



FITORMÔNIO EXÓGENO ASSOCIADO A DIFERENTES
MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO
NO CULTIVO DE CAPIM-*Brachiaria*

ELIENE BRITO ANDRADE

2023



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA
BAHIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ZOOTECNIA**

**FITORMÔNIO EXÓGENO ASSOCIADO A DIFERENTES
MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO
NO CULTIVO DE CAPIM-*Brachiaria***

Autora: Eliene Brito Andrade
Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Outubro de 2023

ELIENE BRITO ANDRADE

**FITORMÔNIO EXÓGENO ASSOCIADO A DIFERENTES
MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO NO
CULTIVO DE CAPIM-*Brachiaria***

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção de título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

Coorientadores: Dr^a. Renata Rodrigues Jardim
Dr. Natan Teles Cruz

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Outubro de 2023

Ficha Catalográfica Preparada pela Biblioteca da UESB, Campos de Itapetinga

633.2 Andrade, Eliene Brito.
A566f Fitormônio exógeno associado a diferentes microrganismos promotores de crescimento no cultivo de *Capim-Brachiaria*. / Eliene Brito Andrade. - Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2023.

51fl.

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção de título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Fábio Andrade Teixeira e coorientação da Profª. D. Sc. Renata Rodrigues Jardim e Prof. D. Sc. Natan Teles Cruz.

1. *Brachiaria decumbens* – Estimuladores de crescimento. 2. *Brachiaria decumbens* – Inoculação - Microrganismos. 3. Reguladores de crescimento vegetal. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Teixeira, Fábio Andrade. III. Jardim, Renata Rodrigues. IV. Cruz, Natan Teles. V. Título.

CDD(21): 633.2

Catálogo na fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535

Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. *Capim-Brachiaria* - Produção - Estimuladores de crescimento

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA - PPZ

Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “Fitormônio Exógeno Associados a Microrganismos Promotores de Crescimento no Cultivo Capim-Braquiária”.

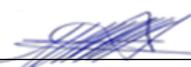
Autor (a): Eliene Brito Andrade

Orientador (a): Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

Banca: Prof. Dr. Rômulo Spósito das Virgens

Dr. Angel Amaral Seixas

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:



Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira
UESB



Prof. Dr. Rômulo Spósito das Virgens - IF Bahiano



Dr. Angel Amaral Seixas – Consultor em Pecuária

Data de realização: 31 de outubro de 2023.

Aos meus pais (*in-memoriam*), a quem devo tudo, Amarílio Andrade Santos, pelo exemplo de vida; e Corina Brito Andrade, por, em seus últimos momentos neste plano, ter desejado que eu continuasse a estudar.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter abençoado toda a minha trajetória, dando-me força e discernimento para superar limites e dificuldades pertinentes à época, e me permitindo a realização de mais esta conquista;

A minha família: Pais, Corina Brito de Andrade e Amarílio Andrade Santos (in-memoriam); as minhas irmãs; e, em especial, aos sobrinhos e sobrinhas, pelo incentivo para que, após 26 anos da graduação, retornasse à academia;

Às agricultoras e agricultores, que passaram em minha vida no período de trabalho com a extensão rural, estimulando-me a buscar, na academia, suporte técnico para melhorar a produção de alimentos saudáveis;

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pela oportunidade de realização deste curso;

Ao Professor Dr. Fábio Andrade Teixeira, pelas orientações, ensinamentos, incentivo e confiança em mim depositada; sem dúvida, pessoa fundamental na conclusão deste curso;

À coorientadora Renata Rodrigues Jardim, pelos ensinamentos e disponibilidade em contribuir na execução deste trabalho;

Ao coorientador Natan Teles Cruz, pela valiosa contribuição para conclusão desta pesquisa;

Aos amigos e colegas que a academia me deu, por todo o incentivo, paciência, amizade, ajuda e disponibilidade de tempo: Jean Karlo, Hackson, Natan, Taty, José Ricardo, Fredy e Brenda;

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram, direta e indiretamente, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Eliene Brito Andrade, filha de Amarília Andrade Santos e Corina Brito de Andrade, nasceu em 26 de agosto de 1967, em Macarani – BA. Ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, em 1988, e finalizou em 1994. Atuou em programa de assistência técnica e extensão rural para agricultura familiar e em assentamentos da Reforma Agrária. Em 2020, foi aprovada no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Em setembro de 2023, defendeu a dissertação.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|---------------|
| LISTA DE TABELAS | vii |
| RESUMO | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| I – REFERENCIAL TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1 Introdução | 1 |
| 1.2 Interação nitrogênio x planta x microrganismo | 2 |
| 1.3 Microrganismos | 3 |
| 1.4 Fungos micorrízicos arbusculares..... | 3 |
| 1.5 Bactérias promotoras de crescimento | 5 |
| 1.6 Fitormônios | 6 |
| 1.7 Referências Bibliográficas | 7 |
| II – OBJETIVOS | 13 |
| 2.1 Objetivo geral | 13 |
| 2.2 Objetivos específicos | 13 |
| III – MATERIAL E MÉTODOS | 14 |
| 3.1 Descrição experimental | 14 |
| 3.2 Avaliações..... | 16 |
| 3.2.1 Características morfogênicas e estruturais | 16 |
| 3.2.2 Índice SPAD | 16 |
| 3.2.3 Pigmentos fotossintéticos | 17 |
| 3.2.4 Produção de matéria seca | 17 |
| 3.2.5 Volume, comprimento e produção de massa seca da raiz | 18 |
| 3.2.6 Análises bromatológicas..... | 18 |
| 3.3 Análise estatística | 19 |
| IV – RESULTADOS | 20 |
| V – DISCUSSÃO | 29 |

VI – CONCLUSÕES 34

VII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 34

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|---|---------------|
| Tabela 1. Análise física e química do solo | 15 |
| Tabela 2. Características morfogênicas de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivada com ou sem inoculação microbiana sob presença ou ausência dos fitormônios. | 21 |
| Tabela 3. Características agronômicas de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivada com ou sem inoculação microbiana sob presença ou ausência dos fitormônios. | 21 |
| Tabela 4. Desdobramento das variáveis agronômicas contendo interação significativa entre microrganismos e fitormônios em plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk. | 22 |
| Tabela 5. Características radiculares de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivada com ou sem inoculação microbiana sob presença ou ausência dos fitormônios. | 23 |
| Tabela 6. Desdobramento da interação entre microrganismos e fitormônios da massa e volume de raiz das plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk. | 24 |
| Tabela 7. Concentração de clorofilas, carotenoides e índice spad de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivada com ou sem inoculação microbiana sob presença ou ausência dos fitormônios. | 25 |
| Tabela 8. Desdobramento das concentrações de clorofila contendo interação significativa entre microrganismos e fitormônios em plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk | 26 |
| Tabela 9. Características bromatológicas de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivada com ou sem inoculação microbiana sob presença ou ausência dos fitormônios. | 27 |
| Tabela 10. Desdobramento das características bromatológicas contendo interação significativa entre microrganismos e fitormônios em plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk | 28 |

RESUMO

Andrade, Eliene Brito. **Fitormônio exógeno associado a diferentes microrganismos promotores de crescimento no cultivo de Capim-*Brachiaria***. Itapetinga- BA, UESB, 2023. 35 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Área de Concentração em Produção de Ruminantes)*

A utilização de bioinsumos promotores de crescimento vegetal tem sido amplamente difundido como forma de otimizar os processos de produção de pastagens. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos da adição de reguladores de crescimento vegetal (RCV), associado a diferentes microrganismos, nas características produtivas do capim-Basilisk (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk). O experimento foi conduzido em um fatorial 4 X 2, em um delineamento inteiramente casualizado, no qual foram avaliadas quatro inoculações com microrganismos (sem inoculação; *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; *Rizophagus intraradices*; *A. brasilense* + *P. fluorescens* + *R. intraradices*), combinadas ou não com um regulador de crescimento vegetal à base de citocinina, giberelina e auxina. Os resultados mostraram que a inoculação com microrganismos promotores de crescimento vegetal estimula o acréscimo do volume de raiz. Além disso, a presença dos microrganismos aumentou a concentração de pigmentos clorofilianos, incrementando em 14% no teor de proteína bruta do capim-Basilisk, quando comparados ao controle. A utilização de reguladores de crescimento vegetal também resultou em maiores concentrações de pigmentos clorofilianos, incrementando 10% no teor de proteína bruta da espécie avaliada. O uso combinado de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos, associados com reguladores de crescimento vegetal, incrementou o acúmulo de massa de forragem e de folhas, em comparação às plantas que não receberam o RCV. Adicionalmente, esta combinação de microrganismos com o RCV beneficia o acúmulo de carboidratos nas folhas do capim-Basilisk, elevando sua qualidade nutricional. Portanto, considerando as evidências encontradas nesta pesquisa, torna-se perceptível que a presença do RCV, quando associado à inoculação combinada de *A. brasilense*, *P. fluorescens* e *R. intraradices*, representa uma estratégia para incrementar a produtividade do capim Basilisk.

Palavras-chave: bactérias diazotróficas; *Brachiaria decumbens*; fungos micorrízicos arbusculares; regulador de crescimento vegetal.

* Orientador: Fábio Andrade Teixeira D.Sc., UESB. Coorientadora Dr^a. Renata Rodrigues Jardim, UESB. Coorientador Dr. Natan Teles Cruz

ABSTRACT

Andrade, Eliene Brito. **Exogenous phytohormone associated with different growth promoting microorganisms in the cultivation of Capim-*Brachiaria***. Itapetinga- Ba, UESB, 2023. 35 Pg. Thesis (Master's degree in Animal Science – Concentration Area in Ruminant Production) †

The use of plant growth-promoting bioinputs has been widely disseminated as a way of optimizing pasture production processes. This study was developed with the objective of evaluating the effects of adding plant growth regulators (PGR) associated with different microorganisms on the productive characteristics of Basilisk grass (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk). The experiment was conducted in a 4 x 2 factorial in a completely randomized design, in which four inoculations with microorganisms were evaluated (without inoculation; *Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*; *Rizophagus intraradices*; *A. brasilense* + *P. fluorescens* + *R. intraradices*) combined or not with a plant growth regulator based on cytokinin, gibberellin and auxin. The results showed that inoculation with plant growth-promoting microorganisms stimulates the increase in root volume. Furthermore, the presence of microorganisms increased the concentration of chlorophyll pigments, increasing the crude protein content of Basilisk grass by 14%, when compared to the control. The use of plant growth regulators also resulted in higher concentrations of chlorophyll pigments, increasing the crude protein content of the species evaluated by 10%. The combined use of diazotrophic bacteria and mycorrhizal fungi associated with plant growth regulators increased the accumulation of forage and leaf mass compared to plants that did not receive PGR. Additionally, this combination of microorganisms with RCV benefits the accumulation of carbohydrates in Basilisk grass leaves, increasing their nutritional quality. Therefore, considering the evidence found in this research, it becomes clear that the presence of PGR when associated with the combined inoculation of *A. brasilense*, *P. fluorescens* and *R. intraradices*, represents a strategy to increase the productivity of Basilisk grass.

Keywords: diazotrophic bacteria; *Brachiaria decumbens*; arbuscular mycorrhizal fungi; plant growth regulator

† Orientador: Fábio Andrade Teixeira D.Sc., UESB. Coorientadora Dr^a. Renata Rodrigues Jardim, UESB. Coorientador Dr. Natan Teles Cruz

I – REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Introdução

Segundo o MAPA (2019), em dez anos, equivalerá a 10,3 milhões de hectares o montante das áreas plantadas com pastagens, sendo elas naturais ou degradadas, visando à utilização para a agricultura, aumentando a sua eficiência de produção de forragens. Para um melhor resultado, o nitrogênio destaca-se como importante fator no desenvolvimento inicial das plantas, atuando no rebrote, recuperação de pastagem e formação de perfilhos, matéria orgânica e atividade metabólica da planta (Martuscello et al., 2015), favorecendo uma agricultura sustentável e econômica, garantindo a segurança e, conseqüentemente, a qualidade dos alimentos (Namasivayam & Bharani, 2012).

