



***Azospirillum brasilense* E *Rhizophagus intraradices* NA
PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO E FACILITADORES
NA NUTRIÇÃO DE *Brachiaria decumbens***

ARTUR AMARAL NASCIMENTO

2021



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

***Azospirillum brasilense* E *Rhizophagus intraradices* NA
PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO E FACILITADORES
NA NUTRIÇÃO DE *Brachiaria decumbens***

Autor: Artur Amaral Nascimento
Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Setembro de 2021

ARTUR AMARAL NASCIMENTO

***Azospirillum brasilense* e *Rhizophagus intraradices* NA PROMOÇÃO
DO CRESCIMENTO E FACILITADORES NA NUTRIÇÃO DE
*Brachiaria decumbens***

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

Co-orientadores: Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires
Pós-doutoranda Dra. Renata Rodrigues Jardim

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Setembro de 2021

633.2 Nascimento, Artur Amaral.
N193a *Azospirillum brasilense* e *Rhizophagus intraradices* na promoção do crescimento e facilitadores na nutrição de *Brachiaria decumbens*. / Artur Amaral Nascimento. – Itapetinga-BA: UESB, 2021.
95f.

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Área de Concentração em Produção de Ruminantes. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Fábio Andrade Teixeira e coorientação do Prof. D. Sc. Aureliano José Vieira Pires e Prof.^a D. Sc. Renata Rodrigues Jardim.

1. *Brachiaria decumbens* - Inoculação de microrganismos. 2. *Brachiaria decumbens* - Simbiose entre fungos e bactérias. 3. *Brachiaria decumbens* - Valor nutritivo – Produção de forragem. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Doutorado em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Teixeira, Fábio Andrade. III. Pires, Aureliano José Vieira. IV. Jardim, Renata Rodrigues. V. Título.

CDD (21): 633.2

Catálogo na Fonte:

**Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA**

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. *Brachiaria decumbens* – Morfogênese
2. *Azospirillum brasilense*
3. *Rhizophagus intraradices*

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "Azospirillum brasiliense e Rhizophagos intraradices na promoção do crescimento e facilitadores na nutrição de Brachiaria decumbes"


Autor (a): Artur Amaral Nascimento

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

Coorientador (a): Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

Dr^a. Renata Rodrigues Jardim

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



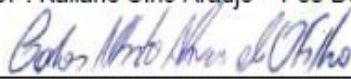
Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira - UESB
Orientador



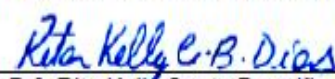
Dr. Raul Castro Carriello Rosa – EMBRAPA



Dr.ª Kaliane Sírio Araújo – Pós-Doc IV



Dr. Carlos Alberto Alves de Oliveira Filho – INSTITUTO CNA



Prof.ª Dr.ª Rita Kelly Couto Brandão – UEFS

Data de realização: 02 de setembro de 2021.

Aos meus pais, Ademir e Maria, por todo amor, incentivo e principalmente, todo apoio nessa longa jornada, pois só nós sabemos o quanto foi difícil chegar até aqui.

À minha esposa Lis, que sempre esteve do meu lado.

Às minhas irmãs, Natália e Priscilla por todo companheirismo e amizade que temos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus por tudo que tem me proporcionado e me guiado sempre da melhor forma possível.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, por ter me possibilitado a realização desse sonho.

Ao meu orientador Fábio Andrade Teixeira, por todos ensinamentos, compreensão, paciência, suporte e confiança no meu potencial. Sem dúvidas, foi uma pessoa fundamental para a conclusão deste trabalho.

Aos membros da banca, Dr. Raul, Dr. Carlos, Dra. Kaliane e Dra. Kelly, por se dedicarem na correção da tese, mesmo com o tempo corrido, mas que se dedicaram a me ajudar e contribuírem com o meu trabalho.

A todos os meus companheiros de Itapetinga, principalmente Fredy, Kássio, Jean, Luiz Tolentino, Luíz Shaitz, Gabriel, Henrique e Diego.

Aos demais amigos que adquiri durante a jornada de estudos (IFMG, UFSJ, UFVJM) e infância, em especial ao Tiago e Julian.

A todos os professores do programa, pela contribuição profissional em cada aula.

A todos os meus familiares, que muitos participaram dessa conquista, em especial a minha madrinha Arlete, que contribuiu muito para que esse dia chegasse.

A todos os funcionários da UESB, que de alguma forma puderam contribuir com a finalização desta etapa da minha vida.

Ao Cnpq pelo fornecimento da bolsa de estudos.

Muito obrigado por participarem de tudo isso junto comigo!

BIOGRAFIA

ARTUR AMARAL NASCIMENTO, filho de Adeni Cruz Nascimento e Maria Alves Amaral Nascimento, nasceu em 15 de fevereiro de 1991, na cidade de Nanuque, Minas Gerais.

No ano de 2008 iniciou-se o curso de técnico agrícola no Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) concomitante ao 3º ano do ensino médio.

Em 2010, foi aprovado no curso de Zootecnia pela Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), em São João del-Rei – Minas Gerais. O curso de Zootecnia foi finalizado em dezembro de 2014.

Em março de 2015 iniciou-se o curso de Pós-graduação em Zootecnia – Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina – Minas Gerais, sob orientação do professor Thiago Gomes dos Santos Braz, com área de atuação em Forragicultura e pastagens e com dissertação defendida em 06 de março de 2017.

Em 13 de março de 2017 iniciou-se o curso de Pós-graduação em Zootecnia – Doutorado em Zootecnia, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), sob orientação do Professor Fábio Andrade Teixeira, com linha de pesquisa em Forragicultura e pastagens e tese defendida em 02 de setembro de 2021.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO.....	x
ABSTRACT	xi
I – REFERENCIAL TEÓRICO.....	xi
1.1 Introdução.....	1
1.2 <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk.....	2
1.2.1 Histórico.....	2
1.2.1 Descrição botânica e morfológica	4
1.2.3 Potencial de produção.....	5
1.3 Fungos micorrízicos	7
1.4 Bactérias promotoras de crescimento	13
1.5 Simbiose entre fungos e bactérias.....	16
1.6 Morfogênese	17
1.6.1 Características morfogênicas	19
1.6.2 Características estruturais	22
1.7 Características fisiológicas de plantas.....	26
1.7.1 Clorofila e Carotenoides	26
1.7.2 Fracionamento de proteína.....	28
1.8 Referências Bibliográficas	30
II – OBJETIVOS.....	41
2.1 Objetivo geral	41
2.2 Objetivos específicos	41
III – MATERIAL E MÉTODOS	42
IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
V – CONCLUSÕES.....	90
VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Esquema dos tipos de micorrizas em plantas	08
FIGURA 2. Esquema dos tipos de micorrizas em plantas	11
FIGURA 3. Germinação em relação ao aumento da saturação por alumínio	12
FIGURA 4. Diagrama das características morfogênicas e estruturais	18
FIGURA 5. Estrutura química das clorofilas <i>a</i> e <i>b</i>	27
FIGURA 6. Temperatura máxima, mínima média e irrigação (Litros)	42

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Análise física do solo	43
TABELA 2. Análise química do solo	43
TABELA 3. Características agronômicas, morfológicas e bromatológicas de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 1)	51
TABELA 4. Desdobramento das características agronômicas, morfológicas e bromatológicas contendo interação significativa em plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> (corte 1)	52
TABELA 5. Características agronômicas, morfológicas e bromatológicas de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 2)	56
TABELA 6. Desdobramento das características agronômicas, morfológicas e bromatológicas contendo interação significativa em plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> (corte 2)	58
TABELA 7. Características agrônomicas, morfológicas e bromatológicas de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 3)	62
TABELA 8. Desdobramento das características agronômicas, morfológicas e bromatológicas contendo interação significativa em plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> (corte 3)	64
TABELA 9. Características morfogênicas e estruturais de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 1)	67

TABELA 10	Desdobramento das características morfogênicas e estruturais contendo interação significativa em plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> (corte 1)	68
TABELA 11	Características morfogênicas e estruturais de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 2)	73
TABELA 12	Desdobramento das características agronômicas, morfológicas e bromatológicas contendo interação significativa em plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> (corte 2)	74
TABELA 13	Características morfogênicas e estruturais de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 3)	76
TABELA 14	Desdobramento das características morfogênicas e estruturais contendo interação significativa em plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> (corte 3)	77
TABELA 15	Características fisiológicas de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 1)	80
TABELA 16	Desdobramento das características fisiológicas contendo interação significativa em plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> (corte 1)	82
TABELA 17	Características fisiológicas de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 2)	85
TABELA 18	Desdobramento das características fisiológicas contendo interação significativa em plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> (corte 2)	86
TABELA 19	Características fisiológicas de <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 3)	87

TABELA 20	Desdobramento das características fisiológicas contendo interação significativa em plantas de <i>Brachiaria decumbens</i> (corte 3)	89
-----------	---	----

RESUMO

NASCIMENTO, Artur Amaral. *Azospirillum brasilense* e *Rhizophagus intraradices* na promoção do crescimento e facilitadores na nutrição de *Brachiaria decumbens*. Itapetinga, BA: UESB, 2021. 95 p. Tese. (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).

Objetivou-se, avaliar o uso de fungos micorrízicos e bactérias promotoras de crescimento em plantas de *Brachiaria decumbens*. Foi utilizado esquema fatorial 4 x 2 em delineamento inteiramente casualizados, sendo quatro tipos de combinação de microrganismos: Testemunha (Sem microrganismos); Bactéria (*Azospirillum brasilense* e nome comercial AzoTotal®, na concentração garantida de $2,0 \times 10^8$ UFC/mL, cuja recomendação é de 300 mL.ha^{-1}); Fungo (*Rhizophagus intraradices* e nome comercial Rootella BR®, com cerca de 20.800 propágulos/g, como recomendação 120 g.ha^{-1}) e Bactéria + Fungo, com dois tipos de adubação: ($0 \text{ kg N.ha}^{-1} + 0 \text{ kg P.ha}^{-1}$) e (40 kg N.ha^{-1} e 30 kg P.ha^{-1}), com 6 repetições. Foram realizados 3 cortes ao longo do estudo por volta de 70, 90 e 110 dias, e para melhor interpretação dos resultados, as variáveis foram separadas por afinidade, sendo em características agronômicas, morfológicas e bromatológicas; por características morfogênicas e estruturais; e características fisiológicas. Em geral a adubação realizada contribuiu em incremento significativo na produção de massa seca em todos os cortes. Observou também maiores produções na combinação entre fungo e bactéria, chegando em alguns momentos, incremento em mais de 42%. A adubação promoveu aumentos na proporção de folhas produzidas, quando comparadas com plantas não adubadas. Já os colmos, as plantas na presença da bactéria e adubadas, obtiveram teores 14,3% inferior em comparação ao testemunho. Em relação à PB das plantas, a adubação interferiu significativamente em todos os fatores da inoculação, observando aumento significativo no teor de PB das plantas com a adubação. Destacando com melhores resultados os tratamentos onde houve inoculação da bactéria com cultivo exclusivo. O FDNcp, o comportamento apresentou similaridade nos cortes, apresentando diferença significativa apenas para o efeito do microrganismo com maior valor onde não havia inoculação. A bactéria exclusiva não adubada ou o fungo exclusivo adubado, em geral apresentaram menores teores de lignina. Para a produção de raízes e volume, observa-se melhor desempenho dos tratamentos que havia presença de fungos, causando incremento na casa de 30 e 50% no aumento de raízes. Houve aumento na quantidade de perfilhos em plantas adubadas, assim como maiores quantidades de perfilhos em plantas inoculadas. A relação lâmina:colmo em geral, foi superior nas plantas adubadas, assim como as plantas que receberam inoculação. O uso de *Azospirillum brasilense* e *Rhizophagus intraradices* combinados, em geral, promoveram as melhores respostas significativas no desempenho quantitativo e qualitativo em *Brachiaria decumbens*. Nas condições do semiárido, em que há adoção de baixo nível tecnológico nas pastagens em grande maioria das propriedades rurais, a adoção dos microrganismos, torna-se ser uma alternativa promissora para otimizar a implantação, formação e produção inicial de pastagens de *Brachiaria decumbens*.

Palavras-chave: inoculação de microrganismos, morfogênese, produção de forragem, valor nutritivo

* Orientador: Fábio Andrade Teixeira, Dr. UESB e Co-orientadores: Aureliano José Vieria Pires, Dr. UESB e Renata Rodrigues Jardim, Dra. UESB.

ABSTRACT

NASCIMENTO, Artur Amaral. *Azospirillum brasilense* and *Rhizophagus intraradices* on growth promotion and nutrition facilitators of *Brachiaria decumbens*. Itapetinga, BA: UESB, 2021. 94 p. Thesis. (PhD in Zootechnics, Ruminant Production Concentration Area).

The objective of this work was to evaluate the use of mycorrhizal fungi and growth-promoting bacteria in *Brachiaria decumbens* plants. A completely randomized design (CRD) was employed with a 4 x 2 full factorial design with four types of microorganisms combination: Control (no microorganisms); Bacteria (*Azospirillum brasilense*, trade name AzoTotal®, guaranteed concentration of 2.0×10^8 CFU/mL, as recommendation of $300 \text{ mL} \cdot \text{ha}^{-1}$); Fungus (*Rhizophagus intraradices*, trade name Rootella BR® with approximately 20,800 propagules/g, as recommendation of $120 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$) and Bacteria + Fungus with two types of fertilization: ($0 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} + 0 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$) and ($40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ and $30 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$) with 6 repetitions. Three cuts were performed during the research at 70, 90 and 110 days. For a better interpretation of results, the variables were separated by affinity, such as agronomic, morphological and bromatological characteristics; morphogenic and structural characteristics and physiological characteristics. Overall, fertilization contributed to a significant increase in dry mass production in all cuts. It was also observed higher yields in the combination between fungus and bacteria, reaching an increase higher than 42% in some cases. Fertilization promoted increases in the proportion of leaves produced, when compared to non-fertilized plants. For stems, plants with bacteria and fertilization obtained 14.3% lower content compared to the core. Regarding the crude protein of plants, fertilization significantly interfered in all inoculation factors, observing a significant increase in CP content of plants with the fertilization. It can be highlight as the best results in which the bacteria was inoculated with exclusive cultivation. For NDFcp, the behavior showed similarity in the cuts, with a significant difference only for the effect of microorganism with the highest value where there was no inoculation. The exclusive unfertilized bacteria or the exclusive fertilized fungus, in general, presented lower lignin contents. For root production and volume, better performance was observed for treatments in which fungi were present, with an increase between 30% and 50% in root growth. There was an increase in the tillers number in fertilized plants, as well as greater amounts of tillers in inoculated plants. The lamina:stem ratio was higher in fertilized plants, as well as in plants that received inoculation. The use of *Azospirillum brasilense* and *Rhizophagus intraradices* together promoted the best significant responses in quantitative and qualitative performance in *Brachiaria decumbens*. In semiarid conditions, where a low technological level is adopted in the pastures in most rural properties, the use of microorganisms becomes a promising alternative to optimize the implantation, formation and initial production of *Brachiaria decumbens* pastures.

Key words: microorganisms inoculation; morphogenesis; forage production; nutritional value.

*Advisor: Fábio Andrade Teixeira, D.Sc., UESB. Co-Advisor: Dr. Aureliano José Viera Pires, Dr., UESB. Dr. Renata Rodrigues Jardim, UESB.

I – REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Introdução

Um dos principais componentes e mais onerosos do sistema de produção da pecuária é a alimentação. Todavia, vale destacar que no Brasil pela vasta expansão de área territorial e condições climáticas favoráveis, as pastagens constituem a principal fonte de nutrientes para sobrevivência dos animais, o que reduz consideravelmente o custo de produção animal.

Entretanto, as pastagens brasileiras encontram-se em crescente processo de degradação e na maioria das vezes não fornecem forragem em quantidade e qualidade necessárias para atender aos requerimentos nutricionais dos animais. Segundo Dias-Filho (2014), 50% das pastagens brasileiras estariam muito degradadas e 25% em estado moderado de degradação, sendo ocasionada principalmente pela demora no estabelecimento das pastagens e conseqüentemente baixa cobertura de solo.

A *Brachiaria decumbens* é uma das espécies mais presentes nas pastagens brasileiras, sendo caracterizada por ser utilizada principalmente em sistemas de baixo nível tecnológico. Nesse sentido, é comum encontra-la em propriedades com baixo nível de investimento, baixa adoção de tecnologias como calagem, adubação e estratégias de manejo, dada a sua grande tolerância a erros de manejo (Valle et al., 2010), entretanto, em qualquer sistema de exploração agropecuário, as retiradas dos nutrientes do sistema devem ser compensadas pela reposição de, no mínimo, quantidades iguais às retiradas, para que não ocorra perda do vigor.

A adubação química é uma das formas mais utilizadas para reposição dos nutrientes ao solo, justamente por apresentar excelentes respostas produtivas e de forma imediata, porém, no Brasil seu uso ainda é muito baixo. Estima-se que apenas 31% de todas as propriedades rurais utilizam adubação química (IBGE, 2017), isso se deve principalmente ao fato de possuir elevado custo financeiro, além do apelo ecológico, pois, o seu uso em grandes quantidades pode causar danos ambientais, já que os fertilizantes são fabricados a partir de combustíveis fósseis (De Moraes et al. 2012),

expondo ao risco de contaminação do solo e da água por adição de nitrato, assim como emissões de gases de efeito estufa (Pedreira et al. 2017; Sá et al. 2017).

Desta forma, torna-se necessário buscar alternativas que visem produzir alimento em larga escala, porém, com baixo custo e ambientalmente correto. Para tanto, aumentam os estudos utilizando microrganismos promotores de crescimento vegetal, principalmente fungos e bactérias, já que os efeitos do uso combinado dos microrganismos têm demonstrando grande potencial de simbiose com plantas em lavouras, principalmente pela melhoria do desenvolvimento das raízes, absorção de água e nutrientes e tolerância a estresses bióticos e abióticos, ocasionando consequentemente a redução de doses de fertilizantes químicos (Moreira et al., 2010; Berude et al., 2015; Bosa et al., 2016; Hungria, et al., 2021).

Vale ressaltar que o uso desses microrganismos em gramíneas nas pastagens ainda é baixo. A bactéria *Azospirillum brasilense* por exemplo, foi selecionada inicialmente no Brasil para as culturas do milho e do trigo, mas nos últimos anos tem sido utilizada também em pesquisas com algumas espécies do gênero *Brachiaria* (Leite, et al., 2018; Rocha, et al., 2018; Hungria, et al., 2021). Já o fungo *Rhizophagus intraradices*, seus resultados são muito interessantes em plantas de interesse frutífero e de lavouras (Ritter Netto et al., 2014; Medina et al., 2010), não havendo relatos do seu uso em plantas do gênero *Brachiaria*, apesar do conhecimento da ocorrência de simbiose em quase todas os gêneros das plantas *Angiospermas e Gimnospermas* (Moreira & Siqueira, 2006).

Diante do exposto, objetivou-se através desse trabalho, avaliar o uso de *Azospirillum brasilense* e *Rhizophagus intraradices* como promotores de crescimento e facilitadores nutricionais em plantas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk.

1.2 *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk

1.2.1 Histórico

As gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* têm o leste da África como seu principal centro de origem e diversidade genética, sendo esse um dos gêneros introduzidos mais recentemente no Brasil quando comparado com outros, como o *Panicum*, *Melinis* e *Hyparrhenia*, que foram trazidos nas primeiras embarcações de navios negreiros (Parsons, 1972).

O gênero *Brachiaria* chegou ao Brasil no início da década de 1950, isso ocorreu logo após a observação de alguns casos de insucesso entre as gramíneas convencionalmente utilizadas pelos produtores e pela exaustão por uso recorrente das pastagens naturais e nativas na ausência de informações acerca do seu manejo e demanda por nutrientes (Serrão & Simeão, 1971). Nesta ocasião, a primeira cultivar de *Brachiaria decumbens* foi introduzida pelo Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Norte (Ipean) em Belém – Pará, denominada cultivar Ipean. Alguns anos após o lançamento da cv. Ipean, ocorreu maior intensificação do uso desse gênero com a chegada das primeiras plantas de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria ruziziensis* (Valle et al., 2008). Porém, poucas gramíneas se expandiram em larga escala no Brasil, principalmente aquelas que melhor se adaptaram às condições edafoclimáticas do país.

Em seguida, outra forrageira de grande importância no Brasil foi a *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, que foi introduzida na década de 1960 e teve ampla expansão pelo território brasileiro, se tornando um marco para a pecuária em função da sua adaptação excepcional a solos ácidos e de baixa fertilidade natural, permitindo aumento considerável na taxa de lotação e ganho de peso individual dos animais (Pizarro et al., 1996).

Entretanto, justamente pela sua grande disseminação, acabou se consolidando nos anos seguintes um extenso monocultivo, fator esse importantíssimo do ponto de vista da perenidade de plantas, pois o monocultivo de qualquer espécie pode gerar certa vulnerabilidade ao ataque de pragas e doenças. Diante disso, alguns problemas começaram a surgir, como os ataques de cigarrinhas-das-pastagens (principalmente a *Deois flavopicta* e *Zulia entreriana*), causando grandes prejuízos às pastagens (Cosenza et al., 1989), assim como os casos de fotossensibilização dos animais, inicialmente foi associada à presença de *Pithomyces chartarum*, que liberavam um micotoxina chamada esporodesmina, mas posteriormente foi demonstrado que a intoxicação em ruminantes é causada por saponinas esteroidais litogênicas presentes na planta (Brum et al., 2007). Porém, ainda nos dias atuais, apesar desses problemas, a *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk possui elevado índice de uso, devido sua alta capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas brasileira.

1.2.1 Descrição botânica e morfológica

O gênero *Brachiaria* pertence à tribo *Panicaceae* e compreende cerca de 100 espécies, distribuídas pelas regiões tropicais e subtropicais do planeta. Dentre as principais espécies de importância econômica, podemos citar: *Brachiaria brizantha*, *B. decumbens*, *B. humidicola* e *B. ruziziensis*. Além dessas, são utilizadas em menor escala as espécies *B. mutica* e *B. arrecta*, além do capim-urocloa (*Urochloa mosambicensis*) (Keller-Grein et al., 1996).

Nos últimos anos, os taxonomistas vêm discutindo a importância em agrupar de outra maneira, organismos já estudados anteriormente e classificados no passado. Conforme foi relatado por Valle (2010), muitas espécies do gênero *Brachiaria*, incluindo aquelas de maior inserção na Forragicultura, foram reclassificadas para o gênero *Urochloa*. Segundo a autora, atenção especial deve ser dada a este tópico uma vez que os trabalhos mais recentes sugerem maiores estudos, inclusive usando vários marcadores moleculares, para melhor entender as relações entre as plantas dessas espécies e gêneros. Assim, sugere-se conservar a denominação *Brachiaria*, até que novos estudos sejam conduzidos. Além disso, essas plantas têm sido difundidas há décadas para os produtores rurais como “braquiárias”, o que limita ainda mais esta disseminação.

As principais características do gênero *Brachiaria* são a boa adaptação a solos ácidos e inférteis, facilidade de estabelecimento, geralmente podendo ser realizado por meio de sementes, alta tolerância ao ataque de pragas, boa resposta a adubações e boa tolerância ao manejo do pastejo incorreto dos produtores, fator este que as tornaram bem populares nos sistemas de produção brasileiro e conseqüentemente estimulam os pesquisadores na intensificação dos estudos sobre este gênero.

A *Brachiaria decumbens* é caracterizada como uma gramínea perene, estolonífera, de hábito de crescimento de semi-ereto a prostrado. Pode alcançar de 30 a 100 cm de altura. Suas raízes são fortes e duras, com presença de pequenos rizomas. Os colmos são de formato cilíndrico a ovalados, podendo ser eretos ou decumbentes de coloração verde escura, glabros ou pilosos, com a presença de seis a 18 entrenós medindo em média 20 centímetros. Os nós são verdes, glabros ou pouco pilosos. As folhas medem entre 20 a 40 centímetros de comprimento e de 10 a 20 milímetros de largura, fortemente pilosas. Suas bordas são ásperas e duras. Estas são de coloração verde escura, principalmente durante o seu primeiro ano de implantação, devido ao seu

alto conteúdo de clorofila. A inflorescência é em forma de panícula racemosa, de 25 a 47 centímetros de altura. É formada de dois a cinco ráceros de 4 a 10 centímetros de comprimento. As sementes são de tamanho médio, arredondadas e férteis, o que facilita a sua disseminação. É uma espécie tetraploide com 36 cromossomos (Oliveira et al., 2006).

1.2.3 Potencial de produção

Até os dias atuais, apenas uma cultivar da espécie *Brachiaria decumbens* é comercializada no Brasil (Valle et al., 2010). A forrageira está registrada com o nome de cultivar Basilisk e é um acesso apomítico coletado na África pelos pesquisadores Australianos, entretanto, estudos estão sendo realizados pelos centros de pesquisa do país, com intuito de lançamentos futuros de novas cultivares da espécie. Essa planta apresenta boa cobertura de solo, além de possuir alta resistência ao pisoteio, vegeta bem em solos argilosos ou arenosos, desenvolve-se em solos de baixa fertilidade e elevada acidez, porém não apresenta resistência ao ataque de cigarrinha-das-pastagens, não tolera o encharcamento e existe relatos de problemas de fotossensibilização em alguns animais (Kissmam, 1991; Fagliari et al., 2003).

Esta espécie é caracterizada por ser utilizada principalmente em sistemas de baixo nível tecnológico. Nesse sentido, é comum encontra-la em propriedades com baixo nível de investimento, baixa adoção de tecnologias como calagem, adubação e estratégias de manejo, dada a sua grande tolerância a erros de manejo (Valle et al., 2010). Apesar disso, pode-se encontrar bons resultados com uso da adubação nitrogenada, conforme foi observado nos trabalhos de Fagundes et al. (2006) onde os autores avaliaram as características estruturais em pastos de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk com adubação nitrogenada e foi observado aumento significativo para todas as variáveis em estudo à medida que aumentava os níveis de adubação nitrogenada, assim como no trabalho de Morais et al. (2006) que avaliaram a demografia de perfilhos basilares em pastagens de *Brachiaria decumbens* adubada com nitrogênio (75, 150, 225 e 300 Kg.ha⁻¹ de N e observaram que no período das águas, onde a produção forrageira é favorecida, a densidade populacional de perfilhos é favorecida com o aumento da adubação nitrogenada. Corroborando os autores, Lopes et al. (2017) avaliaram a produção de massa seca de folha, massa seca de colmo, massa seca total e densidade volumétrica sob uso de adubação química (80 Kg.ha⁻¹ de N, 60 Kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 80

Kg.ha⁻¹ de K₂O) ou não e com diferentes níveis de sombreamento (0, 20 e 70%), foi possível observar que nos tratamentos 0 e 20% de sombreamento apresentaram aumento de produção de massa seca para todas as variáveis em estudo, demonstrando o grande potencial da espécie também em sistemas de nível tecnológico mais elevado.

Além do efeito da adubação nitrogenada, a estacionalidade da produção também tem sido estudada em função do grande potencial de promover variações na produção e na composição da forragem. Maranhão et al. (2010) avaliaram a produção de massa seca de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk durante as estações do verão, outono e inverno, sob a interação entre os intervalos de corte (21, 28, 35, 42 e 49 dias) e adubação nitrogenada (0 e 200 Kg de N ha⁻¹) e observaram aumento significativo na produção de massa seca em todos os intervalos de corte adubados no verão. A adubação nitrogenada aumentou a produção de massa seca em 96,84% no verão e 10,28% no inverno, indicando boa resposta à adubação dessa espécie.

