índice relativo de clorofila (SPAD) foi obtido utilizando-se um clorofilômetro digital SPAD-502 Plus e em ambos os casos as leituras foram realizadas em lâminas de folhas recém-expandidas. O número de perfilhos foi contado utilizando um círculo 0,25 m<sup>2</sup> dentro de cada parcela e multiplicado por quatro para expressar o número de perfilho por m<sup>2</sup>.

Após a colheita, o material vegetal foi pesado, separou-se uma amostra de aproximadamente 200 g das frações de lâmina foliar, e colmo + bainha que foram identificadas, pesadas e secas na estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 55 °C, por 72 h, conforme Silva e Queiroz (2002). O material seco foi pesado em uma balança de precisão para quantificar o rendimento de massa seca de forragem e as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm e a composição bromatológica (proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido) foi determinada de acordo com Campos, Nussio e Nussio (2004), enquanto a digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada de acordo com Holden (1999).

O teor de N total foi determinado após digestão sulfúrica por destilação semi-micro Kjeldahl (SARRUGE; HAAG, 1974). O acúmulo do nitrogênio foi calculado multiplicando a concentração pela quantidade de massa seca produzida de cada corte.

A avaliação do sistema radicular foi realizada ao final do experimento. Foi determinada a biomassa radicular da pastagem na profundidade de 0 a 0,20 m de uma amostra por parcela, utilizando-se um tubo cilíndrico de aço de 0,50 m de comprimento e 0,10 m de diâmetro. As raízes foram separadas do solo por lavagens sucessivas em água corrente em peneiras com malha de 1 mm até que toda a terra fosse retirada. Logo, a seguir as amostras de raízes foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante. Ao final, as raízes foram moídas e analisadas para N-total pelo método micro-Kejeldhal, descrita por Silva & Queiroz (2002).

Figura 3 – Leitura SPAD



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4 – Corte da parte aérea do capim.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5 – Avaliação de número de perfilhos e altura de plantas, respectivamente.



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.4 Análise Estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade dos erros e as variáveis produção de massa seca, composição botânica, conteúdo de clorofila e composição químico-bromatológica no modelo de medidas repetidas no tempo de parcelas subdivididas, sendo os tratamentos considerados como parcela principal e os cortes como sub-parcela.

Para produção acumulada foi realizado o agrupamento dos dados na estação do verão (fevereiro/2021, março/2021, janeiro/2022, fevereiro/2022, março/2022) e inverno (maio/2021 e novembro/2021). Os dados de produção de raízes, número de perfilhos, produção de massa de matéria seca, acúmulo de N e concentração de N passaram por transformação logaritmo de base 10. Os resultados foram submetidos à ANOVA seguidos pelo teste de comparação múltipla de médias Scott-Knott a  $P \leq 0,10$  usando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2001).

Segundo Instrução Normativa nº 13, quando o teste de “F” não for significativo a 5% mas apresentar significância a 10%, as médias dos tratamentos deverão ser comparadas pelo teste de média, também ao nível de 10% de significância (BRASIL, 2011).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Produtividade do *Megathyrsus maximus* cv BRS Zuri

#### 4.1.1. Altura de plantas e número de perfilhos

Analisando os dados de altura média das plantas, os cortes fevereiro/2021, março/2021, novembro/2021, janeiro/2022, fevereiro/2022 e março/2022 obtiveram diferenças estatísticas significativas (Tabela 2). Para o corte de fevereiro/2021 os tratamentos adubados com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentaram médias superiores em relação aos outros tratamentos. Enquanto que, os cortes dos meses de março e novembro/2021 apenas o controle foi inferior aos demais tratamentos. Para o corte de janeiro/2022 observou-se que o tratamento de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral e *P. fluorescens* CNPSO 2799 mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de N se destacaram com médias superiores. Porém a inoculação de *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 associado à dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral foi 5,4% superior em comparação com a mesma dose de N mineral na ausência de inoculação para a avaliação de janeiro/2022.

O mês de fevereiro/2021 apresentou resultados superiores para os tratamentos com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral, *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 associado à dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral, *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 associado à dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral e *P. fluorescens* CNPSO 2799 mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de N. Foi possível observar o efeito positivo de 7,8% do tratamento inoculado com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 associado à dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral comparado a mesma dose de N mineral na ausência de inoculação. Em relação à avaliação de março/2022, o tratamento inoculado com *P. fluorescens* CNPSO 2799 mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de N foi superior aos demais tratamentos, sendo superior 9,3% ao tratamento adubado com a mesma dose de N.

Para as avaliações das pastagens na média das sete avaliações, a altura média do capim Zuri variou de 0,65 a 0,77 m com intervalo de cortes de 6 semanas segundo as recomendações da EMBRAPA (2014). A altura média foi semelhante à altura média relatada por Carvalho *et al.* (2020) em experimento com capim Zuri inoculado com BPCP.

Os resultados apresentados por Duarte *et al.* (2021) corroboram os resultados encontrados neste experimento, em que os autores relataram que os tratamentos

inoculados com *A. brasilense* e *P. fluorescens* incrementaram a altura das plantas em média 10% quando comparadas às sem inoculação. Maior altura das plantas também foi relatada por Picazevicz *et al.* (2020), em estudo com *M. maximus* cv. BRS Zuri sob inoculação com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 na ausência de adubação nitrogenada.

Para avaliação do número de perfilhos por m<sup>2</sup> houve efeito significativo para os cortes de fevereiro/2021, março/2021, novembro/2021, janeiro/2022, fevereiro/2022 e março/2022 (Tabela 2). Em fevereiro/2021 apenas o controle foi inferior aos demais tratamentos. O tratamento inoculado via foliar com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 adubado com a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N produziu 45% a mais no número de perfilhos quando comparado ao tratamento com a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N e foi superior estatisticamente em relação aos demais tratamentos para a avaliação do mês de março/2021. Foi encontrado efeito semelhante para avaliação do mês de janeiro/2022, onde produziu 30% a mais no número de perfilhos quando comparado ao tratamento com a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N. No entanto, para o corte de novembro/2021 os tratamentos inoculados com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 adubado com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e *P. fluorescens* CNPSo 2799 adubado com a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N foram superiores aos demais tratamentos, e produziram 21% e 13% a mais no número de perfilhos quando comparado ao tratamento com a dose de fertilizante mineral, respectivamente.

Enquanto que, para o corte de fevereiro/2022 houve efeito significativo para os tratamentos inoculados com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 e *P. fluorescens* CNPSo 2799 adubados com a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em relação aos demais tratamentos, produzindo 33% e 25% a mais no número de perfilhos quando comparado ao tratamento com a mesma dose de fertilizante mineral, respectivamente. Para avaliação dos meses de março/2022 apenas os tratamentos controle e *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 associado a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N foram inferiores aos demais tratamentos.

Efeito semelhante foi observado por Heinrichs *et al.* (2020), que não constataram aumento no número de perfilhos de *U. brizantha* cv. Marandu sob inoculação com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6, porém houve efeito positivo, isoladamente, das doses de 25 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, sobre o número de perfilhos somente no primeiro corte, tanto no primeiro como no segundo ano de cultivo.

Entretanto, Carvalho *et al.* (2020) verificaram aumento do número de perfilhos por m<sup>2</sup> nas plantas inoculadas com BPCP, com maior densidade de perfilhos em *M. maximus* cv. BRS Zuri com a coinoculação com *Rhizobium tropici* CIAT 899 e *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6, na maioria dos cortes, associada à adubação com 100 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral.

Tabela 2. Altura média das plantas e número de perfilhos por metro quadrado do capim *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, cultivado a campo, em Araçatuba – SP, no período de Fevereiro/2021 a Março/2022, sob inoculação ou não, com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6, *P. fluorescens* CNPSo 2799, em associação a adubação nitrogenada, nas doses 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> e o controle sem inoculação e sem N.

Tratamentos	Altura das plantas (cm)						
	Fev/2021	Mar/2021	Mai/2021	Nov/2021	Jan/2022	Fev/2022	Mar/2022
Controle	65 e	62 b	38	46 b	88 d	79 b	80 c
40 kg ha <sup>-1</sup> de N	88 b	62 a	40	52 a	92 c	76 b	95 b
80 kg ha <sup>-1</sup> de N	98 a	71 a	40	52 a	105 a	85 a	96 b
<i>A. brasilense</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	81 c	69 a	41	53 a	97 b	82 a	94 b
<i>A. brasilense</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	93 b	69 a	42	55 a	98 b	82 a	98 b
<i>P. fluorescens</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	74 d	68 a	40	51 a	94 c	77 b	94 b
<i>P. fluorescens</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	92 b	66 a	37	52 a	101 a	87 a	105 a
CV (%)	8,74	8,74	8,74	8,74	8,74	8,74	8,74
Valor p	0,0001**	0,0022**	0,6012 <sup>ns</sup>	0,0460*	0,0001**	0,0003**	0,0001**
Tratamentos	Número de perfilhos por m <sup>2</sup> *						
	Fev/2021	Mar/2021	Mai/2021	Nov/2021	Jan/2022	Fev/2022	Mar/2022
Controle	127 b	136 b	95	104 b	130 b	96 b	123 b
40 kg ha <sup>-1</sup> de N	197 a	132 b	97	105 b	119 b	114 b	166 a
80 kg ha <sup>-1</sup> de N	171 a	158 b	96	105 b	122 b	122 b	171 a
<i>A. brasilense</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	192 a	192 a	90	99 b	155 a	152 a	131 b
<i>A. brasilense</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	213 a	153 b	104	127 a	111 b	102 b	150 a
<i>P. fluorescens</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	168 a	152 b	99	119 a	134 b	143 a	154 a
<i>P. fluorescens</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	167 a	163 b	92	95 b	112 b	118 b	180 a
CV (%)	6,70	6,70	6,70	6,70	6,70	6,70	6,70
Valor p	0,0012**	0,0255*	0,5188 <sup>ns</sup>	0,0842*	0,0373*	0,0009**	0,0063*

Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p \leq 0,10$ ). <sup>ns</sup> = não significativo. \*Número de perfilhos foi transformado log 10.