Sendo assim, o solo tem sua importância, pois é um ambiente no qual diversos organismos desempenham suas atividades, proporcionando seu crescimento, desenvolvimento e sobrevivência no meio em que se encontram (Fernandes Júnior et al., 2002). Com isso, as plantas estão susceptíveis a fatores bióticos, como vírus, bactérias, fungos, nematoides, insetos e fatores abióticos, como temperatura, água, agentes químicos. As ações destes sobre as plantas intervêm na sua estruturação e relação com o ambiente.

A rizosfera é a região do solo onde as raízes das plantas crescem e ocorre inúmeras interações entre microrganismos e plantas (Pereira, 2000). Há uma diversidade das atividades microbianas exercidas sobre o desenvolvimento da planta, que inclui catabolismo da matéria orgânica, absorção de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio e biossegurança na proteção contra pragas e controle de patógenos (Cardoso & Andreote, 2016). Vários benefícios têm sido observados a partir da associação bactéria-planta, como aumento na germinação e emergência de sementes, crescimento e produção das plantas e, conseqüentemente, solo saudável (Amaral et al., 2016; Hungria et al., 2010), contribuindo, assim, na redução de impactos ambientais.

Nas gramíneas *Brachiarias*, aqui tratada a *Brachiaria Decumbens*, encontram-se várias características desejáveis que incluem: aclimatação a solos marginais, tolerância ao estresse hídrico e à sombra (estresse por menor quantidade de luz), alto potencial de

produção de biomassa, capacidade de sequestrar carbono, maior eficiência no uso de nitrogênio através da inibição biológica da nitrificação (BNI) e, subsequentemente, a capacidade de reduzir gases de efeito estufa, emissões e poluições das águas subterrâneas (Fisher & Kerridge, 1996; Fisher et al., 1994; Rao et al., 1996; Subbarao et al., 2009). Nesse contexto, tornam-se mais eficientes as ações dos microrganismos sobre as plantas, devido à produção abundante de raízes que contribuem para a coleta de água, agregação do solo e aeração (Kluthcouski et al., 2004).

Sendo assim, a concepção de uma nova agropecuária sustentável perpassa pelo equilíbrio do agroecossistema com o aumento da produtividade biológica do solo. O uso dos microrganismos, associados aos fitorormônios, pode ser uma alternativa sem prejuízo ao meio ambiente e à saúde, tendo em vista que as bactérias, por serem nativas do solo e/ou da planta, não interferem no equilíbrio ecológico, atendendo, assim, à nova demanda do mercado mundial por produção de alimentos saudáveis de forma sustentável.

1.2 Interação nitrogênio x planta x microrganismo

O macronutriente nitrogênio (N) é um dos elementos que mais limita o desenvolvimento das culturas forrageiras, sendo sua ação correlacionada a fatores como: atmosfera, solo, espécies vegetais e os animais em pastejo (Dubeux Júnior et al., 2007). Regiões tropicais, onde se obtém baixa disponibilidade desse nutriente, contribuem para a degradação das pastagens (Vendramini et al., 2007).

Baixos teores de carbono e nitrogênios, na formação do solo, podem retardar a introdução da planta ao ambiente que possuem áreas degradadas (Costa; Zocche, 2009). Ressalta-se que a fixação biológica de N (FBN) é realizada por alguns microrganismos através da conversão da molécula de N_2 , no estado gasoso, em amônia (Nunes et al., 2003). No entanto, a perda de absorção desse elemento pode ser pela FBN, ofertando cerca de 30 a 40 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N no sistema solo-planta (Boddey & Victoria, 1986; Loureiro & Boddey, 1988).

Alternativas vêm surgindo para garantir a sustentabilidade dos sistemas agrícolas utilizando-se microrganismos que desempenham importante papel na interação solo-planta, como: nutrição e proteção das culturas através da decomposição de materiais orgânicos, supressão de patógenos, ciclagem de nutrientes, degradação de agrotóxicos, estruturação do solo e produção de compostos bioativos como hormônios, vitaminas e enzimas, favorecendo a germinação e crescimento das plantas (Singh et al., 2011).

Dentre esses microrganismos, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e a bactérias diazotróficas favorecem o melhor desenvolvimento das plantas e a reabilitação de áreas degradadas, habitando no solo de forma isolada ou combinada a outros organismos vivos (Carneiro, 2010; Ferreira et al., 2016).

1.3 Microrganismos

Os microrganismos, em sua taxonomia, desempenham um importante papel nos nichos ecológicos, até mesmo naqueles em que se encontram em degradação. Entretanto, optam por exercer sua totalidade em ambientes mais favoráveis, dependendo também dos fatores bióticos e abióticos (EMBRAPA, 2005). Estudos apontam também que o potencial uso de microrganismos consegue solubilizar fosfato de cálcio, de ferro e de alumínio do solo para as plantas (Chagas Jr et al., 2010).

Pode-se classificar esses seres como patogênicos, saprófitos e benéficos. Os primeiros atacam tecidos vivos de folhas, colmos ou raízes; os saprófitos vivem em tecidos mortos e atuam na ciclagem de nutrientes e, por fim, os benéficos são usados como inoculantes e classificação: biofertilizantes (como os rizóbios), fitoestimuladores (auxinas produzidas por *Azospirillum sp.*), rizoremediadores (*Pseudomonas*) e biopesticidas (*Bacillus thuringiensis*) (EMBRAPA, 2005).

A ação de fungos também é presente na rizosfera. Altas concentrações de nutrientes e compostos liberados pelas raízes proporcionam fósforo às plantas e condições energéticas para relação com outros microrganismos, como as bactérias diazotróficas (Toljander et al., 2006).

1.4 Fungos micorrízicos arbusculares

Os fungos utilizam-se das raízes para o seu desenvolvimento, atribuindo a esse ambiente um local favorável para a sua proliferação, porém o efeito rizosférico sobre estes microrganismos se apresenta reduzido em relação às bactérias. Dentre os gêneros nos quais se encontram na rizosfera das plantas, pode-se citar: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Penicillium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Scutellospora* (Siqueira & Franco, 1988). A associação simbiótica dessas espécies oferece um maior incremento no volume do solo sob a raiz de 82% das espécies vegetais, no qual incluem culturas de importância econômica, agroecologia e ecossistema (Silvana et al., 2020).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são classificados como simbiotróficos obrigatórios, sendo sua sobrevivência dependente da sua associação a uma planta na qual fornece substratos, como carboidratos, para o desenvolvimento de esporos e, conseqüentemente, o fungo colabora com a absorção de nutrientes para a planta, destacando-se o fósforo (Smith & Read, 2008). Bagyaraj et al. (2015) relataram que a principal função de FMAs é fornecer fósforo às raízes de plantas por meio de transportadores de fosfato encontrado na membrana hifal. Essa estrutura faz com que ajude na absorção de fosfatos, livremente disponíveis no solo.

Dentre os benefícios desses fungos, destaca-se o fato dos mesmos poderem exercer simbiose com a planta hospedeira, proporcionando-a proteção contra pragas e doenças (Quesada-Moraga et al., 2014), produção de fitohormônios e indisponibilização de espécies químicas tóxicas (Jung et al., 2012; Oggerin et al., 2013; Liao et al., 2014), sendo chamados esses fungos de endófitos entomopatogênicos. Podemos citar exemplos como: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Pochonia chlamydosporia*, *Purpureocillium lilacinum* e *Trichoderma asperella* (Lopez & Sword, 2015; Abdelrahman et al., 2016; Escudero et al., 2012; Marri et al., 2016).

A planta na presença de fungos micorrízicos tem proteção contra os patógenos, devido a fatores relacionados à disponibilidade de nutrientes na rizosfera, produção de aminoácidos e açúcares redutores; mudança na parte fisiológica das raízes, competição por espaço na raiz; elevado teor de lignina das raízes e à maior absorção de nutrientes pela micorriza, principalmente fósforo, que oferece à planta maior aporte para seu crescimento e desenvolvimento (Dantas et al., 2009).

As espécies forrageiras apresentam uma ampla associação com os fungos micorrízicos arbusculares, podendo ser enumerada quando a taxa de colonização da micorrízia, nas raízes finas, é quantificada. A exemplo disso, Morais et al. (2019), no Bioma do Cerrado, observando a interação desses microrganismos sobre as raízes da *Urochloa ruziziensis*, observaram uma taxa de colonização equivalente a 60%, como também Zangaro et al. (2012), no Bioma Pantanal, utilizando como estudo a *Cynodon sp.*, estimaram uma taxa de 75% apresentando efetiva simbiose entre as espécies forrageiras (Guimarães et al., 2022).

1.5 Bactérias promotoras de crescimento

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) são microrganismos que garantem o desenvolvimento por meio da colonização dos tecidos vegetais (Dobbelaere et al., 2003), dentre elas, estão as bactérias diazotróficas que podem contribuir com uma relação positiva com outros microrganismos que habitam o meio (Costa; Melloni, 2019) e de simbiose, associação ou não com as plantas (Glick, 2012). Como sabe-se os microrganismos podem interagir com as plantas colonizando de diferentes formas a superfície das folhas (filosfera) e os três compartimentos da raiz separadamente: rizosfera, rizoplano e endosfera (EMBRAPA, 2016).

As BPCP têm sido encontradas em diversas gramíneas forrageiras e cereais, nos gêneros *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Gluconacetobacter*, *Herbaspirillum* e *Azospirillum* (Hungria et al., 2010; Videira et al., 2012). Dentre estes destaca-se a *Azospirillum*, que atualmente tem sido estudada como uma alternativa para nutrição das plantas e fertilizante nitrogenado (Hungria et al., 2021), e mitigação de estresse abiótico (Bulegon et al., 2017).

Azospirillum é uma bactéria de vida livre no solo que coloniza a zona de alongação de raízes, os pelos radiculares, podendo também ser encontrada no interior das plantas, sendo, assim, classificada como endofítica facultativa (Vogel et al., 2014) não produz nódulos e estudos têm viabilizado sua utilização na forma de inoculante, cuja aplicação pode ser por via de sementes (Sivasakthivelan & Saranraj, 2013), sulco de plantio e área total.

Em estudo com capim Marandu, sob diferentes doses de N e inoculação com *Azospirillum brasiliense*, Leite et al. (2019) obtiveram diminuição de até 20% na necessidade de adução nitrogenada. Cunha et al. (2014), ao estudarem a interação de *Azospirillum* sobre a produtividade do milho, verificaram um aumento nessa característica agrônômica; como também Silva et al. (2004), ao utilizarem esse microrganismo, obtiveram uma resistência de pragas no trigo, quando foi inoculado na parte aérea da planta.

Ademais, segundo Kaushal & Wani (2016), a aplicação de BPC intensifica a produção de fisiologia e bioquímica das plantas em situação de estresse, como produção de fitormônios, com o ácido indolacético (AIA), citocininas e ácido abscísico (ABA), ativação do sistema de defesa antioxidante e o acúmulo de açúcares, aminoácidos.

1.6 Fitormônios

Mensageiros químicos que funcionam como medidores na comunicação intercelular são chamados de hormônios. Os vegetais também produzem moléculas sinalizadoras (hormônios) responsáveis por efeitos marcantes no desenvolvimento, em concentrações bastante pequenas (Tais & Zeiger, 2006). Os hormônios que são produzidos pelos microrganismos ajudam no desenvolvimento vegetal das plantas, no fortalecimento das raízes (Ahemad & Kibret, 2014), exercendo funções na diferenciação do xilema e floema (Roberts, 1988). Pode-se citar, como exemplo dessas substâncias, as auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico e etileno (Santner & Estelle, 2009).