Além disso, as plantas de *Brachiaria* também proporcionam renda por meio da venda e comercialização de sementes. A diversificação e lançamento de novas cultivares resulta em aumento na venda de sementes, que vem acompanhada por um conjunto de novas tecnologias que são buscadas pelos produtores como forma de aumentar os índices de produção animal. Segundo a Abrasem (2016) o Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador de sementes de forrageiras tropicais do mundo, principalmente as do gênero *Brachiaria* e *Panicum*, sendo que no levantamento deste anuário os dados apresentados foi realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em 2016, a produção de sementes forrageiras das espécies mais comercializadas no Brasil foi de aproximadamente 188 milhões de toneladas, onde o gênero *Brachiaria* contribui com cerca de 82% de toda a produção de sementes do país e a espécie *Brachiaria decumbens* equivale a pouco mais de 13% dessa produção. Valle et al. (2009) estimou que o gênero *Brachiaria* é responsável pela comercialização de 70% das sementes do país, ou seja, nos últimos anos a produção e conseqüentemente a comercialização do gênero *Brachiaria* vem aumentando consideravelmente. A produção de sementes de *Brachiaria decumbens* pode variar dependendo da localização da produção, gestão e sobre a forma de colheita, e pode chegar a até 300 kg ha⁻¹.ano (Monteiro et al., 2016).

1.3 Fungos micorrízicos

O termo micorriza foi proposto pelo botânico alemão Albert Bernard Frank, em 1885, originando do grego em que “mico” significa fungo e “riza” raízes (Souza et al., 2006). Ou seja, micorriza é a associação simbiótica entre fungos e as raízes das plantas (Santos, 2006).

Os estudos em raízes fossilizadas evidenciaram que as micorrizas surgiram há cerca de 400 milhões de anos, justamente o período que coincide com o surgimento das plantas terrestres. Em busca da sobrevivência, os fungos e as plantas desenvolveram a capacidade de se comunicarem molecularmente, através de mecanismos de reconhecimento, tropismo e tactismo que permitiram a interação célula-célula e a integração morfológica e funcional, requisitos essenciais à formação de uma relação simbiótica estável, como se verifica nas micorrizas (Moreira & Siqueira, 2006).

Sendo assim, a partir da interação entre os fungos e as plantas é possível observar uma série de benefícios (Silveira, 2000):

- Aumento no crescimento das plantas: consequência de seu efeito sobre a nutrição mineral, principalmente no aumento da absorção do fósforo e de outros elementos (Zn, Cu, Ca e S).
- Melhoria na relação água-planta: plantas inoculadas com fungos micorrízicos são mais resistentes ao estresse hídrico e usam a água absorvida com mais eficiência.
- Fixação de nitrogênio no solo: leguminosas com dupla simbiose (rizóbio e Micorriza arbuscular) apresentam maior nodulação, atividade da nitrogenase e concentração de leghemoglobina, e teor de nitrogênio.
- Efeito sobre fitopatógenos: pode atuar como agente de controle biológico.
- Estrutura do solo: contribui para maior agregação das partículas e da estabilização dos agregados.
- Efeitos anatômicos e fisiológicos: por meio de modificações anatômicas, histoquímicas, bioquímicas e fisiológicas.

Desde a época de Albert Bernard Frank, era entendido que o processo micorrízico dos fungos apresentavam associações diferentes e ele já os classificavam como endotróficos e ectotróficos. Entretanto, com o avanço dos estudos, houve uma separação mais específica, sendo reclassificados em 7 tipos distintos: Arbuscular,

Ectomicorrizas, Ectendomicorriza, Arbutóide, Monotropóide, Ericóide e Orquidóide (Figura 1), diferenciando-os principalmente conforme seu aspecto morfológico e anatômico, sendo que os 3 primeiros tipos são os mais predominantes na natureza (Moreira & Siqueira, 2006).

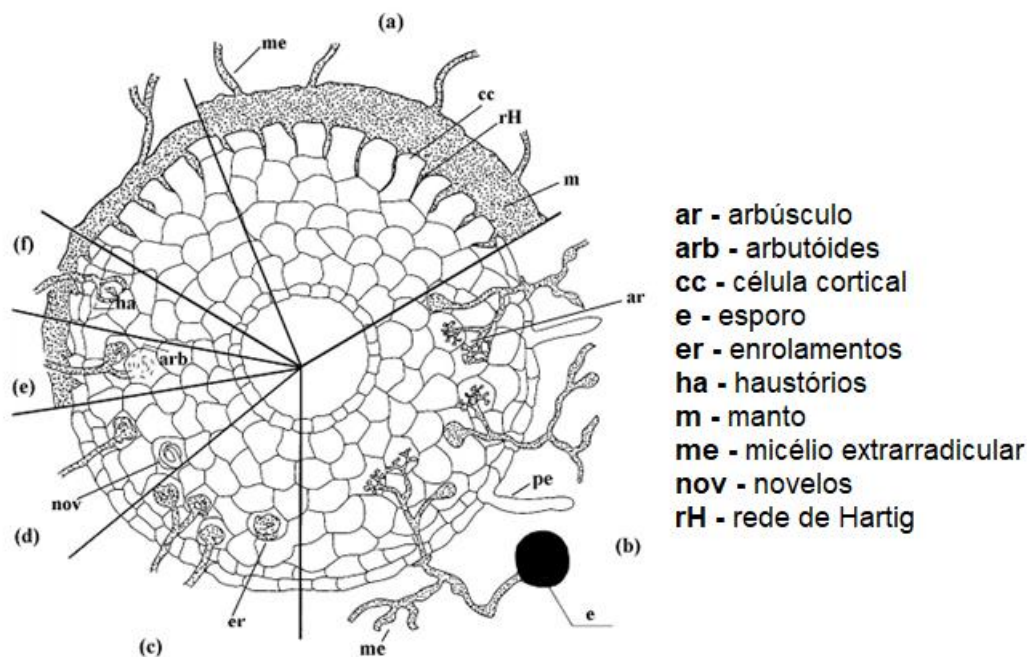


Figura 1 – Esquema dos tipos de micorrizas em plantas; **a** - ectomicorrizas (ECM), **b** - micorrizas arbusculares (AM), **c** - micorrizas ericóides, **d** - micorrizas orquidáceas, **e** - micorrizas arbutóides, **f** - micorrizas monotrepóides

Fonte: Deacon (1997)

Ectomicorriza – São associações típicas de plantas lenhosas e fungos. Essa micorriza é característica de grupos importantes de árvores e arbustos (encontrada em aproximadamente 3% das plantas), incluindo as famílias *Pinaceae*, *Cupressaceae*, *Fagaceae*, *Betulaceae* e *Salicaceae* (Malloch et al., 1980).

A maioria das ectomicorrizas são formadas por fungos septados da espécie *Basidiomicetos*, que só penetram intercelularmente no córtex das raízes, com formação de estrutura anatômica característica, a presença do manto e da rede de Hartig, substituindo a lamela média e também ocorrendo a formação do manto fúngico ao redor das raízes (Moreira & Siqueira, 2006).

O estabelecimento da simbiose ectomicorrízica se inicia pela ativação dos propágulos do fungo (esporos) que germinam e formam um tufo de hifas na rizosfera. Quando as hifas no solo reconhecem uma fina raiz emergindo da planta hospedeira,

conduzem o crescimento em direção a estas raízes e colonizam a superfície formando um manto de hifas, cercando-as e isolando-as do solo ao redor. As ectomicorrizas são caracterizadas pelo crescimento intercelular, formando um manto de hifas ao redor da raiz (Betolazi et al., 2010). Esse tipo de micorriza se caracteriza ainda pelas intensas modificações morfológicas das raízes colonizadas.

Ectendomicorriza – É um tipo intermediário entre as endomicorrizas e ectomicorrizas. Se assemelham bastante com as ectomicorrizas, principalmente por apresentar a rede de Hartig com elevado potencial de penetração intracelular. Ocorrem, principalmente, em membros das coníferas como no gênero *Pinus* e o fungo, classificado como Ascomiceto do gênero *Tricharina*. Esse fungo estabelece ectendomicorriza com *Pinus resinosa*, produzindo clamidosporo e sendo encontrado, predominantemente, em solos minerais sob intensa interferência antrópica. Em *Pinus*, a ectendomicorriza torna-se ectomicorriza quando as mudas atingem sua fase adulta, razão pela qual esse tipo de micorriza é mais comum em mudas de viveiros nas regiões temperadas (Moreira & Siqueira, 2006).

Arbutóides – Ocorre associação entre plantas de três gêneros: *Arbutus*, *Arctostaphylos* e *Pyrola*, e os fungos *Ascomycotina* e *Basidiomycotina*, sem aparente especificidade. Caracterizam-se pela presença de manto, de rede de Hartig e de hifas intracelulares que formam estruturas enroladas - os “arbutóides” (Smith & Read, 1997), possuindo algumas características das ectendomicorrizas e ectomicorrizas semelhantes em algumas combinações fungo-hospedeiro (Moreira & Siqueira, 2006).

Monotropóide – É um tipo de ectendomicorriza que se caracterizaram para se estabelecer apenas entre plantas familiares *Monotropaceae*, onde encontra-se aproximadamente 10 gêneros de plantas de pequeno porte e totalmente clorofílicas (sem clorofila), portanto, dependem grande parte do fungo associado para obter nutrientes. As plantas associadas são do gênero *Sarcodes*, *Pterospora* e *Monotropa*. Os fungos associados são sempre do grupo *Basidiomycotina*, principalmente dos gêneros *Lactarius*, *Russula*, *Suillus* e *Rhizopogon*. As sementes das plantas do gênero *Monotropa* são pequenas e presentes dificuldades para germinar em ausência de fungos associados. Por outro lado, também observaram que o fungo que forma micorriza miotropóide é capaz de colonizar as raízes das árvores próximas (de um a dois metros)

principalmente dos gêneros *Pinus* e *Picea*, e transportam nutrientes da árvore para as plantas clorofílicas (Peterson & Farquhar, 1994).

Ericóides – A principal ocorrência é em plantas da família *Ericaceae*, essas plantas predominam em solos ácidos, pobres em minerais e matéria orgânica (Brundrett, 2002). As micorrizas ericóides possuem estrutura delicada e bastante uniforme. O fungo é septado, produz hifas enroladas no interior das células e são muito específicos quanto ao hospedeiro. Nas raízes ericóides, as células da epiderme não produzem pelos radiculares, mas são colonizadas intracelularmente pelos fungos, onde estabelecem uma rede complexa de hifas. A penetração ocorre por invaginação da membrana plasmática, podendo o fungo tomar completamente o conteúdo celular. Os fungos que formam as micorrizas ericóides são ainda objeto de controvérsia em muitos estudos (Moreira & Siqueira, 2006).

Orquidoíde – São as micorrizas das orquídeas, formadas por fungos septados que colonizam intracelularmente as raízes formando novelos intracelulares. O fungo que coloniza essas plantas é o *Rhizoctonia*. Normalmente, esses fungos inicialmente colonizam as sementes no início da germinação da planta para suprir todos os gastos energéticos (protocormos), onde se espalham de célula em célula, estabelecendo a associação e beneficiando as plântulas que crescem e desenvolvem mais rapidamente.

A simbiose entre o fungo e a planta inicia-se a partir do fornecimento de carbono do fungo para a orquídea, sendo este oriundo da hidrólise de carboidratos insolúveis do solo, do meio ou de outra planta através da ligação via hifa. Porém, essa simbiose se modifica quando a orquídea se desenvolve e passa a realizar sua própria fotossíntese, esse processo de transferência de carbono é revertido, da planta para o fungo. Nesse caso, a planta torna-se micotrófica, isto é, fornece fotoassimilado para o fungo, que absorve nutrientes do meio de crescimento e os transfere para a planta (Moreira & Siqueira, 2006).

Arbuscular – São comumente chamadas de fungo micorrízico arbuscular (FMA), são formadas por fungos classificados como *Glomeromycota*, que são asseptados e colonizam as raízes de plantas de quase todos os gêneros das *Gymnospermas* e *Angiospermas*, ou seja, aproximadamente 80% das plantas vegetais.

Os FMA's se associam mutualisticamente com o sistema radicular de plantas vegetais (Barbosa, 2013). Existem muitos gêneros de fungos capazes de formar associação com plantas. Esses fungos colonizam as células do córtex inter e intracelular, formando arbúsculos, altamente ramificados (Moreira & Siqueira, 2006), estabelecendo assim simbiose mutualística com as raízes das plantas e o micélio extra-radicular explora o solo, aumentando significativamente a quantidade de água e nutrientes absorvidos com elevada eficiência, principalmente o fósforo (Souza et al., 2011), em troca disso, os fungos recebem fotossintatos (produtos oriundos da fotossíntese) produzidos pela planta. Diante disso, além de aumentar o vigor e a capacidade de sobrevivência das plantas, as micorrizas podem aumentar a tolerância aos patógenos radiculares e reduzir o nível de aplicação de fertilizantes (Nogales et al., 2009). Estima-se que a contribuição na absorção de nutrientes por FMAs seja de 80% para o fósforo, 60% para o cobre e entre 10% a 25% para os demais nutrientes (Marschner & Dell, 1994).

O micélio externo dos fungos formadores dessas micorrizas possuem características típicas com ramificações e projeções angulares e hifas principais cenocíticas, com formação de esporos bem característicos (Figura 2).

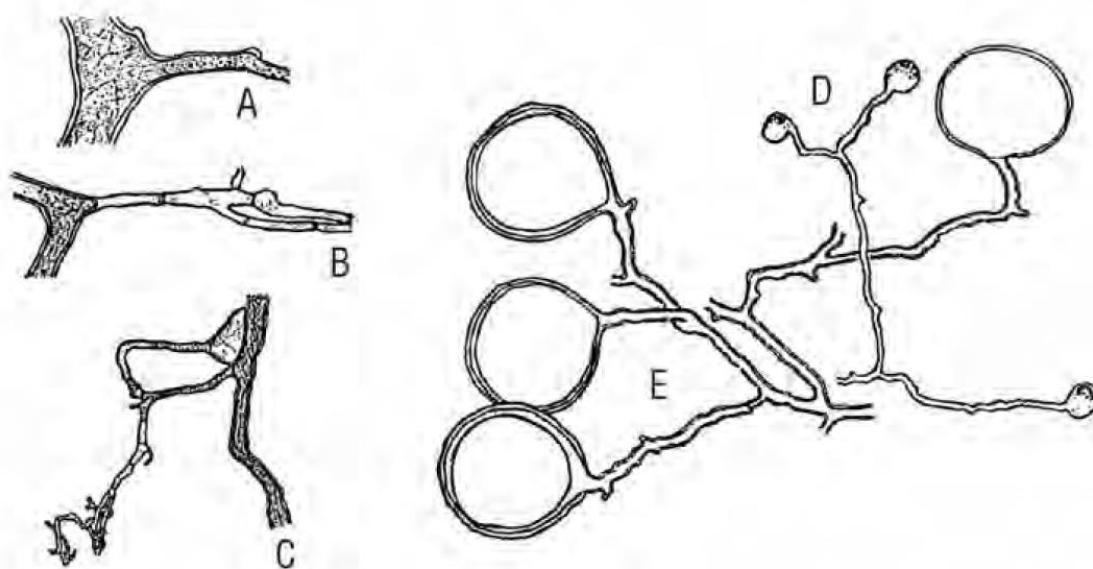


Figura 2 – Detalhes das hifas extra-radulares (A, B e C) com projeções angulares típicas desses fungos e esporos extra-radulares (D e E).

Fonte: Butler (1939) citado por Moreira & Siqueira (2006)

Medina et al. (2010) avaliaram no México a inoculação de micorrizas arbusculares (*Glomus intraradices*) em sementes de milho, foram observados aumentos de produção da ordem de 4 a 19%, dependendo da localidade, da variedade e do nível de fertilização.

Riter Netto et al. (2014) avaliaram a inoculação de fungos micorrízicos em plantas de maracujá num esquema fatorial 4 x 2, sendo 4 tratamentos microbiológicos: Controle, *Glomus etunicatum*, *Glomus intraradices* e inóculo misto (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*), com 2 doses de fósforo: 0 e 50 mg de P kg⁻¹ de solo, foi possível observar que para as características em análise (número de folhas, altura, massa seca e colonização), em geral todas variáveis respostas apresentaram valores similares quando comparado com ou sem adubação fosfatada, com exceção do tratamento controle, isto é, o fósforo não limitou o estímulo do fungo à planta, entretanto, também não o potencializou, sendo totalmente desnecessária a adubação fosfatada nesta ocasião.

Os esporos dos fungos micorrízicos conseguem germinar quando as condições de umidade, temperatura, pressão parcial de CO₂ e teores de alumínio são favoráveis (Figura 3), sendo o último, fator fundamental nos solos ácidos para a micorrização.

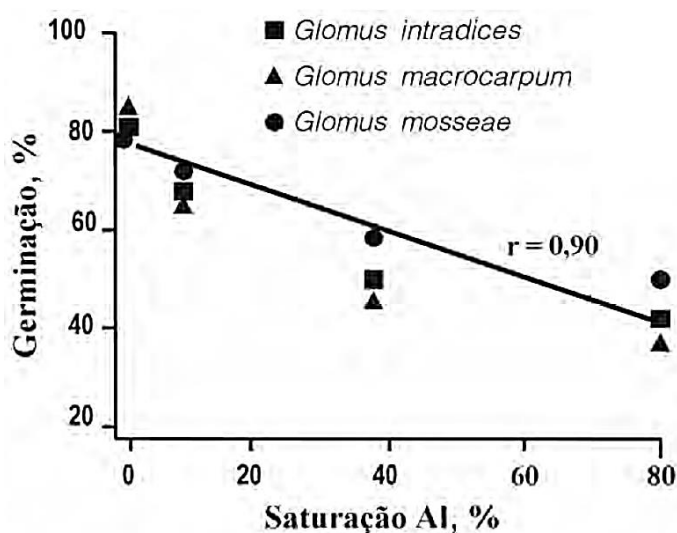


Figura 3 – Variação da germinação em relação ao aumento da saturação por alumínio no solo.

Esses fungos são biotróficos obrigatórios, depende inteiramente da simbiose com as plantas para completar o ciclo de vida. Tal fato tem dificultado os estudos básicos sobre a biologia e a genética desses fungos como também o desenvolvimento de

tecnologia para a utilização de inoculantes micorrízicos em larga escala (Souza et al., 2011).

Porém, recentemente surgiu a perspectiva de mudanças neste cenário de produção de inoculantes micorrízicos comercial no Brasil. A empresa NovaTero anunciou a criação do primeiro inoculante comercial à base de FMA (*Rhizophagus intraradices*) com registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA, o Rootella BR®. Dentre as características principais deste fungo, pode-se citar a elevada produção de esporos intra-radiculares. Por estas razões, o *Rhizophagus intraradices* é a espécie de fungo mais estudada no mundo. Diferentemente de outras espécies, esta não possui restrições para o seu cultivo *in vitro* em raízes transformadas de cenoura, o que torna a produção de inoculantes extremamente viáveis e sem limitações técnicas. Essa descoberta foi um avanço muito importante no setor de produção de inoculantes agrícolas, também conhecidos como fertilizantes biológicos, alternativa sustentável e ecologicamente correta frente à produção de fertilizantes minerais.

Alguns testes de eficácia no milho e na soja foram realizados pela empresa em diversos locais em todo o Brasil, sob condições climáticas variadas e em vários tipos de solo. O desempenho obtido do Rootella BR® foi muito bom, aumentando as colheitas em mais de 11% para cada e qualquer tratamento, tanto para soja, quanto para o milho sob todos os regimes de fertilização e em todos os locais (Groundwork Bioag, 2021). A maioria das melhorias na colheita foi estatisticamente significativa e o impacto do Rootella BR® foi geralmente maior sob taxas reduzidas de fósforo (Groundwork Bioag, 2021).

1.4 Bactérias promotoras de crescimento

É indiscutível que a principal forma de fornecimento de nitrogênio às plantas é através da adubação química. Entretanto, outra forma que vem sendo bastante difundida no Brasil é através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) por bactérias que se associam às raízes das plantas. Essas bactérias podem estimular o crescimento vegetal de diversas formas, dentre elas a produção de fitormônios (auxinas, citocininas, giberelinas), aumento na absorção de nutrientes, produção de vitaminas e de sideróforos, biocontrole de patógenos e organismos deletérios, aumento da resistência a

estresses e redução de nitrato, além da fixação de nitrogênio atmosférico no solo (Moreira & Siqueira, 2006).

As bactérias promotoras de crescimento vegetal, correspondem a um grupo de microrganismos que beneficiam as plantas devido a capacidade de colonização à superfície das raízes, rizosfera, filosfera e tecidos internos das plantas (Kloepper et al., 1989).

Essas bactérias que possuem capacidade de fixação biológica de nitrogênio são denominadas diazotróficas, são benéficas às plantas e possuem a capacidade de colonizar as raízes e outros tecidos internos do vegetal e promoverem o crescimento das plantas, onde fixam o N_2 da atmosfera, disponibilizando-o para o vegetal na forma de subprodutos de natureza amoniacal (Rodrigues et al., 2016), isto é, ocorre a redução do N_2 em N, através de uma enzima chamada nitrogenase, conseguindo assim disponibilizá-la para a planta.

A fixação de nitrogênio no solo realizada pelas bactérias (seja ela aeróbia, anaeróbia ou anaeróbia facultativa), pode ser feita de 3 maneiras: simbiótica, associativa e de vida livre.

Simbiótica – É o mecanismo mais evoluído para a fixação de nitrogênio no solo, por possuírem elevada eficiência em tal processo. Este grupo possui estruturas características ligadas às raízes das plantas, essas estruturas nada mais são que nódulos formados a partir da simbiose entre bactérias e espécies vegetais, principalmente em plantas da família *Leguminosae* ou popularmente chamadas de leguminosas, entretanto, vale destacar que nem todas as espécies possuem essa característica, pois, algumas espécies não formam nódulos, ou simplesmente não realizarem simbiose entre ambas as partes, caracterizando um processo apenas parasitário (Moreira & Siqueira, 2006).

Segundo Franco & Döbereiner (1994), as leguminosas se prestam aos mais diversos usos, sendo que a maioria das espécies de importância econômica são capazes de nodular e fixar N_2 atmosférico em condições mínimas de nitrogênio, variando o teor de concentração conforme as condições presentes no ambiente.

As principais espécies de bactérias diazotróficas de forma simbiótica são: *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium* e *Allorhizobium*.

Vida livre – Compõem a grande maioria das espécies fixadoras de nitrogênio. As bactérias diazotróficas de vida livre foram as primeiras a serem reconhecidas, como é o caso de *Beijerinckia fluminensis* e *Beijerinckia indica*, que foram isoladas da rizosfera de plantas de cana-de-açúcar cultivadas em solos tropicais (Döbereiner, 1959).

Essas bactérias colonizam preferencialmente a rizosfera de plantas de cana-de-açúcar, em que os exudados, principalmente os açúcares, estão envolvidos nesta associação, pois as bactérias são encontradas principalmente em áreas onde estes compostos são liberados (Döbereiner & Alvahydo, 1959).

Principais espécies de bactérias diazotróficas de vida livre: *Azotobacter chroococcum*, *Beijerinckia fluminensis*, *Azotobacter paspali*, *Derxia* spp., *Paenebacillus azotofixans*.

Associativa – A fixação biológica de nitrogênio por meio das bactérias diazotróficas de forma associativa não é tão significativa como na forma de simbiose, entretanto se for considerada a grande extensão de área territorial recobertas por gramíneas e cereais, torna-se em termos globais, quantidades consideráveis (Moreira et al., 2010), visto que a associação das bactérias desse grupo é realizada com as principais plantas forrageiras encontradas à pasto (*Panicum* e *Brachiaria*).

Esse grupo de bactérias ainda podem ser divididos em dois sub-grupos, sendo eles os endofíticos facultativos, ou seja, que colonizam tanto a rizosfera como o interior de raízes e aqueles endofíticos obrigatórios, os quais colonizam o interior das raízes (Baldani et al., 1997), invadindo o córtex e colonizando tecidos internos da planta.

Principais espécies de bactérias diazotróficas associativa: *Azospirillum brasilense*, *A. lipoferum*, *A. amazonense*.

O gênero *Azospirillum* é o mais benéfico às plantas encontradas em pastagens. Leite et al. (2018) avaliaram a inoculação do *Azospirillum brasilense* em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em diferentes níveis de adubação (0; 12,5; 25 e 50 Kg de N), durante a época seca, das águas e na transição, foi possível observar que na transição, onde não havia ocorrido adubação, as plantas inoculadas apresentaram acúmulo diário de forragem em 12,5% a mais que as plantas não inoculadas e 11% a mais no acúmulo de massa anual. As principais diferenças encontradas na época seca e na chuvosa foram apenas para as doses 0 e 50 Kg.N.ha⁻¹, pois, durante a seca, as plantas inoculadas apresentaram acúmulo de massa seca superior com a dose 0 Kg.N.ha⁻¹ e com a dose 50 Kg.N.ha⁻¹ as plantas não inoculadas apresentaram melhores respostas, já na época

chuvosa, observou-se diferença apenas para a dose de 50 Kg.N.ha⁻¹ nas plantas inoculadas. Além disso, considerando as análises de regressão para todos parâmetros avaliados, a inoculação permitiu redução estimada em 20% na necessidade de adubação nitrogenada. Sendo assim, demonstrando a maior capacidade de retenção e busca por água e nutrientes, reduzindo conseqüentemente o estresse da planta.

Rocha et al. (2018) avaliaram o desempenho (Altura, teor de clorofila, massa seca, número de perfilhos e relação lâmina:colmo) de *Brachiaria brizantha* cv, Paiaguás inoculada com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de nitrogênio (0, 25, 50 75 e 100% de N, sendo o máximo 50 kg.N.ha⁻¹), foi possível observar que para quase todas as variáveis em análise o tratamento controle (sem inoculação) apresentaram valores inferiores quando comparado com os tratamentos inoculados, independentemente da adubação utilizada. Analisando apenas os tratamentos inoculados, foi possível observar que a partir da dose de 50% de nitrogênio aplicado, os resultados não apresentaram grandes diferenças, com exceção da massa seca e do número de perfilhos, que apresentaram maiores valores com a dose máxima (100%), demonstrando elevado potencial de substituição de adubos químicos e conseqüentemente reduzindo a possibilidade de degradação da pastagem.

Outro benefício foi observado por Guimarães et al. (2011) que avaliaram a inoculação de *Azospirillum* spp. com *Brachiaria decumbens* e observaram um efeito positivo dessas bactérias na leitura do índice de clorofila, equivalente a 82% das leituras observadas para o tratamento com adubação nitrogenada, confirmando que a associação entre a planta e bactérias podem resultar em um suprimento adequado de nitrogênio.

1.5 Simbiose entre fungos e bactérias

Como já mencionado anteriormente, existem poucos trabalhos com gramíneas tropicais utilizando a inoculação de *Rhizophagus intraradices* e o *Azospirillum brasilense*, dificultando o entendimento da simbiose entre estes microrganismos, isto é, pouco se sabe sobre a simbiose entre fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e bactérias diazotróficas associativas em gramíneas de clima tropical, obtendo maiores conhecimentos dessa simbiose com as bactérias diazotróficas do tipo simbiótico.

De forma geral, tratando da simbiose entre fungos micorrízicos arbusculares e bactérias promotoras de crescimento, sabemos que os FMA também permitem que as plantas hospedeiras absorvam e transportem maiores quantidades de Nitrogênio, por

meio de maior interceptação do micélio micorrízico dentro da micorrizosfera, (YANG et al, 2021). Além disso, fungos micorrízicos liberam glomalina no solo, que também contribui para a absorção dos nutrientes do solo, incluindo o N (He et al., 2020; Meng et al., 2020) O aumento na aquisição de N por micorrizas foi relatado em até 74% no milho (Tanaka & Yano, 2005).

Além desses efeitos positivos na absorção de N, nenhum efeito negativo da inoculação conjunta de fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas simbióticas (*Rhizobium*) foram encontrados em ervilha e grama verde (Saxena et al., 1997; Blilou et al., 1999).

1.6 Morfogênese

A morfogênese pode ser definida como o processo de formação e expansão de novos tecidos e órgãos da parte aérea da planta no tempo e no espaço (Lemaire & Chapman, 1996). Este processo é ordenado geneticamente, mas depende de fatores ambientais, sendo uma importante ferramenta para o estudo da resposta das forrageiras a condições de meio e de manejo, principalmente para aquelas que possuem potencial de inserção no processo de melhoramento de plantas forrageiras.