#### 4.1.2. Acúmulo de biomassa de forragem por estações

Houve um efeito significativo dos tratamentos para a produção de massa seca (MS) da parte aérea para a estação do período de verão, estação do inverno e total (Tabela 3). Na estação do verão as plantas dos tratamentos fertilizados com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral e inoculadas com *A. brasilense* Ab-V5 (CNPSO 2083) + Ab-V6 (CNPSO 2084) e *P. fluorescens* CNPSO 2799 associados a adubação com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N obtiveram médias superiores de produção de massa seca de forragem em relação aos demais tratamentos. Assim como no período do inverno, que correspondeu às coletas de maio/2021 a novembro/2021, as médias de produção de MS acumulada diferiram apenas do controle negativo, não ocorrendo diferenças significativas entre os demais tratamentos.

Embora não tenha apresentado diferença estatística os tratamentos inoculados com *P. fluorescens* CNPSO 2799 e *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 acrescido de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral apresentaram 8,5% e 4,3%, respectivamente, a mais de produção de massa seca de forragem em relação à dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral no período do inverno. Efeito semelhante foi relatado por Duarte *et al.* (2021), em capim Mavuno, sob inoculação de BPCP, em que os resultados de produção de massa seca de forragem no período da seca foi superior em 14,6% no tratamento inoculado com Ab-V5 + Ab-V6 associado a 50 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral em comparação com a mesma dose de fertilizante e ausência de inoculação.

Avaliando o efeito da inoculação de *P. fluorescens* em *Pennisetum clandestinum* durante o inverno, Criollo *et al.* (2012) verificaram maior produção de massa seca da planta em comparação com as que receberam apenas adubação N, e enfatizaram que tais resultados foram proporcionados pela liberação de fitormônios. Efeito semelhante foi relatado por Santana *et al.* (2020), em sorgo (*Sorghum bicolor*), sob inoculação com BPCV e submetido a condições de estresse hídrico. Os autores observaram que *A. brasilense* Ab-V5 proporcionou redução dos efeitos da seca, apresentando menor quantidade de biomassa.

A produção acumulada de massa seca num total de sete avaliações durante 14 meses de avaliação apresentou efeito significativo para os tratamentos fertilizados com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral e inoculadas com *A. brasilense* Ab-V5 (CNPSO 2083) + Ab-V6 (CNPSO 2084) e *P. fluorescens* CNPSO 2799 associados a adubação com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N. Embora não tenha diferido significativamente, as plantas do tratamento inoculado com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 adubado com 40

kg ha<sup>-1</sup> de N produziu 4% a mais que as do tratamento fertilizado com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral no total de massa seca acumulada (Tabela 3). A inoculação de BPCP permite respostas positivas sobre a interação entre gramíneas tropicais, comprovando o potencial desses microrganismos em alterar a fisiologia das plantas e torná-las mais resistentes a agentes estressores abióticos (MAMÉDIO *et al.*, 2020).

Tabela 3. Médias de produção acumulada de massa seca da parte aérea na estação do verão, inverno, total e produção de massa seca de raízes do capim *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri, cultivado a campo, em Araçatuba – SP, no período de Fevereiro/2021 a Março/2022, sob inoculação ou não, com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6, *P. fluorescens* CNPSo 2799, em associação a adubação nitrogenada, nas doses 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> e o controle sem inoculação e sem N.

Tratamentos	Produção acumulada de massa seca			
	Verão (kg ha <sup>-1</sup> )	Inverno (kg ha <sup>-1</sup> )	Total (kg ha <sup>-1</sup> )	Raízes* (kg m <sup>-3</sup> )
Controle	7861 c	2269 b	10130 c	5,3 c
40 kg ha <sup>-1</sup> de N	12169 b	3675 a	15844 b	7,7 a
80 kg ha <sup>-1</sup> de N	14695 a	4304 a	18996 a	5,9 b
<i>A. brasilense</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	12653 b	3835 a	16488 b	6,9 a
<i>A. brasilense</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	14502 a	3562 a	18064 a	9,5 a
<i>P. fluorescens</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	11701 b	3991 a	15691 b	6,3 a
<i>P. fluorescens</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	14130 a	3632 a	17763 a	7,7 a
CV (%)	12,43	16,25	10,95	16,94
Valor p	0,0001**	0,0043**	0,0001**	0,0063**

Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p \leq 0,10$ ). <sup>ns</sup> = não significativo. \*Os dados de massa seca de raízes foram transformados Log 10

A inoculação com BPCP permite que as plantas aumentem a capacidade de absorção de nutrientes pela produção de auxinas que promovem um aumento do crescimento radicular, sendo uma forma sustentável para aumentar a produção de forragem (NOVAIS *et al.*, 2007).

Na avaliação do sistema radicular na camada de 0 a 0,20 m ao final do experimento foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 3). Os tratamentos fertilizados com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, inoculados via foliar com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 e *P. fluorescens* CNPSo 2799, ambos associados as

doses de 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral foram superiores aos demais tratamentos. Os tratamentos inoculados com *A. brasilense* e *P. fluorescens* associados à dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral produziram 61% e 31%, respectivamente, a mais de massa seca de raiz do que o tratamento com a maior dose de N mineral com ausência de inoculação.

Em estudo realizado em vaso Duarte *et al.* (2020) constataram que com a inoculação de *P. fluorescens* para as estirpes CCTB 03 e ET76 adubados com a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral houve um incremento na produção de massa de raízes de *Urochloa ruzizienses* de 66% e 29%, respectivamente, quando comparados ao tratamento não inoculado. Os resultados observados nesse experimento afirmam o efeito positivo do uso de BPCP para incremento do sistema radicular de plantas, promovendo uma área maior de absorção de nutrientes para as plantas.

#### **4.1.3. Índice relativo de clorofila e produção de massa seca**

Ao observar o índice relativo de clorofila (IRC) do capim Zuri os cortes de fevereiro/2021, maio/2021, novembro/2021, janeiro/2022, fevereiro/2022 e março/2022 apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 4). O corte de fevereiro/2021 obteve maior IRC para o tratamento adubado com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e o tratamento inoculado com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 adubado com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral. Para o corte de maio/2021 apesar do maior IRC ser para o tratamento adubado com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral, os tratamentos inoculados com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 e *P. fluorescens* CNPSO 2799 adubados com a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral foram superiores ao tratamento adubado com a mesma dose na ausência de inoculação afirmando o efeito positivo da inoculação.

Para o corte de novembro/2021 apenas o tratamento adubado com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N foi superior aos demais tratamentos. Enquanto que, para o mês de janeiro/2022 além do tratamento adubado com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, os tratamentos inoculados com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 e *P. fluorescens* CNPSO 2799 adubados com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral foram superiores. Para o corte de fevereiro/2022 apenas os tratamentos adubados com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N e o tratamento inoculado com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 adubado com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N foram inferiores aos demais tratamentos. Sendo possível observar ainda no corte de fevereiro/2022 que o tratamento inoculado com *P. fluorescens* CNPSO 2799

adubado com a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral foi superior 12,5% em relação ao tratamento adubado com a mesma dose na ausência de inoculação.

Para avaliação do corte de março/2022 apenas o tratamento adubado com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e o tratamento inoculado com *P. fluorescens* CNPSo 2799 adubado com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral foram superiores aos demais tratamentos. De um modo em geral, os valores médios do IRC variaram de 24 a 36 unidades SPAD. Os resultados encontrados de IRC se aproximam dos valores apresentados por Carvalho *et al.* (2020) utilizando o *M. maximus* cv. BRS Zuri inoculado com BPCP. No entanto, a primeira, terceira, quinta e sétima leitura do IRC apresentaram maiores valores, demonstrando o efeito positivo das aplicações foliares que antecederam os cortes.

Carvalho *et al.* (2020), constataram efeito significativo para o IRC para a primeira avaliação do capim Zuri, as plantas reinoculadas com *A. brasilense* e *P. fluorescens* foram superiores às demais reinoculadas, com valores de 31 e 26 unidades SPAD, respectivamente. Em estudo com *M. maximus* cv. Tanzânia, Viana *et al.* (2014) constataram que os níveis críticos de leitura IRC de 30 a 45 são mais adequados, para monitorar o estado nutricional de N, que o teor de N da parte aérea, nas diferentes estações do ano.

Maior IRC (39,20 unidades SPAD) foi constatado por Rocha e Costa (2018) em *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás inoculada com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 e adubada com 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, em relação ao tratamento sem inoculação na mesma dose de N (32,60 unidades SPAD), em leitura realizada aos 90 dias após a semeadura. Entretanto, quando a leitura foi realizada aos 60 dias, os autores não observaram diferença estatística entre as plantas do tratamento inoculado e as do controle, com média de 43,3 unidades SPAD.

A produtividade média de massa seca da parte aérea apresentou resultados significativos para os cortes de fevereiro/2021, março/2021, novembro/2021, janeiro/2022, fevereiro/2022 e março/2022 (Tabela 4). Para a avaliação de fevereiro/2021, as plantas dos tratamentos adubados com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral, 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e as inoculadas com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de N foram superiores estatisticamente aos demais. Para o corte de março/2021 o tratamento fertilizado com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e o tratamento inoculado via foliar com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de N foram superiores estatisticamente aos demais.

Tabela 4. Índices Relativos de Clorofila (SPAD) e da produtividade de massa seca do capim *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, cultivado a campo, em Araçatuba – SP, no período de Fevereiro/2021 a Março/2022, sob inoculação ou não, com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6, *P. fluorescens* CNPSo 2799, em associação a adubação nitrogenada, nas doses 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> e o controle sem inoculação e sem N.