Auxinas foi o primeiro hormônio descoberto em plantas, sendo um dentre uma vasta gama de agentes químicos sinalizadores que regulam o desenvolvimento vegetal. A auxina mais comum de ocorrência natural é o Ácido indol-3-acético (AIA) (Taiz & Zeiger, 2006). Esses hormônios estimulam o crescimento da célula (Fukuda, 1996), contribuindo também para a síntese de proteínas, respiração celular (Davies, 1995) e dá maior acesso à água e nutrientes do solo às plantas (Vessey, 2003).

As citocininas, por exemplo, incentivam a divisão celular (citocinese) e o desenvolvimento de gemas laterais. São produzidas nas raízes e transportados através do xilema para toda a planta (Demason, 2005).

Já a giberelina, conhecida como ácido giberélico, promove alterações na germinação, floração, expressão sexual, dentre outras (Castro et al., 2005). O ácido giberélico pode ser produzido em pequenas quantidades pelas plantas e também industrialmente pela fermentação de *G. fujikuroi* e tem sido utilizado para a estimulação do crescimento da cana-de-açúcar e produção de frutas e verduras (Macmillan & Pryce, 1973).

Estudos realizados com milho, na presença desses fitormônios, apontam que o ácido indolilacético (AIA), que é exemplo de auxina, tem como importância a ação e regulação da diferenciação do tecido vascular, da raiz adventícia e lateral, da divisão celular e crescimento de brotos, durante o estresse hídrico (Goswami et al., 2015). O ácido abscísico (ABA), sintetizado em folhas maduras e sementes, regula o crescimento durante o estresse hídrico por meio da regulação da transcrição do gene relacionado à seca e condutividade hidráulica da raiz (Jiang et al., 2013). Quando associado à inoculação com as bactérias promotoras de crescimento, esse efeito se acentua, demonstrando ainda mais

a importância de estudos relacionados a microrganismos, a fim de promover um melhor manejo das pastagens no Brasil.

1.7 Referências Bibliográficas

ABDELRAHMAN, M.; ABDEL-MPTAAL, F.; EL-SAYED, M.; JOGAIHAH, S.; SHIGYO, M.; ITO, S.; TRAN, L. S. P. Dissecção da defesa induzida por *Trichoderma longibrachiatum* em cebola (*Allium cepa* L.) contra *Fusarium oxysporum* f. sp. cepa pelo perfil do metabólito alvo. **Ciência Vegetal**, v. 128-138, 2016.

AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King saud University-science**, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2014.

BAGYARAJ, D.J; SHARMA, M. P.; MAITI, D. Phosphorus nutrition of crops through arbuscular mycorrhizal fungi. **Current Science**, p. 1288-1293, 2015.

BODDEY, R.M.; VICTORIA, R.L. Estimation of biological nitrogen fixation associated with *Brachiaria* and *Paspalum* grasses using ¹⁵N labelled organic matter and fertilizer. **Plant Soil**, v.90, p. 256-292, 1986.

BULEGON, L.G.; BATTISTUS, A.G.; GUIMARAES, V.F.; INAGAKI, A.M.; OFFEMANN, L. C.; DE SOUZA, A.K.P.; DE OLIVEIRA, P.S.R. Physiological responses of 'Urochloa ruziziensis' inoculated with 'Azospirillum brasilense' to severe drought and rehydration conditions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 10, 2017.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2a ed. Piracicaba: ESALQ, 2ª Edição, 2016, 221p.

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; PERES, L.E.P. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. Piracicaba: Agronômica Ceres., 650. 2005

CHAGAS JR. A. F.; OLIVEIRA, L. A.; OLIVEIRA, A. N. Caracterização fenotípica de rizóbio nativos isolados de solos da Amazônia e eficiência simbiótica em feijão caupi. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, p. 161-169, 2010.

COSTA, S.M.L.; MELLONI, R. Relação de fungos micorrízicos arbusculares e rizobactérias no crescimento de mudas de oliveira (*Olea europaea*). **Ciência Florestal**, v. 29, p. 169-180, 2019.

COSTA, S.; ZOCHE, J. J. Fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de carvão na região sul de Santa Catarina. **Revista Árvore**, v. 33, p. 665-674, 2009.

CUNHA, F. N.; DA SILVA, N. F.; BASTOS, F. J. D. C.; DE CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. D. F.; TEIXEIRA, M. B.; DA ROCHA, A. C.; SOUCHIE, E. L. Efeito da *Azospirillum brasilense* na produtividade de milho no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p. 261-272, 2014.

DANTAS, J.; SOUZA, A.; FARIAS, M.; NOGUEIRA, V. Interações entre grupos de microorganismos com a rizosfera. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 2, n. 2, p. 213-218, 2009.

DAVIES, P.J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. **Plant hormones**, p. 1-15, 2010.

DEMASON, D.A. Auxin–cytokinin and auxin–gibberellin interactions during morphogenesis of the compound leaves of pea (*Pisum sativum*). **Planta**, v. 222, p. 151-166, 2005.

DO AMARAL, F. P.; PANKIEVICZ, V. C.; ARISI, A. C. M.; DE SOUZA, E. M.; PEDROSA, F.; STACEY, G. Differential growth responses of *Brachypodium distachyon* genotypes to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. **Plant molecular biology**, v. 90, p. 689-697, 2016.

DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical reviews in plant sciences**, v. 22, n. 2, p. 107-149, 2003.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SOLLENBERGER, L.E.; MATHEWS, B.W.; SCHOLBERG, J. M.; SANTOS, S. Nutrient cycling in warm-climate grasslands. **Crop Science**, v. 47, n. 3, p. 915-928, 2007.

ESCUADERO, N.; LOPEZ-LLORCA, L.V. Effects on plant growth and root-knot nematode infection of an endophytic GFP transformant of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia*. **Symbiosis, Amsterdam**, v. 57, n. 1, p. 33-42, May 2012.

FERNANDES-JÚNIOR, F.; FURLANI, P. R.; RIBEIRO, I.J. A.; CARVALHO, C. R. L. Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. **Bragantia**, v. 61, p. 25-34, 2002.

FERNÁNDEZ, L.A.; ZALBA, P.; GÓMEZ, M.A.; SAGARDOY, M.A. Phosphate-solubilization activity of bacterial strains in soil and their effect on soybean growth under greenhouse conditions. **Biology and Fertility of Soils**, v. 43, p. 805-809, 2007.

FISHER, M.J.; KERRIDGE, P.C. **The agronomy and physiology of Brachiaria species**. 1996.

FISHER, M.J.; RAO, I. M.; AYARZA, M. A.; LASCANO, C. E.; SANZ, J. I.; THOMAS, R.J.; VERA, R.R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. **Nature**, v. 371, n. 6494, p. 236-238, 1994.

FUKUDA, H. Xylogenesis: initiation, progression, and cell death. **Annual review of plant biology**, v. 47, n. 1, p. 299-325, 1996.

GLICK, B.R. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. **Scientifica**, v. 2012, 2012.

GOMES, E.A.; SILVA, U.D.C.; OLIVEIRA-PAIVA, D.A.; LANA, U.D. P.; MARRIEL, I. E.; DOS SANTOS, V. L. **Microrganismos promotores do crescimento de plantas**. EMBRAPA, 2016.

GOSWAMI, D.P.S.; VAGHELA, H.; DHANDHUKIA, P.; THAKKER, J. Describing *Paenibacillus mucilaginosus* strain N3 as an efficient plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). **Cogent Food & Agriculture**, v. 1, n. 1, p. 1000714, 2015.

GUIMARÃES, G.S.; RONDINA, A.B.L.; SANTOS, M.S.; NOGUEIRA, M.A.; HUNGRIA, M. Pointing out opportunities to increase grassland pastures productivity via microbial inoculants: Attending the society's demands for meat production with sustainability. **Agronomy**, v. 12, n. 8, p. 1748, 2022.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M. E.; 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, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, M.; RONDINA, A. B. L.; NUNES, A. L. P.; ARAÚJO, R. S.; NOGUEIRA, N. A. Seed and leaf-spray inoculation of PGPR in brachiarias (*Urochloa* spp.) as an economic and environmental opportunity to improve plant growth, forage yield and nutrient status. **Plant and Soil**, v. 463, p. 171-186, 2021.

INÁCIO, A.C. F.; HARA, F. A. D. S.; VENDRUSCOLO, J.; NETO, P. D. Q.C.; SOUZA, L. C. C. Caracterização morfofisiológica de bactérias solubilizadoras de fosfatos provenientes da rizosfera de plantas alimentícias não convencionais. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 24547-24565, 2020.

JIANG, S.; ZHANG, D.; WANG, L.; PAN, J.; LIU, Y.; KONG, X.; ZHOU, Y. LI, D. A maize calcium-dependent protein kinase gene, *ZmCPK4*, positively regulated abscisic acid signaling and enhanced drought stress tolerance in transgenic *Arabidopsis*. **Plant physiology and biochemistry**, v. 71, p. 112-120, 2013.

JUNG, S.C.; MARTINEZ-MEDINA, A.; LOPEZ-RAEZ, J.A.; POZO, M.J. Mycorrhiza-induced resistance and priming of plant defenses. **Journal of chemical ecology**, v. 38, p. 651-664, 2012.

KAUSHAL, M.; WANI, S.P. Plant-growth-promoting rhizobacteria: drought stress alleviators to ameliorate crop production in drylands. **Annals of Microbiology**, v. 66, p. 35-42, 2016.

KUMBLE, V. **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement**. CIAT, 1996.

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**, v. 70, n. 1, p. 61-67, 2018.

LIAO, X.; LU, H. L.; FANG, W.; ST. LEGER, R. J. Overexpression of a *Metarhizium robertsii* HSP25 gene increases thermotolerance and survival in soil. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 98, p. 777-783, 2014.

LOPEZ, D.C.; SWORD, G.A. The endophytic fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* and *Purpureocillium lilacinum* enhance the growth of cultivated cotton (*Gossypium hirsutum*) and negatively affect survival of the cotton bollworm (*Helicoverpa zea*). **Biological Control**, v. 89, p. 53-60, 2015.

LOUREIRO, M.F.; BODDEY, R.M. Balanço de nitrogênio em quatro gramíneas do gênero *Brachiaria*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 12, p. 1343-1353, 1988.

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Em dez anos, área plantada será ampliada em 10,3 milhões de hectares no Brasil**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/em-dez-> Acesso em: 22 jun. 2023.

MARRI, D.; GOMEZ, D.A.M.A.; WILSON, D.D.; BILLAH, M.; YEBOAH, S.; OSAE, M. Evaluation of the efficacy of a commercial formulation of *Beauveria bassiana* for the control of the invasive fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). **Biopesticides International**, v. 12, n. 1, p. 9-19, 2016.

MARTUSCELLO, J. A.; SILVA, L. P. D.; CUNHA, D. D. N. F. V. D.; BATISTA, A. C. D. S.; BRAZ, T. G. D. S.; FERREIRA, P. S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Ciência Animal Brasileira**, v. 16, p. 1-13, 2015.

NAMASIVAYAM, S.K.R.; BHARANI, R.S.A. Effect of compost derived from decomposed fruit wastes by effective microorganism (EM) technology on plant growth parameters of *Vigna mungo*. **Journal of Bioremediation & Biodegradation**, v. 3, n. 11, p. 167, 2012.

NUNES, F. S.; RAIMONDI, A.C.; NIEDWIESKI, A.C. Fixação de nitrogênio: estrutura, função e modelagem bioinorgânica das nitrogenases. **Química Nova**, v. 26, pág. 872-879, 2003.