Segundo Chapman & Lemaire (1993) a morfogênese de plantas forrageiras em seu crescimento vegetativo é caracterizada basicamente por três componentes: aparecimento, alongamento e duração da vida da folha. Apesar de serem determinadas geneticamente, essas características podem ser influenciadas por variáveis ambientais, entre elas a temperatura, radiação solar, água, nutrientes e manejo (Gomide et al., 2002; Duru & Durocq, 2000; Durand et al., 1997). As combinações desses componentes determinam as três principais características estruturais do pasto: comprimento final da lâmina, número médio de perfilhos, número de folhas vivas (Lemaire & Chapman, 1996).

A morfogênese vem sendo estudada desde a década de 1950 em diversos países, principalmente a Inglaterra, Austrália e Nova Zelândia (Nascimento Jr. & Adese, 2004). Entretanto, apenas na década de 1990 começou a ser estudada no Brasil, após a publicação do esquema apresentado por Chapman & Lemaire (1993), algumas publicações científicas começaram a surgir (Corsi, et al., 1994; Nabinger, 1996; Gomide, 1997). Em seguida, Cruz & Boval (1999) sugeriram a inclusão do alongamento do estolão como uma nova variável morfogênica para gramíneas

estoloníferas. Posteriormente, Sbrissia & Da Silva (2001) propuseram uma adaptação no esquema de Chapman & Lemaire (1993) para as plantas forrageiras tropicais, certificando a necessidade da inclusão da taxa de alongamento de colmo entre as características morfogênicas e a relação lâmina:colmo (RLC) entre as características estruturais (Figura 4).

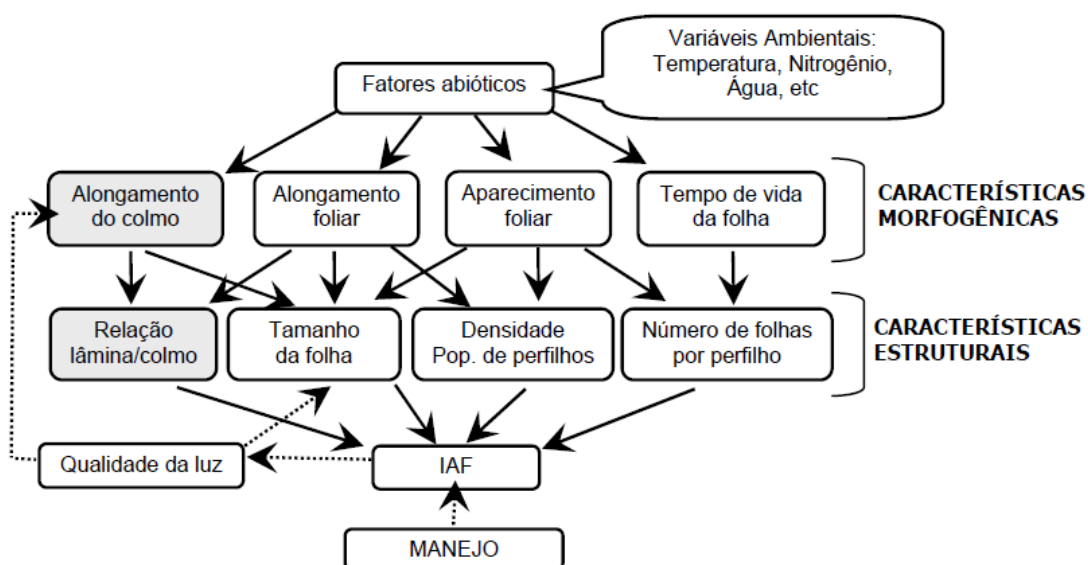


Figura 4 – Diagrama da relação entre as principais características morfogênicas das forrageiras e os componentes estruturais do pasto, na fase vegetativa (Chapman & Lemaire, 1993, adaptado por Sbrissia & Da Silva, 2001).

O conhecimento das taxas de alongamento de folhas (TAIF) e colmos (TAIC), taxas de aparecimento (TApF) e a duração de vida das folhas (DVF) possui extrema importância para o cálculo do acúmulo de forragem, constituindo estes os fatores morfogênicos, que sob a ação dos fatores abióticos, influenciam diretamente as características estruturais, sendo elas a relação lâmina:colmo (RLC), comprimento final da lâmina (CFL), número médio de perfilhos (NMP) e número de folhas vivas (NFV), que são os responsáveis pelo índice de área foliar do pasto (IAF), fator este, crucial para o desempenho final dos animais. Assim, tais características, tornam-se alvos dos programas de melhoramento genético de plantas forrageiras.

Apesar de não possuir muitos estudos que comprovem a relação entre a morfogênese e o melhoramento genético das plantas forrageiras, há indícios que esta

relação pode ocorrer, principalmente devido a interação visível que ocorre entre a morfogênese e os fatores ambientais.

1.6.1 Características morfogênicas

Taxa de alongamento de colmo (TAIC)

Em plantas forrageiras tropicais, principalmente aquelas que possuem crescimento cespitoso, é imprescindível o estudo da taxa de alongamento de colmo, pois esta característica interfere significativamente na sua estrutura, visto que quanto maior a quantidade de colmos, maior será o rendimento forrageiro e menor será a eficiência do pastejo pelo animal, uma vez que os colmos concentram boa parte dos tecidos lignificados e alteram a disposição das folhas no dossel e a densidade volumétrica da forragem, afetando diretamente características relacionadas ao comportamento animal em pastejo como volume de bocados e taxa de bocados (Carvalho, 2001).

Essa característica foi adicionada ao diagrama de Chapman & Lemaire (1993) por Sbrissia & Da Silva (2001), com objetivo de expor da melhor forma a morfogênese das plantas forrageiras tropicais. A mesma pode influenciar diretamente nas variáveis estruturais do dossel, sendo que, com o maior alongamento do colmo há redução da relação lâmina:colmo, do número médio de perfilhos, do número de folhas vivas e aumento no comprimento final da lâmina, que possui percurso maior para emergir no pseudocolmo (Euclides et al., 2000; Skinner & Nelson, 1995; Gomide, 1988).

Isso acontece, devido a modificação na qualidade e quantidade de luz que chega ao extrato inferior do dossel. Entretanto, os efeitos negativos podem ser compensados parcialmente ou totalmente pelos benefícios do incremento em produção de biomassa (Nascimento Jr. & Adese, 2004).

Além da quantidade e qualidade de luz que chega ao extrato inferior, outros fatores podem interferir na taxa de alongamento do colmo, como o nível de umidade disponível no solo, por afetar a taxa de expansão das células próximas dos meristemas (Silva et al., 1996). Assim como a fertilidade do solo, que mesmo se todos os fatores citados acima estejam adequados, este fator pode diminuir consideravelmente a taxa de alongamento de colmos, comprometendo o meristema apical da planta (Corsi, et al., 1998).

Taxa de alongamento foliar (TAIF)

A taxa de alongamento foliar é uma das características que apresentam maior relação com o rendimento forrageiro e pode interferir na taxa de aparecimento foliar, no número médio de perfilho e conseqüentemente na produção de massa seca total (Braz, 2008).

O crescimento da folha resulta do desenvolvimento celular que ocorre nas regiões de divisão, alongamento e maturação celular. É reconhecido que a recuperação das plantas forrageiras após a desfolha, se deve tanto ao teor de compostos de reserva quanto à área foliar remanescente, sendo que estes mecanismos funcionam de forma complementar e não competitiva. Pois, em condições ótimas, ou de superávit de fotoassimilados, as plantas investem o que está sendo fixado ou produzido no crescimento do meristema apical e na divisão e expansão das células do primórdio foliar. Já em situações onde a planta tem pouca área foliar, ou seja, após um evento de pastejo ou corte, terá que recorrer às reservas orgânicas para ter quantidade suficiente de carboidratos para começar o processo de reconstituição da área foliar enquanto as folhas não se tornam autossuficientes na produção de fotoassimilados (Lupinacci, 2002; Davies, 1995).

Sabe-se que a TAIF é a característica que possui melhor resposta à adubação nitrogenada, sendo o nitrogênio constituinte de diversas enzimas e uma delas desencadeadora do processo do alongamento foliar (Gastal & Nelson, 1994). Martuscello et al. (2005) avaliaram diferentes doses de nitrogênio em *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, e encontraram aumentos de até 37% na taxa de alongamento foliar com sua maior dose de N (120 mg/dm³).

Plantas que apresentam alta TAIF, dependendo do tipo de herança da característica, podem ser antecipadamente selecionadas no processo de melhoramento genético, já que existe grande relação desta característica com a produção de forragem.

Taxa de aparecimento foliar (TApF)

A taxa de aparecimento foliar corresponde ao número de folhas que aparece em cada perfilho por determinado período de tempo e seu inverso, o filocrono, determina o intervalo de tempo necessário para o aparecimento de duas folhas consecutivas (Sbrissia, 2004). A TApF é uma das variáveis morfogênicas que sofre menor influência dos fatores ambientais, sendo muitas vezes a última variável a ser penalizada pelas plantas em situações de deficiência hídrica e de nitrogênio (Alexandrino et al., 2004).

Contudo, a deficiência por nitrogênio pode afetar sobremaneira o processo de divisão celular, que ocorre intensamente nos locais de formação de novas folhas, o que pode limitar o aparecimento da mesma (Oliveira et al., 2007). Segundo Braz et al. (2011) foi observado aumento linearmente positivo para TApF com aumento da dose de Nitrogênio, encontrado 0,16 e 0,24 folhas/dia com doses de 0 e 320 Kg/ha/ano de N, respectivamente.

A observação do tempo real entre a formação de dois primórdios foliares fica dificultada, uma vez que isso acontece dentro do cartucho formado pelo conjunto de bainhas sobrepostas das folhas mais velhas. Nesse sentido, a observação do momento em que a folha emerge no ápice do perfilho não necessariamente coincide com o tempo de sua formação. Dessa forma, alguns fatores como a temperatura, comprimento e maturidade do pseudocolmo têm grande influência na TApF, sendo a temperatura um fator acelerador e o comprimento e maturidade do pseudocolmo retardador (Skinner & Nelson, 1995). Segundo Grasselli et al. (2000) ao estudarem as características morfogênicas de um relvado de *Brachiaria decumbens* sob lotação contínua, observaram redução na taxa de aparecimento de folhas à medida que se aumentava a altura do dossel. Já Barbosa (2004), avaliando estratégias de desfolhação com *Panicum maximum* cv. Tanzânia, observou que a TApF foi superior nos perfilhos novos em relação aos velhos em todos os tratamentos avaliados.

Essa característica desempenha papel fundamental na morfogênese, conseqüentemente no IAF, pois influencia diretamente cada um dos componentes da estrutura da pastagem: comprimento final da lâmina, número médio de perfilhos e número de folhas vivas por perfilho (Pereira, 2012).

Duração de vida da folha (DVF)

A duração de vida das folhas é o intervalo de tempo no qual uma determinada folha permanece verde, que nada mais é, que o tempo desde o seu aparecimento até a sua senescência e pode ser definida também como o período durante o qual há acúmulo de folhas no perfilho, sem que seja detectada qualquer perda por senescência (Lemaire, 1997), caracterizando o rendimento máximo por perfilho.

A mesma está relacionada com o teto de produção de forragem de cada perfilho, pois, uma vez atingida, para cada nova folha produzida, haverá senescência da folha mais velha, resultando no aumento das perdas de forragem e redução da eficiência

produtiva. Por este mesmo motivo, a DVF também se torna uma boa indicação da frequência ideal de desfolhação das forrageiras (Silveira, 2006).

As folhas normalmente possuem tempo de vida limitado, variando por espécie, porém alguns fatores ambientais e o manejo podem influenciar drasticamente na DVF (Davies, 1988). Esta característica parece ser apenas ligeiramente afetada pela disponibilidade de nitrogênio (Gastal & Lemaire, 1988). Porém, o que se observa é que em alta disponibilidade de nitrogênio, ocorre aumento na taxa de senescência foliar (Oliveira, 2002) e conseqüentemente a redução na DVF (Otón, 2000). De acordo com Mazzanti & Lemaire (1994), esses fatos ocorrem devido a competição da planta por interceptação luminosa, com o rápido fechamento do dossel, ocorrido pelo aumento da taxa de alongamento foliar e do comprimento final da lâmina.

Com aplicação de doses de nitrogênio mais elevadas, sem realizar o ajuste na taxa de lotação, no caso de lotação contínua, ou diminuição no intervalo de descanso, na lotação intermitente, ocorre aumento da senescência e do acúmulo de material morto e diminuição na taxa de crescimento da pastagem (Nascimento Jr. & Adese, 2004). Isso porque se observa a diminuição da DVF em alta disponibilidade de N, conseqüência da concorrência por captação de luz para a realização da fotossíntese (Mazzanti & Lemaire, 1994).

A DVF pode funcionar para as forrageiras como um indicativo de frequência do manejo e pode ser utilizada no processo de seleção de plantas em função do tipo de manejo buscado. Nesse sentido, plantas com maior produção e DVF mais curta podem ser indicadas para avaliação em ambientes que representem condições mais intensivas de uso, ao passo que as plantas com maior DVF e menor produção, podem ser direcionadas para programas que visam a obtenção de genótipos em sistemas de baixo nível tecnológico (Nabinger & Pontes, 2001).

1.6.2 Características estruturais

Relação lâmina:colmo (RLC)

A relação lâmina:colmo assim como outras características, varia de acordo com a espécie, os fatores ambientais e o manejo. Essa característica pode ser utilizada como indicador de qualidade (Nascimento Jr. & Adese, 2004), pois a alta relação lâmina:colmo indica maior quantidade de folhas que colmo, sendo que a folha possui melhor valor nutritivo e maior digestibilidade no trato gastrintestinal (Euclides et al.,

2000). Esta característica é influenciada principalmente pelas taxas de alongamento de folha e de colmo.

De acordo com Sbrissia & Da Silva (2001) em gramíneas de hábito de crescimento ereto, o alongamento do colmo incrementa o rendimento forrageiro, porém interfere significativamente na estrutura do pasto, comprometendo a eficiência do pastejo como consequência da redução na RLC. Mesmo que essa redução não afete diretamente o IAF, a distribuição de folhas no perfil do dossel é alterada pelo alongamento do colmo, o que, por sua vez, modifica a quantidade e a qualidade da luz no interior do dossel, repercutindo diretamente nas características morfogênicas e no perfilhamento (Nascimento Jr. & Adese, 2004).

O estágio fisiológico da planta pode influenciar na RLC, sendo o mesmo influenciado pelo manejo. Segundo Sbrissia e Da Silva (2008) a relação lâmina:colmo tende a diminuir de acordo com a altura do pasto. Estes mesmos autores, avaliaram a RLC de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob alturas de 10, 20, 30 e 40 cm de altura, durante as estações do ano e pode-se observar que em todas as estações avaliadas, o pasto de 10 cm apresentou RLC superior às demais alturas.

Comprimento Final da lâmina (CFL)

O alongamento do colmo afeta o comprimento final da lâmina, em razão do aumento no percurso da lâmina foliar para emergir do pseudocolmo (Skinner & Nelson, 1995).

O CFL é definido pela relação entre a TApF e a TAIF, sendo que, para um dado genótipo, o período de alongamento para uma folha é uma fração constante do intervalo de aparecimento de folhas consecutivas e determina a área foliar, ou seja, a duração do alongamento foliar é proporcional ao aparecimento foliar (Dale, 1982).

Entretanto, caso ocorra variações na TAIF e TApF, ocasionadas por meio de práticas de manejo (intensidade de pastejo, frequência de desfolhação, adubação) ou variações climáticas, podem conseqüentemente ocasionar variações no comprimento final da lâmina (Porto, 2009) e interferir em todo o ciclo de obtenção do IAF.

O comprimento da lâmina foliar é uma característica vegetal plástica à intensidade de desfolha, sendo considerada uma estratégia morfológica de escape da planta ao pastejo (Lemaire & Chapman, 1996), ou seja, através desse mecanismo, ocorre a diminuição do comprimento das lâminas em pastagens sujeitas à maior intensidade de desfolha.

Número médio de perfilhos (NMP)

A produção contínua de novos perfilhos é fundamental para a manutenção e sobrevivência de uma planta, pois há necessidade de reposição dos perfilhos perdidos no pastejo e senescência. A produção de massa por perfilho é dependente da taxa de aparecimento foliar, taxa de alongamento foliar, comprimento final da lâmina e da duração de vida das folhas. Mas a produção de massa por área e a estrutura da pastagem é dependente do número médio de perfilhos no pasto (Difante et al., 2008).

Os perfilhos são considerados a unidade de crescimento de gramíneas forrageiras, de forma que uma pastagem pode ser considerada como uma população de perfilhos. Os mesmos são constituídos de uma série de fitômeros (lâmina, bainha, lígula, nó, entrenó e gema axilar) diferenciados de um único meristema apical (Briske, 1991). O NMP pode ser obtido a partir da diferença entre o número de perfilhos nascidos e o número de perfilhos mortos, ou seja, quando o manejo é realizado de forma incorreta, o pasto fica propício à degradação das pastagens, que possui neste momento, maior número de perfilhos em senescência do que perfilhos nascendo (Lemaire & Chapman, 1996). Segundo Gomide (1994), o perfilhamento da forrageira é favorecido sob condições de alta intensidade luminosa e temperaturas não elevadas, que favorecem o acúmulo de fotoassimilados nas plantas, isso ocorre, devido a gema basal responsável pela emissão de novos perfilhos ser estimulada através da intensidade luminosa.

Um outro fator importante para o entendimento da dinâmica do perfilhamento é que o número de folhas formadas determina a taxa potencial de aparecimento de perfilhos, devido à presença de uma gema na axila de cada folha (Nelson, 2000). A relação entre o aparecimento de perfilhos e o aparecimento de folhas é denominada ocupação de sítios (*site filling*), e foi a primeira medida amplamente utilizada para calcular a probabilidade de gemas existentes que posteriormente resultam na formação de perfilhos (Davies, 1974).

Segundo Langer (1963), o perfilhamento é influenciado por fatores abióticos, como a temperatura e disponibilidade de água e nutrientes, principalmente o nitrogênio que tem efeito no desenvolvimento de gemas axilares (Cruz & Boval, 1999). Martuscello et al. (2006) observaram influência do nitrogênio sobre o perfilhamento de capim-massai, com aumentos de 26, 30 e 61% no número de perfilhos para as doses de 40, 80 e 120 mg.dm³ de nitrogênio.

De acordo com Gautier et al. (1999), o perfilhamento também é fortemente influenciado pela desfolhação e pela luz do ambiente. Sbrissia & Da Silva (2008),

avaliaram o número médio de perfilhos em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu mantidos em quatro alturas diferentes (10, 20, 30 e 40 cm), foi observado aumento linear positivo do número de perfilhos conforme diminuía a altura do pasto.

Número de folhas vivas por perfilho (NFV)

Sabe-se que normalmente cada espécie forrageira possui um número máximo de folhas vivas, definidas genotipicamente (Davies, 1988), havendo equilíbrio entre o aparecimento de novas folhas e a morte das mesmas. As principais características morfogênicas que influenciam o número de folhas vivas por perfilho são, a TApF e DVF. Essas características são determinadas geneticamente, mas podem sofrer influência por fatores ambientais (Fischer & Da Silva, 2001), por exemplo, uma vez iniciado o processo de senescência da folha, a planta passa a perder massa imediatamente, conseqüentemente, comprometendo o IAF.

Portanto, o resultado dessa combinação de características morfogênicas, pode influenciar com aumento gradativo no número de folhas por perfilhos, além de poder realizar aumento do IAF do pasto, sendo assim, ocorre conseqüentemente o aumento no rendimento forrageiro, pois aumenta o percentual de interceptação de captura da radiação luminosa (Porto, 2009).

Índice de Área Foliar (IAF)

O Índice de Área Foliar (IAF) refere-se à área de folhas existente dentro de uma determinada área de solo ocupada pela planta (m² folhas/ m² solo) (Rodrigues, 1985). O IAF é também resultado do equilíbrio entre morfogênese e o padrão de desfolhação definido pelo manejo do pastejo, sendo assim, o manejo correto ou incorreto possui influência direta sobre o IAF obtido. Isso ocorre em função da alteração na qualidade da luz dentro do dossel, ou melhor, ocorrem mudanças entre a razão vermelho:vermelho distante (Deregibus et al., 1983). Portanto, aumentos nos valores do IAF pode induzir algumas respostas das plantas, principalmente o decréscimo progressivo no “*site filling*” de gemas do perfilho, isto é, a diminuição do aparecimento de perfilhos, que ocorre em função da menor incidência de raios solares em suas gemas (Simon & Lemaire, 1987). Outras características morfogênicas podem sofrer mudanças de acordo com a qualidade de luz, como o filocrono e a duração de vida das folhas, aumentando gradualmente com o desenvolvimento do IAF em associação aos baixos níveis de luz azul e da relação vermelho:vermelho distante (V/VD) (Varlet-Grancher, 1997).

Ao superar o valor de IAF “ótimo”, haverá um número cada vez maior de folhas sombreadas, à medida que novas folhas se formam nas partes mais altas (Gomide, 1986), devido a este sombreamento, as folhas iniciam seu processo de senescência e tendem a morrer.

A determinação do Índice de área foliar (IAF) está diretamente relacionada com as características morfogênicas e estruturais. Sendo a mesma, uma ferramenta importante para auxiliar na escolha do manejo correto, podendo também determinar a dinâmica de acúmulo de forragem na pastagem (Alexandrino, 2004).

1.7 Características fisiológicas de plantas

1.7.1 Clorofila e Carotenoides

As clorofilas são pigmentos naturais de maior abundância nos tecidos vegetais, ocorrendo principalmente nas folhas das plantas. Elas também são conhecidas como fotorreceptoras, devido sua capacidade de absorção de luz e utilização em processos fisiológicos das plantas, tais como a fotossíntese (Hopkins, 1995).

Alguns estudos relatam que mesmo variando as espécies das plantas, os pigmentos de clorofilas são os mesmos, não diferenciando entre si apesar das diferentes tonalidades dos vegetais. Na verdade, as diferenças aparentes na cor de cada vegetal são devidas à presença e distribuição variável de outros pigmentos associados, como os carotenoides, os quais sempre acompanham as clorofilas (Von Elbe, 2000).

Apesar da presença de pigmentos associados, as clorofilas são os principais pigmentos fotossintéticos, já que capazes de absorver luz em diversos comprimentos de onda, apresenta-se na coloração verde aos olhos humanos devido à absorção de luz nos comprimentos de onda vermelho e azul, e reflete a luz verde no comprimento de aproximadamente 550 nm (Taiz & Zeiger, 1998). Elas são produzidas nos cloroplastos, principalmente nas folhas e são divididas em quatro tipos, clorofila a, clorofila b, clorofila c e clorofila d, entretanto, apenas as clorofilas a e b estão presentes nas plantas.

A clorofila a está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica. As bactérias fotossintetizantes são desprovidas de clorofila a e possuem em seu lugar a bacterioclorofila como pigmento fotossintético. A clorofila a é o pigmento utilizado para realizar a primeira fase do processo fotossintético, denominada etapa fotoquímica, já os demais pigmentos (clorofila b e carotenoides) possuem como função o auxílio na absorção de luz e na transferência de elétrons energizados para os centros

de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios. Dentre os principais pigmentos acessórios também incluem outros tipos de clorofilas: clorofila b, presente em vegetais superiores, algas verdes e algumas bactérias, clorofila c, em feofitas e diatomáceas e clorofila d, em algas vermelhas (Taiz & Zeiger, 2004). Essa diversidade de pigmentos se torna muito interessante, haja vista que cada um absorve a luz em comprimentos de luz diferentes.

As moléculas de clorofila são formadas por complexos derivados da porfirina, tendo em seu centro um íon de Magnésio (Mg). As clorofilas a e b encontram-se na natureza numa proporção de 3:1, respectivamente, e diferem nos substituintes de carbono C-3. Na clorofila a, o anel de porfirina contém um grupo metil (-CH₃) e a clorofila b contém um grupo aldeído (-CHO), substituindo o grupo metil CH₃ (Von Elbe, 2000).

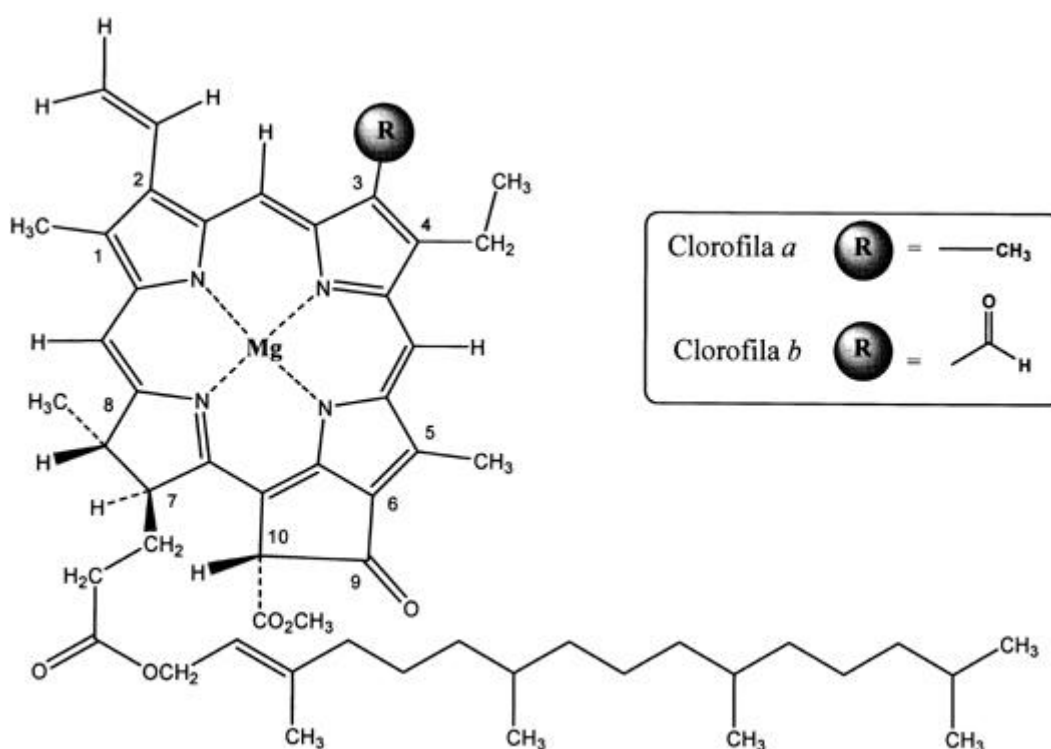


Figura 5 – Estrutura química das clorofilas a e b.

Fonte: Streit et al. (2005)

Os pigmentos foliares clorofilas a e b, e os carotenoides estão diretamente associados à eficiência fotossintética, ao crescimento e à adaptabilidade das plantas a diversos ambientes. A combinação destes pigmentos fotossintéticos habilita as plantas a

captarem maior quantidade de radiação solar fotossinteticamente ativa (Taiz & Zeiger, 2004). Os teores de clorofila total estão relacionados com os níveis de intensidades luminosa recebidos pela planta, podendo inibir ou estimular o crescimento das plantas (Carvalho et al., 2006; Santos et al., 2010), haja vista que à medida que as plantas recebem maiores quantidades de luz ela tende a se lignificar, reduzindo conseqüentemente o seu conteúdo celular, ou seja, limitando o número de moléculas de clorofila.

1.7.2 Fracionamento de proteína

As proteínas são polímeros naturais que possuem como unidade básica o aminoácido, apresentando papéis essenciais à vida das plantas, possuindo relação em praticamente todas as funções fisiológicas, apresentando funções estruturais, hormonais, enzimáticas e no transporte de moléculas, sendo indispensáveis ao crescimento e reprodução das plantas. As proteínas podem ser classificadas quanto a sua composição, solubilidade, forma e número de cadeias polipeptídicas (Da Silva & Silva, 2009; Azcon-Bieto & Talon, 1993; Osborne, 1924).