Tratamentos	Índice Relativo de Clorofila (unidades SPAD)						
	Fev/2021	Mar/2021	Mai/2021	Nov/2021	Jan/2022	Fev/2022	Mar/2022
Controle	32 c	31	25 c	31 c	28 c	27 a	28 e
40 kg ha <sup>-1</sup> de N	32 c	30	26 c	34 b	30 b	24 b	32 c
80 kg ha <sup>-1</sup> de N	36 a	29	30 a	36 a	34 a	27 a	36 a
<i>A. brasilense</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	32 c	29	28 b	33 c	30 b	24 b	33 c
<i>A. brasilense</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	36 a	30	29 b	34 b	33 a	26 a	34 b
<i>P. fluorescens</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	31 c	30	28 b	32 c	31 b	27 a	30 d
<i>P. fluorescens</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	34 b	29	28 b	33 b	33 a	28 a	36 a
CV (%)	8,24	8,24	8,24	8,24	8,24	8,24	8,24
Valor p	0,0001**	0,4590 <sup>ns</sup>	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0005**	0,0001**
Tratamentos	Produção de massa seca (kg ha <sup>-1</sup> )*						
	Fev/2021	Mar/2021	Mai/2021	Nov/2021	Jan/2022	Fev/2022	Mar/2022
Controle	1398 c	1571 b	1203	1066 b	1816 c	1812 b	1263 c
40 kg ha <sup>-1</sup> de N	3313 a	1817 b	1269	2406 a	2788 b	1919 b	2333 b
80 kg ha <sup>-1</sup> de N	3941 a	2060 a	1460	2844 a	3474 a	2503 a	2715 a
<i>A. brasilense</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	2765 b	1898 b	1263	2572 a	3381 a	2026 a	2583 a
<i>A. brasilense</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	3494 a	2350 a	1098	2464 a	3336 a	2231 a	3090 a
<i>P. fluorescens</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	2458 b	1862 b	1172	2820 a	3072 b	2176 a	2133 b
<i>P. fluorescens</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	2944 b	1810 b	1257	2376 a	3911 a	2442 a	3024 a
CV (%)	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
Valor p	0,0001**	0,0186**	0,2991 <sup>ns</sup>	0,0001**	0,0001**	0,0132**	0,0001**

Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p \leq 0,10$ ). <sup>ns</sup> = não significativo. \*Produção de massa seca foi transformado log 10.

Embora na avaliação não tenha apresentado diferença estatística no mês de novembro, que antecede todo o período de estação seca (Figura 1), as plantas dos tratamentos inoculados com *P. fluorescens* e *A. brasilense* com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral produziram 17% e 7%, respectivamente, quando comparadas às do tratamento apenas com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral. No segundo ano de avaliação, a pulverização foliar no mês de janeiro/2022 nas plantas inoculadas com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 foi superior estatisticamente e promoveu um adicional de 21% a mais quando comparadas com as do tratamento fertilizado com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral com ausência de inoculação. Na avaliação do mês de fevereiro/2022 os tratamentos

inoculados com *A. brasilense* e *P. fluorescens* associados a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N foram superiores em relação a mesma dose nitrogenada na ausência de inoculação, e produziram 6% e 13% a mais, respectivamente. Na avaliação do mês de março/2022, a reinoculação com BPCP pela pulverização da parte aérea proporcionou um acréscimo para *A. brasilense* e *P. fluorescens* mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, de 14% e 11%, respectivamente, em relação à dose 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral e sem inoculação. No entanto, o tratamento inoculado com *A. brasilense* adubado e fertilizado com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N foi superior significativamente em comparação com o tratamento adubado com a mesma dose e na ausência de inoculação, e produziu 11% a mais de massa seca demonstrando o efeito positivo da aplicação via foliar a cada dois cortes. Na média dos cortes os tratamentos inoculados com BPCP produziram 13% a mais massa seca quando comparados com os tratamentos adubados e sem inoculação.

Os resultados estão de acordo com Carvalho *et al.* (2020), que trabalhando com capim Zuri inoculado com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 produziu, na sexta avaliação, 42% a mais em relação ao controle, enquanto a inoculação com *P. fluorescens* produziu, na segunda avaliação, 7% a mais.

Efeito semelhante foi encontrado por Duarte *et al.* (2021), que constataram que a inoculação com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 mais o fornecimento 50 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral, incrementou a produção de massa da parte aérea seca no primeiro, segundo, quarto e quinto cortes de avaliação em 6,6%, 9,9%, 8,7% e 13,7%, respectivamente, em comparação às plantas do tratamento com mesma dose de N mineral, mas sem inoculação. Por sua vez, a inoculação com *P. fluorescens* CCTB 03 e o fornecimento de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N aumentou a produtividade de massa seca da parte aérea seca no primeiro, segundo e quarto cortes de avaliação em 14,2%, 7,5% e 6,6%, respectivamente, quando comparada ao tratamento com mesma dose de N mineral, mas sem inoculação.

#### **4.1.4. Lâmina foliar e acúmulo diário de massa seca**

Houve efeito significativo para porcentagem de lâmina foliar para todas as avaliações do período experimental (Tabela 5). Para a avaliação de fevereiro/2021 os tratamentos inoculados com *A. brasilense* e *P. fluorescens* fertilizados com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N foram superiores ao tratamento fertilizado com a mesma dose na ausência de inoculação. Em março/2021 a porcentagem de lâmina foliar foi inferior somente

para a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N e para *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 mais 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral, ainda nessa avaliação do mês de março observou-se o efeito positivo de 6,8% da inoculação com *P. fluorescens* mais a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em relação ao tratamento com a mesma dose de adubação nitrogenada na ausência de inoculação.

O corte de maio/2021 o controle e o tratamento inoculado com *P. fluorescens* mais a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N foram superiores aos demais tratamentos. Enquanto que, para o mês de novembro/2021 o controle e o tratamento inoculado com *A. brasilense* mais a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N foram superiores aos demais tratamentos. Em janeiro/2022 os tratamentos inoculados com *A. brasilense* e *P. fluorescens* associados a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N foram superiores aos demais tratamentos. Para o corte de fevereiro/2022 apenas o tratamento inoculado com *A. brasilense* adubado com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N foram superiores aos demais tratamentos.

Para março/2022 a porcentagem de lâmina foliar foi superior nas plantas do tratamento na dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N e inoculação com *P. fluorescens* com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral.

A porcentagem de lâmina foliar variou de 73% a 97% em todo o período experimental, o que concorda com os resultados apresentados por Carvalho *et al.* (2020), nos quais as porcentagens de lâmina foliar em todo o experimento obtiveram resultados semelhantes aos observados nesse estudo.

Observando o acúmulo de massa de matéria seca por hectare por dia houve efeito significativo para os cortes de fevereiro/2021, março/2021, novembro/2021, janeiro/2022, fevereiro/2022 e março/2022 (Tabela 5). No mês de fevereiro/2021 houve maior acúmulo de massa seca por hectare por dia para as doses de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e inoculação de *A. brasilense* Ab-V5+ Ab-V6 na dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral. Em março/2021 os tratamentos adubados com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e inoculação de *A. brasilense* Ab-V5+ Ab-V6 na dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral foram superiores aos demais tratamentos. Para a avaliação de novembro/2021 apenas o controle foi inferior aos demais tratamentos.

Tabela 5. Porcentagem de lâmina foliar e de acúmulo diário de massa seca do capim *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, cultivado a campo, em Araçatuba – SP, no período de Fevereiro/2021 a Março/2022, sob inoculação ou não, com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6, *P. fluorescens* CNPSo 2799, em associação a adubação nitrogenada, nas doses 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> e o controle sem inoculação e sem N.

Tratamentos	Porcentagem de Lâmina Foliar						
	Fev/2021	Mar/2021	Mai/2021	Nov/2021	Jan/2022	Fev/2022	Mar/2022
Controle	96 a	95 a	97 a	94 a	75 b	90 b	92 b
40 kg.ha <sup>-1</sup> de N	91 b	88 b	94 b	91 b	73 b	89 b	95 a
80 kg.ha <sup>-1</sup> de N	91 b	94 a	92 b	92 b	74 b	90 b	89 c
<i>A. brasilense</i> + 40 kg.ha <sup>-1</sup> de N	94 a	86 c	94 b	89 c	78 a	96 a	89 c
<i>A. brasilense</i> + 80 kg.ha <sup>-1</sup> de N	90 b	93 a	92 b	95 a	76 b	91 b	88 c
<i>P. fluorescens</i> + 40 kg.ha <sup>-1</sup> de N	94 a	94 a	93 b	92 b	79 a	91 b	95 a
<i>P. fluorescens</i> + 80 kg.ha <sup>-1</sup> de N	91 b	93 a	97 a	92 b	75 b	92 b	87 c
CV (%)	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81
Valor p	0,0002**	0,0001**	0,0005**	0,0030**	0,0001**	0,0001**	0,0001**
Tratamentos	Acúmulo de massa seca (kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )*						
	Fev/2021	Mar/2021	Mai/2021	Nov/2021	Jan/2022	Fev/2022	Mar/2022
Controle	40 c	37 b	21	6 b	37 c	52 b	32 c
40 kg.ha <sup>-1</sup> de N	95 a	43 b	23	13 a	57 b	55 b	58 b
80 kg.ha <sup>-1</sup> de N	113 a	49 a	26	15 a	71 a	72 a	68 a
<i>A. brasilense</i> + 40 kg.ha <sup>-1</sup> de N	79 b	45 b	23	14 a	69 a	58 b	65 a
<i>A. brasilense</i> + 80 kg.ha <sup>-1</sup> de N	100 a	56 a	20	13 a	68 a	64 a	77 a
<i>P. fluorescens</i> + 40 kg.ha <sup>-1</sup> de N	70 b	44 b	21	15 a	63 b	62 a	53 b
<i>P. fluorescens</i> + 80 kg.ha <sup>-1</sup> de N	84 b	43 b	22	13 a	80 a	70 a	76 a
CV (%)	7,82	7,82	7,82	7,82	7,82	7,82	7,82
Valor p	0,0001**	0,0186**	0,3067 <sup>ns</sup>	0,0001**	0,0001**	0,0136**	0,0001**

Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p ≤ 0,10). <sup>ns</sup> = não significativo. \*Acúmulo de massa seca foi transformado log 10.