OGGERIN, M.; TORNOS, F.; RODRÍGUEZ, N.; DEL MORAL, C.; SÁNCHEZ-ROMÁN, M.; AMILS, R. Specific jarosite biomineralization by *Purpureocillium lilacinum*, an acidophilic fungus isolated from Río Tinto. **Environmental Microbiology**, v. 15, n. 8, p. 2228-2237, 2013.

QUESADA-MORAGA, E.; LÓPEZ-DÍAZ, C.; LANDA, B. B. The hidden habit of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*: first demonstration of vertical plant transmission. **PLoS One**, v. 9, n. 2, p. e89278, 2014.

RAO, I.M.; KERRIDGE, P.C.; MACEDO, M.C.M.; MOTTA, M.C. **Nutritional requirements of *Brachiaria* and adaptation to acid soils**. 1996.

REIS, V. M. **Interações entre plantas e microrganismos**. EMBRAPA, 2005.

ROBERTS, L.W.; GAHAN, P.B.; ALONI, R.; ROBERTS, L.W. Hormonal aspects of vascular differentiation. **Vascular differentiation and plant growth regulators**, p. 22-38, 1988.

SANTNER, A.; ESTELLE, M. Recent advances and emerging trends in plant hormone signalling. **Nature**, v. 459, n. 7250, p. 1071-1078, 2009.

SILVA, A. A. D.; ARRUDA, T.F.; BACH, E.E. Azospirillum brasilense action in wheat (variety IAC 24) and barley plants (variety CEV 95033) development. **Conscientia e Saúde**, São Paulo, v. 3, n. 1, p.29-35, jan. 2004.

SILVANA, V.M.; CARLOS, F.J.; LUCÍA, A.C.; NATALIA, A.; MARTA, C. Colonization dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in Ilex paraguariensis crops: Seasonality and influence of management practices. **Journal of King Saud University-Science**, v. 32, n. 1, p. 183-188, 2020.

SINGH, SULTAN.; KUSHWAHA, B.P.; NAG, S.K.; MISHRA, A.K.; BHATTACHARYA, S.; GUPTA, P. K.; SINGH, A. In vitro methane emission from Indian dry roughages in relation to chemical composition. **Current Science**, p. 57-65, 2011.

SIVASAKTHIVELAN, P.; SARANRAJ, P. Azospirillum and its formulations: a review. **International Journal of Microbiological Research**, v. 4, n. 3, p. 275-287, 2013.

SMITH, S. E.; READ, D. J. Mycorrhizal symbiosis. **Academic press**, 2010.

SUBBARAO, G. V.; NAKAHARA, K.; HURTADO, M. D. P.; ONO, H.; MORETA, D. E.; SALCEDO, A. F.; YOSHIHASHI, E. M.; ISHIKAWA, T.; ISHITANI, M.; OHNISHI-KAMEYAMA, M.; YOSHIDA, M.; RONDON, M.; RAO, I.M.; LASCANO, C.E.; BERRY, W. L.; ITO, O. Evidence for biological nitrification inhibition in Brachiaria pastures. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 41, p. 17302-17307, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3º ed. 2006. 646 p.

DAVIES, P.J. THE PLANT HORMONES: THEIR NATURE, OCCURRENCE, AND FUNCTIONS. In: DAVIES, P. J. (ED). **Plant Hormones**, p.1-5, 1995.

TOLJANDER, J. F.; ARTURSSON, V.; PAUL, L. R.; JANSSON, J. K.; FINLAY, R. D. Attachment of different soil bacteria to arbuscular mycorrhizal fungal extraradical hyphae is determined by hyphal vitality and fungal species. **FEMS Microbiology Letters**, v. 254, n. 1, p. 34-40, 2006.

VENDRAMINI, J.M.B.; SILVEIRA, M.L. A.; DUBEUX JR.; J.C.B. SOLLENBERGER, L.E. Environmental impacts and nutrient recycling on pastures grazed by cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 139-149, 2007.

VESSEY, J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and soil**, v. 255, p. 571-586, 2003.

VIDEIRA, S.S.; DE OLIVEIRA, D.M.; DE MORAIS, R.F.; BORGES, W.L.; BALDANI, V.L.D.; BALDANI, J. I. Genetic diversity and plant growth promoting traits of diazotrophic bacteria isolated from two *Pennisetum purpureum* Schum. genotypes grown in the field. **Plant and Soil**, v. 356, p. 51-66, 2012.

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

II – OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a inoculação de fitormônios exógenos associados a diferentes microrganismos promotores de crescimento no cultivo de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar os efeitos da inoculação de fitormônios exógenos associados a diferentes microrganismos promotores de crescimento sobre a produção de matéria seca e características bromatológicas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk.

Avaliar os efeitos da inoculação de fitormônios exógenos associados a diferentes microrganismos promotores de crescimento sobre as características morfogênicas e estruturais das plantas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk.

Avaliar os efeitos da inoculação de fitormônios exógenos associados a diferentes microrganismos promotores de crescimento sobre os teores de clorofila e carotenoides de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk.

III – MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Juvino Oliveira, situada nas seguintes coordenadas: 15°38'46'' de latitude sul, 40°15'24'' de longitude oeste e altitude média de 280 m, no município de Itapetinga-BA, durante o período de maio a agosto de 2021. O clima do município, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo “Cw”, mesotérmico úmido e subúmido quente.

Os valores médios de temperatura mínima e máxima do período experimental foram de 17 e 36°C, respectivamente. Os valores médios de umidade mínima e máxima foi de 22 e 86%.

O ensaio foi conduzido em esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro tratamentos com microrganismos: 1- ausência de microrganismo; 2- Bactérias (*Azospirillum brasilense* + *Pseudomonas fluorescens*), 3- Fungo micorrizico (*Rhizophagus intraradices*), 4- Bactérias (*Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* + Fungo *Rhizophagus intraradices*) associados ou não a fitormônios (auxina + giberlina + citocinina). O delineamento foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições, totalizando 40 vasos plásticos, os quais foram preenchidos com 13 kg de solo.

O solo utilizado foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, no *Campus* de Itapetinga da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB. O solo coletado foi destorroado e passado em peneira, com malha de quatro mm, logo após foi realizado o enchimento dos vasos e a coleta do material para análise de solo, que foi realizada no Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UESB (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise física e química do solo

| Composição granulométrica (g/kg) | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|---|------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|------------------|
| Areia | | | Silte | | | | Argila | | | | | |
| 555 | | | 355 | | | | 90 | | | | | |
| Análise química | | | | | | | | | | | | |
| pH | P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | H ⁺ | S.B ¹ | t ² | T ³ | V ⁴ | M ⁵ | M.O ⁶ |
| | mg/dm ³ | ----- cmolc/dm ³ de solo ----- | | | | | | | % | | g/dm ³ | |
| 6,4 | 14 | 0,87 | 1,6 | 1,7 | 0,0 | 1,7 | 4,2 | 4,2 | 5,9 | 71 | 0 | 10 |

¹Soma de bases. ²CTC efetiva. ³CTC pH 7. ⁴Saturação por bases. ⁵Saturação por Al³⁺. ⁶Matéria orgânica. Fonte: Laboratório de solos da UESB.

De acordo com as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, não houve necessidade de calagem (Alvarez & Ribeiro, 1999). Segundo Cantarutti et al. (1999), não foi preciso realizar a adubação com potássio, que se encontrava com boa disponibilidade, já o fósforo encontrava-se com a disponibilidade baixa, porém não foi realizada adubação fosfatada, devido aos tratamentos com utilização de microrganismos solubilizadores de fósforo. Foi feita adubação nitrogenada, sendo aplicado 50 kg ha⁻¹ de N na forma de Ureia (44% de N), correspondendo a 0,35 g vaso⁻¹, aplicado em cobertura após o corte de uniformização.

Para determinação da capacidade de campo, todos os vasos com solo seco foram pesados, saturados com água e, após escoamento total da água, pesados novamente. O peso final encontrado foi descontado do peso seco do solo, correspondendo, assim, ao valor da capacidade de campo (CC), utilizado para reestabelecimento das perdas por evapotranspiração. As unidades experimentais foram mantidas com 70% da CC encontrada.

Previamente à semeadura, foi realizada a inoculação das sementes da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk com as bactérias e feita a aplicação dos fitormônios nas mesmas, respeitando-se os tratamentos e as recomendações dos fabricantes. Após essa etapa, as sementes foram homogeneizadas e mantidas à sombra por 30 minutos. Utilizou-se os produtos comerciais Biofree[®], que é composto pelas bactérias *Azospirillum brasilense* AbV6 e *Pseudomonas fluorescens* CCTB03 (300 ml/10 kg de sementes) e Stimulate[®], que possui os fitormônios auxina, giberelina e citocinina (10 ml/10 kg de sementes).

A semeadura foi realizada em maio de 2021, sendo simultaneamente realizada a inoculação com o fungo micorrízico (*Rhizophagus intraradices*) diretamente nas unidades experimentais, seguindo as recomendações do produto comercial Rootella BR[®] (120 g ha⁻¹ com 20.800 propágulos/g).

Quando as plantas estavam com 15 dias, foi realizado o desbaste, mantendo-se 4 plantas por vaso, tendo como parâmetros de escolha o vigor e a homogeneidade das plantas. No 30º dia após o plantio, realizou-se o corte de uniformização, adotando-se a altura média de resíduo de 15 cm de altura, o que marcou o início das avaliações. Logo após o corte de uniformização, foi realizada a adubação nitrogenada, reinoculação foliar com as bactérias (500 ml ha⁻¹ de Biofree[®]) e reaplicação foliar dos fitormônios (500 ml ha⁻¹ de Stimulate[®]). É importante destacar que era realizada a reinoculação das bactérias e reaplicação dos fitormônios após cada corte.

3.2 Avaliações

3.2.1 Características morfogênicas e estruturais

Foram realizados dois ciclos para avaliação das características morfogênicas e estruturais: um entre o corte de uniformização e 1º corte e outro entre o 1º e 2º corte. Em cada ciclo, foram marcados dois perfilhos/vaso. Nos mesmos, foram determinados a cada três dias: o aparecimento do ápice foliar, o comprimento e largura das folhas e comprimento do pseudocolmo (distância do solo até a lígula da folha mais jovem). A partir dessas medidas, calculou-se: a taxa de aparecimento foliar (folhas/dia), filocrono (dia/folha), taxa de alongamento do pseudocolmo (cm), largura da folha (cm) e comprimento final da folha (cm).

No final de cada período de avaliação, foi feita a contagem do número de perfilhos de cada unidade experimental e, assim, determinada a densidade populacional de perfilhos.

Para altura, as avaliações foram feitas com auxílio de uma régua graduada, sem compressão da forragem, onde era considerado como limite superior a altura da curvatura das folhas em torno da régua.

3.2.2 Índice SPAD

Para determinação do índice SPAD, utilizou-se o aparelho SPAD 502 Plus por volta das 10 horas da manhã. Foram realizadas 3 leituras no terço médio de três folhas completamente expandidas, escolhidas aleatoriamente em cada unidade experimental.

3.2.3 Pigmentos fotossintéticos

No final de cada período de avaliação, foram coletadas duas folhas completamente expandidas de cada repetição, sempre por volta das 10h00 da manhã. Após a coleta, as folhas foram colocadas em envelopes de papel alumínio identificados. Os sacos foram colocados em caixa de isopor com gelo e levados para o laboratório de Anatomia e Fisiologia de Ecológica de Plantas (LAFIEP), para extração dos pigmentos fotossintéticos.