Segundo Osborne (1924) uma das formas que as proteínas podem ser classificadas é de acordo com a solubilidade, isso se deve ao fato de que alguns grupos de proteínas podem se solubilizar em determinadas soluções. Alguns exemplos de proteínas solúveis são: as albuminas solúveis em água, as globulinas solúveis em soluções salinas, as prolaminas solúveis em álcool e as glutelinas solúveis em soluções básicas.

Esse tipo de classificação das proteínas, normalmente é utilizado na avaliação dos tipos de proteína presentes em sementes e cereais, sendo definidas como proteínas de reserva, pois atuam nos processos metabólicos de formação inicial da planta (Osborne, 1924), porém pouco se sabe sobre suas funções nas gramíneas.

Em grãos as albuminas e globulinas são denominadas proteínas citoplasmáticas, com funções metabólicas e estruturais, sendo mais encontradas nas dicotiledôneas e em leguminosas, respectivamente. As prolaminas são as principais proteínas de reserva com cerca de 50% do conteúdo total de proteínas, havendo predominância inclusive em cereais. As glutelinas são estruturalmente semelhantes às prolaminas, contudo não são solúveis em álcool (Shewry & Halford, 2002; Bewley & Black, 1994; Linko et al., 1989).

Entretanto, ainda há poucos estudos realizados a partir da classificação das proteínas através de sua solubilidade com gramíneas. Torna-se necessário a intensificação de estudos relacionados, haja vista tamanha importância das proteínas vegetais nos processos de crescimento e reprodução das plantas.

1.8 Referências Bibliográficas

ABRASEM. **Associação Brasileira de Sementes e Mudas**. Anuário 2016. Disponível em: http://www.abrasem.com.br/wpcontent/uploads/2013/09/Anuario_ABRASEM_2016_SITE.pdf >. Acesso: Janeiro de 2021.

ALEXANDRINO, E. **Translocação de assimilados em capim *Panicum maximum* cv. Mombaça, crescimento, características estruturais da gramínea e desempenho de novilhos em piquetes sob pastejo de lotação intermitente**. p.123. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.

AZCON-BIETO, J.; TALON, M. **Fisiologia y bioquímica vegetal**. México: Editora interamericana-Mc Graw-Hill, 581p., 1993.

BALDANI, V. L. D.; OLIVEIRA, E.; BALOTA, E.; BALDANI, J. I.; KIRCHHOF, G.; DÖBEREINER, J. *Burkholderia brasiliensis* sp. nov., uma nova espécie de bactéria diazotrófica endofítica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.69, n.1, 116p., 1997.

BARBOSA, M. V. **Utilização de rizóbios e fungo micorrizico arbuscular na implantação de um sistema agroflorestal no semiárido pernambucano**. 77p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada – PE, 2013.

BARBOSA, R. A. **Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a frequências e intensidades de pastejo**. p.122. Tese (Doutorado em Zootecnia - Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, 2004.

BERTOLAZI, A. A.; CANTON, G.C.; AZEVEDO, I.G.; CRUZ, Z. M. A.; SOARES, J. M.; SANTOS, W. O.; RAMOS, A. C. O papel das ectomicorrizas na biorremediação de metais pesados no solo. **Natureza on line**, v.8, p.24-31, 2010.

BERUDE, M. C.; ALMEIDA, D.; RIVA, M.; CABANÊZ, P.; AMARAL, A. Micorrizas e sua importância agroecológica. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.22, 132p., 2015.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 445p., 1994.

BLILOU, J.; OCAMPO, J.; GARCIA-GARRIDO, J. Resistance of pea roots to endomycorrhiza fungus or Rhizobium correlates with enhanced levels of endogenous salicylic acid. **Exp. Bot**, v.50, p.1663–1668, 1999.

BOSA, C. K.; GUIMARÃES, S. L.; POLIZEL, C. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; CANUTO, E. L. Características produtivas e nutricionais do capim-Xaraés inoculadas com bactérias diazotróficas associadas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.5, p.1360-1368, 2016.

BRAZ, T. G. dos S. **Características morfológicas e estruturais do capim-tanzânia sob doses de nitrogênio e densidades de planta.** p.81. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, 2008.

BRAZ, T. G. dos S.; FONSECA, D. M. da; FREITAS, F. P.; MARTUSCELLO, J. A.; SANTOS, M. E. R. S.; SANTOS, M. V.; PEREIRA, V. V. Morphogenesis of Tanzania guinea grass under nitrogen doses and plant densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1420-1427, 2011.

BRISKE, D. D. Developmental morphology and physiology of grasses. In: HEITSCHMIDT, R. K.; STUTH, J. W. **Grazing management.** Portland: Timber, 1991. Cap.4. p.85-108, 1991.

BRUM, K. B.; HARAGUCHI, M.; LEMOS, R. A. A.; RIET-CORREA, F.; FIORAVANTE, M. C. Crystal associated cholangiopathy in sheep grazing *Brachiaria decumbens* containing the saponin protodioscin. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.27, n.1, p.39-42, 2007.

BRUNDRETT, M. C. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. **New Phytol**, n.154, p.275-304, 2002.

BUTLER, E. J. The occurrence and systematic position of the arbuscular vesicular arbuscular type of mycorrhizal fungi. **Transactions of the British Mycological Society**, v.22, p.274-301, 1939.

CARVALHO, N. O. S.; PELACANI, C. R.; RODRIGUES, M. O. S.; CREPALDI, I. C. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v.30, n.3 p.351-357, 2006.

CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; POLI, C. E. C. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, v.1, p.853-871, 2001.

CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M. J. (Ed.) **Grasslands for Our World.** SIR Publishing, Wellington, p.55-64, 1993.

CONSENZA, G. W.; ANDRADE, R. P. de.; GOMES, D. T.; ROCHA, C. M. C. da. Resistência de gramíneas forrageiras à cigarrinha das pastagens cultivadas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.8, p.961-968, 1989.

CORSI, M.; BALSALOBRE, M. A.; SANTOS, P. M. et al Bases para o estabelecimento do manejo de pastagens de braquiária. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, p.249-266, 1994.

CORSI, M.; SILVA, S. C.; FARIA, V. P. Princípios de manejo do Capim-Elefante sob pastejo. **Informe Agropecuário**, v.19, n.192, p.36-43. 1998.

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetical traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL GRASSLAND

ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY. **Anais...** Curitiba: UFPR, p.134-150, 1999.

DA SILVA, J. J. R. F.; SILVA, J. A. L. D-aminoácidos em biologia – mais do que se julga. **Química Nova**, v 32, p.554-561, 2009.

DALE, J. E. Some effects of temperature and irradiance on growth of the first four leaves of wheat *Triticum aestivum*. **Annals of Botany**, v.50, n.6, p.851-858, 1982.

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **Journal of Agricultural Science**, v.82, n.1, p.165-172, 1974.

DAVIES, A. The regrowth of grass swards. In: JONES, M.B., LAZENBY, A. (Eds.) **The grass crop: the physiological basis of production**. London: Chapman and Hall, p.86-127, 1988.

DAVIES, P. J. **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. 2 ed. Boston: Kluwer Academic Press, p.833, 1995.

DE MORAIS, R. F.; QUESADA, D. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Contribution of biological nitrogen fixation to elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Plant and Soil**, v.356, p.23–34, 2012.

DEACON, J. W. **Modern Mycology**. 3rd ed. Blackwell Science, London, England, 303p., 1997.

DEREGIBUS, V. A.; SANCHEZ, R. A.; CASAL, J. J. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, v.72, n.3, p.900-902, 1983.

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **Belém: Embrapa Amazônia Oriental**. 2014. 36p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documento, 402).

DIFANTE, G. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; DA SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P. B.; ZANINE, A. M.; ADESE, B. Dinâmica do perfilhamento do capim-Marandu cultivado em duas alturas e três intervalos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.189-196, 2008.

DÖBEREINER, J. Influência da cana-de-açúcar na população de *Beijerinckia* do solo. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.19, n.3, p.251-258, 1959.

DÖBEREINER, J.; ALVAHYDO, R. Sobre a influência da cana-de-açúcar na ocorrência de *Beijerinckia* no solo. II-Influência das diversas partes do vegetal. **Revista Brasileira de Biologia**, v.19, n.4, p.401-412, 1959.

DURAND, J. L.; GASTAL, F.; ETCHEBEST, S.; BONNET, A. C.; GHESQUIERE, M. Interspecific variability of plant water status and leaf morphogenesis in temperate forage grasses under summer water deficit. **European Journal of Agronomy**, v.7, p.99-107, 1997.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, v.85, n.5, p.645-653, 2000.

EUCLIDES, V. P. B. **Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte. p.65, 2000.

EUCLIDES, V. P. B.; CARDOSO, E. G.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. de. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2200-2208, 2000.

FAGLIARI, J. J.; OKUDA, H. T.; PASSIPIERI, M.; PEREIRA, G. T. Clinical aspects, mortality and prevalence rates of photosensitization in cattle grazing *Brachiaria decumbens* for 90 days. **Ars Veterinária**, v.19, n.2, p.129-134, 2003.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAIS, R.V. et al Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.30-37, 2006.

FRANCO, A. A.; DÖBEREINER, J. A biologia do solo e a sustentabilidade dos solos tropicais. **Summa Phytopathológica**, v.20, n.1, p.68-74, 1994.

GASTAL F.; LEMAIRE G. Study of a tall fescue sward grown under nitrogen deficiency conditions. In: *Meeting of the European Grassland Federation*, 12, Dublin, 1988. **Proceedings...** Irish Grassland Association, Belclare, Ireland, p.323-327, 1988.

GASTAL, F.; NELSON, C. J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant physiology**, v.105, n.1, p.191-197, 1994.

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to the defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perene* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, v.83, n.4, p.423-429, 1999.

GOMIDE, J. A. Fisiologia das plantas forrageiras. **Informe Agropecuário**, v.13, n.153, p.591-613, 1988.

GOMIDE, J. A. Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p.411-429, 1997.

GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. De M. Fundamentos e estratégias do manejo de pastagens. **Anais...SIMCORTE** – Simpósio de Produção de Gado de Corte, Viçosa, 1999.

GOMIDE, J. A.; IVAN, J. W.; BRAS, S. P.; QUADROS, H. B. Consumo e produção de leite de vacas mestiças em pastagens de *Brachiaria decumbens* manejada sob duas ofertas diárias de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1194-1199, 2002.

GOMIDE, J.A. **Fisiologia do Crescimento Livre de Plantas Forrageiras.** In: Pastagens – Fundamentos da Exploração Racional. FEALQ. p.1-14, 1994.

GRASSELLI, L.C.P., GOMIDE, C.A.M., PACIULLO, D.S.C., et al Características morfogênicas e estruturais de um relvado de *B. decumbens* sob lotação contínua. In:

REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, **Anais...** Viçosa, 2000.

GROUNDWORK BIOAG. Disponível em: <https://www.rootellabr.com.br/> Acesso em: 22 de dezembro de 2021.

GUIMARÃES, S. L.; BONFIM-SILVA, E.M.; POLIZEL, A. C.; CAMPOS, T. S. Produção de capim Marandu inoculado com *Azospirillum* spp. **Encic. Bios. - Centro Científico Conhecer**, v.7, n.13, p.816-825, 2011.

HE, J. D.; CHI, G. G.; ZOU, Y. N.; SHU, B.; WU, Q. S.; SRIVASTAVA, A. K.; KUČA, K. Contribution of glomalin-related soil proteins to soil organic carbon in trifoliolate orange. **Appl Soil Ecol**, 154:103592, 2020.

HUNGRIA, M.; RONDINA, A. B. L.; NUNES, A. L. P.; ARAUJO, 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.

HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley & Sons, 464 p., 1995.

IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal** - 2017. Disponível em: <http://bit.ly/IdMrHi>. Acesso em: 10 set. 2020.

KELLER-GREIN, G.; MAASS, B. L.; HANSON, J. **Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collections**. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. (Ed.) ***Brachiaria: biology, agronomy and improvement***. Cali: CIAT; Brasília, DF. EMBRAPA-CNPQC. p.16-42. (CIAT Publication, n. 259), 1996.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF Brasileira, v.2, p. 608, 1991.

KLOEPPER, J. W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R. M. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. **Trends Biotechnol**, v.7, p.39-43, 1989.

LANGER, R. H. M. Tillering in herbage grasses. **Herbage Abstracts**, v.33, n.3, p.141-148, 1963.

LEITE, R. C.; SANTOS, J. G. D.; SILVA, E. L.; ALVES, C. R. C. R.; HUNGRIA, M.; SANTOS, A. C. Aumento da produtividade, redução do uso de fertilizantes nitrogenados e redução do estresse hídrico por inoculação de capim Marandu (*Urochloa brizantha*) com *Azospirillum brasilense*. **Crop and Pasture Science**, v.70, n.1, p.61-67, 2018.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Cab international. p.3-36, 1996.

LEMAIRE, G.; HERBERT, Y.; CHARRIER, X. Nitrogen uptake capacities of maize and sorghum crops in different nitrogen and water supply conditions. **Agonomie: agriculture and environment**, v.16, p.231-246, 1997.

LINKO, R.; LAPVETELAINEN, A.; LAAKSO, P.; KALLIO, H. Protein composition of a high-protein barley flour and barley grain. **Cereal Chemistry**, v.66, n.6, p.478-482, 1989.

LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. C.; GOMIDE, C. A. M.; MORENZ, M. J. F.; VILLELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, n.1, p.225-233, 2017.

LUPINACCI A. V. **Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte.** p.160. (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2002.

MALLOCH, D.; PIROZINSKI, K. A.; RAVEN, P. H. Ecological and evolutionary significance of mycorrhizal symbioses in vascular plants. **Ecology**, v.77, n.4, p.2113-2118, 1980.

MARANHÃO, C. M. A.; BONOMO, P.; PIRES, A. J. V.; COSTA, A. C. P. R.; MARTINS, G. C. F.; CARDOSO, E. O. Características produtivas do capim-braquiária submetido a intervalos de cortes e adubação nitrogenada durante três estações. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.32, n.4, p.375-384, 2010.

MARSCHNER, H. & DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, The Hague, v.159, p.89-102, 1994.

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

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M. da; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P. M.; CUNHA, D. N. F. V. C.; MOREIRA, L. M. Características morfogênicas e estruturais de capim-Massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.35, p.665-671, 2006.

MAZZANTI A.; LEMAIRE, G. Effect of nitrogen fertilization on the herbage production of tall fescue swards grazed continuously with sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilization. **Grass and Forage Science**, v.49, n.3, p.352-359, 1994.

MEDINA, J. F. A.; GARZA, M. B. I.; PRADO, A. D.; CABRERA, O. G.; PENÁ DEL RIO, M. de Los A.; OSTI, C. L.; BAEZA, A. G. **Los biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura em México.** Chiapas, México: Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, 2010.

MENG, L. L.; HE, J. D.; ZOU, Y. N.; WU, Q. S.; KUČA, K. Mycorrhizareleased glomalin-related soil protein fractions contribute to soil total nitrogen in trifoliolate orange. **Plant Soil Environ**, v.66 p.183–189, 2020.

MONTEIRO, L. C.; VERZIGNASSI, J. R.; BARRIOS, S. C. L.; VALLE, C. B.; BENTEO, G. de L.; LIBÓRIO, C. B. de. Characterization and selection of interspecific hybrids of *Brachiaria decumbens* for seed production in Campo Grande - MS. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** (Online), v.16, n.3, p.174-181, 2016.

MORAIS, R. V. de.; FONSECA, D. M. da.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; RIBEIRO JUNIOR, J. I.; FAGUNDES, J. L.; MOREIRA, L. de M.; MISTURA, C.; MARTUSCELLO, J. A. Demografia de perfilhos basilares em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com N. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.380-388, 2006.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 729 p., 2006.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NOBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v.1, n.2, p.74-99, 2010.

NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, p. 15-96, 1996.

NABINGER, C.; PONTES, L. S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.755-770, 2001.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; ADESE, B. Acúmulo de biomassa na pastagem. In: PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; FONSECA, D. M. da.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. (Org.). **Anais...** II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. 1ed. Viçosa: Suprema, gráfica e editora Ltda, v.1, p. 289-346, 2004.

NELSON, C. J. Shoot morphological plasticity of grasses: leaf growth vs. tillering In: LEMAIRE et al (ed.) **GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY**. CAB-International, Wallingford, UK, p.101-126, 2000.

NOGALES, A.; AGUIRREOLEA, J.; MARIA, E. S.; CAMPRUBI, A.; CALVET, C. Response of mycorrhizal grapevine to *Armillaria mellea* inoculation: disease development and polyamines. **Plant and Soil**, v.317, p.177-187, 2009.

OLIVEIRA, A. B.; PIRES, A. J. V.; MATOS NETO, U.; CARVALHO, G. G. P. de.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F. da. Morfogênese de capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de cortes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1006-1013, 2007.

OLIVEIRA, M. A. **Características morfofisiológicas e valor nutritivo de gramíneas do gênero *Cynodon* sob diferentes condições de irrigação, fotoperíodo, adubação nitrogenada e idades de rebrota**. p.142. Tese (Doutorado em Zootecnia.), Universidade Federal de Viçosa, 2002.

OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. S. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestability and methane emission in beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, n.135, p.236-248, 2007.

OSBORNE, T. B. **The vegetable proteins**. 2.ed. London: Longmans Green and company, 154p., 1924.

OTÓN, P. R. B. **Dinâmica da produção primária da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito de adubação nitrogenada e oferta de forragem**. p.191. Tese (Doutorado), Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

PARSONS, J. J. Spread of African grasses to the American tropics. **Journal of Range Management**, v.25, n.1, p.12-17, 1972.

PEDREIRA, B. C.; 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, p.1039-1046, 2017.

PEREIRA D. A. **Características morfogênicas, estruturais e produção do Capim-Elefante cv. Pioneiro sob adubação nitrogenada**. 2012. p.44. Monografia (Bacharel em Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros, 2012.

PETERSON, R. L. & FARQUHAR, M. L. Mycorrhizas Integrated development between roots and fungi, **Mycologia**, v.86, n.3, p.311-326, 1994.

PIZARRO, E. A.; VALLE, C. B.; KELLER-GREIN, G.; SCHULTZE-KRAFT, R.; ZIMMER, A. H. Regional experience with *Brachiaria*: Tropical America – Savannas. In: MILES, J. W.; MAAS, B. L.; VALLE, C. B. (Ed). **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement**. Call: Ciat, cap.15, p.225-246, 1996.

PORTO, E. M. V. **Morfogênese e rendimento forrageiro de cultivares de *Cenchrus ciliaries* L. submetidos à adubação nitrogenada**. p.107. Dissertação (Magister Scientiae) – Universidade Estadual de Montes Claros, 2009.

RITER NETTO, A. F.; FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A.; CARVALHO, A. J. C.; VITORAZI FILHO, J. A. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares na bioprodução de fenóis totais e sem crescimento de *Passiflora alata* Curtis. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, n.1, p.1-9, 2014.

ROCHA, A. F. de 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.03, p.177-186, 2018.

RODRIGUES, A. A.; FORZANI, M. V.; SOARES, R. S.; SIBOV, S. T.; VIEIRA, J. D. G. Isolation and selection of plant growth-promoting bacteria associated with sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.46, n.2, p.149-158, 2016.

RODRIGUES, L.R.A. Fatores morfofisiológicos de plantas forrageiras e o manejo das pastagens. In: CURSO DE MANEJO DE PASTAGENS. (1.: 1985: Nova Odessa I Curso...São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, p.2-18, 1985.

SÁ, J. C. M.; LAL, R.; CERRI, C. C.; LORENZ, K.; HUNGRIA, M.; CARVALHO, P. C. F. Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Environment International**, v.98, p.102–112, 2017.

SANTOS, C. M.; GONÇALVES, E. R.; ENDRES, L.; GOMES, T. C. A.; JADOSKI, C. J.; NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. D. Atividade fotossintética em alface (*Lactuca sativa L.*) submetidas a diferentes compostagens de resíduos agroindustriais. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, p.95-102, 2010.

SANTOS, L. C. **Efeito do cobre na população de bactérias e fungos do solo, associação ectomicorrízica e no desenvolvimento de mudas de Eucalipto e Canafístula**. 88p. Dissertação. (Mestrado em Ciências do Solo) Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria/RS, 2006.

SAXENA, A. K.; RATHI, S. K.; TILAK, K. V. B. R. Differential effect of various endomycorrhizal fungi on nodulating ability of green gram by *Bradyrhizobium sp.* (*Vigna*) strain S24. **Biol Fert Soils**, v.24, p.175–178, 1997.

SBRISSIA, A. F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua**. p.171. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2004.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-Marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.35-47, 2008.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. O ecossistema pastagem e a produção animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, **Anais...** Piracicaba, SP: SBZ, p.731-754, 2001.

SERRÃO, E. A. A.; SIMÃO NETO, M. S. **Informações sobre duas espécies de gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* na Amazônia: *B. decumbens* Stapf e *B. ruziziensis* Germain et Evrard**. Belém: Instituto de Pesquisa e Agropecuária do Norte, p.31 (IPEAN. Estudos sobre forrageiras na Amazônia, vol.2, n.1, 1971.

SHEWRY, P. R.; HALFORD, N. G. Cereal seed storage proteins: structure, properties and role in grain utilization. **Journal of Experimental Botany**, v.53, n.370, p.947-958, 2002.

SILVA, S. C.; FARIA, V. P.; CORSI, M. Sistema intensivo de produção de leite em pastagens de capim-elefante do Departamento de Zootecnia da Esalq. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GADO LEITEIRO, 2, Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.97-122, 1996.

SILVEIRA, A. P. D. Avaliação de fungos micorrízicos arbusculares e sua importância ambiental. In: FRIGHETO, R. T. S.; VALARIN, P. J. (Coord.). **Indicadores biológicos e bioquímicos de qualidade do solo**: manual técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p.61-76, 2000.

SILVEIRA, M. C. T. **Caracterização morfológica de oito cultivares do gênero *Brachiaria* e dois do gênero *Panicum***. p.111. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.

SIMON, J. C.; LEMAIRE, G. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. **Grass and Forage Science**, v.42, n.4, p.373-380, 1987.

SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, n.1, p.4-10, 1995.

SMITH, S. E. & READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis**, 2nd edn. Academic Press, San Diego, CA, 1997.

SOUZA, F. A.; GOMES, E. A.; VASCONCELOS, M. J. V.; SOUSA, S. M. **Micorrizas arbusculares: perspectivas para aumento da eficiência de aquisição de fósforo (P) em *Poaceae* (gramíneas)**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011.

SOUZA, V. C.; SILVA, R. A.; CARDOSO, G. D.; BARRETO, A. F. **Estudos sobre fungos micorrízicos**. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.612-618, 2006.

Streit, N. M.; Canterle, L. P.; Canto, M. W.; Hecktheuer, L. H. H. **As clorofilas**. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.748-755, 2005

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, p.719, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 792p., 1998.

TANAKA, Y.; YANO, K. Nitrogen delivery to maize via mycorrhizal hyphae depends on the form of N supplied. **Plant Cell Environ**, v.28, p.1247–1254, 2005.

VALLE, C. B. *Brachiaria* e/ou *Urochloa*: dando nomes às plantas. Portal Dia de Campo - colunas assinadas, 2010. Disponível em dia de campo www.diadecampo.com.br. Acessado em 30/11/2020.

VALLE, C. B.; MACEDO, M. C. M; EUCLIDES, V. P. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. Gênero *Brachiaria*. In: FONSECA, D. M. da; MATUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas Forrageiras**. Viçosa: Editora UFV, v.1, p.30-77, 2010.

VALLE, C. B.; SIMIONI, C.; RESENDE, R. M. S.; JANK, L. Melhoramento genético de *Brachiaria*. In: RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B.; JANK, L. (Eds.) **Melhoramento de Forrageiras Tropicais**. 1. Ed. Campo Grande: Embrapa, p.55-87, 2008.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v.56, n.4, p.460-472, 2009.

VON ELBE, J. H. Colorantes. In: FENNEMA, O.W. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Wisconsin - Madison. Cap.10, p.782-799, 2000.

YANG, L.; ZOU, Y. N.; TIAN, Z.H.; WU, Q. S.; KUČA, K. Effects of beneficial endophytic fungal inoculants on plant growth and nutrient absorption of trifoliolate orange seedlings. **Sci Horti**c, 277:109815, 2021.

II – OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizophagus intraradices* com e sem adubação nitrogenada e fosfatada, sobre as características produtivas e fisiológicas em plantas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os efeitos da inoculação de microrganismos e da adubação sobre as características produtivas e bromatológicas das plantas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk.

Avaliar os efeitos da inoculação de microrganismos e da adubação sobre as características morfogênicas e estruturais das plantas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk.

Avaliar os efeitos da inoculação de microrganismos e da adubação sobre as características de clorofila, carotenoides e fracionamento de proteínas das plantas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk.

III – MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Características gerais

O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, *Campus* “Juvino Oliveira”, em sistema casa de vegetação, no setor de Forragicultura e pastagens situado 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, região sudoeste da Bahia no período de julho a outubro de 2019. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo “Cw”, mesotérmico úmido e sub-úmido quente, com inverno seco e com precipitação média anual de 867 mm. As temperaturas média, mínima e máxima da casa de vegetação foram registradas por meio de termômetro digital, assim como também foi registrado a quantidade de água fornecida (Figura 6).

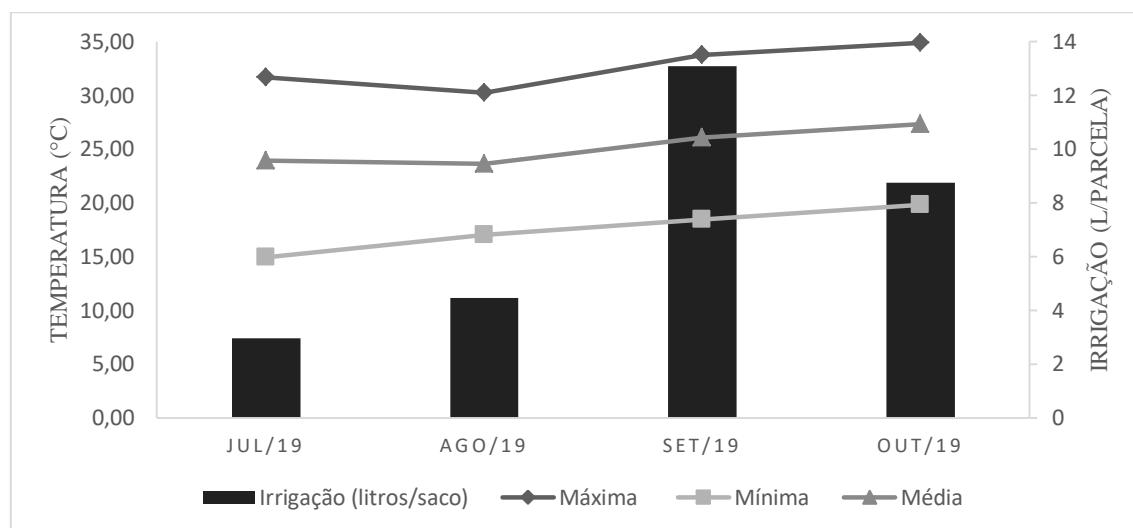


Figura 6. Temperatura (°C) máxima, mínima média e irrigação (Litros/unidade experimental) durante o período experimental

Coleta e análise do solo

O solo utilizado no experimento, foi coletado na camada de 0-20cm, destorroado e passado em peneira de quatro milímetros, sem realização de autoclavagem. As análises foram realizadas no Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UESB (Tabela 1 e 2), e para simulação de solos naturais (encontrados em pastagens nativas), não foi realizada correção do solo, caracterizando baixo nível tecnológico (Ribeiro, et al., 1999).

As avaliações de crescimento e desenvolvimento foram realizadas utilizando solo com profundidade de 0-20 cm, destorroado e passado em peneira de quatro milímetros, correspondendo 40 litros/dm³ de solo seco por unidade experimental e amostragem para análises físico-químicas.