No mês de janeiro/2022, as plantas dos tratamentos inoculados com *A. brasilense* Ab-V5+ Ab-V6 e *P. fluorescens* mais 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, proporcionaram um acréscimo de 21% e 11%, respectivamente, a mais de acúmulo de MS por hectare por dia quando comparadas com as do controle não inoculado e com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral. Em fevereiro/2022 o tratamento inoculado com *P. fluorescens* mais 40 ha<sup>-1</sup> foi superior estatisticamente ao adubado com 40 kg ha<sup>-1</sup> sem inoculação e produziu 13% a mais de acúmulo de massa seca por hectare por dia. Todavia, na avaliação do mês de março/2022 foi obtido maior acúmulo nas plantas que receberam a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, e os tratamentos inoculados com *A. brasilense* e *P. fluorescens*

na adubação com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral. As BPCP foram responsáveis por promover um adicional de 13% e 12%, respectivamente para *A. brasilense* e *P. fluorescens* adubadas com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral quando comparadas com o tratamento apenas com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N. Entretanto, o tratamento inoculado com *A. brasilense* associado a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N foi superior ao tratamento fertilizado com a mesma dose de N e acumulou 12% a mais de massa seca da parte aérea.

Duarte *et al.* (2021) constataram que na adubação com 50 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral, a inoculação com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 resultou em maior produção de massa seca em 8,0%, 8,7% e 16,6% no primeiro, quarto e quinto corte, respectivamente. O mesmo efeito positivo ocorreu com a inoculação com *P. fluorescens* CCTB 03 em 18,0% e 6,5% a mais no primeiro e quarto corte, respectivamente. Resultados semelhantes deste efeito positivo foram encontrados nesta pesquisa onde na média dos cortes os tratamentos inoculados com BPCP produziram 13% a mais massa seca quando comparados com os tratamentos adubados e sem inoculação.

## **4.2. Acúmulo de N e Composição Químico-Bromatológica de *Megathyrus maximus* cv BRS Zuri**

### **4.2.1. Acúmulo de N e concentração de N**

Houve efeito significativo para acúmulo de N nas avaliações dos meses de fevereiro/2021, novembro/2021, janeiro/2022, fevereiro/2022 e março/2022 (Tabela 6). No mês de fevereiro/2021 o maior acúmulo de N foi encontrado nas plantas que receberam a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e nas inoculadas com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral. Na avaliação referente ao mês de novembro/2021 o maior acúmulo de N ocorreu nas plantas com dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N em relação às demais. Entretanto, para a avaliação do mês de janeiro/2022 verificou-se que após a aplicação foliar houve um incremento positivo de 43% a mais para as plantas do tratamento inoculado com *A. brasilense* e com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral quando comparado às do tratamento com a menor dose de N mineral.

Para a avaliação do mês de fevereiro/2022 o tratamento adubado com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral e inoculado com *P. fluorescens* mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentaram maior acúmulo de N, e foram superiores aos demais. Já no mês de março/2022, o

tratamento com *A. brasilense* e *P. fluorescens* mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e as plantas do adubadas com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentaram acúmulos superiores significativamente em relação aos demais. Os resultados acima concordam com Duarte *et al.* (2021) que observaram que sob adubação com 50 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral, a inoculação com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 aumentou o acúmulo de N na parte aérea em 18,0%, 21,6% e 41,1% no primeiro, quarto e quinto corte, respectivamente. Na primeira avaliação foi verificado que a inoculação com *P. fluorescens* CCTB 03 aumentou em 9,4% o acúmulo de N.

Tabela 6. Acúmulo de nitrogênio e concentração de nitrogênio na parte aérea do capim *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, cultivado a campo, em Araçatuba – SP, no período de Fevereiro/2021 a Março/2022, sob inoculação ou não, com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6, *P. fluorescens* CNPSo 2799, em associação a adubação nitrogenada, nas doses 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> e o controle sem inoculação e sem N.

Tratamentos	Acúmulo de N (kg ha <sup>-1</sup> )						
	Fev/2021	Mar/2021	Mai/2021	Nov/2021	Jan/2022	Fev/2022	Mar/2022
Controle	39 d	50	34	12 e	23 d	36 b	25 d
40 kg ha <sup>-1</sup> de N	88 b	59	40	88 d	40 c	41 b	61 b
80 kg ha <sup>-1</sup> de N	121 a	65	40	130 a	75 a	51 a	68 a
<i>A. brasilense</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	80 c	63	38	78 d	57 b	41 b	53 b
<i>A. brasilense</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	116 a	71	38	99 b	67 b	44 b	78 a
<i>P. fluorescens</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	71 c	60	39	96 c	50 b	43 b	43 c
<i>P. fluorescens</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	95 b	63	39	99 c	83 a	49 a	67 a
CV (%)	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37	8,37
Valor p	0,0001**	0,1689 <sup>ns</sup>	0,1284 <sup>ns</sup>	0,0001**	0,0001**	0,0626*	0,0001**
Tratamentos	Concentração de N (g kg <sup>-1</sup> )						
	Fev/2021	Mar/2021	Mai/2021	Nov/2021	Jan/2022	Fev/2022	Mar/2022
Controle	28 b	32	28 b	12 e	13 d	20	20 b
40 kg ha <sup>-1</sup> de N	27 b	32	32 a	39 c	14 d	22	27 a
80 kg ha <sup>-1</sup> de N	31 a	32	35 a	53 a	21 a	20	25 a
<i>A. brasilense</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	30 b	34	31 a	31 d	17 c	20	20 b
<i>A. brasilense</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	33 a	30	34 a	50 a	20 b	20	25 a
<i>P. fluorescens</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	29 b	33	33 a	36 c	16 c	20	20 b
<i>P. fluorescens</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	33 a	35	32 a	44 b	21 a	20	22 b
CV (%)	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59
Valor p	0,0005**	0,3400 <sup>ns</sup>	0,0128*	0,0001**	0,0001**	0,7665 <sup>ns</sup>	0,0001**

Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott (p ≤ 0,10). <sup>ns</sup> = não significativo. Os dados foram transformados para logaritmo na base 10.

Hungria et al. (2016) relataram aumento de 4 a 15% no acúmulo de N na parte aérea da forragem *U. brizantha* cv. Marandu e *U. ruziziensis*, sob inoculação com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 e adubação com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, em comparação com as plantas do tratamento com N e sem inoculação.

Analisando a concentração de N total houve efeito significativo para as avaliações dos meses fevereiro/2021, maio/2021, novembro/2021, janeiro/2022 e março/2022. Em fevereiro/2021 foram superiores os tratamentos com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, *A. brasilense* e *P. fluorescens* mais dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N. Enquanto em maio/2021 apenas o controle foi inferior aos demais tratamentos. Para o mês de novembro/2021 foram superiores os tratamentos com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e *A. brasilense* mais dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N. Em janeiro/2022 foram superiores os tratamentos com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e *P. fluorescens* mais dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Embora não tenha obtido maiores médias, no mês de janeiro/2022 os tratamentos inoculados com *A. brasilense* e *P. fluorescens* mais a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N foram superiores significativamente em relação a mesma dose na ausência de inoculação. Já no mês de março/2022 os tratamentos na dose de 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e o inoculação de *A. brasilense* mais 80 kg ha<sup>-1</sup> de N foram superiores aos demais tratamentos.

A concentração de N na forrageira variou de 12 a 53 g kg<sup>-1</sup> durante o período experimental. As faixas de teores de N observadas nas plantas estão de acordo com Quaggio *et al.* (2022), que consideram valores adequados na faixa de 15 – 25 g kg<sup>-1</sup> para forrageiras do grupo *Megathyrus*. É possível identificar o efeito positivo das BPCP associadas à adubação mineral no incremento do teor de N nos tecidos vegetais do capim BRS Zuri.

#### **4.2.2. Proteína bruta e digestibilidade verdadeira *In Vitro* da matéria seca**

Houve efeito significativo para o teor de proteína bruta na forrageira nos meses de fevereiro/2021, maio/2021, novembro/2021, janeiro/2022 e março/2022 (Tabela 7). O corte do mês de fevereiro/2021 apresentou resultados superiores para os tratamentos de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral, *A. brasilense* e *P. fluorescens* mais a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral. Em fevereiro/2021 as plantas do tratamento inoculado com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 e com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral apresentaram um incremento de 10% comparado às que receberam apenas a mesma dose de N sem inoculação. Para maio/2021 apenas o controle e o

tratamento inoculado com *A. brasilense* mais a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral foram inferiores aos demais tratamentos. Na avaliação do mês de novembro/2021 a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral apresentou maior teor de proteína bruta. Entretanto, no mês de janeiro/2022 os tratamentos da dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral e inoculado com *A. brasilense* e *P. fluorescens* adubados na maior dose de N mineral foram superiores aos demais tratamentos.

Em março/2022 os tratamentos com a dose de 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral e a inoculação de *A. brasilense* mais a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N foram superiores aos demais tratamentos. Os resultados de proteína bruta para as plantas do tratamento inoculado com *P. fluorescens* CNPSO 2799 concordam com Duarte *et al.* (2021), os quais relataram que plantas inoculadas com *P. fluorescens* CCTB 03 e com a dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral não apresentaram incremento de proteína bruta quando comparadas às que receberam a mesma adubação com N e sem inoculação.

Avaliando o efeito da inoculação com *A. brasilense* em sementes de *Urochloa brizantha* cv. Marandu com o uso de N, Hanisch *et al.* (2017) observaram teores de 15% para proteína bruta, indicando manejo adequado da pastagem. A elevação nos teores de proteína bruta em gramíneas proporcionada pela adubação nitrogenada ocorre devido ao fato de que o nitrogênio participa ativamente da síntese de compostos orgânicos que formam a estrutura do vegetal (PRADO, 2008). Para Bonfim-Silva e Monteiro (2006), a disponibilidade do nitrogênio exerce grande influência na nutrição das plantas, o que reflete na produção e qualidade da forragem.