As clorofilas e carotenoides foram determinados seguindo a metodologia de Hiscox & Israelstam (1979), por meio da qual foi pesado aproximadamente 0,03 g de massa fresca das folhas de cada amostra. Esse material foi colocado imediatamente em frascos de vidro envoltos em papel alumínio e identificados, contendo 5 ml de Dimetilsulfóxido (DMSO). Os frascos foram mantidos em repouso, no escuro, por 72 horas. Após esse tempo, foi realizada a quantificação em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 665, 649 e 480 nm. Para os cálculos das clorofilas e carotenoides, foram utilizadas as seguintes fórmulas (Wellburn, 1994):

- Clorofila a (mg.g^{-1} de massa fresca) = $(12,19 \times A_{665}) - (3,45 \times A_{649})$;

- Clorofila b (mg.g^{-1} de massa fresca) = $(21,99 \times A_{649}) - (5,32 \times A_{665})$;

- Clorofilas Totais (mg.g^{-1} de massa fresca) = Clorofila a + Clorofila b;

- Razão clorofilas a/b: Clorofila a / Clorofila b;

- Carotenoides (mg.g^{-1} de massa fresca) = $[1000 \times A_{480} - (2,14 \times \text{Clorofila a}) - (70,16 \times \text{Clorofila b})] / 220$.

Em que: A é o valor de absorbância.

3.2.4 Produção de matéria seca

Foram realizados dois cortes com altura residual de 15 cm, para determinação da produção de matéria seca (N° de dias entre cortes = 28).

Em cada corte, foram retiradas duas subamostras (2 plantas/subamostra) em cada unidade experimental. A primeira subamostra foi separada em folha, bainha+colmo e material morto, sendo o material pesado e levado à estufa com ventilação forçada, a 55 °C, por 72 horas. Posteriormente, as amostras foram pesadas novamente, para determinação da massa seca, e moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm.

A partir desses dados, foram calculadas as seguintes características: produção de massa seca total da planta, produção de massa seca de folha, produção de massa seca de colmo, porcentagem de lâminas foliares, porcentagem de colmos e a relação folha:colmo.

3.2.5 Volume, comprimento e produção de massa seca da raiz

Após o corte, as raízes coletadas foram usadas para determinação do comprimento, utilizando-se uma régua graduada em cm. O volume de raiz foi determinado pelo uso de uma proveta volumétrica, com determinada quantidade de água, onde a raiz fresca foi introduzida e, por meio da diferença, foi obtido o volume de raiz. Posteriormente, as raízes foram pesadas e levadas à estufa de circulação de ar forçado, a 65°C, por 72 horas, para determinação de massa seca.

3.2.6 Análises bromatológicas

A segunda amostra (planta inteira) também foi pesada e levada à estufa com ventilação forçada, a 55 °C, por 72 horas, sendo pesada novamente e moída em moinho de facas com peneira de 1 mm e submetida às análises químico-bromatológicas para determinar os teores de matéria seca, proteína bruta, matéria mineral, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e lignina, conforme as técnicas descritas por Detmann et al. (2012).

Para a determinação do teor de carboidratos não fibrosos, corrigidos para cinzas e proteína (CNF) e totais (CHOT) das amostras, utilizou-se as equações propostas por Sniffen et al. (1992):

$$\text{CNF} = 100 - \text{FDN}\% - \text{PB}\% - \text{EE}\% - \text{MM}\%$$

$$\text{CHOT} = 100 - \text{PB}\% - \text{EE}\% - \text{MM}\%$$

Em que: PB: teor de proteína bruta; EE: teor de extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro, MM: teor de matéria mineral. Todos os termos são expressos em % da MS.

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) da forragem foi calculado por meio da equação proposta por Capelle et al. (2001):

$$\text{NDT} = 83,79 - (0,4171 \times \% \text{ FDN})$$

A digestibilidade da matéria seca (DMS), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) foram calculados por meio de equações propostas por Rodrigues (2010).

$$\text{DMS} = 88,9 - (0,779 \times \% \text{FDA})$$

3.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico SAS *On Demand for Academics*, considerando-se como fonte de variação: microrganismos (M), fitormônios (F) e interação M x F. Procedeu-se com o desdobramento da interação, ou não, quando as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Para todas as análises, foram utilizados 5% de probabilidade.

IV – RESULTADOS

As características morfogênicas da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk não apresentaram efeito de interação ($P>0,05$) entre a inoculação com microrganismos e a presença dos fitormônios. A taxa de aparecimento de folhas (TApF), filocrono, comprimento e largura final da folha (CFF e LLF), respectivamente, densidade populacional de perfilhos (DPP) e altura não apresentaram ($P>0,05$) diferenças entre os tratamentos avaliados, cuja a taxa de alongamento de colmo (TAIC) foi maior para plantas de capim-Basilisk que receberam os fitormônios (Tabela 2).

A massa total de folhas e a porcentagem de colmo apresentaram interação significativa ($P<0,05$) entre a inoculação de microrganismos e presença dos fitormônios. Já para massa de colmo, porcentagem de folhas e a relação folha/colmo, a interação não foi significativa ($P>0,05$) (Tabela 3).

Tabela 2 - Características morfológicas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk cultivada com ou sem inoculação microbiana sob presença ou ausência dos fitormônios

| Variável | Microrganismos | | | | RCV | | P valor | | | CV (%) |
|----------------------|----------------|----------|-------|-----------|--------|--------|---------|-------|-------|--------|
| | Controle | Bactéria | Fungo | Bac+Fungo | Com | Sem | M x RCV | RCV | M | |
| TApF ⁶ | 0,167 | 0,161 | 0,170 | 0,159 | 0,166 | 0,162 | 0,434 | 0,368 | 0,120 | 6,9 |
| Filo ⁷ | 6,35 | 6,62 | 6,40 | 6,78 | 6,39 | 6,68 | 0,971 | 0,078 | 0,204 | 7,5 |
| TAIC ⁸ | 1,14 | 1,12 | 1,16 | 1,11 | 1,15 a | 1,11 b | 0,892 | 0,032 | 0,363 | 6,0 |
| CFF ⁹ | 20,62 | 21,11 | 21,16 | 22,06 | 21,49 | 20,98 | 0,110 | 0,345 | 0,306 | 7,9 |
| LLF ¹⁰ | 1,51 | 1,53 | 1,56 | 1,63 | 1,54 | 1,58 | 0,574 | 0,359 | 0,164 | 8,0 |
| DDP ¹¹ | 10,32 | 10,57 | 10,07 | 10,82 | 10,5 | 10,3 | 0,257 | 0,474 | 0,27 | 8,35 |
| Altura ¹² | 39,57 | 38,8 | 39,85 | 39,3 | 39,8 | 38,9 | 0,910 | 0,207 | 0,703 | 5,2 |

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas para presença dos fitormônios diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Abreviações: RCV, regulador de crescimento vegetal; CV, coeficiente de variação; M x RCV, interação entre microrganismos e regulador de crescimento vegetal; TapF, taxa de aparecimento de folha (folha/perfilho/dia); Filo, filocrono (dia/folha/perfilho); TAIC: taxa de alongamento de colmo (cm/perfilho/dia); CFF: comprimento final da folha (cm); LLF: largura final a folha (cm); DDP: densidade populacional de perfilhos; Altura da planta (cm);

Tabela 3 - Características agronômicas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk cultivada com ou sem inoculação microbiana sob presença ou ausência dos fitormônios

| Variável | Microrganismos | | | | RCV | | P valor | | | CV (%) |
|--------------------------|----------------|----------|--------|-----------|------|------|---------|-------|-------|--------|
| | Controle | Bactéria | Fungo | Bac+Fungo | Com | Sem | M x RCV | RCV | M | |
| Massa total ⁶ | 9,8 | 9,8 | 11,0 | 11,0 | 10,1 | 10,7 | 0,003 | 0,073 | 0,009 | 10,2 |
| Folha ⁶ | 6,26 | 6,39 | 6,87 | 6,96 | 6,4 | 6,9 | <0,001 | 0,07 | 0,084 | 10,6 |
| Colmo ⁶ | 3,7 BC | 3,5 C | 4,1 AB | 4,2 A | 3,8 | 3,9 | 0,257 | 0,608 | 0,001 | 16,5 |
| Folha (%) | 64,22 | 64,85 | 62,9 | 63,92 | 63,7 | 64,1 | 0,195 | 0,763 | 0,698 | 6,1 |
| Colmo (%) | 37,48 | 37,92 | 37,07 | 37,73 | 38,2 | 36,9 | 0,025 | 0,278 | 0,968 | 10,6 |
| Relação F/C ⁷ | 1,94 | 1,90 | 1,78 | 1,82 | 1,8 | 1,9 | 0,116 | 0,559 | 0,591 | 16 |

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas para microrganismo e minúsculas para presença dos fitormônios diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). ¹Bactéria.

²Bactéria+fungo. ³Microrganismos x fitormônios. ⁴Fitormônios. ⁵Microrganismos. ⁶Expressos em g/vaso. ⁷Relação F/C: relação folha/colmo.

Maior valor de acúmulo de massa total, de folhas e percentagem de colmo foi alcançado com a utilização da coinoculação de bactéria e fungos associada à presença dos fitormônios (Tabela 4). As plantas de capim-Basilisk, que foram inoculadas com bactérias *A. brasilense* e fungos *R. intraradices*, de forma isolada, apresentaram maiores acúmulos de massa e folhas, quando não tiverem presença dos fitormônios no sistema.

Tabela 4 - Desdobramento das variáveis agronômicas contendo interação significativa entre microrganismos e fitormônios em plantas de *Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk*

| Item | RCV | Microrganismos | | | |
|----------------------------|-----|----------------|----------|----------|-----------|
| | | Controle | Bactéria | Fungo | Bac+Fungo |
| Massa Total(g/vaso) | Sem | 10,19Aa | 10,93Aa | 11,70Aa | 9,92Ba |
| | Com | 9,25Ab | 8,63Bb | 10,29Aab | 12,06Aa |
| Massa de folha (g/vaso) | Sem | 6,47Aa | 7,39Aa | 7,32Aa | 6,15Ba |
| | Com | 6,05Ab | 5,40Bb | 6,43Aab | 7,78Aa |
| Colmo (%) | Sem | 38,37Aa | 35,41Aa | 38,86Aa | 34,80Ba |
| | Com | 36,59Aa | 40,44Aa | 35,30Aa | 40,66Aa |

Para cada característica, médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). ¹Bactéria. ²Bactéria+fungo.

A massa e volume de raiz foram influenciados pela interação ($P < 0,05$) entre a inoculação com microrganismos e presença dos fitormônios. O comprimento de raiz foi influenciado ($P < 0,05$) pela presença dos fitormônios e se apresentou maior nas plantas que receberam a aplicação deste insumo (Tabela 5).

Tabela 5 - Características radiculares de *Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk* cultivada com ou sem inoculação microbiana sob presença ou ausência dos fitormônios

| Variável | Microorganismos | | | | RCV | | P valor | | | CV |
|--------------------|-----------------|----------|-------|-----------|--------|--------|---------|-------|--------|-----|
| | Controle | Bactéria | Fungo | Bac+Fungo | Com | Sem | M x RCV | RCV | M | |
| Raiz ⁶ | 15,5 | 19 | 16 | 17,1 | 16,1 | 17,4 | 0,002 | 0,004 | <0,001 | 8,1 |
| Vol (ml) | 162 | 190 | 168 | 188 | 178 | 176 | <0,001 | 0,631 | <0,001 | 7,4 |
| Comp. ⁷ | 46,4 | 46,8 | 46,2 | 47,1 | 48,0 a | 45,3 b | 0,545 | 0,003 | 0,874 | 5,9 |

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas para microrganismo e minúsculas para presença de fitormônio, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

¹Bactéria. ²Bactéria+fungo. ³Microorganismos x fitormônios. ⁴Fitormônios. ⁵Microorganismos. ⁶g/vaso. ⁷Comp.: comprimento (cm).

Na presença dos fitormônios, as plantas do grupo controle, juntamente com as que receberam a inoculação com fungos, apresentaram menor massa e volume de raiz. Na ausência dos fitormônios, o tratamento controle também apresentou menor volume de raiz, quando comparado com as demais inoculações (Tabela 6).