Tabela 1 – Análise física do solo

Composição granulométrica (g/Kg)			Classe textural
Areia	Silte	Argila	
385	355	90	Franco arenosa

Fonte: Laboratório de solos da UESB.

Tabela 2 – Análise química do solo

pH	mg/dm ³		cmolc/dm ³ de solo								%	g/dm ³	
H ₂ O	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Na ⁺	S.B ¹	t ²	T ³	V ⁴	m ⁵	M.O. ⁶
6,3	15	0,97	1,5	1,6	0	1,1	-	4,1	4,1	5,2	79	0	7

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

Para determinação da capacidade de campo (CC), as unidades experimentais foram preenchidas com solo totalmente seco, encharcados com água por 72 horas, em seguida, pesados diariamente até apresentar escoamento total. O peso final encontrado foi descontado do peso seco do solo, correspondendo assim, ao valor da CC utilizado para reestabelecimento das perdas por evapotranspiração, a partir disso, as unidades experimentais foram mantidas com 80% da CC encontrada.

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados (DIC), segundo um arranjo fatorial 4 x 2, sendo quatro tipos de combinação de microrganismos: Testemunha (Sem microrganismos); Bactéria fixadora de nitrogênio (*Azospirillum brasilense*); Fungo micorrízico (*Rhizophagus intraradices*) e Bactéria fixadora de nitrogênio + Fungo micorrízico e dois tipos de adubação: Sem adubação e Com Adubação nitrogenada e fosfatada, com 6 repetições.

Para a inoculação das bactérias diazotróficas, utilizou-se o AzoTotal®, um inoculante à base de *Azospirillum brasilense*. As estirpes bacterianas presente no produto são as AbV5 e AbV6 na concentração garantida pelo fabricante até a data do vencimento de $2,0 \times 10^8$ UFC/mL, e as formas de aplicação segundo o fabricante pode ser realizada via semente ou via foliar, cuja recomendação é de $300 \text{ mL} \cdot \text{ha}^{-1}$ em pulverização (com volume de calda mínimo de $100 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$). Portanto, para cada unidade experimental foi calculado a área aproximada e aplicado conforme a recomendação. É importante destacar que era realizada a reinoculação após cada corte.

Foi utilizado o inoculante micorrízico comercial Rootella BR® à base de *Rhizophagus intraradices*, sendo o primeiro e único produto a ser comercializado em larga escala no mercado nacional, com cerca de 20.800 propágulos/g. O mesmo possui como recomendação $120 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ de pastagem. Sendo assim, em cada unidade experimental que havia o fungo, foi calculada a área aproximada e aplicado conforme a recomendação.

As plantas utilizadas foram de *Brachiaria decumbens*, sendo obtidas por meio de semeadura direta nas unidades experimentais e após 15 dias realizou-se o desbaste, mantendo-se apenas quatro plantas, utilizando como requisito de seleção o vigor e homogeneidade de plantas dentro de cada repetição. No 45º dia após o plantio, realizou-se o corte de uniformização, adotando a altura média de resíduo de 15 cm de altura, onde marcou o início das avaliações. Nos tratamentos que receberam adubação, a adubação fosfatada foi realizada no momento do plantio e nitrogenada após o corte de uniformização, sendo as doses utilizadas: $40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ e $30 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$, caracterizando como baixo nível tecnológico. Foram realizados 3 cortes durante todo o período experimental, cada ciclo obteve intervalo de corte de 21 dias.

No final do período experimental, a unidades experimentais foram desmontados utilizando água corrente, fez-se a retirada das amostras para avaliação, e posteriormente

a dessecação (raiz, colmo e folha) e assim determinada a matéria natural (MN) e matéria seca (MS) de cada componente da planta.

3.3 Avaliações

3.3.1 Características morfogênicas e estruturais e altura

Para determinação das características morfogênicas e estruturais, dois perfilhos por parcela foram escolhidos e marcados aleatoriamente após cada corte. Com auxílio de uma régua milimetrada, as medidas eram realizadas duas vezes por semana.

Foram efetuadas medidas do comprimento das lâminas foliares e a altura da lígula da última folha expandida, além do registro de novas folhas surgidas e de folhas senescentes nos perfilhos em cada uma das datas de avaliação. A partir dessas medidas foi possível estimar: Taxa de aparecimento foliar (folha/perfilho/dia) (TApF): número de folhas surgidas por perfilho dividido pelo número de dias do período de avaliação; Filocrono (dias/folha/perfilho) (FIL): inverso da taxa de aparecimento foliar; Taxa de alongamento foliar (cm/perfilho/dia) (TAIF): somatório de todo alongamento da lâmina foliar por perfilho dividido pelo número de dias do período de avaliação; Taxa de senescência foliar (cm/perfilho/dia) (TSEF): variação média no comprimento da porção senescente da folha; Número de folhas vivas (NFV): número médio de folhas vivas por perfilho, não senescentes; Comprimento final da lâmina (cm) (CFL): comprimento médio final das lâminas foliares do perfilho marcado; Duração de vida das folhas (dias) (DVF): obtido através da multiplicação do número de folhas vivas pelo filocrono; Taxa de alongamento do colmo (cm/perfilho/dia) (TAIC): somatório de todo alongamento de colmo por perfilho dividido pelo número de dias do período de avaliação; Relação lâmina:colmo (RLC): obtida a partir da divisão da massa seca da folha por massa seca do colmo e a densidade populacional de perfilhos (perfilhos) (DPP): estimado por meio da quantificação de todos os perfilhos em cada unidade amostral antes de cada corte.

Ainda com auxílio da régua milimetrada, antes de cada corte foram realizadas mensurações das alturas das plantas em cada unidade experimental.

3.3.2 Produção de matéria seca e volume de raiz

Em cada corte foram retiradas duas subamostras (2 plantas cada subamostra) em cada unidade experimental, a primeira foi submetida à separação morfológica em lâminas foliares, bainha+colmo e material morto e levadas à estufa com ventilação forçada, a 55 °C por 72 horas, para a determinação do teor pré-seco da massa e da participação na composição morfológica das amostras, posteriormente foram pesadas e moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm.

Assim, para determinação da produção de forragem, foram avaliadas as seguintes características agronômicas: produção de massa seca total da planta (PMS) (Kg/parcela), produção de massa seca de raiz (PMSr) (g/parcela), porcentagem de lâminas foliares (% F), porcentagem de colmos (% C), porcentagem de material morto (% MM), relação lâmina:colmo (RLC) e peso médio do perfilho (PMperf) (g), estimado através da divisão entre o peso verde da amostra e a densidade populacional de perfilhos.

O volume de raiz (VOLr) (ml) foi determinado por diferença do conteúdo de água antes e pós-imersão, utilizando proveta graduada com quantidade de água conhecida.

3.3.3 Índice de área foliar

Após a separação morfológica da primeira amostra (ainda fresca), as folhas foram escaneadas para quantificar a área foliar, utilizando o programa computacional ImageJ, a partir da identificação da área ocupada em relação a área total.

3.3.4 Análise bromatológica

As análises foram realizadas nos Laboratórios de Anatomia e Fisiologia Ecológica de plantas (LAFIEP) em Itapetinga-BA e de Microbiologia dos solos (LMS) em Vitória da Conquista-BA. A segunda amostra (planta inteira) também foi levada à estufa com ventilação forçada, a 55 °C por 72 horas, sendo pesada e moída em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm e submetida às análises químico-bromatológicas para determinar os teores médios de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEMI),

celulose (CEL), matéria mineral (MM), lignina (LIG) e nutrientes digestíveis totais (NDT), conforme metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). O teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{ncp}) foi estimado segundo Mertens (2002). A metodologia para determinar os carboidratos totais (CHO_{tot}) foi a de Sniffen et al. (1992).

3.3.5 Análises Bioquímicas

3.3.5.1 Fracionamento de proteína

- Fração 1 (Albuminas) - extração com água destilada

Foi pesado 2 g da amostra de matéria fresca e macerado juntamente com o extrator: água destilada (volume do extrator 4ml), em seguida foi incubado em banho maria a 35 C°, por 30 minutos, sob agitação constante. Posteriormente a amostra foi centrifugada a 1200 g, por 20 minutos, e coleta do sobrenadante. Por fim, o pellet foi ressuspenso com mais 3 ml de água destilada e centrifugado novamente para posterior coleta do sobrenadante, somando o com o anterior. A última etapa foi repetida novamente.

- Fração 2 (Globulinas) - extração com NaCl 1%

Ressuspender o pellet com 4 ml de NaCl 1% repetindo os mesmos processos descritos para a fração 1, variando apenas o extrator (NaCl 1%).

- Fração 3 (Prolaminas) - extração com etanol 80%

Ressuspender o pellet com 4 ml de Etanol 80%, repetindo os mesmos processos descritos na fração 1, variando apenas o extrator (Etanol 80%).

- Fração 4 (Glutelinas) - extração com NaOH 100 mM.

Ressuspender o pellet com 4 ml de NaOH 100 mM, repetindo os mesmos processos descritos na fração 1, variando apenas o extrator (NaOH 100 mM).

A quantificação foi realizada pelo o método de Bradford (Bradford, 1976).

3.3.5.4 Clorofilas e carotenoides

Ao final de cada período experimental foram coletadas duas folhas completamente expandidas de cada repetição, sempre por volta das 10h da manhã. Após a coleta, as folhas foram colocadas em envelopes identificados feitos de papel alumínio

e transportados em caixa térmica com gelo para o Laboratório de Anatomia e Fisiologia de Ecológica de Plantas (LAFIEP), para a extração da clorofila.

Realizou-se a fragmentação das mesmas e imediatamente foi preparado uma alíquota de 0,03 g de massa fresca (Hiscox & Israelstam, 1979) adicionando 5 mL de Dimetilsulfóxido (DMSO) envoltos por papel alumínio. Após 72 horas foram realizadas leituras por espectrofotometria de absorção nos comprimentos de onda de 665, 649 e 480nm, quantificando os pigmentos pelas equações de Wellburn (1994), sendo os valores ajustados para mg.g-1 de massa fresca:

$$\text{- Clorofila a} = (12,19 * A_{665}) - (3,45 * A_{649})$$

$$\text{- Clorofila b} = (21,99 * A_{649}) - (5,32 * A_{665})$$

$$\text{- Clorofilas totais} = \text{Clorofila a} + \text{Clorofila b}$$

$$\text{- Razão Clorofila a/b} = \text{Clorofila a} / \text{Clorofila b}$$

$$\text{- Carotenoides} = [1000 * A_{480} - (2,14 * \text{Clorofila a}) - 7(0,16 * \text{Clorofila b})] / 220$$

Onde, A = absorbância.

3.3.5.5 Índice Spad

Para determinação do índice spad (clorofilas), utilizou-se o aparelho Spad 502 Plus por volta das 10 horas da manhã. Foram realizadas 3 leituras por folha, sendo escolhidas 3 folhas completamente expandidas aleatoriamente em cada unidade experimental.

3.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, 2003). Foi considerado como fonte de variação a inoculação ou não dos microrganismos (M) e o uso ou não de adubação química (A) e a interação MxA. Procedeu-se com o desdobramento da interação, ou não. A comparação entre os efeitos do microrganismo e da adubação foram realizadas pelo teste Tukey adotando-se 5% de probabilidade.

IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para exposição dos resultados de forma mais precisa, é de fundamental importância o esclarecimento da evolução das respostas avaliadas ao longo do período experimental, pois a partir da análise dos resultados foi possível observar modificações entre as respostas a partir de adaptações microbiológicas e conseqüentemente ocorrendo variações durante o período de avaliação.

4.1 Avaliações de características morfológicas e bromatológicas

Para as avaliações das características morfológicas e bromatológicas, observou-se que no corte 1 não houve interação significativa ($P > 0,05$) para produção de massa seca das plantas (PMS), extrato etéreo (EE), cinzas, carboidratos totais (CHOtot), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas (FDNcp) e nutrientes digestíveis totais (NDT) (Tabela 3).

Neste caso, avaliando cada variável de forma independente, foi possível observar que os microrganismos não influenciaram significativamente a PMS. Entretanto, a adubação realizada contribuiu em incremento significativo de aproximadamente 10% na produção de massa seca de forragem (Tabela 3). Sabe-se que o nitrogênio é o principal nutriente para manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras (Costa et al., 2006). Segundo Valle et al. (2009) e Jank et al. (2011), a produção de forragem é uma das principais características buscadas quando se objetiva ganhos diretos em produtividade animal.

Observou-se que para cinzas apenas os microrganismos tiveram interferência significativa, sendo que os tratamentos que haviam sido inoculados, independente de qual seja, apresentaram valores superiores em relação ao tratamento controle, demonstrando efeito benéfico à quantidade de minerais presentes nas plantas, provavelmente ocasionado devido à maior capacidade de captação de nutrientes gerados a partir dos microrganismos (Tabela 3).

Para CHOtot apenas a adubação influenciou significativamente nos resultados, sendo encontrados valores de 69,84% e 66,62% para os tratamentos não adubados e adubados, respectivamente.

Se tratando do FDA, ambos os fatores interferiram nos seus valores, apesar de não ter ocorrido interação. Os tratamentos que não continham microrganismos e os que continham apenas a bactéria apresentaram valores superiores (40,71% e 41,49%, respectivamente) quando comparados com os tratamentos que tinham o fungo e o fungo+bactéria, bem como os tratamentos que não receberam adubação (42,74%) em relação aos que receberam (36,57%).

A celulose apresentou comportamento semelhante ao FDA, assim como o FDNcp, com exceção do fator adubação para essa variável, que não apresentou diferença estatística. Plantas com valores elevados desses compostos não são “desejáveis”, pois, os mesmos estão atrelados à baixa digestibilidade. Segundo Van Soest (1994), o FDA por ser constituído de lignina e celulose, possui influência negativa na digestibilidade da massa seca. Entretanto, a maior proporção desses compostos nas plantas se deu por motivos diferentes. Aquelas que não foram inoculadas apresentaram maiores proporções de colmo na sua composição devido à competição por luz, já que plantas não adubada tendem a alongarem colmo, porém sem estarem necessariamente associadas à maior produção ou estruturação da pastagem. Já as plantas que foram inoculadas com bactérias, de maneira geral possuem maior capacidade estrutural (%Folha, Altura, etc), tornando necessário o aumento dos compostos estruturais da planta para sustentação (Cecato et al., 1994).

Em contrapartida, as variáveis: folha, colmo, altura, proteína bruta (PB) e hemicelulose (HEMI) tiveram interação significativa ($P < 0,05$) entre os fatores microrganismos e adubação (Tabela 4).

Tabela 3 – Características agrônômicas, morfológicas e bromatológicas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 1)

Variável	Microrganismo				Adubação		Interação	Micro	Adubação	CV (%)
	Controle	Bactéria	Fungo	Bac+Fung	0 Kg N + 0 Kg P	40 Kg N + 30 Kg P				
PMS (g/parc.)	36,4	41,42	39,29	41,72	37,94 b	41,47 a	0,47	0,07	0,01*	12,93
Folha (%)	53,84	55,3	55,04	55,35	53,73	56,03	0,01*	-	-	5,12
Colmo (%)	46,16	44,7	44,97	44,65	46,27	43,97	0,01*	-	-	6,22
Altura (cm)	54,4	60,3	54	55	56,5	55,4	0,04*	-	-	6,87
<u>Composição química g/kg MS</u>										
PB	14,98	15,84	15,98	16,57	14,47	17,22	0,04*	-	-	6,63
EE	7,55	7,69	8,09	7,59	7,56	7,9	0,58	0,39	0,17	10,98
Cinzas	8,12 b	8,71 a	8,41 ab	8,46 ab	8,33	8,53	0,16	0,01*	0,09	4,65
CHOtot	69,34	68,08	67,81	67,71	69,84 a	66,62 b	0,14	0,11	0,01*	2,6
FDA	40,71	68,16	68,09	66,27	68,85	36,57 b	0,06	0,01*	0,01*	4,78
HEMI	24,1	28,87	29,49	30,88	24,41	32,26	0,01*	-	-	7,88
Lignina	5,15	5,33	5,22	5,36	5,32	5,22	0,08	0,83	0,61	12,43
Celulose	38,88 a	36,92 ab	36,92 b	35,86 b	37,92 a	36,53 b	0,06	0,01*	0,01*	4,6
FDNcp	66,39 a	64,95 ab	64,15 b	64,15 b	65,31	64,5	0,25	0,02*	0,15	2,94
NDT	55,52	56,35	55,51	55,11	55,31	55,94	0,31	0,3	0,18	2,86

PMS - Produção de massa seca total das plantas; PB - Proteína bruta; EE - Extrato etéreo; CHOtot – Carboidratos totais; FDA - Fibra em detergente ácido; HEMI - Hemicelulose; FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas; NDT - Nutrientes digestíveis totais. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na adubação de 0 g/kg, a % de folhas, colmo, os teores de PB e Hemi não diferiram ($P>0,05$) entre os microrganismos avaliados (tabela 4). Contudo, a adubação de 40 kg/ha associada a bactérias promoveram incrementos de 11,4% na % de folhas quando comparado ao tratamento testemunho (58,58 vs 52,8). Essas bactérias possuem capacidade de fixar biologicamente o nitrogênio da atmosfera, disponibilizando-o para o vegetal na forma de subprodutos de natureza amoniacal, além de colonizar as raízes e outros tecidos internos do vegetal, promovendo crescimento das plantas (Rodrigues et al., 2016). Desta forma, deve ser valorizado o efeito obtido pela presença dessas bactérias, já que o incremento na % folhas é benéfico do ponto de vista nutricional, tendo em conta que as folhas, órgão responsável pela fotossíntese, contribuem com a produção total de forragem e correspondem à principal fonte de nutrientes para os ruminantes em pastejo, pois possui maior digestibilidade que outros componentes morfológicos (Euclides et al., 2000).

Tabela 4 – Desdobramento das variáveis agrônômicas, morfológicas e bromatológicas contendo interação significativa em plantas de *Brachiaria decumbens* (corte 1)

Adubação	Controle	Bactéria	Fungo	Bact+Fungo
	Folha (%)			
0 Kg.ha ⁻¹	54,90	51,9b	54,00	54,20
40 Kg.ha ⁻¹	52,8B	58,8Aa	56,1AB	56,5AB
Colmo (%)				
0 Kg.ha ⁻¹	45,1	48,1a	46,1	45,8
40 Kg.ha ⁻¹	47,2 A	41,3 Bb	43,9 AB	43,5 AB
Altura (cm)				
0 Kg.ha ⁻¹	54 B	64 Aa	54 B	54 B
40 Kg.ha ⁻¹	54	57b	54	56
Proteína bruta (%)				
0 Kg.ha ⁻¹	4,66 b	4,84 b	5,58	4,43
40 Kg.ha ⁻¹	5,43 Aba	6,28 Aa	5,57 AB	4,58 B
Hemicelulose (%)				
0 Kg.ha ⁻¹	24,66	23,78b	24,19b	25,01b
40 Kg.ha ⁻¹	23,55 B	33,95 Aba	34,8 Aba	36,76 Aa

Médias seguidas de letras diferentes minúscula diferem entre si na mesma coluna para cada variável, já as médias seguidas de letras diferentes maiúscula diferem entre si nas linhas, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

No colmo, ao avaliar o efeito da adubação dentro de cada microrganismo, observou-se diferença estatística apenas para a bactéria, apresentando maiores concentrações de colmo quando a planta não era adubada em relação àquelas adubadas, justamente devido ao maior incremento produtivo das bactérias. Já o efeito do

microrganismo na adubação, foi encontrada diferença apenas quando as plantas eram adubadas, com teores de 14,3% inferior quando associado à bactéria em comparação ao testemunho (47,2 vs 41,3) na adubação (Tabela 4).

A altura das plantas na adubação 0 g/kg, foi 18% maior para a inoculação com a bactéria quando comparados aos demais. Contudo na adubação 40 g/kg, a altura das plantas não diferiu. Muito provavelmente, aliando esse resultado à % de colmo presente nas plantas, é possível concluir que este comportamento aconteceu devido à busca de luz pelas plantas. Consequentemente, houve maior competição entre as plantas da mesma unidade experimental (Galzerano et al., 2013), haja vista que quando se realiza a adubação, ocorre indução ao perfilhamento e produção de folhas ao invés do alongamento de colmo, o que, neste caso, ocasiona em plantas mais altas. Analisando o efeito dos microrganismos dentro de cada fator da adubação, foi possível observar diferença estatística apenas para o fator sem adubação, sendo a maior altura encontrada nas plantas com bactérias em detrimento às demais, as quais apresentaram alturas semelhantes quando receberam adubação (Tabela 4).

Em relação à PB das plantas, a adubação interferiu significativamente em todos os fatores da inoculação, observando aumento significativo no teor de PB das plantas com a adubação. Quando observados os efeitos dos microrganismos na adubação, nota-se que apenas os tratamentos onde os microrganismos receberam adubações diferiram entre si, destacando com melhores resultados os tratamentos onde houve inoculação da bactéria com cultivo exclusivo (Tabela 4). O efeito aditivo da adubação nitrogenada sobre o teor de PB das plantas é algo bem difundido (Bernardi et al., 2018; Faria et al., 2018; Magalhães et al., 2012). O elevado teor de PB em resposta a adubação nitrogenada se deve principalmente à alta eficiência de absorção e conversão do nitrogênio inorgânico pelas plantas, que são utilizados para a síntese de clorofila, enzimas e outras proteínas (Taiz et al., 2017). Além disso, os microrganismos também favoreceram no teor de PB quando recebiam adubação, justamente devido à capacidade de ambos contribuírem com o melhor desempenho das plantas. As bactérias podem estimular o crescimento vegetal de diversas formas, dentre elas a produção de fitormônios (auxinas, citocininas, giberelinas), aumento na absorção de nutrientes, produção de vitaminas e de sideróforos, biocontrole de patógenos e organismos deletérios, aumento da resistência a estresses e redução de nitrato, além da fixação de nitrogênio atmosférico no solo (Moreira & Siqueira, 2006), nitrogênio esse que é destinado à formação de aminoácidos para a composição de proteínas. Já os fungos

estabelecem simbiose mutualística com as raízes das plantas e o micélio extra-radicular explora o solo, aumentando significativamente a quantidade de água e nutrientes absorvidos com elevada eficiência (Souza et al., 2011), beneficiando as plantas inoculadas como foi visto no presente trabalho.

Por fim, a administração dos microrganismos de forma individual ou associada na adubação de 40 g/kg, proporcionaram incrementos de 49% no teor de Hemicelulose, quando comparados ao testemunho (Tabela 4).

A inoculação com a bactéria na adubação de 40 g/kg, promoveram aumentos ($P < 0,05$) nos % de folhas e nos teores de PB quando comparado na adubação 0 g/Kg. Contudo, verificaram-se reduções nos % de colmo, na altura e nos teores de FDN quando se realizaram a inoculação da bactéria na adubação de 40g/kg (tabela 4).

A combinação de bactéria + fungos na adubação 40 g/kg reduziu o teor de FDNcp. Contudo, verificou-se aumento no teor de Hemicelulose, respectivamente na adubação de 40 g/kg quando comparado a 0g/kg (Tabela 4).

Em sequência aos resultados observados no corte 1, foram analisados os resultados obtidos no corte 2 do experimento, observando-se a evolução dos resultados com o tempo.

Foi possível observar que não houve interação significativa para PMSp, folha, colmo, altura, PB, EE, cinzas, CHOtot, celulose, FDNcp e NDT (Tabela 5).

Neste corte, algumas variáveis como: folha, colmo, PB, EE, cinzas, CHOtot e celulose não apresentaram diferenças significativas para os fatores avaliados.

Ao contrário do que vimos no corte 1, a PMS apresentou diferença significativa para o microrganismo, obtendo maiores produções na combinação entre fungo e bactéria (27,35 g) e menor produção para os tratamentos sem inoculação (19,23 g), aumentando a produtividade em mais de 42%. Tal diferença provavelmente se deve ao fato de ter ocorrido estabilização dos microrganismos no solo e conseqüentemente aumento nas unidades formadoras de colônia. Segundo Reis Jr. et al. (2008), o uso de bactérias promotoras de crescimento favorece o mecanismo de fixação biológica de nitrogênio e auxiliam na produção de hormônios que estimulam o crescimento vegetal, dentre eles auxina, citocinica e giberilina. Leite et al. (2018) avaliaram a inoculação do *Azospirillum brasilense* em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e foi possível observar que as plantas inoculadas apresentaram acúmulo diário de forragem em 12,5% a mais que as plantas não inoculadas quando não adubadas e 11% a mais no acúmulo de massa anual. A diferença também foi observada para a adubação, pois as plantas que recebiam

adubação produziram 36 % a mais em relação àquelas que não foram adubadas (Tabela 5), o que já era esperado, haja vista que a adubação possui como uma das suas principais funções o desenvolvimento celular e conseqüentemente o aumento da produção forrageira.

A altura que anteriormente obteve interação (corte 1), nesse momento houve apenas interferência via adubação, com maior resultado para as plantas adubadas (56,42 cm) em comparação com as plantas não adubadas (53,48 cm) (Tabela 5). Tal resultado foi obtido devido às funções desempenhadas pelo nitrogênio como componente estrutural de macromoléculas e enzimas envolvidas no processo de desenvolvimento vegetativo das plantas (Malavolta, 2006).

Para o FDN_{cp}, o comportamento apresentou similaridade ao primeiro corte, apresentando diferença significativa apenas para o efeito do microrganismo com maior valor onde não havia inoculação, apesar de não diferenciar estatisticamente do cultivo exclusivo dos microrganismos (Tabela 5), resultados obtidos justamente devido às plantas inoculadas tenderem à maior concentração de PB e cinzas na sua composição. Segundo Van Soest (1994), o teor de FDN é o fator mais limitante do consumo de volumosos, isto é, quanto maior o teor de FDN, menor será a capacidade de consumo dos animais, podendo limitar fisicamente por enchimento do rúmen de animais ruminantes. Dessa forma, valoriza-se o efeito dos microrganismos que puderam contribuir apresentando os menores valores quando recebiam adubação.

Já para as variáveis FDA, hemicelulose e lignina, houve interação significativa entre os fatores avaliados (Tabela 5).

Tabela 5 – Características agrônômicas, morfológicas e bromatológicas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 2)

Variável	Microrganismo				Adubação		Interação	Micro	Adubação	CV (%)
	Controle	Bactéria	Fungo	Bac+Fung	0 Kg N + 0 Kg P	40 Kg N + 30 Kg P				
PMS (g/parc.)	19,23 c	21,50 bc	22,45 b	27,35 a	19,11 b	26,15 a	0,28	0,01*	0,01*	18,16
Folha (%)	57,51	59,72	59,92	59,79	59,64	58,92	0,06	0,22	0,5	5,2
Colmo (%)	41,01	41,91	41,34	40,52	40,57	41,8	0,18	0,9	0,36	11,06
Altura (cm)	52,64	56,58	54,5	56	53,48 b	56,42 a	0,11	0,06	0,01*	6,48
<u>Composição química g/kg MS</u>										
PB	8,83	9,04	9,06	9,04	9,06	8,94	0,81	0,65	0,46	5,43
EE	4,65	5,19	4,88	5,12	4,93	5,01	0,34	0,44	0,71	17,41
Cinzas	8,43	8,81	8,68	8,56	8,8	8,45	0,69	0,71	0,14	9,23
CHOtot	78,07	77,17	77,72	77,5	77,37	77,82	0,97	0,51	0,31	1,85
FDA	36,32	38,61	38,7	36,66	37,84	37,86	0,01*	-	-	4,44
HEMI	37,86	33,47	34,18	34,44	35,13	34,73	0,01*	-	-	6,11
Lignina	4,98	4,86	4,89	4,96	4,69	5,15	0,01*	-	-	6,45
Celulose	32,63	29,99	31,13	29,7	32	29,7	0,5	0,06	0,06	8,93
FDNcp	66,35 a	64,56 ab	64,15 ab	63,8 b	65,25	64,13	0,38	0,04*	0,08	3,45
NDT	51,92	53,99	53,53	53,88	53,4	53,32	0,35	0,1	0,97	4,05

PMS - Produção de massa seca total das plantas; PB - Proteína bruta; EE - Extrato etéreo; CHOtot – Carboidratos totais; FDA - Fibra em detergente ácido; HEMI - Hemicelulose; FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas; NDT - Nutrientes digestíveis totais. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Avaliando o efeito da adubação dentro de cada microrganismo para FDA, observou-se que houve diferença apenas para o controle e para a combinação entre microrganismos, apresentando respostas inversas quando adubadas. Portanto, nos tratamentos onde não houve inoculação, a adubação aumentou os teores de FDA em relação aos que não adubaram. Já para a combinação de microrganismos, atingiu-se valores superiores onde não houve adubação. Já na avaliação do efeito dos microrganismos dentro de cada fator da adubação, foi encontrada diferença significativa tanto para os não adubados quanto para os adubados. Quando não foram adubadas, as plantas inoculadas apresentaram maiores quantidades de FDA na sua composição. Quando ocorreu adubação, a combinação de microrganismos obteve redução nos seus valores e o controle acompanhado dos tratamentos com fungo e bactéria em cultivo exclusivo apresentaram valores superiores de FDA (Tabela 6). Resultado obtido devido à redução do teor de FDN na composição dessas plantas.