Para a digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DIVMS), a avaliação no mês de fevereiro/2021 para os tratamentos inoculados com *A. brasilense* e *P. fluorescens* na dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> foram superiores ao controle não inoculado na mesma dose N. Já na avaliação do mês de março/2021, os teores de DIVMS foi maior nas plantas receberam 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em relação às demais. O mês de novembro/2021 as plantas inoculadas com *A. brasilense* adubados com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N e com *P. fluorescens* adubadas com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentaram menor teor de DIVMS. Em janeiro/2022 apenas o controle foi superior aos demais tratamentos. Enquanto que em fevereiro/2022 as plantas adubadas com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e inoculadas com *A. brasilense* e com *P. fluorescens* adubadas com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentaram menor teor de DIVMS.

Tabela 7. Teor de proteína bruta da matéria seca e digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do capim *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, cultivado a campo, em Araçatuba – SP, no período de Fevereiro/2021 a Março/2022, sob inoculação ou não, com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6, *P. fluorescens* CNPSo 2799, em associação a adubação nitrogenada, nas doses 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> e o controle sem inoculação e sem N.

Tratamentos	Proteína Bruta (%)						
	Fev/2021	Mar/2021	Mai/2021	Nov/2021	Jan/2022	Fev/2022	Mar/2022
Controle	17 b	20	17 b	7 f	8 b	12	13 b
40 kg ha <sup>-1</sup> de N	17 b	20	20 a	d c	9 b	13	17 a
80 kg ha <sup>-1</sup> de N	19 a	20	22 a	29 a	13 a	13	16 a
<i>A. brasilense</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	18 b	21	19 a	19 e	10 b	13	13 b
<i>A. brasilense</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	21 a	19	21 a	25 b	12 a	12	16 a
<i>P. fluorescens</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	18b	20	21 a	21 d	10 b	12	12 b
<i>P. fluorescens</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	21 a	22	20 a	26 c	13 a	13	14 b
CV (%)	18,07	18,07	18,07	18,07	18,07	18,07	18,07
Valor p	0,0024**	0,2776 <sup>ns</sup>	0,0178*	0,0001**	0,0001**	0,9714 <sup>ns</sup>	0,0001**
Tratamentos	DIVMS (%)						
	Fev/2021	Mar/2021	Mai/2021	Nov/2021	Jan/2022	Fev/2022	Mar/2022
Controle	68 b	72 b	73	77 a	74 a	76 a	75 a
40 kg ha <sup>-1</sup> de N	68 b	75 a	72	78 a	71 b	77 a	73 a
80 kg ha <sup>-1</sup> de N	66 c	70 c	73	77 a	70 b	74 b	73 a
<i>A. brasilense</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	70 a	68 d	71	75 b	70 b	77 a	74 a
<i>A. brasilense</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	67 c	68 d	74	78 a	71 b	74 b	71 b
<i>P. fluorescens</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	71 a	70 c	72	77 a	70 b	76 a	71 b
<i>P. fluorescens</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	68 b	69 d	71	76 b	70 b	74 b	70 b
CV (%)	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59
Valor p	0,0001**	0,0001**	0,1617 <sup>ns</sup>	0,0172*	0,0014**	0,0009**	0,0001**

Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p \leq 0,10$ ). <sup>ns</sup> = não significativo.

Os resultados apresentados neste experimento são diferentes dos apresentados por Carvalho *et al.* (2020) com capim Zuri, onde os autores constaram um incremento de 10% para DIVMS para os tratamentos reinoculados com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 e *P. fluorescens* CCTB 03 adubados com 100 kg ha<sup>-1</sup> de N em relação ao tratamento na mesma dose de N.

O aumento da DIVMS ocorre pelo incremento da fração nitrogenada, com consequente redução proporcional da parede celular (TONIATO *et al.*, 2018). Esta é uma característica desejável em plantas forrageiras destinadas à alimentação de ruminantes, para uma melhor nutrição.

#### 4.2.3. Fibra insolúvel em detergente neutro e Fibra insolúvel em detergente ácido

Para o teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) houve diferença estatística na quarta e sétima avaliação. Os teores variaram de 61 a 74% de FDN ao longo do experimento (Tabela 8). O mês de novembro/2021, tanto para FDN quanto para FDA, apresentou efeito positivo para inoculação de *A. brasilense* e *P. fluorescens* adubados com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral, pois estes foram superiores aos resultados obtidos com a mesma dose de N mineral na ausência de inoculação.

De acordo com Van Soest (1965), percentuais de FDN entre 55 a 60% da matéria seca do alimento estão negativamente associados ao consumo. As forragens com baixo teor de FDN têm maior taxa de consumo, logo, teores de FDN maiores que 60% na matéria seca do alimento são prejudiciais ao consumo, sendo desejáveis valores menores (MOURA *et al.*, 2011).

Entretanto, os teores de fibra insolúvel em detergente ácido apresentaram diferenças nos cortes quarto e sétimo e variaram de 32 a 43% de FDA. O FDA indica a porcentagem de material altamente indigestível presente na forragem. De acordo com Van Soest (1965) o FDA estava de adequado a alto dependendo da época de corte do capim. Inversamente, baixos valores de FDA significam maior energia e alta digestibilidade (MOURA *et al.*, 2011).

Os resultados de FDN e FDA apresentados neste experimento corroboram com o trabalho de Carvalho *et al.* (2020) com *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri que constataram que *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 fertilizado com a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N promove efeito positivo para os teores de FDN e FDA comparado ao tratamento fertilizado apenas na mesma dose de N na ausência de inoculação.

Tabela 8. Teor de Fibra insolúvel em Detergente Neutro (FDN) e teor de Fibra insolúvel em Detergente Ácido (FDA) na parte aérea do capim *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, cultivado a campo, em Araçatuba – SP, no período de Fevereiro/2021 a Março/2022, sob inoculação ou não, com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6, *P. fluorescens* CNPSo 2799, em associação a adubação nitrogenada, nas doses 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> e o controle sem inoculação e sem N.

Tratamentos	FDN						
	Fev/2021	Mar/2021	Mai/2021	Nov/2021	Jan/2022	Fev/2022	Mar/2022
Controle	72	73	69	65 a	71	70	70 a
40 kg ha <sup>-1</sup> de N	74	72	68	61 a	72	70	72 a
80 kg ha <sup>-1</sup> de N	75	73	68	60 c	72	74	71 a
<i>A. brasilense</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	74	77	67	64 a	73	71	64 b
<i>A. brasilense</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	72	74	69	61 a	72	72	72 a
<i>P. fluorescens</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	73	71	68	63 a	72	72	72 a
<i>P. fluorescens</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	74	73	70	62 b	73	71	72 a
CV (%)	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80
Valor p	0,9582 <sup>ns</sup>	0,3748 <sup>ns</sup>	0,9481 <sup>ns</sup>	0,0001**	0,9952 <sup>ns</sup>	0,8322 <sup>ns</sup>	0,0520*
Tratamentos	FDA						
	Fev/2021	Mar/2021	Mai/2021	Nov/2021	Jan/2022	Fev/2022	Mar/2022
Controle	43	39	36	33 a	38	37	34 b
40 kg ha <sup>-1</sup> de N	41	38	35	30 a	39	36	36 a
80 kg ha <sup>-1</sup> de N	43	40	36	29 c	39	40	37 a
<i>A. brasilense</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	40	41	35	32 a	39	37	32 b
<i>A. brasilense</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	40	40	36	30 a	39	39	36 a
<i>P. fluorescens</i> + 40 kg ha <sup>-1</sup> de N	40	38	35	31 a	38	38	36 a
<i>P. fluorescens</i> + 80 kg ha <sup>-1</sup> de N	41	39	37	30 b	39	38	37 a
CV (%)	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82
Valor p	0,2907 <sup>ns</sup>	0,3134 <sup>ns</sup>	0,8487 <sup>ns</sup>	0,0001**	0,9830 <sup>ns</sup>	0,3031 <sup>ns</sup>	0,0116*

Médias seguidas por mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p \leq 0,10$ ). <sup>ns</sup> = não significativo.

## 5 CONCLUSÕES

A altura, número de perfilhos, porcentagem de lâmina foliar, índice relativo de clorofila e acúmulo de N apresentou um efeito positivo da inoculação foliar demonstrando o efeito benéfico das BPCP. Sendo assim uma alternativa sustentável para redução de uso de fertilizantes nitrogenados mineral.

A inoculação foliar de *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 e *P. fluorescens* CNPSo 2799 em *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri proporcionou efeito positivo na produtividade de massa seca de forragem que acrescido de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral produziram 8,5% e 4,3%, respectivamente, a mais massa seca de forragem em relação às que receberam apenas a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral no período do inverno.

As plantas do tratamento inoculado com *A. brasilense* Ab-V5 + Ab-V6 e adubado com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N produziram 4% a mais que as do tratamento fertilizado com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral no total de massa seca acumulada.

As BPCP incrementaram o teor de proteína bruta e concentração de N do *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri com destaque para *A. brasilense* e *P. fluorescens* CNPSo 2799, associadas a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup>.