Tabela 6 - Desdobramento da interação entre microrganismos e fitormônios da massa e volume de raiz das plantas de *Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk*

| Item | RCV | Microrganismos | | | |
|---------------------------|-----|----------------|----------|---------|-----------|
| | | Controle | Bactéria | Fungo | Bac+Fungo |
| Massa de raiz (g/vaso) | Sem | 16,62Aa | 18,65Aa | 17,50Aa | 16,72Aa |
| | Com | 14,35Ab | 19,68Aa | 13,76Bb | 17,50Aa |
| Volume de raiz (mL) | Sem | 152Ab | 188Aa | 184Aa | 180Aa |
| | Com | 172Aab | 192Aa | 152Bb | 196Aa |

Para cada característica, médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). ¹Bactéria. ²Bactéria+fungo.

A interação entre inoculação com microrganismos e presença de fitormônios apresentou-se significativa ($P < 0,05$) para a concentração de clorofila A, clorofila total e índice SPAD (Tabela 7). A concentração de clorofila B e razão A/B não foram afetadas pelas inoculações e fitormônios, já os carotenoides foram influenciados pelos microrganismos. O menor valor de carotenoides foi apresentado nas plantas do grupo controle.

Tabela 7 - Concentração de clorofilas, carotenoides e índice SPAD de *Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk* cultivada com ou sem inoculação microbiana sob presença ou ausência dos fitormônios

| Variável | Microrganismos | | | | RCV | | M x RCV | P valor | | CV (%) |
|---------------------|----------------|----------|----------|-----------|-------|-------|---------|---------|-------|--------|
| | Controle | Bactéria | Fungo | Bac+Fungo | Com | Sem | | RCV | M | |
| Clo. A ⁶ | 0,480 | 0,538 | 0,548 | 0,533 | 0,551 | 0,499 | 0,012 | <0,001 | 0,006 | 8,39 |
| Clo. B ⁷ | 0,133 | 0,136 | 0,145 | 0,157 | 0,148 | 0,137 | 0,289 | 0,109 | 0,068 | 14,5 |
| Total ⁸ | 0,613 | 0,675 | 0,706 | 0,677 | 0,701 | 0,634 | 0,001 | <0,001 | 0,001 | 7,2 |
| Caro. ⁹ | 0,112 B | 0,127 A | 0,125 AB | 0,121 AB | 0,125 | 0,118 | 0,124 | 0,073 | 0,025 | 8,9 |
| R A/B ¹⁰ | 3,60 | 4,09 | 3,57 | 3,7 | 3,74 | 3,74 | 0,525 | 0,997 | 0,116 | 14 |
| SPAD ¹¹ | 22,76 | 22,85 | 23,38 | 22,71 | 22,95 | 22,91 | 0,006 | 0,927 | 0,808 | 7,46 |

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas para microrganismo, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). ¹Bactéria. ²Bactéria+fungo. ³Microrganismos x fitormônios. ⁴Fitormônios. ⁵Microrganismos. ⁶Clorofila A (mg /g MF). ⁷Clorofila B (mg /g MF). ⁸Clorofilas totais (mg /g MF). ⁹Carotenoides (mg /g MF). ¹⁰Razão Clorofila A/Clorofila B. ¹¹Índice SPAD.

O grupo controle e bactéria+fungo, associados à presença dos fitormônios, apresentaram maiores concentrações de clorofila A e clorofila total, quando comparados com os mesmos grupos na ausência dos fitormônios (Tabela 8). Com adição de fitormônios, não houve diferenças entre as inoculações com microrganismos. Já na ausência dos fitormônios, maiores teores de clorofila A e Total foram observados no grupo inoculados com bactéria e fungos isolados.

As plantas do capim-*Basilisk* apresentaram menor índice SPAD, quando foram inoculadas com *A. brasilense* e com adição dos fitormônios. Plantas que receberam ou não o fitormônios não apresentaram diferença entre as inoculações com os microrganismos.

Tabela 8 - Desdobramento das concentrações de clorofila contendo interação significativa entre microrganismos e fitormônios em plantas de *Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk*

| Item | RCV | Microrganismos | | | |
|-----------------|-----|----------------|----------|---------|-----------|
| | | Controle | Bactéria | Fungo | Bac+Fungo |
| Clorofila A | Sem | 0,426Bb | 0,552Aa | 0,523Aa | 0,496Bab |
| | Com | 0,534Aa | 0,525Aa | 0,575Aa | 0,571Aa |
| Clorofila total | Sem | 0,545Bb | 0,690Aa | 0,688Aa | 0,615Bab |
| | Com | 0,682Aa | 0,660Aa | 0,723Aa | 0,740Aa |
| Índice SPAD | Sem | 22,3Aa | 24,6Aa | 22,7Aa | 22,0Aa |
| | Com | 23,3Aa | 21,1Ba | 24,0Aa | 23,5Aa |

Para cada característica, médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). ¹Bactéria. ²Bactéria+fungo.

O teor de matéria seca (MS), de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cinzas (CZ), carboidratos totais (CHOT) e não fibrosos (CNF) apresentaram efeito de interação ($P < 0,05$) entre as inoculações e presença dos fitormônios (Tabela 9). O teor de fibra em detergente neutro (FDN) e lignina (LIG) não foram afetados ($P > 0,05$) pelos fatores avaliados neste experimento.

Os teores de fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEMI) e digestibilidade da matéria seca (DMS) foram afetados pela presença dos fitormônios. Enquanto plantas que não receberam fitormônios obtiveram maior teor de FDA, plantas que receberam os fitormônios apresentaram maiores teores de HEMI e DMS.

Tabela 9 - Características bromatológicas de *Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk* cultivada com ou sem inoculação microbiana sob presença ou ausência dos fitormônios

| Variável | Microrganismos | | | | RCV | | P valor | | CV (%) | |
|--------------------|----------------|----------|-------|-----------|--------|--------|---------|--------|--------|------|
| | Controle | Bactéria | Fungo | Bac+Fungo | Com | Sem | M x RCV | RCV | | M |
| MS ⁶ | 19,4 | 20,7 | 18,9 | 20,7 | 20,6 | 19,3 | 0,024 | 0,092 | 0,226 | 11,9 |
| PB ⁷ | 9,7 | 10,2 | 10,2 | 10,7 | 10,2 | 10,1 | 0,048 | 0,746 | 0,035 | 7,0 |
| FDN ⁸ | 71,3 | 71,2 | 71,1 | 71,3 | 71,4 | 71,1 | 0,426 | 0,353 | 0,986 | 1,7 |
| FDA ⁹ | 46,5 | 46,1 | 45,8 | 41,9 | 43,5 b | 46,7 a | 0,822 | 0,027 | 0,064 | 9,2 |
| HEMI ¹⁰ | 24,7 | 29,0 | 25,5 | 25,1 | 27,4 a | 24,7 b | 0,934 | 0,038 | 0,082 | 15,4 |
| LIG ¹¹ | 4,8 | 5,6 | 5,2 | 5,0 | 5,2 | 5,1 | 0,385 | 0,745 | 0,313 | 19,1 |
| CZ ¹³ | 7,5 | 8,1 | 8,2 | 8,1 | 8,3 | 7,9 | 0,010 | <0,001 | 0,217 | 3,3 |
| NDT ¹⁴ | 54,1 | 53,1 | 54,1 | 54,0 | 54,0 | 54,1 | 0,426 | 0,353 | 0,988 | 0,9 |
| CHOT ¹⁵ | 79,0 | 78,3 | 78,5 | 78,2 | 78,3 | 78,7 | 0,004 | 0,212 | 0,337 | 1,4 |
| CNF ¹⁶ | 7,7 | 7,3 | 7,1 | 6,9 | 6,9 | 7,6 | 0,003 | 0,098 | 0,621 | 20,1 |
| DMS ¹⁷ | 52,6 | 56,2 | 53,2 | 53,0 | 55,0 a | 52,5 b | 0,822 | 0,020 | 0,064 | 5,9 |

*Expressos em % da matéria seca. Médias seguidas por diferentes letras minúsculas para presença dos fitormônios diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). ¹Bactéria.

²Bactéria+fungo. ³Microrganismos x fitormônios. ⁴Fitormônios. ⁵Microrganismos.

⁶MS: matéria seca. ⁷PB: proteína Bruta. ⁸FDN: fibra em detergente neutro. ⁹FDA: fibra em detergente ácido, ¹⁰HEMI: hemicelulose. ¹¹LIG: lignina. ¹²EE: extrato etéreo. ¹³CZ: cinzas. ¹⁴NDT: nutrientes digestíveis totais. ¹⁵CHOT: carboidratos totais. ¹⁶CNF: carboidratos não fibrosos. ¹⁷DMS: digestibilidade da matéria seca.

Com a coinoculação, as plantas de capim-Basilisk apresentaram maior teor de matéria seca, quando foram adicionados os fitormônios. Sem a presença dos fitormônios, o teor de matéria seca não diferiu entre as inoculações com microrganismos, enquanto na presença dos fitormônios, os maiores teores de matéria seca foram registrados para as plantas que foram inoculadas com bactérias e coinoculadas (Bac + Fung) (Tabela 10).

Tabela 10 - Desdobramento das características bromatológicas contendo interação significativa entre microrganismos e fitormônios em plantas de *Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk*

| Item | RCV | Microrganismos | | | |
|---------------------------|-----|----------------|----------|---------|-----------|
| | | Controle | Bactéria | Fungo | Bac+Fungo |
| Matéria seca | Sem | 20,5Aa | 19,7Aa | 18,6Aa | 18,4Ba |
| | Com | 18,4Ab | 21,7Aa | 19,1Aab | 24,1Aa |
| Proteína Bruta | Sem | 9,2Bb | 9,9Aab | 10,5Aab | 11,0Aa |
| | Com | 10,1Aa | 10,4Aa | 9,9Aa | 10,4Aa |
| Cinzas | Sem | 7,7Ba | 7,9Ba | 7,9Ba | 8,2Aa |
| | Com | 8,2Aa | 8,3Aa | 8,5Aa | 8,0Aa |
| Carboidratos totais | Sem | 80,0Aa | 78,8Aab | 78,7Aab | 77,3Bb |
| | Com | 78,0Ba | 78,2Aa | 77,8Aa | 79,1Aa |
| Carboidratos não-fibrosos | Sem | 8,9Aa | 7,8Aab | 8,2Aab | 5,7Bb |
| | Com | 6,6Ba | 6,7Aa | 6,1Bb | 8,1Aa |

Para cada característica, médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). ¹Bactéria. ²Bactéria+fungo.

O grupo controle, na presença dos fitormônios, apresentou aumento de 9% no teor de PB em comparação ao mesmo grupo que não recebeu os fitormônios. O maior teor de proteína bruta (PB), quando não houve adição dos fitormônios, foi encontrado nas plantas que foram coinoculadas, no entanto, na presença do produto à base de fitormônios, esse teor não variou com a aplicação de microrganismos.

Plantas do grupo controle, inoculadas com bactéria e fungo isoladamente apresentaram maiores teores de cinzas, quando foram adicionados fitormônios no sistema (Tabela 10). Com a presença ou ausência dos fitormônios, as inoculações avaliadas não apresentaram diferença entre as médias dos teores de cinzas.

No grupo controle, o capim-Basilisk apresentou menor teor de CHOT e CNF, quando foi avaliado juntamente com os fitormônios. De maneira contrária, plantas que receberam coinoculação apresentaram maiores teores de CHOT e CNF, quando foram avaliadas juntamente com os fitormônios. As plantas que não receberam a aplicação dos fitormônios apresentaram maior teor de carboidratos totais e não fibrosos, quando não receberam inoculação, ou foram inoculadas com bactéria e fungos isoladamente (Tabela

10). Na presença dos fitormônios, não houve diferença entre as inoculações com os microrganismos.