Outra variável que obteve interação significativa entre os fatores observados foi a hemicelulose. Portanto, foi possível observar após o desdobramento uma tendência próxima ao observado no FDA, pois houve diferença apenas para o controle e para a combinação de microrganismos quando avaliado o efeito dos fatores da adubação dentro de cada microrganismo. Entretanto, os valores foram inversos, onde havia menores teores de FDA (Controle não adubado (32,32%) e combinação adubado (33,14%)), apresentou maiores de hemicelulose (41,48% e 36,12%, respectivamente). Na mesma linha de raciocínio, onde havia maiores teores de FDA (Controle adubado (39,64%) e combinação não adubado (40,17%)), apresentou menores de hemicelulose (34,74% e 32,77%, respectivamente) (Tabela 6).

Tabela 6 – Desdobramento das variáveis agronômicas, morfológicas e bromatológicas contendo interação significativa em plantas de *Brachiaria decumbens* (corte 2)

Adubação	Controle	Bactéria	Fungo	Bact+Fungo
	FDA (%)			
0 Kg.ha ⁻¹	32,32 Bb	38,46 A	39,5 A	40,17 Aa
40 Kg.ha ⁻¹	39,64 Aa	38,77 A	37,91 A	33,14 Bb
Hemicelulose (%)				
0 Kg.ha ⁻¹	41,48 Aa	33,69 B	33,55 B	32,77 Bb
40 Kg.ha ⁻¹	34,74 b	33,25	34,8	36,12 a
Lignina (%)				
0 Kg.ha ⁻¹	5,03 A	4,38 Cb	4,95 AB	4,45 BCb
40 Kg.ha ⁻¹	4,95 BC	5,34 ABa	4,83 C	5,47 Aa

Médias seguidas de letras diferentes minúscula diferem entre si na mesma coluna para cada variável, já as médias seguidas de letras diferentes maiúscula diferem entre si nas linhas, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

As plantas que receberam adubação apresentaram maiores quantidades de compostos lignificados em sua composição, apesar dos demais tratamentos não terem diferenciado, resultado já era esperado uma vez que plantas adubadas tendem a crescer mais que as não adubadas e necessitem assim de maiores compostos lignificados como forma de sustentação (Maiche & Huber, 2010). Se tratando do efeito do microrganismo em cada fator da adubação, podemos observar efeito muito interessante. Apesar dos maiores teores de FDA nessas plantas, foi observado que as plantas que receberam inoculação, seja a bactéria exclusiva não adubada ou o fungo exclusivo adubado, em geral apresentaram menores teores de lignina, fator importantíssimo do ponto de vista de digestibilidade, haja vista que a lignina possui baixa capacidade de digestão ruminal (Euclides et al., 2000). Quando comparado o efeito nas plantas que receberam adubação, foi observado que aquelas que continham fungos de forma exclusiva apresentaram os menores valores (4,83%), enquanto o cultivo exclusivo da bactéria e a combinação entre microrganismos apresentaram valores maiores (5,34% e 5,47%, respectivamente) (Tabela 6).

Por fim, observou-se no corte 3 que não houve interação significativa ($P > 0,05$) para as variáveis PMS, Colmo, Altura, PB, EE, CHOtot, Hemicelulose, Celulose, FDNcp, NDT, produção de massa seca da raiz (PMSr) e volume de raiz (VOLr), ou seja, os fatores analisados para estas características atuam de forma independente (Tabela 7).

Além de não ter ocorrido interação ($P>0,05$), para o CHOtot, Celulose, FDNcp e NDT não foram observados efeitos significativos ($P>0,05$) para nenhum dos fatores avaliados (Tabela 7).

Para a PMS houve significância para ambos os fatores ($P<0,05$), o efeito obtido nessa variável pela adubação não foi algo inesperado e que foi observado nos demais cortes, apresentando resultados superiores aos tratamentos sempre que adubados, neste momento, com incremento de produção em 16%. Quanto à eficiência da inoculação do microrganismo em resposta da produção, foi possível observar que assim como ocorreu no corte 2, as plantas inoculadas com fungo exclusivo (20,29 g) e a combinação (20,59 g) apresentaram respostas produtivas mais elevadas, seguida da bactéria exclusiva (18,50 g) e com pior produção de massa seca o cultivo sem inoculação (15,27 g), demonstrando a eficiência da inoculação desses microrganismos para a PMS, característica fundamental do ponto de vista em potencial aumento da capacidade de suporte dos animais a pasto, aumentando consequentemente a produtividade da propriedade (Tabela 7). Ou seja, os tratamentos contendo fungo, apresentaram os melhores resultados de produção forrageira, provavelmente devido às baixas quantidades de fósforo disponibilizado. A infecção micorrízica aumenta com adição de baixos teores de P (Karagiannidis & Nikolaou, 1999).

Assim como Medina et al. (2010) avaliaram no México a inoculação de micorrizas arbusculares (*Glomus intraradices*) em sementes de milho, onde foram observados aumentos de produção da ordem de 4 a 19%, dependendo da localidade, da variedade e do nível de fertilização. Corroborando os resultados, Riter Netto et al. (2014) avaliaram a inoculação de fungos micorrízicos em plantas de maracujá num esquema fatorial 4 x 2, sendo 4 tratamentos microbiológicos: Controle, *Glomus etunicatum*, *Glomus intraradices* e inóculo misto (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) com 2 doses de fósforo: 0 e 50 mg de P kg⁻¹ de solo. Nesse trabalho, foi possível observar que para as características em análise (número de folhas, altura, massa seca e colonização), em geral todas as variáveis respostas apresentaram valores similares quando comparado com ou sem adubação fosfatada, com exceção do tratamento controle.

Para colmo, foi encontrada diferença significativa ($P<0,05$) apenas para o efeito da adubação nesse corte, sendo que as plantas que receberam adubação química apresentaram maiores teores de colmo na sua composição morfológica (Tabela 7). Apesar de não ter ocorrido diferenças significativas no corte 2 (Tabela 5), nota-se que

no corte 1 o efeito foi inverso (Tabela 4) ao apresentado nesse referido corte, sendo que as plantas que recebiam adubação inicialmente apresentaram menores teores de colmo. Esse resultado foi obtido, provavelmente devido ao maior alongamento de colmo por competição de luz nas plantas não adubadas na fase inicial do experimento, assim sendo, tenderam ao maior alongamento de colmo quando comparadas com aquelas adubadas.

Já para a altura, que anteriormente havia apresentado diferença para a adubação, foi notada significância apenas para o microrganismo neste último corte, com maiores alturas para plantas com inoculações fúngicas, seja ela sozinha (37 cm) ou combinada com a bactéria (38,5 cm). Tal resultado provavelmente foi observado devido à leve redução inicial do efeito do adubo mineral, associado ao estabelecimento e proliferação dos microrganismos no ambiente. O mesmo comportamento foi observado para FDN e hemicelulose (Tabela 7). Guimarães et al. (2016) trabalhando com *B. brizantha* cv. Marandu inoculadas com *Azospirillum* sp. observaram maiores valores para a variável altura de plantas em plantas inoculadas quando comparado com as plantas que não receberam nitrogênio nem a inoculação.

Em relação à PB, característica importantíssima do ponto de vista nutricional, foi observada diferença estatística para ambos os fatores (Tabela 7). Nesse momento, as plantas adubadas apresentaram maiores concentrações de PB em sua composição (10,2%) em detrimento às não adubadas (9,62%). Já em relação aos microrganismos, onde havia cultivo exclusivo dos microrganismos foram notadas as maiores concentrações de PB, demonstrando através de mais uma importante variável a importância da inoculação fúngica e bacteriana, corroborando os resultados observados no corte 1 que demonstraram efeito positivo no teor de PB às plantas inoculadas e adubadas.

Assim como a PB, o EE também apresentou significância para ambos os fatores avaliados ($P < 0,05$). Para a adubação, os valores encontrados foram 6,39% e 4,97% de EE para as plantas adubadas e não adubadas, respectivamente. Quando avaliado quanto às variações do tratamento dentro do microrganismo, o menor valor foi encontrado nos tratamentos onde não ocorreu inoculação de microrganismos (Tabela 7). Por meio da observação dos resultados de forma conjunta, nota-se que as plantas inoculadas com bactéria de forma exclusiva apresentaram algumas ótimas respostas de caráter qualitativo, como os maiores teores de PB, %Folhas e %EE, assim como menores valores de FDN e hemicelulose, entretanto, não apresentaram as melhores respostas

produtivas. Apesar disso, vale a ressalva que os resultados produtivos citados não se distanciam dos demais tratamentos inoculados com grandes diferenças e na maioria das variáveis as bactérias foram melhores que o tratamento sem inoculação, mostrando razoável eficiência produtiva e excelente eficiência qualitativa.

O teor de hemicelulose foi observado diferença significativa apenas para o efeito do microrganismo ($P < 0,05$). Sendo relatados menores valores para o tratamento contendo cultivo único da bactéria, provavelmente devido ao seu melhor valor nutricional.

Para desfecho das variáveis sem interação, ao analisar as responsáveis por respostas radiculares foi possível observar diferença significativa para ambos fatores quando observados a produção de massa seca de raiz (PMSr). Analisando o efeito do microrganismo de forma isolada, é possível notar o melhor desempenho dos tratamentos que haviam presença de fungos, seja em cultivo exclusivo (31,7g e 181,7ml) ou em combinação (33,17g e 180 ml) apresentaram maiores produções e volumes de raiz, respectivamente, causando incremento na casa de 30 e 50% em raízes, quando comparado com o controle. Resposta extremamente valiosa, já que as raízes possuem como principal função a captura e absorção de nutrientes no solo, desta forma, sabe-se que os fungos em simbiose com a planta emitem hifas justamente com o intuito de aumentarem a superfície de contato da planta e conseqüentemente absorverem maiores quantidade de nutrientes. Alguns trabalhos corroboram com os resultados encontrados, pois mostraram que inoculação com fungos micorrízicos aumenta a produção de raízes (Hodge et al., 2000) e o peso total dessas raízes (Mane et al., 1993; Hernandez & Cardenas, 1994). De acordo com Hungria et al. (2011), a inoculação de *Azospirillum brasilense* proporciona aumento do sistema radicular de plantas, o que não foi observado no presente trabalho. Para o fator adubação, apenas a PMSr diferenciou estatisticamente, pois apresentaram maiores produções àquelas que foram adubadas (31g) em comparação as que não foram adubadas (24,64g) (Tabela 7). A utilização de adubação nitrogenada em gramíneas do gênero *Brachiaria* promove aumento da produção de massa seca em raízes, pois através da adubação ocorre aumento significativo na energia produzida pelas folhas, elevando a disponibilidade de energia para os processos de crescimento radicular (Maranhão et al., 2009; Soares Filho et al., 1992).

Tabela 7 – Características agrônômicas, morfológicas e bromatológicas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 3)

Variável	Microrganismo				Adubação		Interação	Micro	Adubação	CV (%)
	Controle	Bactéria	Fungo	Bac+Fungo	0 Kg N + 0 Kg P	40 Kg N + 30 Kg P				
PMS (g/parc.)	15,27 c	18,50 b	20,29 a	20,56 a	17,50 b	20,31 a	0,68	0,01*	0,01*	14,15
Folha (%)	53,54	57,19	59,55	55,32	61,6	51,19	0,01*	-	-	6,39
Colmo (%)	47,47	49,34	44,63	53,87	42,09 b	55,57 a	0,78	0,55	0,01*	26,36
Altura (cm)	35,00 b	35,25 b	37,00 ab	38,50 a	37,13	35,75	0,06	0,01*	0,08	5,93
<u>Composição química g/kg MS</u>										
PB	9,26 c	10,52 a	10,22 ab	9,63 bc	9,62 b	10,20 a	0,1	0,01*	0,01*	4,4
EE	5,2 b	5,38 ab	5,59 ab	6,54 a	4,97 b	6,39 a	0,07	0,02*	0,01*	15,06
Cinzas	9,5	9,4	10	9,4	9,57	9,55	0,01*	-	-	5
CHOTot	76,41	75,03	74,64	74,94	75,88	74,63	0,5	0,3	0,08	2,61
FDA	39,5	38,8	38,3	39,4	39,1	38,9	0,01*	-	-	3,77
HEMI	34,85 ab	33,43 b	35,34 a	35,51 a	34,84	34,72	0,14	0,01*	0,78	3,54
Lignina	5,04	5,55	5,58	4,5	4,88	5,46	0,03*	-	-	9,52
Celulose	34,93	33,29	33,31	35,01	34,17	34,1	0,13	0,12	0,92	5,36
FDNcp	65,58	65,28	65,55	66,57	65,26	66,23	0,12	0,53	0,15	2,98
NDT	52,69	52,18	52,68	52,47	52,75	52,26	0,35	0,81	0,27	2,32
PMSr (g)	22,35 b	24,08 b	31,07 a	33,17 a	24,64 b	31,00 a	0,09	0,01*	0,01*	17,67
VOLr (ml)	140,0 b	146,3 b	181,9 a	180,0 a	152,5 b	171,5 a	0,19	0,01*	0,05*	16,92

PMS - Produção de massa seca total das plantas; PB - Proteína bruta; EE - Extrato etéreo; CHOTot – Carboidratos totais; FDA - Fibra em detergente ácido; HEMI - Hemicelulose; FDNcp - Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas; NDT - Nutrientes digestíveis totais; PMSr - Produção de massa seca da raiz; VOLr - Volume de raiz.

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

De forma inversa, algumas variáveis apresentaram efeito significativo ($P < 0,05$) para a interação entre os efeitos avaliados, sendo elas a % de folhas, cinzas, FDA e lignina (Tabela 7).

Em relação à % de folhas, ao contrário do que aconteceu no corte 1, examinando o efeito da adubação em cada microrganismo, foi possível observar que só não houve efeito significativo para o tratamento controle ($P > 0,05$), e quando havia a presença de microrganismos ($P < 0,05$), o comportamento foi o inverso do que aconteceu no corte 1, apresentando maiores percentagens de folhas para as plantas que não eram adubadas, haja vista que a cada corte havia reinoculação das bactérias, podendo favorecer para o melhor desempenho. Provavelmente este resultado foi obtido devido à maior produção de massa para os tratamentos adubados, maior quantidade de colmo (característica de áreas adubadas, devido ao alongamento de colmo, aumento da densidade populacional de perfilhos) e maior cobertura do solo, ou seja, a planta adubada obteve maior capacidade estrutural, conseqüentemente essas plantas tendem a apresentar menores relações de folha na sua composição morfológica por efeito de diluição. No efeito do microrganismo sobre a adubação, observou-se diferença apenas na falta de adubação, com resposta muito importante, pois as plantas que foram inoculadas apresentaram maiores quantidades de folha na sua composição morfológica (Corte 1, Tabela 4). Guimarães et al. (2011) ao testarem em casa de vegetação a inoculação de *Azospirillum spp.* em *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk observaram que foi proporcionado aumento de 10% no número de folhas em relação a testemunha.

As cinzas apresentaram diferença apenas para a bactéria quando avaliados os efeitos da adubação no microrganismo, apresentando maiores conteúdos minerais em plantas não adubadas. Para avaliar o efeito do microrganismo dentro de cada adubação foi observado efeito apenas quando havia adubação, com menor valor aos inoculados exclusivamente com bactéria (8,74%) (Tabela 8), provavelmente tal resultado foi obtido devido à adubação, estimulando o crescimento da planta e conseqüentemente reduzindo a proporção no teor de minerais das plantas.

Tabela 8 – Desdobramento das variáveis agronômicas, morfológicas e bromatológicas contendo interação significativa em plantas de *Brachiaria decumbens* (corte 3)

Adubação	Folha (%)			
	Ccontrole	Bactéria	Fungo	Bact+Fungo
0 Kg.ha ⁻¹	53,36 B	63,08 Aa	68,45 Aa	61,51 Aa
40 Kg.ha ⁻¹	53,72	51,29 b	50,64 b	49,12 b
Cinzas (%)				
0 Kg.ha ⁻¹	9,25	10,04 a	9,75	9,26
40 Kg.ha ⁻¹	9,74 AB	8,74 Bb	10,18 A	9,54 AB
FDA (%)				
0 Kg.ha ⁻¹	39,51	37,13 b	39,96 a	39,68
40 Kg.ha ⁻¹	39,47 AB	40,43 Aa	36,61 Bb	39,17 AB
Lignina (%)				
0 Kg.ha ⁻¹	4,66 b	4,84 b	5,58	4,43
40 Kg.ha ⁻¹	5,43 ABa	6,28 Aa	5,57 AB	4,58 B

Médias seguidas de letras diferentes minúscula diferem entre si na mesma coluna para cada variável, já as médias seguidas de letras diferentes maiúscula diferem entre si nas linhas, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Outra variável que apresentou interação foi o FDA, que analisando os fatores de forma dependente, pode-se observar efeito da adubação no microrganismo apenas para os cultivos exclusivos de fungos e de bactérias, com efeito de ampliação para as bactérias (37,13% 40,43%, não adubado e adubado, respectivamente) e efeito de redução para os fungos (39,96% 36,61%, não adubado e adubado, respectivamente). Quando se observa o efeito do microrganismo em cada fator da adubação, nota-se a diferença apenas onde ocorre adubação, apresentando menor valor para o tratamento que recebeu fungo como fonte única de inoculação (36,61%), possivelmente por apresentar melhor valor nutritivo (PB, EE e HEMI) (Tabela 8).

Por fim a lignina, que para o efeito da adubação nos microrganismos diferenciou estatisticamente apenas no tratamento controle e com bactéria, apresentando maiores teores de lignina na composição bromatológica das plantas que receberam adubação. O efeito dos microrganismos sobre o fator adubação interferiu apenas onde receberam nutrientes, com destaque às plantas que receberam o mix de microrganismos (fungo+bactéria) apontando menor teor de lignina, considerando-se que é um composto de pouquíssima digestão ruminal, baixas quantidades deste composto se tornam agente característico ao aumento da digestibilidade do alimento (Tabela 8).

4.2 Avaliações de características morfogênicas e estruturais

Para as avaliações de características morfogênicas e estruturais, foi possível observar para o corte 1 que não obteve interação significativa ($P > 0,05$) para a taxa de alongamento de colmo (TALC), Filocrono, taxa de senescência foliar (TSEF), número de folhas vivas (NFV), comprimento final da lâmina (CFL) e peso médio do perfilho (PMperf) (Tabela 9).

Desta forma, entende-se que não existe dependência de um fator no outro, analisando-os de forma isolada. Para a TALC, houve diferença estatística para os 2 fatores. Para o microrganismo, observou-se maiores taxas de alongamento para os cultivos exclusivos de microrganismos (Bactéria – 1,430 cm/perfilho/dia e Fungo – 1,480 cm/perfilho/dia). Em relação à adubação, as plantas não adubadas apresentaram maiores taxas (1,470 cm/perfilho/dia) em detrimento das plantas adubadas (1,320 cm/perfilho/dia) (Tabela 9). O resultado não expressa exatamente o que acontece na prática, pois Corsi (1994) relata que o nitrogênio promove diversas alterações fisiológicas em gramíneas forrageiras, como no número, tamanho, peso e taxa de aparecimento de perfilhos e folhas, e alongamento do colmo. Entretanto, o resultado encontrado não foi nesse sentido no presente trabalho, possivelmente as plantas adubadas foram estimuladas ao perfilhamento e em seguida ao crescimento, fazendo com que as plantas não alongassem tanto o colmo quando comparadas com plantas não adubadas, que por motivo de competição alongam o seu colmo em busca de luz para realização de fotossíntese.

Já o filocrono e a TSEF apresentaram diferença estatística apenas para adubação, porém com respostas no sentido inverso. Enquanto o filocrono foi maior para os tratamentos sem adubação, demorando em torno de 6,69 dias para o aparecimento de duas folhas expandidas consecutivas e 6,08 dias para os tratamentos adubados. Segundo Patês et al. (2007), o fósforo é importante para o alongamento e aparecimento de folhas de plantas de capim-tanzânia, demonstrando que o mesmo pode limitar a morfogênese de forrageiras tropicais e confirmando as respostas encontradas no atual trabalho. A TSEF foi maior quando as plantas eram adubadas em detrimento às não adubadas (0,059 e 0,027, respectivamente), fator já esperado tendo em vista que plantas adubadas aumentam o seu metabolismo e conseqüentemente a senescência foliar das plantas aumenta, assim como o tempo necessário para aparecer uma nova folha, sendo grande

indicativo de plantas com taxas de renovação de tecidos mais elevadas e que demandam manejo mais intensivo.

Ao analisar o PMperf, observou-se significância apenas para o efeito do microrganismo. Sendo que o tratamento controle apresentou maior peso de perfilho em relação aos tratamentos inoculados, resposta provavelmente atrelada ao baixo número de perfilhos observados pelo tratamento, sendo assim diluído o peso aos poucos perfilhos presentes (Tabela 9). Segundo Santos et al. (2009), perfilhos mais pesados possuem colmo mais desenvolvido como forma de garantir a sustentação das folhas, justamente por alongarem rapidamente o seu colmo em busca por luz, como foi observado no tratamento sem inoculação de microrganismos.

Para as variáveis NFV e CFL, não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) em nenhum dos fatores avaliados (Tabela 9), muito provavelmente por ser o corte 1 e ainda não possuírem total efeito dos microrganismos e da adubação para tais variáveis.

De forma oposta, houve interações significativas ($P < 0,05$) para a taxa de alongamento de folhas (TALF), taxa de aparecimento foliar (TAPF), duração de vida das folhas (DVF), densidade populacional de perfilhos (DPP), relação lâmina:colmo (RLC) e índice de área foliar (IAF) apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) para interação entre os fatores microrganismo e adubação (Tabela 9), sendo então necessário a análise de forma conjunta, já que um pode interferir no outro.

Tabela 9 – Características morfogênicas e estruturais de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 1)

Variável	Microrganismo				Adubação		Interação	Micro	Adubação	CV (%)
	Controle	Bactéria	Fungo	Bac+Fung	0 Kg N + 0 Kg P	40 Kg N + 30 Kg P				
TALC (cm/perf/dia)	1,320 b	1,430 ab	1,480 a	1,340 b	1,470 a	1,320 b	0,09	0,01*	0,01*	8,04
TALF (cm/perf/dia)	4,73	5,12	5,25	5,23	4,9	5,27	0,01*	-	-	6,66
TAPF (folha/pef/dia)	0,157	0,178	0,216	0,156	0,162	0,191	0,01*	-	-	9,75
FIL (dia/folha/perf)	6,4	6,5	6	6,6	6,69 a	6,08 b	0,16	0,15	0,01*	10,83
DVF (dias)	33,4	32,9	31,3	35,1	36,3	30	0,02*	-	-	7,85
TSEF (cm/perf/dia)	0,043	0,034	0,049	0,024	0,027 b	0,059 a	0,18	0,17	0,01*	99,46
NFV (folhas)	5,6	5,2	5,5	5,5	5,5	5,4	0,15	0,33	0,67	9,3
CFL (cm)	33,8	34,8	34,3	34,4	34,2	34,4	0,12	0,76	0,81	6,67
DPP (perfilhos)	50	60	59	61	51	64	0,01*	-	-	5,98
RLC	1,37	1,45	1,52	1,53	1,47	1,47	0,01*	-	-	7,17
IAF	6,9	8,8	8,2	7,7	7,4	8,4	0,01*	-	-	10,04
PMperf (g)	2,36 a	1,98 b	1,73 b	1,78 b	2,08	1,85	0,16	0,01*	0,06	20,57

TALC - Taxa de alongamento de colmo; TALF - Taxa de alongamento foliar; TAPF - Taxa de aparecimento foliar; FIL - Filocrono; DVF - Duração de vida das folhas; TSEF - Taxa de senescência foliar; NFV - Número de folhas vivas; CFL - Comprimento final da lâmina; DPP - Densidade populacional de perfilhos; RLC - Relação lâmina:colmo; IAF - Índice de área foliar; PMperf - Peso médio do perfilho.

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A primeira variável com interação significativa é a TALF ($P < 0,05$). Ao observar o efeito da adubação dentro dos microrganismos, observou-se efeito apenas para o controle e para a bactéria, aumentando as taxas de alongamento foliar com a adubação (Taiz e Zeiger, 2013). A TALF é uma importante indicação de acúmulo de forragem, demonstrando alta correlação positiva com a biomassa de forragem (Horst et al, 1978). Quando observado os resultados do efeito do microrganismo dentro de cada adubação, não obteve diferença significativa quando havia adubação. Entretanto, quando não ocorreu a adubação das plantas o resultado foi significativo (Tabela 10), com resposta apresentada interessante já que o fungo exclusivo e em combinação apresentaram maiores taxas de alongamento de folha, ou seja, tornando dispensável a adubação química visando o alongamento de folhas, demonstrando capacidade do fungo ou da combinação em realizar tal função. É sempre bom frisar que as folhas são as partes das plantas que possuem maior digestibilidade, por isso é de grande importância a maior presença desse composto. Além disso, o uso desses microrganismos deve ser mais recomendado por serem agentes biológicos, isto é, menos prejudiciais ao meio ambiente, tendo em vista que adubos químicos são produzidos a partir de combustíveis fósseis e nesse processo são emitidos gases de efeito estufa.

Tabela 10 – Desdobramento das variáveis morfogênicas e estruturais contendo interação significativa em plantas de *Brachiaria decumbens* (corte 1)

Adubação	Controle	Bactéria	Fungo	Bact+Fungo
	TALF (cm/perfilho/dia)			
0 Kg.ha ⁻¹	4,29 Bb	4,83 ABb	5,18 A	5,3 A
40 Kg.ha ⁻¹	5,17 a	5,42 a	5,32	5,16
TAPF (folha/perfilho/dia)				
0 Kg.ha ⁻¹	0,151 B	0,146 Bb	0,202 Ab	0,149 B
40 Kg.ha ⁻¹	0,163 B	0,21 Aa	0,23 Aa	0,162 B
DVF (dias)				
0 Kg.ha ⁻¹	41 Cb	74,5 A	74,5 A	63,3 Bb
40 Kg.ha ⁻¹	70,3 a	82	77,5	75,8 a
DPP (perfilhos)				
0 Kg.ha ⁻¹	1,38 C	1,62 Aa	1,59 AB	1,49 B
40 Kg.ha ⁻¹	1,48 B	1,36 Cb	1,49 AB	1,59 A
RLC				
0 Kg.ha ⁻¹	1,29 Bb	1,55 Aa	1,55 A	1,47 A
40 Kg.ha ⁻¹	1,45 ABa	1,36 Bb	1,49 AB	1,59 A
IAF (m ² folha/m ² solo)				
0 Kg.ha ⁻¹	5,58 Bb	8,33 Ab	7,8 A	7,88 A
40 Kg.ha ⁻¹	8,13 ABa	9,32 Aa	8,62 AB	7,53 B

TALF - Taxa de alongamento foliar; TAPF - Taxa de aparecimento foliar; DVF - Duração de vida das folhas; DPP - Densidade populacional de perfilhos; RLC - Relação lâmina:colmo; IAF - Índice de área foliar.