O sistema radicular do *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri teve um incremento de 61% e 30%, respectivamente, quando inoculado com *A. brasilense* Ab-V5 e Ab-V6 e *P. fluorescens* CNPSo 2799, associadas à dose de 80 kg ha<sup>-1</sup>.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABREU, J. B. R.; MONTEIRO, F. A. Produção e nutrição do capim-Marandu em função de adubação nitrogenada e estágios de crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 56, p. 137-146, 1999.
- AHEMAD, M., KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King Saud University-Science**, [S.l.], 26, 1-20. 2014.
- ALISHAHI, F.; ALIKHANI, H. A.; HEIDARI, A.; MOHAMMADI, L. The study of inorganic insoluble phosphate solubilization and other plant growth promoting characteristics of indigenous *Pseudomonas fluorescens* bacteria of Kordan and Gonbad regions. **International Journal of Agronomy and Agricultural Research**, v. 3, p. 53-60, 2013.
- DUARTE, A. N. M.; SOARES FILHO, C. V.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; CARVALHO, C. L. M. de; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; VALVANO, I. M.; ISHIY, A. I. Inoculation with plant growth-promoting bacteria and reduction of nitrogen fertilizer in herbage accumulation and nutritional value of Mavuno grass. **International Journal for Innovation Education and Research**, Dhaka, Bangladesh, v. 9, n. 3, p. 16–34, 2021. DOI 10.31686/ijer.vol9.iss3.2962. Disponível em: <https://scholarsjournal.net/index.php/ijer/article/view/2962>. Acesso em: 24 ago. 2022.
- ANDRADE, C. M. S. de. Importância das leguminosas forrageiras para a sustentabilidade dos sistemas de produção de ruminantes. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO, 1., 2012, Uberlândia. **Anais** [...]. Uberlândia: UFU, 2012. p. 47-96.
- ANDRADE, C. M. S. de. Produção de ruminantes em pastos consorciados. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 5.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 3., 2010, Viçosa, MG. **Anais** [...]. Viçosa: UFV, 2010. p. 171-214.
- ANDRADE, A.; CONDÉ, A.; COSTA, R.; POMELA, A.; SOARES, A.; MARTINS, F.; LIMA, W.; OLIVEIRA, C. Produtividade de milho em função da redução do nitrogênio e da utilização de *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.15, n.2, p.229-239, 2016.
- ASSMANN, A. L.; PELISSARI, A.; MORAES A. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavourapecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootenia**, v.33, p.37-44, 2004.
- ABIEC - Associação Brasileira da Indústria Exportadora de Carne. **Beefreport: perfil da pecuária no Brasil**. [S.l.: s.n.], 2020.

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, K. G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n 3, 126-135. 2009.
- BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, p. 549-579. 2005.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L.E. Bacteria/Plant Growth-Promoting. *In*: HILLEL, D. (Ed.) **Encyclopedia of soils in the environment**, Oxford: [s.n.], 2005. v. 1, p. 103-115.
- BERGAMASCHI, C., ROESCH, L. F. W., QUADROS, P. D. D., CAMARGO, F. A. D. O. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas a cultivares de sorgo forrageiro. **Ciência Rural**, p. 727-733. 2007.
- QUAGGIO, J. A.; ALCÂNTARA, P. B.; CANTARELLA, H.; PAULINO, V. T.; VILLA, M. R. **Boletim 100**: Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo. [S.l.: s.n.], 2022.p. 428-436. (Boletim 100).
- BONFIM-SILVA, E.M.; MONTEIRO, F.A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1289-1297, 2006.
- BOURSCHEIDT, M. L. B.; CARNEIRO, B.P.; PEREIRA, D. H.; ZANETTE, M. C.; DEVENS, J. Nitrogen input strategies in pastures: mineral fertilizer, bacterial inoculant and consortium with forage peanuts. **Science Electronic Archive**, v.12, n. 137, 2019. DOI 10.36560/1232019784.
- BRAGA, G. J.; MACIEL, G. A.; GUIMARÃES, R.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, M. A.; FERNANDES, F. D.; FONSECA, C. E.L.; JANK, L. Performance of young Nelore bulls on guineagrass pastures under rotational stocking in the Brazilian Cerrado. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 7, n. 3, 214-222. 2019. DOI 10.17138/tgft(7)214-222.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 13**, de 24 de março de 2011. 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-sda-13-de-24-03-2011-inoculantes.pdf/view>. Acesso em: 30 ago. 2021.
- BRENNECKE, K.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; ANTONIAZZI, A.; SOUZA, E. F. Inoculação da bactéria *Pseudomonas fluorescens* no índice de crescimento da *Brachiaria decumbens* spp. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 14, p. 217-224, 2016.
- BRUNES, L. C., COUTO, V. R. M. Balanço de gases de efeito estufa em sistemas de produção de bovinos de corte. **Archivos de Zootecnia**, p. 287-299. 2017. <https://doi.org/10.21071/az.v66i254.2334>.

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

CAMPOS, F.P.; NICÁCIO, D.R.O.; SARMENTO, P. et al. Chemical composition and in vitro ruminal digestibility of hand-plucked samples of Xaraes palisade grass fertilized with incremental levels of nitrogen. **Animal Feed Science Technology**, v.215, p.1-12, 2016.

CÂNDIDO, M. J. D.; SILVA, R. G.; NEIVA, J. M. N.; FACÓ, O.; BENEVIDES, Y. I.; FARIAS, S. F. Fluxo de biomassa em capim-tanzânia pastejado por ovinos sob três períodos de descanso. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 35, p. 2234-2242, 2006.

CANTO, M. W.; HOESCHL, A. R.; BONA FILHO, A. Características do pasto e eficiência agrônômica de nitrogênio em capim-tanzânia sob pastejo contínuo, adubado com doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, p. 682-688, 2013.

CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J. F. C. da; CECON, P. 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. DOI 10.1590/S1516-35982001000700022.

CARDOZO, P.; DI PALMA, A.; MARTIN, S.; CERLIANI, C.; ESPOSITO, G.; REINOSO H.; TRAVAGLIA, C. Improvement of maize yield by foliar application of *Azospirillum brasilense* Az39. **Journal of Plant Growth Regulation**, abr. 2021. DOI 10.1007/s00344-021-10356-9.

CARVALHO, C. L. M.; DUARTE, A. N. M.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; MOREIRA, A.; SOARES FILHO, C. V. Nitrogen in Shoots, Number of Tillers, Biomass Yield and Nutritive Value of Zuri Guinea Grass Inoculated with Plant-Growth Promoting Bacteria. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 8, n. 5, p. 437-463, 2020.

CASSÁN, F.; CONIGLIO, A.; LÓPEZ, G.; MOLINA, R.; NIEVAS, S. DE CARLAN, C. L. N.; DONADIO, F.; TORRES, D.; ROSAS, S.; PEDROS, F. O.; SOUZA, E.; ZORITA, M. D.; BASHAN, L.; MORA, V. Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. **Biology and Fertility of Soils**, v.56, p. 461–479, 2020. DOI 10.1007/s00374-020-01463-y.

CASSIMIRO, J. B.; ROCHETTI, A. C. A.; HEINRICHS, R.; CASTILLO, E. O. F. Volatilização da amônia e avaliação do capim-marandu sob doses e fontes de fertilizantes nitrogenados. **Research, Society and Development**, v. 9 n. 8, e526985823-e526985823, 2020.

COELHO, L. F.; FREITAS, S. S.; DE MELO, A. M. T.; AMBROSANO, G. M. B. Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas* e de *Bacillus* spp. com a rizosfera de diferentes plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1413-1420, 2007.

COHEN, A. C.; BOTTINI, R.; PONTIN, M. *Azospirillum brasilense* ameliorates the response of *Arabidopsis thaliana* to drought mainly via enhancement of ABA levels. **Physiology Plants**, v. 153, p. 79–90, 2015.

CRIOLLO, P.; OBANDO, M.; SÁNCHEZ, L.; BONILLA, R. Efecto de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) asociadas a *Pennisetum clandestinum* en el altiplano cundiboyacensell. **Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v. 13, n. 2, p. 189-195, 2012.

DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C. de; CECON, P. R.; ZERVOUDAKIS, J. T.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. de C.; CABRAL, L. da S.; LANA, R. de P. et al.. Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, Supl. 1, p. 1763-1777, 2003. DOI 10.1590/S1516-35982003000700027.

DEY, R. K. K. P.; PAL, K. K.; BHATT, D. M.; CHAUHAN, S. M. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growthpromoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, v. 159, n. 4, p. 371-394, 2004.

DIAS-FILHO, M.B. **Formação e manejo de pastagem**. 2015. p.1-9. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/937485>. Acesso em: 02 jan. 2022.

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

DUARTE, A. N. M.; SOARES FILHO, C. V.; CARVALHO, C. L. M. de, TEIXEIRA FILHO, M. C.M.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.;ISHIY, A. G.;VALVANO, I. M. Inoculation with plant growth-promoting bacteria and reduction of nitrogen fertilizer in herbage accumulation and nutritionalvalue of Mavuno grass. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 9, n. 3, p. 16-34, 2021. DOI: 10.31686/ijer.vol9.iss3.2962. Disponível em: <https://scholarsjournal.net/index.php/ijer/article/view/2962>. Acesso em: 19 ago. 2022.

DUARTE, C. F. D.; CECATO, U.; HUNGRIA, M.; FERNANDES, H. J.; BISERRA, T. T.; GALBEIRO, S.; TONIATO, A. K. B.; SILVA, D. R. Morphogenetic and structural characteristics of *Urochloa* species under inoculation with plant growth-promoting bacteria and nitrogen fertilisation. **Crop and Pasture Science**, v. 71, n. 1, p. 82-89, 2020.

DUPAS, E.; BUZETTI, S.; RABÊLO, F.H.S.; SARTO, A.L.; CHENG, N.C.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; GALINDO, F.S.; DINALLI, R.P.; GAZOLA, R.N. Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade grass fertilized with nitrogen sources in the Cerrado biome. **Australian Journal of Crop Science**, 10, 9, pp. 1330-1338. 2016.

EDWARDS, R. A., HARPER, F., HENDERSON, A. R., The potential of sunflower as a crop for ensilage. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.1, n. 29, p. 332-338, 1978. DOI 10.1002/jsfa.2740290406.

EMBRAPA GADO DE CORTE. BRS Zuri. **Produção e resistência para a pecuária. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte**, 2014. 2 p. Disponível em: [https://www.embrapa.br/web/mobile/busca-de-produtos-processos-eservicos/-](https://www.embrapa.br/web/mobile/busca-de-produtos-processos-eservicos/)

/produto-servico/1309/panicum-maximum---brs-zuri, 2014. Acesso em: 08 de nov. 2021.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA SOLOS, 2015.

FANCELLI, A. L. **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes na cultura do milho**. Piracicaba: IPNI - International Plant Nutrition Institute Brazil, 2010. v. 131, 16 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FIBACH-PALDI, S.; BURDMAN, S.; OKON, Y. Key physiological properties contributing to rhizosphere adaptation and plant growth promotion abilities of *Azospirillum brasilense*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 326, n. 2, p. 99-108, 2012.

FONSECA, P. R. B. ; FERNANDES, M. G.; DUTRA, F.; SOUZA, T. A.; PONTIM, B. C. A. Uso do SPAD-502 na avaliação do teor de clorofila, em híbridos de milho, *Zea mays* L., Bt e isogênico. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 1, p. 56-60, 2012.