V – DISCUSSÃO

A atuação dos microrganismos promotores de crescimento vegetal (MPCV), tais como as Bactérias *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* e o Fungo micorrizico (*Rhizophagus intraradices*), utilizados nesta pesquisa, envolve um mecanismo de simbiose, no qual a planta hospedeira fornece energia para o crescimento do microrganismo, enquanto esses auxiliam o vegetal no seu desenvolvimento. Dentre os benefícios que esses microrganismos levam para planta forrageira, pode-se destacar a elevação da absorção de água e nutrientes, síntese e liberação de fitormônios e ativação de mecanismos de proteção vegetal (Guimarães et al., 2022; Dowarah et al., 2021; Liao et al., 2023). Nesse sentido, a interação microrganismos-vegetal tem a capacidade de alterar a fisiologia que envolve os mecanismos de formação de tecidos vegetais, podendo, assim, resultar em modificações na estrutura dos componentes morfológicos de uma planta forrageira.

As características morfogênicas de plantas forrageiras são afetadas por um conjunto de fatores que envolvem sua genética e os fatores ecológicos do ambiente em que a planta está sendo cultivada (Cruz et al., 2022a). Neste trabalho, a inoculação com microrganismos realizada não foi suficiente para alterar as características morfogênicas do capim-*Basilisk* (Tabela 2). Provavelmente, a quantidade de adubação nitrogenada (50 kg.ha⁻¹ de N), realizada em todas as plantas, inferiu em um mesmo padrão das características morfogênicas do capim-*Basilisk*, independentemente do uso da inoculação com bioinsumos. Segundo Duarte et al. (2019), estirpes de bactérias atuam de formas diferentes, de acordo com a espécie de planta forrageira que está inserida no ecossistema de pastagem. Estes autores relataram que a inoculação com diferentes espécies de microrganismos não promoveu alterações no filocrono, nas taxas de aparecimento de folha, de alongamento de colmo e densidade de perfilhos dos capins Xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. *Xaraes*) e Ruzizensis (*Brachiaria ruzizensis*).

A utilização de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) e de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em gramíneas forrageiras tem sido difundida como forma de mitigação de estresses em plantas (Goswami & Deka, 2020; Marro et al., 2022;

Zhang et al., 2022). Assim, para além da redução do estresse, causado por fatores existentes no ecossistema de pastagem, a atuação desses microrganismos pode auxiliar no incremento da produtividade de plantas forrageiras.

Neste trabalho, na ausência de reguladores de crescimento vegetal (RCV), a inoculação com BPCV e FMA, isoladas ou coinoculadas, promoveu incremento de 21% no volume de raiz (Tabela 6), e 14% de proteína bruta (Tabela 10) em relação às plantas não inoculadas. Esses incrementos revelam o efeito positivo da interação simbiótica entre os microrganismos e a planta forrageira, utilizados neste estudo. Corroborando nossos achados, em espécies de *Brachiaria*, a inoculação com *A. brasilense* (Hungria et al., 2021) e *P. fluorescens* (Lopes et al., 2017, 2021) foram capazes de promover ganhos expressivos nas características radiculares e na concentração de pigmentos clorofilianos da planta forrageira.

Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) possuem a capacidade de facilitar a absorção de nitrogênio e fósforo pelas plantas, com auxílio de bombas de prótons específicas, como a H^+ -ATPases, que estimulam o processo de absorção desses nutrientes (Lanfranco et al., 2018; Liu et al., 2020; Li et al., 2022). Segundo Hungria et al. (2021), a inoculação com bactérias da espécie *A. brasilense* fornece incremento de nitrogênio em cultivo de pastagens, sendo, assim, um aliado para o fornecimento de insumos nitrogenados necessários para produção de gramíneas forrageiras. Ademais, bactérias da espécie *P. fluorescens* têm a capacidade de solubilizar o fósforo presente no solo, facilitando a absorção desse nutriente pelas raízes das plantas (Guimarães et al., 2022). Na relação bactéria-planta, os mecanismos de facilitação para absorção de nitrogênio envolvem processos fisiológicos decorrentes da presença do complexo enzimático nitrogenase (Kour et al., 2019), bem como da rota de síntese de ACC-deaminase (Danish et al., 2020), enquanto a solubilização e disponibilização do fósforo são realizadas através dos processos de acidificação, quelação e reações de troca, que permitem aumentar a disponibilidade e absorção desse nutriente para a planta (Barin et al., 2022; Senthil Kumar et al., 2018).

A inoculação com BPCV pode promover a liberação de fitormônios (auxinas, giberelinas, citoquinina, jasmonatos etc.) que atuam como reguladores do crescimento vegetal (Fukami et al., 2017). A liberação endógena de fitormônios está relacionada não só com o desenvolvimento e crescimento vegetal, mas também com os mecanismos de sobrevivência da planta, frente aos estresses causados por fatores bióticos e abióticos

(Iqbal et al., 2022), de forma que cada hormônio desempenha uma função diferente para manutenção fisiológica de plantas forrageiras (Hussain et al., 2023; Jogawat et al., 2021). Nesse aspecto, a utilização de fitormônios de origem exógena, conhecidos como reguladores de crescimento vegetal (RCV), podem auxiliar no impulso hormonal que a planta necessita para seu desenvolvimento, aumentando sua produção de forragem.

Frente aos benefícios que a associação microrganismos promotores de crescimento vegetal trazem à planta, é possível identificar, nos dados apresentados nesta pesquisa, que o efeito da coinoculação pode ser potencializado com o uso de fitormônios exógenos (RCV). A coinoculação + RCV refletiu em incrementos percentuais de 21% para massa total e 26% para massa de folhas, em relação à ausência de fitormônios exógenos (Tabela 4). Essa combinação também beneficiou a porcentagem de colmo da gramínea em estudo, sendo registrado um incremento de 16% em relação ao controle, no qual tal ganho se mostra necessário para garantir a sustentação e estrutura da planta. Em estudos anteriores, são relatados aumentos expressivos na produção de forragem na presença de fitormônios exógenos (Rocha et al., 2018) e microrganismos rizosféricos (Hungria et al., 2021; Guimarães et al., 2022).

A utilização de fitormônios exógenos como forma de bioinsumo, com o objetivo de contribuir na rebrota do capim-Basilisk, pode ser uma alternativa viável, visto que as plantas que receberam o produto regulador de crescimento vegetal (RCP) apresentaram maiores taxas de alongamento de colmo (Tabela 2). Tal padrão é possível de ser identificado na literatura em que Oliveira et al. (2019) relataram maiores taxa de acúmulo de colmos em capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), quando foi utilizado RCV, resultado da atuação sinérgica da utilização de fitormônios exógenos. Além disso, os efeitos benéficos da utilização de reguladores de crescimento vegetal, para o capim Basilisk, são constatados pelo aumento do comprimento de raiz (Tabela 5) e da digestibilidade de folhas (Tabela 9) do capim-Basilisk.

Neste experimento, a massa total e de folhas em plantas coinoculadas (BPCV + FMA), na presença do RCV, estão relacionadas com o aumento da atividade fotossintética promovida pela elevação de clorofila *a* e total (Tabela 8). O aumento dos teores de clorofila potencializa a fotossíntese da planta forrageira, através da absorção de luz e carbono que serão utilizados para o crescimento e manutenção vegetal (Taiz et al., 2017). Dessa maneira, a elevação dos pigmentos fotossintéticos em plantas de capim-Basilisk auxilia no incremento de massa de forragem, observada para as plantas que foram

inoculadas com BPCV+FMA+RCV (Tabela 4). Além disso, o efeito da potencialização da fotossíntese, através da elevação de pigmentos fotossintéticos, pode ser observado quando as folhas de plantas coinoculadas (BPCV + FMA), na presença de RCV, resultaram em maiores concentrações de carboidratos (Tabela 10). Este incremento fisiológico da fotossíntese pode conferir maiores estoques de reserva energética para ser utilizada durante períodos de estresses sofridos pela planta (Vendruscolo et al., 2021; Cruz et al., 2022b).

Independentemente do uso de microrganismos, as plantas apresentaram raízes mais compridas com uso de fitormônios (Tabela 5). Entretanto, plantas inoculadas com fungo apresentam menor massa e volume de raiz, quando associado ao RCV (Tabela 7), mas não sendo suficiente para afetar a absorção de nutrientes. A presença de fitormônio pode estimular o desenvolvimento de pelos radiculares em plantas inoculadas com FMA, aumentando ramificações e/ou densidade. Liu et al. (2016) consideram que estudos revelam aumento de pelos radiculares ou em situação na qual o cultivo seja realizado em solo com baixa fertilidade.

Fortalecendo a afirmação anteriormente citada, os dados apresentados nesta pesquisa inferem absorção eficiente de nutrientes por plantas, associadas ao *R. intraradices* na presença do RCV, as quais obtiveram um incremento de 7,5% no teor de minerais da parte aérea (Tabela 10), sendo superior em relação às plantas cultivadas na ausência do RCV, o que representa associação positiva entre fungos e fitormônios exógenos sobre o estado nutricional da espécie de gramínea avaliada. Além disso, a inoculação com associação entre BPCV e RCV elevou em 5% o teor de material mineral das folhas de capim-Basilisk em relação às plantas que receberam BPCV sem reguladores de crescimento (Tabela 10). Sendo um indicativo que a atuação conjunta entre as bactérias e fitormônio exógeno tem a capacidade otimizar a absorção de minerais e contribuir positivamente para a fixação de minerais nas folhas de capim-Basilisk.

Ainda é possível identificar o efeito benéfico de RCV na qualidade nutricional da planta forrageira, quando, nos dados apresentados nesta pesquisa, identificamos que plantas do grupo controle, com adição de fitormônios exógenos, obtiveram incremento de 9,8 e 6,4% para proteína bruta e material mineral (Tabela 10), respectivamente, em relação às plantas não tratadas com RCV. Esses resultados sustentam os achados por Pezenti et al. (2022), que relataram maiores teores de proteína bruta em capim-Napier

(*Pennisetum purpureum* cv. Napier), quando foram tratadas com reguladores de crescimento vegetal.

O incremento de proteína bruta em plantas tratadas com reguladores de crescimento vegetal pode estar relacionado com o aumento de clorofila total encontrado neste estudo. De modo geral, as clorofilas são compostos nitrogenados relacionados com o conteúdo de nitrogênio na folha, que está associado ao rendimento de biomassa e incrementos na qualidade deste componente morfológico (López-Calderón et al., 2020; Kaspary et al., 2020).

Plantas não inoculadas com microrganismos (BPCV e FMA isolados ou combinados) e que não receberam tratamento com RCV apresentaram menores teores de clorofila total, enquanto as plantas inoculadas com BPCV e FMA isoladas ou coinoculadas promoveram um incremento de clorofila *a* e total de 23% e 22%, respectivamente, para concentração de clorofila *a* e total (tabela 8), além de menores teores de proteína bruta. Dentre os fatores que podem estimular a redução de pigmentos fotossintéticos em folhas, a senescência foliar promove a degradação de clorofilas, sendo translocadas para órgãos em processo de crescimento. Dessa forma, de acordo com Huang et al. (2022), a manutenção das concentrações de clorofila é de fundamental importância para manter a folha em estado vegetativo, retardando sua senescência, o qual é um mecanismo que envolve sínteses e acúmulos de etileno que estimulam a morte celular, resultando na diminuição de nutrientes da folha (Taiz et al., 2017; Yu et al., 2021). No entanto, interações entre hormônios, como auxina e citocinina, podem reduzir a expressão gênica que ativa o processo de senescência foliar, retardando sua morte (Chen & Huang, 2022).

Neste experimento, o RCV utilizado é composto por cinetina (age de forma semelhante à citocinina), ácido 4-indol-3butírico (forma de auxina sintética) e ácido giberélico (como GA3). Assim, é possível que o uso do RCV tenha retardado o processo de senescência foliar, mantendo os níveis de concentração de clorofila e proteína bruta mais acentuados em relação às plantas que não foram tratadas com o regulador de crescimento (Tabela 8 e 10).