Médias seguidas de letras diferentes minúscula diferem entre si na mesma coluna para cada variável, já as médias seguidas de letras diferentes maiúscula diferem entre si nas linhas, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Assim como o alongamento, a taxa de aparecimento das folhas (TAPF) também obteve significância para a interação ($P < 0,05$), neste caso havendo diferença para os cultivos exclusivos do efeito da adubação sobre os microrganismos, com comportamento semelhante ao da TALF, que apresentou valores maiores quando as plantas eram adubadas. Ao avaliar o efeito dos microrganismos, ambos os efeitos da adubação se modificaram, com destaque para o cultivo fúngico isolado e adubado ou não, destacando também a bactéria cultivada de forma exclusiva quando adubada (Tabela 10). Estima-se que a contribuição na absorção de nutrientes por fungos micorrízicos seja de 80% para o fósforo, 60% para o cobre e entre 10% a 25% para os demais nutrientes (Marschner & Dell, 1994), elucidando o efeito do fungo para a variável. Segundo Patês et al. (2007), o fósforo é importante para o alongamento e aparecimento de folhas de plantas de capim-tanzânia, demonstrando que o mesmo pode limitar a morfogênese de forrageiras tropicais.

Segundo Martuscello et al. (2005), trabalhando com *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés relataram a influência linear negativa ($P < 0,05$) da adubação nitrogenada na DVF e observaram variação de 41,5 a 36,08 dias para as plantas não adubadas e adubadas com 120 mg/dm³ de N, respectivamente, explicando o decréscimo ocorrido pela maior renovação de tecidos e aumento da produção de células nas plantas adubadas.

A DVF apresentou diferença em todos os tratamentos avaliando o efeito da adubação dentro dos microrganismos, com redução em todos com a adubação, ou seja, as plantas aceleraram o seu metabolismo com a adubação e como foi visto, as folhas senesceram mais rapidamente, conseqüentemente a duração de vida dessas folhas foram menores. Ferramenta muito relevante sobre o manejo das pastagens, já que plantas adubadas devem sofrer pastejos mais frequentes justamente por esse aumento no potencial de desfolha de forma mais acelerada. Gastal & Lemaire (2002) relataram que geralmente ocorre redução na DVF quando há alta disponibilidade de N em função da competição por luz proporcionada pelo aumento da taxa de alongamento foliar e pelo maior tamanho final das folhas. Para avaliação do microrganismo dentro da adubação, houve significância apenas quando houve adubação mineral, que apresentou menor

duração de vida para as bactérias em cultivo exclusivo (Tabela 10), resposta possivelmente obtida através da maior absorção de nutrientes (principalmente o nitrogênio) realizadas pelas bactérias.

Se tratando da adubação dentro dos microrganismos, o mesmo foi observado para a DPP, com exceção do fungo sozinho que não obteve diferença. Os resultados obtidos eram os esperados, já que o aumento na quantidade de perfilhos está sempre associado às plantas adubadas. Sabe-se que através de estímulos, a adubação nitrogenada possui função de aumentar a produção de perfilhos da planta (Galindo et al, 2018). Martuscello et al. (2006) observaram influência do nitrogênio sobre o perfilhamento de capim-massai, com aumentos de 26, 30 e 61% no número de perfilhos para as doses de 40, 80 e 120 mg.dm³ de nitrogênio. Moreira et al. (2009), ao avaliarem o perfilhamento de *Brachiaria decumbens*, observaram efeito linear positivo das doses de nitrogênio no número de perfilhos vivos nos dois anos avaliados e estimaram aumento de 47 e 103% na população de perfilhos vivos/m² no primeiro e no segundo ano, respectivamente, ao aumentarem as doses de nitrogênio de 75 para 300 kg/ha.

Observando o efeito dentro de cada adubação, nota-se que quando adubado, as plantas não inoculadas apresentaram os piores valores (57 perfilhos) em relação as que receberam inoculação de microrganismos (aproximadamente 64, 61 e 74 perfilhos para fungos, bactérias e fungo+bactéria, respectivamente). Quando não adubado, os cultivos únicos de microrganismos apresentaram maiores valores (55 e 57 perfilhos) (Tabela 10). Rocha et al. (2018) encontraram aumento médio de 42% no número de perfilhos quando comparadas as plantas inoculadas com as não inoculadas. Variável extremamente fundamental quando pensamos na questão estrutural do pasto, dando aspecto mais robusto à planta, assim como maior cobertura de solo, evitando processo negativos como o de erosão. Segundo Santos et al. (2010), pastos que apresentam elevado número médio de perfilhos possuem maior quantidade de massa seca potencialmente digestível, o que pode melhorar a resposta dos animais em pastejo.

A RLC é uma das variáveis estruturais da pastagem mais importante de ser avaliada, tendo em conta que as maiores proporções de folha em detrimento ao colmo são benéficas ao desempenho animal, sendo que as folhas possuem maiores compostos de elevada digestibilidade e o colmo maiores compostos indigestíveis (Euclides et al, 2000). Com isso, observou-se pequenas variações quando observados os efeitos da

adubação dentro de cada tipo do fator microrganismo, com diferença apenas para o controle que foi maior a RLC com adubação (1,45) e menor não adubado (1,29) e para a bactéria, menor RLC com a adubação (1,36) e maior sem adubação (1,55). Analisando o efeito do microrganismo dentro de cada tipo do fator adubação, nota-se efeito muito interessante quando não ocorreu adubação, sendo apresentado maiores valores para as plantas inoculadas com microrganismos, potencializando ainda mais os efeitos positivos originados pelos microrganismos inoculados (Tabela 10). Leite et al (2018) encontraram maiores RLC para as plantas inoculadas quando comparadas com as não inoculadas, independentemente do nível de adubação utilizado.

Por fim, no corte 1 com interação significativa temos o IAF, outro fator fundamental no auxílio de estruturação do pasto, sendo esta variável influenciada pela combinação de todas as variáveis citadas anteriormente, isto é, pastagens bem manejadas tendem ao maior IAF (Pereira, 2012). A adubação influenciou positivamente apenas no efeito do controle (5,58 e 8,13, não adubada e adubada, respectivamente) e da bactéria exclusiva (8,33 e 9,32, não adubada e adubada, respectivamente). Quanto aos resultados obtidos dentro de cada tipo de adubação, onde não houve adubação o efeito foi mais contundente, pois as plantas inoculadas apresentaram maiores valores de IAF quando comparadas àquelas não inoculadas, o que torna a inoculação ferramenta eficiente do ponto de vista de acúmulo de folhas na pastagem (Tabela 10), quando observamos a adubação, o tratamento com bactéria exclusiva foi mais eficiente. Segundo Guimarães et al. (2011) o uso de *Azospirillum* em seu estudo promoveu aumento de 10% sobre número de folhas em pastagem de *Brachiaria decumbens* quando em comparação à ausência do inoculante.

Seguindo para o corte 2, foi possível identificar que não apresentaram significância na interação entre os fatores ($P > 0,05$) para TALF, TAPF, Filocrono, TSEF, NFV, CFL, IAF e PMperf (Tabela 11).

A TALF apresentou diferença significativa para ambos os fatores avaliados ($P < 0,05$). Desta forma, foi observado que as taxas de alongamento foliar foram maiores para as plantas inoculadas e sem adubação (Tabela 11), ou seja, a inoculação foi benéfica para o aumento da taxa de alongamento de folha, porém a adubação teve efeito antagônico. O mesmo comportamento aconteceu no corte 3 (Tabela 13). Segundo Gastal & Nelson, 1984, a taxa de alongamento de folha é uma das características que possui melhor desempenho ao receber adubação nitrogenada, o que não foi observado nesses últimos cortes, com exceção do corte 1, apresentaram resultados diferente do que

vimos na literatura (Taiz & Zeiger, 2013). Tais resultados podem ter sido obtidos devido à maior locomoção de nutrientes das plantas adubadas à estruturação da planta, isto é, possuindo maior aparecimento de folhas, perfilhos, RLC e IAF, sendo a última a principal característica que qualifica um pasto de boa estrutura.

Para TAPF o efeito foi significativo apenas para o microrganismo, com efeito aditivo para os tratamentos inoculados. O filocrono, que é uma característica inversa à TAPF, apresentou o mesmo sentido, já que o tratamento que demorou menos dias para aparecer duas folhas consecutivas foi o tratamento que havia presença de bactérias, acompanhado estatisticamente dos tratamentos com fungo e fungo+bactéria (Tabela 11).

Através dos resultados citados acima, é possível observar que as plantas com bactéria exclusiva apresentaram aumento do metabolismo, provavelmente devido à maior captação de nitrogênio realizado pelas bactérias, sendo uma das funções deste nutriente. Para corroborar tal afirmação, a TSEF foi maior para esses tratamentos, já que essa é uma característica de plantas que possuem metabolismo acelerado, ou seja, as folhas estão aparecendo, crescendo e senescendo de forma mais rápida (Tabela 11).

O NFV e CFL apresentaram variações apenas para o efeito da adubação e apresentaram resposta esperadas. O NFV foi maior para as plantas não adubadas (5,25 folhas) do que para as plantas adubadas (4,75 folhas). Já o CFL apresentou maior altura para as plantas adubadas (28,2 cm) em relação às não adubadas (26,63 cm) (Tabela 11). Apesar do NFV ser definida geneticamente (Davies, 1988), as plantas quando recebem adubação nitrogenada tendem a acelerar o metabolismo e conseqüentemente reduzem o número de folhas vivas e aumentam o seu comprimento final. Segundo Fischer & Da Silva (2001) mesmo sendo uma característica determinada geneticamente, elas podem sofrer influência de fatores ambientais.

Para o IAF, observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) para os dois fatores analisados. Avaliando o efeito do microrganismo, foi possível notar que as plantas inoculadas apresentaram maiores índices de área de folha em comparação com aquelas não inoculadas. O mesmo observou-se quando as plantas foram adubadas em detrimento às não adubadas (Tabela 11). Estes resultados seguiram a tendência do foi observado no corte 1, sendo que a inoculação de forma geral, apresentou excelentes resultados de IAF.

Tabela 11 – Características morfológicas e estruturais de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 2)

Variável	Microrganismo				Adubação		Interação	Micro	Adubação	CV (%)
	Controle	Bactéria	Fungo	Bac+Fungo	0 Kg N + 0 Kg P	40 Kg N + 30 Kg P				
TALC (cm/perf/dia)	1,22	1,29	1,33	1,2	1,31	1,21	0,01*	-	-	6,51
TALF (cm/perf/dia)	3,040 b	3,530 a	3,500 a	3,420 a	3,450 a	3,300 b	0,23	0,01*	0,04*	7,36
TAPF (folha/pef/dia)	0,124 b	0,148 a	0,135ab	0,146 a	0,14	0,136	0,91	0,01*	0,42	12
FIL (dia/folha/perf)	8,1 a	7,0 b	7,7 ab	7,5 ab	7,4	7,8	0,95	0,01*	0,06	9,8
DVF (dias)	41,8	33,4	38,2	38,8	38	38,1	0,01*	-	-	6,72
TSEF (cm/perf/dia)	0,011 b	0,032 a	0,010 b	0,015 b	0,019	0,015	0,17	0,05*	0,6	125
NFV (folhas)	5	5	5,1	5	5,3 a	4,8 b	0,06	0,85	0,01*	7,85
CFL (cm)	27,4	28,2	27,2	26,8	26,6 b	28,2 a	0,34	0,46	0,02*	7,83
DPP (perfilhos)	56	78	76	70	63	76	0,01*	-	-	10,55
RLC	1,43	1,49	1,54	1,54	1,52	1,48	0,01*	-	-	7,22
IAF	4,9 b	6,1 a	6,2 a	6,9 a	5,1 b	7,0 a	0,68	0,01*	0,01*	10,62
PMperf (g)	1,20 a	0,79 b	0,80 b	0,98 ab	0,92	0,96	0,52	0,01*	0,56	25,57

TALC - Taxa de alongamento de colmo; TALF - Taxa de alongamento foliar; TAPF - Taxa de aparecimento foliar; FIL - Filocrono; DVF - Duração de vida das folhas; TSEF - Taxa de senescência foliar; NFV - Número de folhas vivas; CFL - Comprimento final da lâmina; DPP - Densidade populacional de perfilhos; RLC - Relação lâmina:colmo; IAF - Índice de área foliar; PMperf - Peso médio do perfilho.

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

No PMperf foi constatado os maiores valores para as plantas que não receberam inoculação, justamente por apresentarem menores condições de estruturas do pasto, com isso a tendência é de menores quantidade de perfilhos e maiores pesos dos mesmos, já que essas plantas tendem a alongar o seu colmo e suas folhas (Tabela 11). Essa combinação é reflexo de avanço no estágio fenológico das plantas, que caminham para condições de RLC mais baixa (Tabela 12).

Neste corte, houve interação ($P < 0,05$) entre os fatores avaliados apenas para a TALC, DVF, DPP e RLC (Tabela 11).

Analisando desta forma a TALC, observou diferença apenas para o tratamento sem inoculação e para o tratamento combinado de microrganismos, quando avaliado o efeito da adubação dentro de cada fator do microrganismo, ocorreu redução de alongamento do colmo quando as plantas eram adubadas. O efeito do microrganismo dentro de cada adubação influenciou apenas quando houve aplicação de adubo químico, com os menores valores também para os tratamentos citados (Tabela 12).

Tabela 12 – Desdobramento das variáveis morfogênicas e estruturais contendo interação significativa em plantas de *Brachiaria decumbens* (corte 2)

Adubação	Controle	Bactéria	Fungo	Bact+Fungo
	TALC (cm/perfilho/dia)			
0 Kg.ha ⁻¹	1,34 a	1,26	1,36	1,28 a
40 Kg.ha ⁻¹	1,11 Bb	1,33 A	1,3 A	1,11 Bb
DVF (dias)				
0 Kg.ha ⁻¹	42,3 A	32,8 C	40,5 ABa	36,3 BCb
40 Kg.ha ⁻¹	41,3 A	34 B	35,8 Bb	41,3 Aa
DPP (perfilhos)				
0 Kg.ha ⁻¹	41 Cb	74,5 A	74,5 A	63,3 Bb
40 Kg.ha ⁻¹	70,3 a	82	77,5	75,8 a
RLC				
0 Kg.ha ⁻¹	1,38 C	1,62 Aa	1,59 AB	1,49 B
40 Kg.ha ⁻¹	1,48 B	1,36 Cb	1,49 AB	1,59 A

TALC - Taxa de alongamento de colmo; DVF - Duração de vida das folhas; DPP - Densidade populacional de perfilhos; RLC - Relação lâmina:colmo.

Médias seguidas de letras diferentes minúscula diferem entre si na mesma coluna para cada variável, já as médias seguidas de letras diferentes maiúscula diferem entre si nas linhas, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Assim como no corte 1, a DVF no corte 2 apresentou interação significativa ($P < 0,05$), porém com resultados diferentes dos observados na primeira análise. Desta vez, houve resposta para adubação dentro dos microrganismos somente para o fungo e

para a combinação entre os microrganismos, sendo que o fungo exclusivo apresentou DVF mais curta quando era adubada, já o agrupamento dos microrganismos apresentou maiores valores quando eram adubados. Para o efeito do microrganismo sobre a adubação, vale o destaque para os tratamentos com cultivo único de bactéria (adubado ou não), que apresentaram valores inferiores, em outras palavras, após a observação da maior TALF, TAPF, TSEF e menor filocrono, era provável a redução na duração de vida das folhas, como já citado, resultados característicos de plantas com metabolismo acelerado, justamente por captarem maiores quantidades de nitrogênio pela bactéria (Tabela 12).

Assim como a TALC, apenas o controle e a combinação de microrganismos apresentaram efeito da adubação dentro dos microrganismos para a DPP, com maior perfilhamento para as plantas que recebiam adubação, algo que já era esperado. Para os demais tratamentos, não obteve diferença entre os fatores da adubação, muito provavelmente pelo efeito positivo que os microrganismos em cultivo exclusivo sem adubação apresentaram, ou seja, para a DPP o cultivo exclusivo de um dos microrganismos é mais eficiente, mesmo sem utilização da adubação (Tabela 12). Sendo assim, para variável em questão, pode-se desprezar a utilização da adubação quando cultivados os microrganismos de forma isolada.

Para a finalização do corte 2, nota-se que para a RLC o adubo influenciou apenas a bactéria no seu resultado, com maiores valores quando as plantas não eram adubadas (1,62) em comparação com aquelas que eram adubadas (1,36). Já para microrganismo influenciou nos resultados dos dois fatores da adubação. Quando não adubada, as plantas com bactérias apresentaram maiores valores para RLC e quando eram adubadas, apresentaram os piores valores (Tabela 12). Demonstrando efeito negativo para as plantas quando eram inoculadas com bactérias e recebia adubação para esta variável. Com exceção da bactéria adubada, o tratamento controle foi aquele que apresentou os piores valores para RLC, ou seja, apresentam as piores condições qualitativas e quantitativas para a pastagem.

Para a finalização das características morfogênicas e estruturais, podemos observar os efeitos das variáveis analisadas após o segundo corte de avaliação até o terceiro (e último) corte.

Em contrapartida, encontrou-se interação significativa ($P < 0,05$) para a TALC, TAPF, DVF, DPP, RLC e IAF (Tabela 13).

Tabela 13 – Características morfológicas e estruturais de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 3)

Variável	Microrganismo				Adubação		Interação	Micro	Adubação	CV (%)
	Controle	Bactéria	Fungo	Bac+Fungo	0 Kg N + 0 Kg P	40 Kg N + 30 Kg P				
TALC (cm/perf/dia)	0,64	0,679	0,696	0,678	0,684	0,663	0,01*	-	-	14,76
TALF (cm/perf/dia)	2,648 b	3,115 a	3,232 a	3,014 a	3,334 a	2,670 b	0,1	0,01*	0,01*	8,67
TAPF (folha/pef/dia)	0,15	0,14	0,14	0,132	0,143	0,138	0,01*	-	-	9,06
FIL (dia/folha/perf)	7,2 b	7,3 b	7,4 b	8,3 a	7,4	7,6	0,26	0,01*	0,41	10,05
DVF (dias)	35,7	35,6	39,3	42,9	38	38,7	0,01*	-	-	7,43
TSEF (cm/perf/dia)	0,023	0,025	0,026	0,031	0,02	0,032	0,19	0,97	0,32	161,13
NFV (folhas)	5	5,3	5,3	5,5	5,3	5,2	0,88	0,22	0,31	9,03
CFL (cm)	21,6 b	24,5 a	25,6 a	22,5 b	25,5 a	21,6 b	0,17	0,01*	0,01*	7,11
DPP (perfilhos)	71	86	87	83	74	89	0,01*	-	-	8,24
RLC	1,02	1,08	1,31	1,11	1,37	0,88	0,01*	-	-	14,56
IAF	3,9	3,8	4,1	4,4	4,2	3,9	0,01*	-	-	8,17
PMperf (g)	0,53	0,46	0,44	0,46	0,50 a	0,44 b	0,62	0,15	0,04*	20,67

TALC - Taxa de alongamento de colmo; TALF - Taxa de alongamento foliar; TAPF - Taxa de aparecimento foliar; FIL - Filocrono; DVF - Duração de vida das folhas; TSEF - Taxa de senescência foliar; NFV - Número de folhas vivas; CFL - Comprimento final da lâmina; DPP - Densidade populacional de perfilhos; RLC - Relação lâmina:colmo; IAF - Índice de área foliar; PMperf - Peso médio do perfilho.

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Avaliando o filocrono, foi possível observar que anteriormente havia apresentado rápidos aparecimentos de novas folhas para os tratamentos com inoculações, neste corte ocorreu modificações, pois foram necessários mais dias para o aparecimento de novas folhas para o tratamento de combinação entre os microrganismos, com os demais não variando do controle (Tabela 13). Apesar do resultado obtido através do desdobramento para a TAPF, onde o tratamento que não havia inoculação e nem adubação apresentou maior valor para a mesma (Tabela 14).

Tabela 14 – Desdobramento das variáveis morfológicas e estruturais contendo interação significativa em plantas de *Brachiaria decumbens* (corte 3)

Adubação	Controle	Bactéria	Fungo	Bact+Fungo
	TALC (cm/perfilho/dia)			
0 Kg.ha ⁻¹	0,662	0,648	0,648	0,779 a
40 Kg.ha ⁻¹	0,618 AB	0,709 A	0,745 A	0,579 Bb
TAPF (folha/perfilho/dia)				
0 Kg.ha ⁻¹	0,165 Aa	0,139 B	0,134 B	0,134 B
40 Kg.ha ⁻¹	0,136 b	0,142	0,146	0,129
DVF (dias)				
0 Kg.ha ⁻¹	33,7 Bb	33,5 Bb	41,3 Aa	43,7 A
40 Kg.ha ⁻¹	37,7 a	37,7 a	37,2 b	42,2
DPP (perfilhos)				
0 Kg.ha ⁻¹	59 C	77 B	88 A	74 B
40 Kg.ha ⁻¹	83 B	94 A	86 AB	93 A
RLC				
0 Kg.ha ⁻¹	1,15 Ca	1,35 Ba	1,68 Aa	1,34 Ba
40 Kg.ha ⁻¹	0,89 b	0,82 b	0,93 b	0,89 b
IAF (m ² folha/m ² solo)				
0 Kg.ha ⁻¹	4,0 B	4,0 B	4,7 Aa	4,1 Bb
40 Kg.ha ⁻¹	3,9 B	3,7 B	3,5 Bb	4,7 Aa

TALC - Taxa de alongamento de colmo; TAPF - Taxa de aparecimento foliar; DVF - Duração de vida das folhas; DPP - Densidade populacional de perfilhos; RLC - Relação lâmina:colmo; IAF - Índice de área foliar.

Médias seguidas de letras diferentes minúscula diferem entre si na mesma coluna para cada variável, já as médias seguidas de letras diferentes maiúscula diferem entre si nas linhas, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A TSEF e NFV não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) para nenhum dos fatores avaliados (Tabela 13). Resultados encontrados possivelmente devido à redução considerável do efeito da adubação para este corte, haja vista que a adubação não teve grandes influências nas taxas de alongamento de folha, colmo, aparecimento

de folhas, filocrono, TSEF e NFV (Tabela 13), na verdade, em geral os tratamentos não adubados e inoculados passaram a obter resultados mais satisfatórios ou no mínimo não se diferenciaram daqueles tratamentos que haviam sido adubados no início do experimento em algumas variáveis, como a DVF (Tabela 14), CFL (Tabela 13), RLC (Tabela 14) e IAF (Tabela 14). Com exceção da DPP que apresentaram valores superiores quando as plantas eram inoculadas e também adubadas (Tabela 14).

4.3 Avaliações de características fisiológicas

Na avaliação das características fisiológicas, foi possível observar que as Globulinas, CLORspad, Clorofila a (CLORa), Clorofila b (CLORb), Carotenóides, Clorofilas totais (CLORtotais) e RAZAO AB, não apresentaram diferenças estatísticas ($P>0,05$) para a interação entre os fatores (Microrganismo x Adubação) (Tabela 15), ou seja, os fatores avaliados atuam de forma independente para tais variáveis.

Desta forma, os resultados encontrados de globulinas demonstram interferência ($P<0,05$) tanto dos microrganismos quanto da adubação. Analisando o efeito dos microrganismos, nota-se que o tratamento sem inoculação apresentou os maiores valores de globulinas, assim como as plantas que receberam adubação (Tabela 15). A partir do aumento na formação de clorofilas em resposta a adubação nitrogenada, há também aumento na formação das proteínas de membrana, principalmente porque as clorofilas do centro de reação e do complexo antena associam-se a estas proteínas, com objetivo de otimizar e reduzir as perdas nos processos de transferência de energia (Taiz et al., 2017). Corroborando os resultados encontrados no trabalho, Seixas (2020) avaliando a o efeito da adubação nitrogenada e a desfolha sobre a formação e mobilização das frações proteicas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, foi encontrado aumento na concentração de globulinas de 128,9%, 30,87% e 35,4% para os cortes 1, 2 e 3, respectivamente, quando comparadas as plantas não adubadas em relação às plantas adubadas. Entretanto, quanto ao tratamento controle apresentar os maiores teores de globulina, não era esperado, já que os tratamentos inoculados apresentaram em geral grande capacidade de absorção de nutrientes e consequentemente maior teor de proteína em sua composição. Resultado possivelmente encontrado, devido ao direcionamento de produção em proteínas diferentes, para cada tratamento.

A CLORspad e carotenoides não apresentaram significância ($P>0,05$) para ambos os fatores (Tabela 15).

Ao analisar as clorofilas a, b e totais, é possível observar que houve diferença significativa para ambos os fatores ($P < 0,05$), assim constatou aumento significativo para todas as variáveis quando as plantas eram adubadas em comparação com as plantas não adubadas (Tabela 15). Galindo et al. (2018) ao analisarem o efeito de fontes e doses de nitrogênio no capim Mombaça, também demonstraram o aumento do teor de clorofila em função da disponibilidade de nitrogênio.

Observando o efeito da inoculação de cada microrganismo de forma geral, deve-se dar ênfase nas respostas dos tratamentos que receberam inoculações com cultivo exclusivo de bactéria, haja vista que os valores foram superiores para as características citadas, enquanto os menores valores observados foram para os tratamentos que não receberam inoculação. Resultado obtido provavelmente devido ao efeito benéfico de forma aditiva das bactérias na absorção de nitrogênio. Sabe-se que o nitrogênio possui atuação direta na formação de pigmentos fotossintéticos (clorofila a, b e totais) presentes no cloroplasto das plantas, que atuando nos processos de captação e conseqüentemente na conversão de energia luminosa em energia química no processo fotossintético (Pimentel, 1998). Segundo Bashan et al. (2006) foram observados aumento em vários pigmentos fotossintéticos, tais como clorofila a, b e pigmentos na presença de *Azospirillum spp.*

Já a RAZAO AB, que expressa a razão entre a CLORa e CLORb, observou-se redução na razão quando as plantas eram adubadas, resultado justificado pelo aumento da produção de CLORb pelas plantas adubadas (Tabela 15), resposta interessante, já que o maior número de pigmentos é benéfico às plantas, pois cada pigmento consegue absorver a luz em comprimento de onda diferente do outro, absorvendo desta forma maiores valores enérgicos oriundos da luz para a realização da fotossíntese (Taiz & Zeiger, 1998). Sendo assim, os pigmentos foliares clorofilas a e b, e os carotenoides estão diretamente associados à eficiência fotossintética, ao crescimento e à adaptabilidade das plantas a diversos ambientes (Taiz & Zeiger, 2004).

Tabela 15 – Características fisiológicas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 1)

Variável	Microrganismo				Adubação		Interação	Micro	Adubação	CV (%)
	Controle	Bactéria	Fungo	Bac+Fungo	0 Kg N + 0 Kg P	40 Kg N + 30 Kg P				
Albuminas	1,435	1,479	1,867	1,653	1,025	2,193	0,01*	-	-	19,53
Globulinas	0,786 a	0,510 b	0,588 a	0,451 b	0,455 b	0,712 a	0,06	0,01*	0,01*	37,28
Prolaminas	0,303	0,218	0,145	0,195	0,28	0,151	0,01*	-	-	50,1
Glutelinas	1,751	1,481	1,276	1,482	1,314	1,681	0,01*	-	-	21,05
CLOR spad	29,51	30,58	30,82	32,06	30,19	31,3	0,26	0,16	0,16	8,76
CLORa	1,909 c	2,451 a	2,203 b	2,082 bc	2,064 b	2,259 a	0,19	0,01*	0,01*	9,62
CLORb	0,857 b	1,055 a	1,004 a	0,837 b	0,779 b	1,097 a	0,12	0,01*	0,01*	11,06
CAROTEN	0,261	0,282	0,261	0,297	0,277	0,273	0,81	0,79	0,89	38,49
CLORtotais	2,766 c	3,505 a	3,208 b	2,919 c	2,843 b	3,356 a	0,07	0,01*	0,01*	8,31
RAZÃO AB	2,31 ab	2,37 ab	2,24 b	2,63 a	2,71 a	2,07 b	0,4	0,04*	0,01*	13,76

CLOR spad - Clorofila spad; CLORa - Clorofila a; CLORb - Clorofila b; CAROTEN - Carotenoides; CLORtotais - Clorofilas totais; RAZAO AB - Razão entre as clorofilas a e b.