FUKAMI, J.; DA OSA, C.; OLLERO, F. J.; MEGÍAS, M.; HUNGRIA, M. Co inoculação de milho com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* como estratégia para mitigar o estresse salino. **Functional Plant Biology**, v. 45, p. 328-339, 2017a.

GALINDO, F.S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DUPAS, E.; LUDKIEWICZ, M.G.Z. Application of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in Mombasa guineagrass (*Panicum maximum* cv. mombasa) at dry and rainy seasons. **Australian Journal of Crop Science**, 11, 12, pp. 1657-1664. 2017.

GLICK, B. R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. **Microbiological research**, v. 169, n. 1, p. 30–39, 2014.

GOUDA, S.; KERRY, R. G.; DAS, G.; PARAMITHIOTIS, S.; SHIN, H. S.; PATRA, J. K. Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. **Microbiological research**, v. 206, p. 131-140, 2018.

HANISCH, A. L.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; VOGT, G. A. Desempenho produtivo de *Urochloa brizantha* cv. Marandú em função da inoculação com *Azospirillum* e doses de nitrogênio. **Revista Agroambiente**, v. 11, n. 3, p. 200-208, 2017.

HEINRICH, R.; MEIRELLES, G. C.; DE MELO SANTOS, L. F.; DA SILVA LIRA, M. V.; DE MARCOS LAPAZ, A.; NOGUEIRA, M. A.; BONINI, C. S. B.; SOARES FILHO, C. V.; MOREIRA, A. *Azospirillum* inoculation of 'Marandu' palisade grass seeds: effects on forage production and nutritional status. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 465-478, 2020.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for tem feeds. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 1791-1794, 1999.

HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**, Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 542.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **Tecnologia de fixação biológica de nitrogênio com feijoeiro**: viabilidade em pequenas propriedades familiares e em propriedades tecnificadas. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 32 p. (Embrapa Soja. Documentos, 338).

HUNGRIA, M. *Azospirillum*: um velho novo aliado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 32.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 16.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 14., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 11., 2016, Goiânia. Rumo aos novos desafios. **Resumos**[...]. Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.

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

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAÚJO, R. S. Inoculation of *Brachiaria spp.* With the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: an environmentfriendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 221, p. 125–131, 2016.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Documentos, 325)

JANK, L.; SANTOS, M. F.; VALLE, C. B. do; BARRIOS, S. C. L.; RESENDE, R. M. S. Novas alternativas de cultivares de forrageiras e melhoramento para a sustentabilidade da pecuária. In: SIMPÓSIO DE ADUBAÇÃO E MANEJO DE PASTAGENS, 4.; SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL À PASTO, 4., 2017, Dracena. **Anais** [...]. Dracena: EMBRAPA, 2017. p.107-117.

LANDAU, E. C.; RESENDE, R. M. S.; MATOS NETO, F. C. Variação geográfica das áreas de pastagem no Brasil nas últimas décadas. **Embrapa Gado de Corte-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2020. Acesso em: 29 de outubro de 2021.

LANGUINOTTI, C.W.; LAJÚS, C.R.; MANFROI, E.; ECHER, G.; PARIZE, G.L.; VANIN, M.; TAMBOSI, M.; DEMARTINI, R.; RANZAN, T.; MARTINELLI, V.A. Teores de clorofila determinados por medidor portátil em função de doses de nitrogênio na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). In: SEMINÁRIO INTEGRADO: ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 3., 2011, Chapecó. **Anais**...Chapecó, SC, 2011.

LEITE, R. D. C.; DOS SANTOS, J. G.; SILVA, E. L.; ALVES, C. R.; HUNGRIA, M.; LEITE, R. D. C.; DOS SANTOS, A. C. Productivity increase, reduction of nitrogen fertiliser use and drought-stress mitigation by inoculation of Marandu grass (*Urochloa brizantha*) with *Azospirillum brasilense*. **Crop and Pasture Science**, p. 61-67. 2018.

LIMA, E. V.; SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Relação da leitura do clorofilômetro com o N total na folha de Painço (*Panicum miliaceum* L.) em

função da adubação nitrogenada de cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 2, p. 149-158, 2007. DOI 0.18512/1980-6477/rbms.v6n2p149-158.

MARIN, V. A.; BALDANI, V. L. D.; TEIXEIRA, K. D. S.; BALDANI, J. I. **Fixação biológica de nitrogênio**: bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para a agricultura tropical. [S.l.]: Seropédica, 1999. 34 p. (Série Documentos. Embrapa Agrobiologia).

MARTHA JUNIOR, G. B. **Produção de forragem e transformação do nitrogênio do fertilizante em pastagem irrigada de capim Tanzânia**. 2003. 149 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MEHNAZ, S. *Azospirillum*: a biofertilizer for every crop. *In*: PLANT microbes symbiosis: applied facets. New Delhi: Springer, , 2015. p. 297-314.

MODESTO, V. C.; ANDREOTTI, M.; SABBAG, O. J.; SOARES, D. A.; PECHOTO, E. A. P.; PASCHOALOTO, I. M.; NAKAO, A. H. Economic analysis of the corn intercropped with Marandu grass as a function of *Azospirillum brasilense* application. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 387, 2019.

MORAIS, J. P.; CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F.S.; CARVALHO, E. V.; CAMILO, A.; UATE, J. V. Crescimento Inicial e correlação com produtividade em diferentes genótipos de milho e doses de nitrogênio. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia-SP. **Anais**[...] Águas de Lindóia: [s.n.], 2012.

MUS, F.; CROOK, M. B.; GARCIA, K.; COSTAS, A. G.; GEDDES, B. A.; KOURI, E. D.; PARAMASIVAN, P.; RYU, M. H.; OLDROYD, G. E.; POOLE, P. S.; UDVARDI, M. K. Symbiotic nitrogen fixation and the challenges to its extension to nonlegumes. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 82, p. 3698-3710, 2016.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. B.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. D. C.; DALLACORT, R.; NOGUEIRA DE ALBUQUERQUE, A.; LOBATO, A. D. S.; GUEDES, E. S.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; ALVES, G. R. *Azospirillum*: a new and efficient alternative to biological nitrogen fixation in grasses. **J Food Agric Environ**, v. 2, n. 1, p. 1142-1146, 2013.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALES, C. A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, n. 12, p. 1591-1601, 1994.

OLIVEIRA, M. A.; ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; FERREIRA, A. S.; DOMINGUES, A. R.; SPOLAOR, L. T. Componentes de Produção e Produtividade do Milho em Resposta a Doses de Fósforo e Inoculação com *Pseudomonas fluorescens*. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Anais** [...]. Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 1549-1555.

PEDREIRA, B. C. E.; BARBOSA, P. L.; PEREIRA, L. E. T.; MOMBACH, M. A.; DOMICIANO, L. F.; PEREIRA, D.H.; FERREIRA, A. Tiller density and tillering on *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 4, 2017.

PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G.; DUARTE, L. S.; MIZUBUTI, I. Y.; ARAÚJO, G. G. L.; CARNEIRO, M. S. S.; REGADAS FILHO, J. G. L.; MAIA, I. S. G. Determinação das frações proteicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste Brasileiro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 1079-1094, 2010.

PICAZEVICZ, A. A. C.; SHOCKNESS, L. D. S. F.; SANTOS FILHO, A. L.; DO NASCIMENTO, I. R.; MACIEL, L. D.; DA SILVA, L. R.; COSTA, G. E. G. Crescimento de *Panicum maximum* cv. BRS Zuri em resposta a rizobactéria e nitrogênio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, p. 33-37, 2020.

PRADO, R. M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 500 p.

PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. DE A.; PRIMAVESI, A. C. **Adubação com ureia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado: eficiência e perdas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42 p. (Circular Técnica, 30).

QUAGGIO, J. A.; VAN RAIJ, B.; MALAVOLTA, E. "Alternative use of the SMP-buffer solution to determine lime requirement of soils". **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 16, n. 3, p. 245-260, 1985.

RAVIER, C.; QUEMADA, M.; JEUFFROY, M. H. Use of a chlorophyll meter to assess nitrogen nutrition index during the growth cycle in winter wheat. **Field Crops Research**, v. 214, n.1, p.73-82, 2017.

REIS JUNIOR, F.B., MACHADO, C.T.T., MACHADO, A.T., & SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1139-1146, 2008.

RIGON, J. P. G.; CAPUANI, S.; BRITO NETO, J. F.; BELTRÃO, N. E. M. Indirect measurement of photosynthetic pigments in the leaves of *Jatropha curcas*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 669-674, 2013. Disponível em: [www.redalyc.org/pdf/445744120039.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/445744120039.pdf) . Acesso em: 25 ago.2022.

RODRIGUES, B. H. N.; ANDRADE, A. C.; MAGALHÃES, J. A.; COSTA, N. L.; BEZERRA, E. E. A. Determinação do teor de proteína bruta de *Panicum maximum* cv. Tanzânia, sob diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada. **PUBVET**, Londrina, v. 4, n. 26, Ed. 131, Art. 888, 2010. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/uploads/7b74d7446317458f3707b774f40b1593.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2023.

ROSA, P. A. L.; MORTINHO, E. S.; JALAL, A.; GALINDO, F. S.; BUZETTI, S.; FERNANDES, G. C.; BARCO NETO, M.; PAVINATO, P. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Inoculation with growth-promoting bacteria associated with the reduction of

phosphate fertilization in sugarcane. **Frontiers in Environmental Science**, v. 8, p. 32, 2020.

ROSADO, T. L.; GONTIJO, I.; ALMEIDA, M. S.; NETO, A. C.; SIMON, C. P. Production and tillering of Mombaça grass with different sources and levels of applied nitrogen. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, v. 24, n. 2, p. 139-146, 2016.