VI – CONCLUSÕES FINAIS

A combinação de regulador de crescimento vegetal com *A. brasilense*, *P. fluorescens* e *R. intraradices* atua no incremento de biomassa do capim Basilisk. Além disso, a utilização do regulador de crescimento vegetal resulta em incrementos para teor de proteína bruta em plantas não inoculadas.

A inoculação com microrganismos melhora a qualidade nutricional através do acúmulo de pigmentos clorofilianos, que resultam na elevação do teor de proteína bruta do capim Basilisk.

VII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, V. V. H.; RIBEIRO, A. C. **Calagem. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação.** Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 43-60, 1999.

BARIN, M.; ASADZADEH, F.; HOSSEINI, M.; HAMMER, E. C.; VETUKURI, R. R.; VAHEDI, R. Optimization of biofertilizer formulation for phosphorus solubilizing by *Pseudomonas fluorescens* Ur21 via response surface methodology. **Processes**, v. 10, n. 4, p. 650, 2022.

CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M.; FONSECA, D.M.; ARRUDA, M.L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F.T.T. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** Adubação de Pastagens, 1999.

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

CHEN, W.; HUANG, B. Cytokinin or ethylene regulation of heat-induced leaf senescence involving transcriptional modulation of WRKY in perennial ryegrass. **Physiologia Plantarum**, v. 174, n. 5, p. e13766, 2022.

CRUZ, N.T.; JARDIM, R. R.; DE LANA SOUSA, B. M.; SEIXAS, A. A.; FRIES, D. D.; PIRES, A. J. V.; DIAS, D. L. S.; BONOMO, P.; RAMOS, B.L.P.; ALCÂNTARA, W. Q.; SANTOS, A. P. D.S. Fluxos energéticos e reservas orgânicas de plantas forrageiras. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e549111234782-e549111234782, 2022.

CRUZ, N. T.; PIRES, A.J. V.; FRIES, D. D.; JARDIM, R. R.; SOUSA, B. M. de L.; DIAS, D. L. S.; BONOMO, P.; RAMOS, B. L. P.; SACRAMENTO, M. R. S. V. Factors affecting the morphogenic and structural characteristics of forage plants. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e5410716180, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16180.

DANISH, S.; ZAFAR-UL-HYE, M.; MOHSIN, F.; HUSSAIN, M. ACC-deaminase producing plant growth promoting rhizobacteria and biochar mitigate adverse effects of drought stress on maize growth. **PLoS One**, v. 15, n. 4, p. e0230615, 2020.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. Métodos para análise de alimentos. **Visconde do Rio Branco: Suprema**, v. 214, 2012.

DOWARAH, B.; GILL, S. S.; AGARWALA, N. Arbuscular mycorrhizal fungi in conferring tolerance to biotic stresses in plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, p. 1-16, 2021.

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.

FUKAMI, J.; OLLERO, F. J.; MEGÍAS, M.; HUNGRIA, M. Phytohormones and induction of plant-stress tolerance and defense genes by seed and foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* cells and metabolites promote maize growth. **AMB Express**, v. 7, p. 1-13, 2017.

GOSWAMI, M.; DEKA, S. Plant growth-promoting rhizobacteria—alleviators of abiotic stresses in soil: a review. **Pedosphere**, v. 30, n. 1, p. 40-61, 2020.

GUIMARÃES, G.S.; RONDINA, A.B.L.; SANTOS, M.S.; NOGUEIRA, M.A.; HUNGRIA, M. Pointing out opportunities to increase grassland pastures productivity via microbial inoculants: Attending the society's demands for meat production with sustainability. **Agronomy**, v. 12, n. 8, p. 1748, 2022.

HISCOX, J.D.; ISRAELSTAM, G.F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v.57, n.12, p.1332-1334, 1979.

HUANG, Y.; LI, X.; DUAN, Z.; LI, J.; JIANG, Y.; CHENG, S.; XUE, T.; ZHAO, F.; SHENG, W.; DUAN, Y. Ultra-low concentration of chlorine dioxide regulates stress-caused premature leaf senescence in tobacco by modulating auxin, ethylene, and chlorophyll biosynthesis. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 186, p. 31-39, 2022.

HUNGRIA, M.; RONDINA, A. B. L.; NUNES, A. L. P.; ARAÚJO, R. S.; NOGUEIRA, M. A. Seed and leaf-spray inoculation of PGPR in brachiarias (*Urochloa* spp.) as an economic and environmental opportunity to improve plant growth, forage yield and nutrient status. **Plant and Soil**, v. 463, p. 171-186, 2021.

HUSSAIN, S.; HAFEEZ, M. B., AZAM, R., MEHMOOD, K., AZIZ, M., ERCISLI, S., JAVED, T.; RAZA, A.; ZEHRA, N.; REN, X. Deciphering the Role of Phytohormones and Osmolytes in Plant Tolerance Against Salt Stress: Implications, Possible Cross-Talk, and Prospects. **Journal of Plant Growth Regulation**, p. 1-22, 2023.

IQBAL, S.; WANG, X.; MUBEEN, I.; KAMRAN, M.; KANWAL, I.; DÍAZ, G. A.; ABBAS, A.; PARVEEN, A.; ATIQ, M. N.; ALSHAYA H.; EL-ABEDIN, T. K. Z.; FAHAD, S. Phytohormones trigger drought tolerance in crop plants: outlook and future perspectives. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 3378, 2022.

JOGAWAT, A.; YADAV, B.; CHHAYA, LAKRA, N.; SINGH, A. K.; & NARAYAN, O. P. Crosstalk between phytohormones and secondary metabolites in the drought stress tolerance of crop plants: a review. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 2, p. 1106-1132, 2021.

KASPARY, T.E.; CUTTI, L.; BELLÉ, C.; CASAROTTO, G.; RAMOS, R.F. Nondestructive analysis of photosynthetic pigments in forage radish and vetch. **Revista Ceres**, v. 67, p. 424-431, 2020.

KOUR, D.; RANA, K.L.; YADAV, A.N.; YADAV, N.; KUMAR, M.; KUMAR, V.; VYAS, P.D. Microbial biofertilizers: bioresources and eco-friendly technologies for

agricultural and environmental sustainability. **Biocatal Agric Biotechnol** 23: 101487, 2019.

LANFRANCO L.; FIORILLI V.; GUTJAHR C. Partner communication and role of nutrients in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist**, v. 220, n. 4, p. 1031-1046, 2018.

LI, Y.; ZENG, H.; XU, F.; YAN, F.; XU, W. H⁺-ATPases in plant growth and stress responses. **Annual Review of Plant Biology**, v. 73, p. 495-521, 2022.

LIAO, X.; ZHAO, J.; XU, L.; TANG, L.; LI, J.; ZHANG, W.; XIAO, J.; XIAO, DAN.; HU, P.; NIE, Y.; ZOU, DE.; WANG, K. Arbuscular mycorrhizal fungi increase the interspecific competition between two forage plant species and stabilize the soil microbial network during a drought event: Evidence from the field. **Applied Soil Ecology**, v. 185, p. 104805, 2023.

LIU, J.; CHEN, J.; XIE, K.; TIAN, Y.; YAN, A.; LIU, J.; HUANG, Y.; WANG, S.; ZHU, Y.; CHEN, A.; XU, G. A mycorrhiza-specific H⁺-ATPase is essential for arbuscule development and symbiotic phosphate and nitrogen uptake. **Plant, cell & environment**, v. 43, n. 4, p. 1069-1083, 2020.

LIU, C.Y.; SRIVASTAVA, A. K.; ZHANG, D. J.; YING-NING, Z. O. U.; WU, Q. S. Exogenous phytohormones modulate mycorrhiza-induced changes in root hair configuration of trifoliolate orange. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 44, n. 2, p. 548-556, 2016.

LOPES, M.J. S; DIAS FILHO, M. B.; CASTRO, T.H.R.; GURGEL, E.S.C.; DA SILVA, G.B Efficiency of biostimulants for alleviating shade effects on forage grass. **Journal of Agricultural Studies**, v. 9, n. 3, p. 14-30, 2021.

LOPES, M.J.S.; DIAS FILHO, M.B.; CASTRO, T.H.R.; SILVA, G.B. Light and plant growth-promoting rhizobacteria effects on *Brachiaria brizantha* growth and phenotypic plasticity to shade. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 2, p. 493-499, 2018.

LÓPEZ-CALDERÓN, M. J.; ESTRADA-ÁVALOS, J.; RODRÍGUEZ-MORENO, V. M.; MAURICIO-RUVALCABA, J. E.; MARTÍNEZ-SIFUENTES, A. R.; DELGADO-RAMÍREZ, G.; MIGUEL-VALLE, E. Estimation of total nitrogen content in forage maize (*Zea Mays* L.) Using Spectral Indices: Analysis by Random Forest. **Agriculture**, v. 10, n. 10, p. 451, 2020.

MARRO, N.; GRILLI, G.; SOTERAS, F.; CACCIA, M.; LONGO, S.; COFRÉ, N.; BORDA, V.; BURNI, M.; JANOUSKOVÁ, M.; URCELAY, C. The effects of arbuscular mycorrhizal fungal species and taxonomic groups on stressed and unstressed plants: a global meta-analysis. **New Phytologist**, v. 235, n. 1, p. 320-332, 2022.

OLIVEIRA, W. F.; LIMA, E. M.; GOMES, D. I.; ALVES, K. S.; SANTOS, P. M.; AZEVEDO, G. S.; MEZZOMO, R. Agronomic performance of Marandu grass treated with plant growth biostimulants in the Amazon biome. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, p. 603-612, 2019.

PEZENTI, E.; DOS SANTOS PEDREIRA, M.; DE ALBUQUERQUE FERNANDES, S.A.; NERY, M.S.; VITOR, A.D.C.P.; SILVA, A.S.; RAMOS, B.L.P. Use of biostimulants in elephant grass cv. Napier. **Semina ciênc. agrar**, p. 91-106, 2022..

ROCHA, L.C.; TEIXEIRA, F.A.; PEDREIRA, M.D.S.; FRIETAS, D.D.; DIAS, D. L. S.; COSTA, E. G. L.; FIGUEIREDO, A.J.; SEIXAS, A.A.; PACHECO, C.C.; SANTIAGO, B. M. Plant growth regulator and soil fertilizer improve production and growing stage of *Brachiaria decumbens*. **Grassland science**, v. 66, n. 2, p. 102-109, 2020.

RODRIGUES, R. C. **Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos**. Embrapa Clima Temperado-Documents (INFOTECA-E), 2010.

SENTHIL KUMAR, C.M.; JACOB, T.K.; DEVASAHAYAM, S.; STEPHY, T.; GEETHU, C. Multifarious plant growth promotion by an entomopathogenic fungus *Lecanicillium psalliotae*. **Microbiol Res**, v. 207, p. 153-160, 2018.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

VENDRUSCOLO, E. P.; DE OLIVEIRA, P. R.; RODRIGUES, A. H. A.; CORREIA, S. R.; CAMPOS, L. F. C.; SELEGUINI, A.; DE LIMA, S. F. Chlorophyll concentration and production of *Urochloa decumbens* treated with diazotrophic bacteria and thiamine in the Brazilian Cerrado. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 9, n. 1, p. 134-137, 2021.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v.144, p.307-313, 1994.

YU, X.; XU, Y.; YAN, S. Salicylic acid and ethylene coordinately promote leaf senescence. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 63, n. 5, p. 823-827, 2021.

ZHANG, W.; YU, L.; HAN, B.; LIU, K.; SHAO, X. Mycorrhizal inoculation enhances nutrient absorption and induces insect-resistant defense of *Elymus nutans*. **Frontiers in plant science**, v. 13, p. 898969, 2022.