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Unidade (mg.g⁻¹ de MS)

Em relação às características que apresentaram efeito interativo ($P < 0,05$) entre os fatores estudados para o corte 1, são as albuminas, prolaminas e glutelinas (Tabela 15).

Comparando o efeito da adubação dentro de cada fator dos microrganismos, nota-se que houve efeito significativo ($P < 0,05$) para todas as plantas que receberam inoculações, com efeito positivo no aumento de albuminas em plantas que receberam adubação. As albuminas representam a maior parte das enzimas em tecidos vegetais, o efeito observado com a adubação pode ser explicado pela apresentação de maiores teores proteicos nessas plantas neste momento (Tabela 4). Segundo Chapman & Barreto (1997), cerca de 50 a 70% do nitrogênio total nas folhas estão associadas a enzimas presentes nos cloroplastos para a realização de fotossíntese. Partindo para análise do efeito dos microrganismos dentro de cada fator de adubação, foi possível observar diferença em ambas as alternativas da adubação, porém quando não havia adubação o controle apresentou maior concentração de albumina, de forma contrária, quando adubadas as plantas com inoculação tenderam à maior concentração, possivelmente ocorrendo estímulo da adubação no aumento da concentração de albuminas nas plantas, com exceção do tratamento com bactérias, que apresentou valores estatisticamente idênticos ao controle (Tabela 16). Neste caso vale o destaque para as plantas inoculadas, que não apresentaram valores elevados para globulinas, porém compensaram com elevados valores de albuminas para este corte.

Já as prolaminas, o efeito foi reverso, já que o efeito da adubação influenciou significativamente de forma negativa apenas o controle e as bactérias, com maiores quantidades para as plantas não adubadas ($0,483 \text{ mg.g}^{-1}$ de MS e $0,295 \text{ mg.g}^{-1}$ de MS, respectivamente) do que as adubadas ($0,123 \text{ mg.g}^{-1}$ de MS e $0,140 \text{ mg.g}^{-1}$ de MS, respectivamente). Assim como maiores concentrações nas plantas não adubadas sem inoculação ou inoculadas apenas com bactérias, como visto nas albuminas (Tabela 16). As prolaminas são um grupo de proteínas denominadas proteínas de reserva, utilizadas pela planta durante o processo de germinação e na fase inicial de crescimento antes da fotossíntese estar estabelecida (D'Ovidio & Masci, 2004). Entretanto, o resultado não foi observado no presente trabalho, possivelmente por uma rápida utilização de suas proteínas de reserva.

Tabela 16 – Desdobramento das variáveis fisiológicas contendo interação significativa em plantas de *Brachiaria decumbens* (corte 1)

Adubação	Albuminas (mg.g ⁻¹ de MS)			
	Controle	Bactéria	Fungo	Bact+Fungo
0 Kg.ha ⁻¹	1,452 A	1,198 ABb	0,757 Bb	0,692 Bb
40 Kg.ha ⁻¹	1,418 B	1,760 Ba	2,977 Aa	2,615 Aa
Adubação	Prolaminas (mg.g ⁻¹ de MS)			
	Controle	Bactéria	Fungo	Bact+Fungo
0 Kg.ha ⁻¹	0,483 Aa	0,295 Ba	0,205 B	0,135 B
40 Kg.ha ⁻¹	0,123 b	0,140 b	0,085	0,255
Adubação	Glutelinas (mg.g ⁻¹ de MS)			
	Controle	Bactéria	Fungo	Bact+Fungo
0 Kg.ha ⁻¹	1,467 Ab	1,45 A	0,818 Bb	1,522 A
40 Kg.ha ⁻¹	2,035 Aa	1,513 B	1,733 ABa	1,442 B

Médias seguidas de letras diferentes minúscula diferem entre si na mesma coluna para cada variável, já as médias seguidas de letras diferentes maiúscula diferem entre si nas linhas, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Como último fator do corte 1 havendo interação, temos as glutelinas ($P < 0,05$). Apenas os tratamentos sem inoculação e o fúngico exclusivo apresentaram maiores concentrações de glutelinas na sua composição quando eram adubados, em comparação com aqueles que não recebiam adubação. Da mesma forma, quando comparados com a bactéria e a combinação de microrganismos adubados. Quando não adubados, apenas as plantas que receberam unicamente os fungos apresentaram resultados menores (Tabela 16). Resultado expressado devido à função das glutelinas, haja visto que são proteínas de caráter estrutural, fornecendo sustentação aos tecidos (Sniffen et al., 1992). Portanto, as plantas que não receberam inoculação apresentaram maiores valores justamente por terem alongado maiores tecidos vegetais por busca de luz e necessitando assim de maior suporte estrutural. Já as plantas inoculadas com fungos, foram aquelas de maior produção forrageira e de maiores quantidades de características de seguimento estrutural como discutido anteriormente, sendo assim, necessitando de maiores proporções de proteínas estruturais na sua composição.

No segundo corte, apesar de conseguirmos notar algumas similaridades, podemos observar diferenças consideráveis do que foi apresentado no corte 1. As Glutelinas, CLORspad, CLORb, Carotenoides e CLORtotais não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) para o efeito da interação entre microrganismos e adubação (Tabela 17).

As plantas inoculadas com bactéria apresentaram valores de glutelinas inferiores aos demais tratamentos, resultado contrário ao que foi observado no corte 1, possivelmente devido à rápida capacidade de estrutural inicialmente desse tratamento, destinando suas proteínas em sequência para outras funções. Quando avaliado o efeito da adubação para a variável, nota-se que as plantas que receberam adubação apresentaram valor superior ($1,247 \text{ mg.g}^{-1}$ de MS) do que aquelas não adubadas ($1,097 \text{ mg.g}^{-1}$ de MS) (Tabela 17). Como visto, resultado esperado, já que plantas adubadas tendem à maior presença de proteínas em sua composição.

Assim como no corte 1, as respostas de CLORspad e carotenoides também não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) para nenhum dos fatores avaliados (Tabela 17).

Igualmente ao observado no corte 1, para CLORb e CLORtotais, que apresentaram diferença significativa para ambos os fatores, o seu efeito foi positivo quando as plantas eram inoculadas, assim como quando eram adubadas, agregando maiores quantidades de clorofilas nas plantas (Tabela 17). O aumento da quantidade de clorofila à medida que aumenta as doses de nitrogênio (N) tem como causa provável ao fato de que 50% do N total presente nas folhas é constituinte das moléculas da clorofila, (Neto, 2012). No corte 1, a CLORa acompanhou as variáveis aqui citadas, neste corte a tendência foi a mesma, porém houve interação significativa entre os fatores estudados ($F < 0,05$). Neste caso, observou que todos os tratamentos adubados quando comparados com os não adubados, apresentou aumento significativo nos valores de CLORa da planta. Se tratando do efeito em cada adubação, notou-se diferença apenas quando as plantas não eram adubadas, observando melhorias no aumento do número de CLORa quando as mesmas eram inoculadas com microrganismos (Tabela 19).

Rocha et al. (2018) avaliaram o desempenho (Altura, teor de clorofila, massa seca, número de perfilhos e relação lâmina:colmo) de *Brachiaria brizantha* cv, Paiaguás inoculada com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de nitrogênio (0, 25, 50 75 e 100% de N, sendo o máximo 50 kg.N.ha^{-1}), foi possível observar que o tratamento controle (sem inoculação) apresentaram valores inferiores quando comparado com aos tratamentos inoculados, independentemente da adubação utilizada. Assim como Guimarães et al. (2011) que avaliaram a inoculação de *Azospirillum* spp. com *Brachiaria decumbens* e observaram efeito positivo dessas bactérias na leitura do índice de clorofila, equivalente a 82% das leituras observadas para o tratamento com adubação

nitrogenada, confirmando que a associação entre a planta e bactérias podem resultar em um suprimento adequado de nitrogênio.

Quanto aos fungos micorrízicos, Franco & Cano (2006), em estudos sobre atividade de FMA na rizosfera de capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) observaram que a colonização micorrízica aumentou significativamente os teores de clorofila das plantas.

Diante do observado, neste corte foi averiguado a diferença significativa ($P < 0,05$) para a interação entre fatores adubação e microrganismos para as variáveis Albuminas, Globulinas, Prolaminas, CLORa e RAZAO AB (Tabela 17), necessitando da avaliação dessas variáveis de forma dependentes, já que um fator pode influenciar a resposta do outro.

As albuminas e as globulinas apresentaram sincronia nos resultados, pois houve diferença para o efeito da adubação dentro do microrganismo apenas para os tratamentos cultivados com fungo e fungo+bactéria, apresentando aumento dos níveis de albuminas e globulinas às que foram contempladas com adubação química. Enquanto para o efeito do microrganismo dentro de cada adubação, observou-se efeito apenas com a presença de doses minerais, sendo esses dois tratamentos citados, com os maiores valores dessas proteínas na sua composição (Tabela 18).

Já as Prolaminas os resultados não seguiram a tendência das demais, apresentando efeito da adubação apenas no fator do microrganismo que continha o fungo cultivado exclusivamente ($P < 0,05$), notando redução da quantidade de prolaminas quando as plantas eram adubadas. Entretanto, para o efeito do microrganismo dentro da adubação, notou-se efeito apenas para as plantas não adubadas ($P < 0,05$), diferente do que foi encontrado nas albuminas e globulinas, apesar da maior quantidade de prolaminas para os mesmos tratamentos (fungo e fungo+bactéria) (Tabela 18).

Tabela 17 – Características fisiológicas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 2)

Variável	Microrganismo				Adubação		Interação	Micro	Adubação	CV (%)
	Controle	Bactéria	Fungo	Bac+Fungo	0 Kg N + 0 Kg P	40 Kg N + 30 Kg P				
Albuminas	1,935	2,168	1,97	2,311	1,955	2,237	0,01*	-	-	17,04
Globulinas	1,128	1,33	1,121	1,256	1,083	1,236	0,02*	-	-	15,23
Prolaminas	0,388	0,328	0,556	0,516	0,468	0,426	0,01*	-	-	33,45
Glutelinas	1,327 a	1,008 b	1,092 ab	1,261 ab	1,097 b	1,247 a	0,51	0,01*	0,04*	21,25
CLOR spad	29,76	30,96	30,82	32,17	30,42	31,44	0,09	0,22	0,21	8,91
CLORa	1,244	1,411	1,411	1,373	1,312	1,407	0,01*	-	-	10,61
CLORb	0,386 b	0,467 b	0,631 a	0,577 a	0,488 b	0,543 a	0,34	0,01*	0,04*	17,15
CAROTEN	0,218	0,207	0,207	0,219	0,205	0,221	0,29	0,94	0,38	29,47
CLORtotais	1,631 b	1,877 a	2,041 a	1,949 a	1,799 b	1,949 a	0,06	0,01*	0,01*	9,35
RAZÃO AB	3,22	3,09	2,34	2,45	2,81	2,75	0,01*	-	-	18,17

CLOR spad - Clorofila spad; CLORtotais - Clorofilas totais; RAZAO AB - Razão entre as clorofilas a e b.

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Unidade (mg.g⁻¹ de MS)

Tabela 18 – Desdobramento das variáveis fisiológicas contendo interação significativa em plantas de *Brachiaria decumbens* (corte 2)

Adubação	Controle			
	Controle	Bactéria	Fungo	Bact+Fungo
Albuminas (mg.g ⁻¹ de MS)				
0 Kg.ha ⁻¹	2,025	2,233	1,690 b	1,872 b
40 Kg.ha ⁻¹	1,845 B	2,102 B	2,250 ABa	2,750 Aa
Globulinas (mg.g ⁻¹ de MS)				
0 Kg.ha ⁻¹	1,073	1,187	1,000 b	1,072 b
40 Kg.ha ⁻¹	1,182 AB	1,08 B	1,242 ABa	1,440 Aa
Prolaminas (mg.g ⁻¹ de MS)				
0 Kg.ha ⁻¹	0,420 B	0,302 B	0,693 Aa	0,455 AB
40 Kg.ha ⁻¹	0,355	0,355	0,418 b	0,577
Clorofila a (mg.g ⁻¹ de MS)				
0 Kg.ha ⁻¹	1,148 Bb	1,315 Ab	1,321 Ab	1,273 Ab
40 Kg.ha ⁻¹	1,339 a	1,515 a	1,499 a	1,474 a
Razão AB				
0 Kg.ha ⁻¹	2,91 Ab	2,57 ABb	2,35 B	2,37 B
40 Kg.ha ⁻¹	3,56 Aa	3,63 Aa	2,33 B	2,54 B

Médias seguidas de letras diferentes minúscula diferem entre si na mesma coluna para cada variável, já as médias seguidas de letras diferentes maiúscula diferem entre si nas linhas, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Analisando a RAZAO AB, nota-se que o tratamento controle e aquele que havia presença apenas da bactéria, apresentou maiores razões em relação ao fungo e ao fungo+bactéria, independente de terem recebido adubação ou não. Assim como maior razão para eles quando recebiam adubação quando comparados com aqueles que não receberam nutrientes (Tabela 18). Resultados obtidos justamente pela baixa quantidade observada de CLORb (Tabela 17), aumentando assim a proporção de CLORa em relação a CLORb.

Para o último corte, se tratando de características fisiológicas, pouco efeito foi possível observar, tanto de interação, como efeito dos fatores analisados. Desta forma, nota-se que apenas as prolaminas e a RAZAO AB apresentou interação significativa ($P < 0,05$). As demais variáveis não apresentaram interação, sendo necessário a análise de forma independente (Tabela 19).

Tabela 19 – Características fisiológicas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk cultivados com ou sem inoculação de microrganismos promotores de crescimento vegetal e a presença ou não de adubação nitrogenada e fosfatada (Corte 3)

Variável	Microrganismo				Adubação		Interação	Micro	Adubação	CV (%)
	Controle	Bactéria	Fungo	Bac+Fungo	0 Kg N + 0 Kg P	40 Kg N + 30 Kg P				
Albuminas	3,458	3,355	3,587	3,605	3,548	3,455	0,83	0,41	0,44	11,63
Globulinas	2,262	2,101	2,131	1,884	2,076	2,112	0,09	0,13	0,75	18,23
Prolaminas	1,183	1,069	1,186	1,069	1,191	1,063	0,01*	-	-	12,86
Glutelinas	2,295	2,171	2,209	2,228	2,307	2,195	0,87	0,08	0,16	12,11
CLOR spad	26,49	27,88	27,01	26,97	27,54	26,64	0,83	0,51	0,17	8,33
CLORa	1,225	1,278	1,259	1,204	1,185 b	1,247 a	0,06	0,27	0,01*	7,22
CLORb	0,598 a	0,625 a	0,583 a	0,429 b	0,521	0,576	0,06	0,01*	0,11	20,73
CAROTEN	0,199	0,186	0,182	0,198	0,208	0,175	0,18	0,78	0,06	25,77
CLORtotais	1,563	1,541	1,549	1,436	1,538	1,499	0,35	0,08	0,58	16,39
RAZÃO AB	2,15	2,21	2,44	2,96	2,27	2,71	0,01*	-	-	21,55

CLOR spad - Clorofila spad; CLORtotais - Clorofilas totais; RAZAO AB - Razão entre as clorofilas a e b.

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Unidade (mg.g⁻¹ de MS)

As albuminas, Globulinas, Glutelinas, CLORspad, Carotenoides e CLORtotais não apresentaram diferença significativa para o efeito do microrganismo e nem para o efeito da adubação ($P > 0,05$) (Tabela 19). Observando assim, efeito reduzido a partir da realização do segundo corte para respostas fisiológicas, talvez tenha ocorrido limitação física das unidades experimentais para expressão dos resultados, se igualando ao tratamento controle, haja vista que o sistema radicular das plantas em geral tenha sido bastante prejudicado pela disponibilidade de solo na fase final do experimento. Tornando necessário a expansão de experimentos em campos com maiores áreas disponíveis.

Para a variável CLORa observou-se diferença significativa ($P < 0,05$) apenas para o efeito da adubação, demonstrando efeito aditivo na quantidade de clorofilas a para as plantas adubadas, como já observamos nos demais cortes (Tabela 19).

Já a CLORb, notou-se comportamento um pouco diferente, com efeito significativo apenas para os microrganismos ($P < 0,05$), com valores inferiores observados quando as plantas recebiam a mistura dos microrganismos (Tabela 19).

Em contrapartida, para analisar o efeito das variáveis que sofreram interação significativa, torna-se necessário a avaliação de forma dependente das variáveis. As prolaminas apresentaram maiores valores para as plantas não adubadas do que as plantas adubadas ($P < 0,05$), para o tratamento que havia presença de bactérias de forma exclusiva, sendo o único tratamento com diferença relacionada ao efeito da adubação, resposta tendenciosa ao que foi observado nos demais cortes. Porém, Seixas (2020) encontraram maiores resultados para as plantas adubadas, inverso ao encontrado no presente trabalho. Quanto ao efeito do microrganismo dentro da adubação, pode-se observar efeito significativo apenas para a falta de adubação ($P < 0,05$), onde os tratamentos com fungo e com fungo+bactéria apresentaram maiores quantidades de prolaminas em sua composição. Vale destacar, que em todos os três cortes, as prolaminas apresentaram interação entre os fatores, com efeito reduzido de sua presença nas plantas que receberam adubações químicas no início das avaliações (Tabelas 16, 18 e 20).

Por fim a RAZAO AB, que apresentou interferência da adubação ($P < 0,05$) apenas para o cultivo de bactéria, de forma exclusiva ou combinada, aumentando com a presença de adubação. Para o efeito dentro adubação pelos microrganismos, apenas quando não havia presença de adubação obteve diferença estatística ($P < 0,05$), com resultados inferiores às plantas que tinha apenas a presença de bactéria de forma

exclusiva (Tabela 20). Podendo ser explicado devido a maior produção de CLORb (Tabela 19) dos tratamentos que recebiam as bactérias, reduzindo assim essa proporção, como foi observado anteriormente.

Tabela 20 – Desdobramento das variáveis fisiológicas contendo interação significativa em plantas de *Brachiaria decumbens* (corte 3)

Adubação	Controle	Bactéria	Fungo	Bact+Fungo
	Prolaminas (mg.g ⁻¹ de MS)			
0 Kg.ha ⁻¹	3,42 BC	3,407 Ca	3,643 AB	3,72 A
40 Kg.ha ⁻¹	3,497	3,303 b	3,530	3,490
Razão AB				
0 Kg.ha ⁻¹	2,22 Ab	1,87 B	2,19 A	2,31 Ab
40 Kg.ha ⁻¹	2,49 a	2,54	2,69	2,62 a

Médias seguidas de letras diferentes minúscula diferem entre si na mesma coluna para cada variável, já as médias seguidas de letras diferentes maiúscula diferem entre si nas linhas, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

V – CONCLUSÕES

O uso de *Azospirillum brasilense* e *Rhizophagus intraradices* combinados, em geral, promoveram as melhores respostas significativas no desempenho quantitativo e qualitativo em *Brachiaria decumbens*, indicando possibilidades na substituição parcial no uso de fertilizantes químicos.

Nas condições do semiárido, em que há adoção de baixo nível tecnológico nas pastagens em grande maioria das propriedades rurais, do ponto de vista do uso de insumos, juntamente com os baixos estoques de matéria orgânica presente no solo, a adoção dos microrganismos promotores de crescimento e facilitadores nutricionais, torna-se ser uma alternativa promissora para otimizar a implantação, formação e produção inicial de pastagens de *Brachiaria decumbens*.

Entretanto, novos trabalhos são essenciais para o esclarecimento de algumas lacunas geradas e conseqüentemente no estabelecimento de manejos.

VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASHAN, Y.; BUSTILLOS, J. J.; LEYVA, L. A. Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigments in wheat seedlings induced by *Azospirillum brasilense*. **Biology and Fertility of Soils**, v.42, p.279-285, 2006.

BERNARDI, A.; SILVA, A.W.L.; BARETTA, D. Estudo metanalítico da resposta de gramíneas perenes de verão à adubação nitrogenada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.70, p.545-553, 2018.

CECATO, U.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E.B. Frequência de corte, níveis e formas de aplicação de nitrogênio sobre as características da rebrota do capim Aruana (*Panicum maximum* Jacq. cv. Aruana). **Revista Unimar**, v.16, n.3, p.263-276, 1994.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. G. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v.89, p.557-562, 1997.

CORSI, M.; BALSALOBRE, M. A.; SANTOS, P. M. et al Bases para o estabelecimento do manejo de pastagens de braquiária. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, p.249-266, 1994.

COSTA, K.A. de P.; OLIVEIRA, I.P. de; FAQUIN, V. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 60f. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 192).

D’OVIDIO R.; MASCI S. The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. **Journal of Cereal Science**, London, v.39, p.321-329, 2004.

EUCLIDES, V. P. B. **Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte. p.65, 2000.

EUCLIDES, V. P. B.; CARDOSO, E. G.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. de. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2200-2208, 2000.

FARIA, B.M.; MORENZ, M.J.F.; PACIULLO, D.S.C.; LOPES, F.C.F.; GOMIDE, C.A.M. Growth and bromatological characteristics of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria ruziziensis* under shading and nitrogen. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, p. 529-536, 2018.

FISCHER, A.; DA SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. Piracicaba, **Anais...**Piracicaba:ESALQ. p.733-754, 2001.

FRANCO A. D.; CANO, I. G. Colonización micorrizica arbuscular y crecimiento de genotipos de pasto de buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.29, p.203-206, 2006.

GALINDO, F. S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DUPAS, E.; CARVALHO, F. C. Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, p.900-913, 2018.

GALZERANO, L.; MALHEIROS, E. B.; RAPOSO, E; MORGADO, E. da S.; RUGGIERI, A. C. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido a intesidades de pastejo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.4, p.1879-1890, 2013.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. N uptake and distribution in crops: agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, London, v.53, n.370, p.789-799. 2002.

GASTAL, F.; NELSON, C. J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant physiology**, v.105, n.1, p.191-197, 1994.

GUIMARÃES, S. L.; BONFIM-SILVA, E. M.; POLIZEL, A. C.; CAMPOS, D. T. da S. Produção de capim marandu inoculado com *Azospirillum* spp. **Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.7, n.13, 2011.

GUIMARAES, S. L.; DOS SANTOS, C.S.; BONFIM-SILVA, A.E.M. Nutritional characteristics of marandu grass (*Brachiaria brizantha* cv. marandu) subjected to inoculation with associative diazotrophic bacteria, **African Journal of Microbiology Research**, v.10, p. 873-882, 2016.

GUIMARÃES, S.L; BONFIM-SILVA, E.M; KROTH, B.E. et al Crescimento e desenvolvimento inicial de *Brachiaria decumbens* inoculada com *Azospirillum* spp. **Enciclopédia Biosfera/Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.7, n.13, p.286-295, 2011.

HERNANDEZ, M.; CARDENAS, M. Efecto de la inoculación con micorriza en Guinea cv. Likoni. **Pastos y Forrajes**, Havana, v.17, n.1, p.51-54, 1994.

HODGE, A.; ROBINSON, D.; FITTER, A. H. An arbuscular mycorrhizal inoculation enhances root proliferation in, but not nitrogen capture from, nutrient rich patches in soil. **New Phytologist**, Oxford, v.154, n.3, p.575-584, 2000.

HORST, G. L.; NELSON, C. J.; ASAY, K. H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Science**, v.18, p.715-719, 1978.

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, pp.413-425, 2010.

JANK, L.; VALLE, C. B.; RESENDE, R. M. S. Breeding tropical forages. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.11, Special edition, p.27-34, 2011.

KARAGIANNIDIS, N.; NIKOLAOU, N. Arbuscular root infection as an important factor of grapevine nutrition status: multivariate analysis application for evaluation and characterization of the soil and leaf. **Agrochimica**, Pisa, v.43, n.3/4, p.151-165, 1999.

LEITE, R. C.; SANTOS, J. G. D.; SILVA, E. L.; ALVES, C. R. C. R.; HUNGRIA, M.; SANTOS, A. C. Aumento da produtividade, redução do uso de fertilizantes nitrogenados e redução do estresse hídrico por inoculação de capim Marandu (*Urochloa brizantha*) com *Azospirillum brasilense*. **Crop and Pasture Science**, v.70, n.1, p.61-67, 2018.

MAGALHÃES, J. A.; CARNEIRO, M. S. de S.; ANDRADE, A. C.; PEREIRA, E. S.; SOUTO, J. S.; PINTO, M. S. de C.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. de L.; MOCHEL FILHO, W. J. E. Eficiência do nitrogênio, produtividade e composição do capim-andropogon sob irrigação e adubação. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 61, n. 236, p. 577-588, 2012.

MAICHE, R.; HUBER, C. Desenvolvimento da produção e pesquisa de bioetanol nos Estados Unidos: um enfoque nas rotas bioquímicas. **Rev. Thema**, v.7, n.2, p.1-19, 2010.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 638p., 2006.

MANE, S. S.; RAUT, R. S.; KOHIRE, O. D. Comparative performance of vesicular arbuscular mycorrhizal fungus and *Rhizobium* inoculation with groundnut. **Annals of Plant Physiology**, Oxford, v. 7, n. 1, p. 116-118, 1993.

MARANHÃO, C. M. A.; SILVA, C. C. F.; BONOMO, P.; PIRES, A. J. V. Produção e composição químico-bromatológica de duas cultivares de braquiárias adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, v.31, n.2, p.117-122, 2009.

MARSCHNER, H. & DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, The Hague, v.159, p.89-102, 1994.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M. da; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P. M.; CUNHA, D. N. F. V. C.; MOREIRA, L. M. Características morfogênicas e estruturais de capim-Massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.35, p.665-671, 2006.

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1475-1482, 2005.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 729p., 2006.

MOREIRA, L. M.; MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M. Perfilhamento, acúmulo de forragem e composição bromatológica do capim-braquiária adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1675-1684, 2009.

PATÊS, N. M. da S.; PIRES, A. J. V.; SILVA, C. C. F. da; SANTOS, L. C.; CARVALHO, G. G. P. de; FREIRE, M. A. L. Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1736-1741, 2007.

PEREIRA D. A. **Características morfogênicas, estruturais e produção do Capim-Elefante cv. Pioneiro sob adubação nitrogenada**. 2012. p.44. Monografia (Bacharel em Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros, 2012.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Rio de Janeiro: EDUR, 159p., 1998.

REIS JÚNIOR, 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.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. C.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Viçosa, 341 p. 1999.

ROCHA, A. F. de 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.03, p.177-186, 2018.

RODRIGUES, A. A.; FORZANI, M. V.; SOARES, R. S.; SIBOV, S. T.; VIEIRA, J. D. G. Isolation and selection of plant growth-promoting bacteria associated with sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.46, n.2, p.149-158, 2016.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M. da; BALBINO, E. M.; MONNERAT, J. P. I. dos S.; SILVA, S. P. Capim-braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e características da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.650-656, 2009.

SEIXAS, A. A. **Metabolismo de carboidratos e proteínas: efeito da adubação nitrogenada e da desfolha no capim-marandu**. p.146. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, 2020.

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.

SOARES FILHO, C.; MONTEIRO, F.A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de *Braquiária decumbens*. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. **Revista Pasturas Tropicales**, v.14, p.2-6, 1992.

SOUZA, F. A.; GOMES, E. A.; VASCONCELOS, M. J. V.; SOUSA, S. M. **Micorrizas arbusculares: perspectivas para aumento da eficiência de aquisição de fósforo (P) em Poaceae (gramíneas)**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 954p., 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de E.R. Santarém et al 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 719p., 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 792p., 1998.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888 p., 2017.
- VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v.56, n.4, p.460-472, 2009.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, p.446, 1994.