SANTANA, S. R. A.; VOLTOLINI, T. V.; ANTUNES, G. R.; SILVA, V. M.; SIMÕES, W. L.; MORGANTE, C. V.; FREITAS, A. D. S.; CHAVES, A. R. M.; AIDAR, S. T., FERNANDES-JÚNIOR, P. I. Inoculation of plant growth-promoting bacteria attenuates the negative effects of drought on sorghum. **Archives of Microbiology**, v. 8, p. 1-10, 2020.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 4. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, M. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. **AMB Express**, v. 9, n. 1, p. 205, 2019.

SANTOS, R. M.; DIAZ, P. A. E.; LOBO, L. L. B.; RIGOBELLO, E. C. Use of plant growth-promoting rhizobacteria in maize and sugarcane: characteristics and applications. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, n. 1, p. 1-15, 2020. DOI 10.3389/fsufs.2020.00136.

SAMBORSKI, S. M.; TREMBLAY, N.; FALLON, E. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. **Agronomy Journal**, v. 101, n. 4, p. 800-816, 2009.

SILVA, F. S.; DOMICIANO, L. F.; GOMES, F. J.; SOLLENBERGER, L. E.; PEDREIRA, C. G. S.; PEREIRA, D. H.; PEDREIRA, B. C. Herbage accumulation, nutritive value and beef cattle production on marandu palisadegrass pastures in integrated systems. **Agroforestry Systems**, 2020. DOI 10.1007/s10457-020-00508-3.

SILVA, J. de L.; RIBEIRO, K. G.; HERCULANO, B. N.; PEREIRA, O. G.; PEREIRA, R. C.; SOARES, L. F. P. Massa de forragem e características estruturais e bromatológicas de cultivares de *Brachiaria* e *Panicum*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 342–348, 2016.

SILVA, E. B.; CARNEIRO, M. S. de S.; FURTADO, R. N.; LOPES, M. N.; BRAGA, M. de M. Chemical composition of *Panicum maximum* 'BRS Zuri' subjected to levels of salinity and irrigation depths. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 1, p. 1–10, 2020.

SILVEIRA, M. A.; WANDER, A. E. Os Mecanismos de coordenação da cadeia produtiva das sementes se gramíneas forrageiras em Goiás: um estudo de caso à luz da economia dos custos de transação. **Latin American Journal of Business Management**, v. 6, n. 2, p. 127–148, 2015.

SIVASAKTHI, S.; USHARANI, G.; SARANRAJ, P. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR) - *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 16, n. 9, p. 1265-1277, 2014.

SMITH, C.; HILL, A. K.; TORRENTE-MURCIANO, L. Current and future role of Haber–Bosch ammonia in a carbon-free energy landscape. **Energy & Environmental Science**, v. 13, n. 2, p. 331-344, 2020.

SANTOS, J. H. S.; DE BONA, F. D.; MONTEIRO, F. A. Growth and productive responses of tropical grass *Panicum maximum* to nitrate and ammonium supply. **Rev. Bras. Zootecn.**, v. 42, p. 622-628, 2013. DOI 10.1590/S1516-35982013000900003.

SOARES FILHO, C.V.; CAVAZZANA, J. F.; HEINRICHS, R.; VENDRAMINI, J. M. B.; LIMA, G. C.; MOREIRA, A. The impact of organic biofertilizer application in dairy cattle manure on the chemical properties of the soil and the growth and nutritional status of *Urochloa* grass. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 49, p. 358-370, 2018. DOI 10.1080/00103624.2018.1427261.

TONIATO, A. K.; CECATO, U.; DUARTE, C.F.D.; HUNGRIA, M.; FERNANDES, H. J.; BISERRA, T. T.; SELLA, M. A. Z., BARREIROS, A. R. D. Valor nutritivo do capim Paiaguás (*Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás) inoculado com bactérias promotoras do crescimento vegetal e doses de nitrogênio. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 55.; CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 28., 2018, Goiânia. Anais [...]:* Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2018.

COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. da S. F.; NAVES, D. C. de F.; Charles Barbosa Santos; ROCHA, A. F. de S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. **Pesqu. Agropecu. Trop.**, v. 45, n. 3, p. 304-311, 2015. DOI 10.1590/1983-40632015v4534593.

LIMA, G.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; FILHO; M.C.M.; MOREIRA, A.; HEINRICHS, R.; SOARES FILHO, C.V. Yield, yield components and nutrients uptake in Zuri Guinea grass inoculated with plant growth-promoting bacteria. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 8, p.103-124, 2020.

LAL, R. Soil carbon sequestration for sustaining agricultural production and improving the environment with particular reference to Brazil. **Journal Sustainable Agric.**, v. 26, p. 23-42, 2005. DOI 10.1300/J064v26n04\_04.

SÁ, J.C de M.; SÉGUY, L.; TIVET, F.; LAL, R.; BOUZINAC, S.; BORSZOWSKI, P. R.; BRIEDIS, C.; SANTOS, J. B. dos; HARTMAN, D. da C.; BERTOLONI, C. G.; ROSA, J.; FRIEDRICH, T. Carbon depletion by plowing and its restoration by no-till cropping systems in oxisols of sub-tropical and tropical agro-ecoregions in Brazil. **Land Degrad. Dev.**, v. 26, p. 531-543, 2015. DOI 10.1002/ldr.2218.

MAMÉDIO, D.; CECATO, U.; SANCHES, R.; SILVA, S.M. da S. da S.; SILVA, D. R.; RODRIGUES, V. O.; GALBEIRO, S.; BARREIROS, A. R. D.; VICENTE, J. V. da R. Do plant-growth promoting bacteria contribute to greater persistence of tropical

pastures in water deficit? **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e523985756, 2020. DOI 10.33448/rsd-v9i8.5756.

MOURA, R.; NASCIMENTO, M.; RODRIGUES, M.; OLIVEIRA, M.; LOPES, J. Razão folhas/haste e composição bromatológica da rebrota de estilosantes Campo Grande em cinco idades de corte. **Acta Scientiarum Sciences**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 249-253, 2011.

HOUGHTON, Y.; DING, D. J.; GRIGGS, M.; NOGUER, P. J.; VAN DER LINDEN, J. T.; XIAOSU, D.. **The Scientific Basis**. United Kingdom: Climate Change/IPCC, 2001.

INTERGOVERNAMENTAL Painel of Climate Change. IPCC, 2007. **The physical sciences basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**. Cambridge. Cambridge University Press, 2007.

USDA. **Livestock and poultry: world markets and trade**. Report for January 2021. Disponível em: <https://usda.library.cornell.edu>. Acesso em: 14 jan. 2023 [Economics, Statistics and Market Information System].

ROCHA, A. F. S.; COSTA, R. R. G. F. Desempenho de *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás inoculada com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses nitrogênio. **Global Science and Technology**, v. 11, n. 3, 2018.

SANTOS, N. L.; SILVA, V. C.; MARTINS, P. E. S.; ALARI, F. O.; GALZERANO, L.; MICELI, N. G. As alterações entre solo, planta e animal no ecossistema pastoril. **Ciência Animal**, v. 21, n. 1, p. 65-76, 2021.

SANTOS, R. S.; BARBOSA, J. J. **Template para produção de trabalhos acadêmicos na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Unesp**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Biblioteca, 2020. 39 p. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/#!/biblioteca/>. Acesso em: 23 jan. 2020.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. Análises químicas em plantas. Piracicaba: ESALQ, 1974.

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

SILVA, W. C.; SILVA, J. A. R.; SILVA, E. B. R. Percepção do consumidor de proteína animal sobre o bem-estar dos animais de produção em Santarém, Pará, Brasil. **Revista CES Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.15, n.2, p.64-74, 2020. DOI 10.21615/cesmvz.15.2.5.

SILVA, C. A. S.; JOSET, W. C. L.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; BARBOSA, A. V. C.; SILVA, W. C.; SILVA, J. A. R. Animal protein consumer's perception on the welfare of production animals in Belém, Pará State, Brazil. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 43, n.1, e53784, 2021. DOI 10.4025/actascianimsci.v43i1.53784.

STRASSBURG, B. B. N.; LATAWIEC, A. E.; BARIONI, L. G.; NOBRE, C. A.; SILVA, V. P.; VALENTIM, J. F.; VIANNA, M.; ASSAD, E. D. When enough should be

enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, Netherlands, v. 28, p. 84-97, Sep. 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

VIANA, M. C. M.; SILVA, I. P. D.; FREIRE, F. M.; FERREIRA, M. M.; COSTA, É. L. D.; MASCARENHAS, M. H. T.; TEIXEIRA, M. F. F. Production and nutrition of irrigated Tanzania guinea grass in response to nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 5, p. 238-243, 2014.

WANG, H.; Wang, S.; Yu, Q.; Zhang, Y.; Wang, R.; Li, J.; Wang, X. No tillage increases soil organic carbon storage and decreases carbon dioxide emission in the crop residue-returned farming system. **Journal of Environmental Management**, v. 261, p. 110261, 2020.

WHITEHEAD, D. C., RAISTRICK, N. Ammonia volatilization from five nitrogen compounds used as fertilizers following surface application to soils. **Journal of Soil Science**, v. 41, n. 3, p. 387-394, 1990.

ZACCARON, J. B.; ARBOITTE, M. Z. Produção de biomassa e qualidade química de *Panicum maximum* cv. Tanzânia submetidos a doses de gesso agrícola. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 4, n. 1, p. 82-93, 2019. DOI 10.26669/2448-4091174.

ZUCARELI, C.; CIL, I. R.; PRETE, C. E. C.; PRANDO, A. M. Eficiência agronômica da inoculação à base de *Pseudomonas fluorescens* na cultura do milho. **Agrarian**, [S. l.], v. 4, n. 13, p. 152–157, 2011. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/569>. Acesso em: 2 dez. 2022.

## APÊNDICES – FOTOS DO EXPERIMENTO

Foto 1 – Área experimental no período das águas



Foto 2 – Aparelho TE – I49 Determinador de Fibra



**Foto 3 – Pesagem de saquinho para amostra de matéria seca**



**Foto 4 – Pesagem de cadinho para 2ª matéria seca**



**Foto 5 – Moagem da parte aérea após secagem em estufa.**



**Foto 6 – Separação da parte aérea, lâmina foliar e colmo.**

