



# Agronomia: Elo da Cadeia Produtiva 5

Diocléa Almeida Seabra Silva  
(Organizadora)



# Agronomia: Elo da Cadeia Produtiva 5

Diocléa Almeida Seabra Silva  
(Organizadora)

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

#### **Conselho Editorial**

##### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Cândido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

##### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Gislene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

**Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A281 Agronomia [recurso eletrônico] : elo da cadeia produtiva 5 /  
Organizadora Diocléa Almeida Seabra Silva. – Ponta Grossa,  
PR: Atena Editora, 2019. – (Agronomia: Elo da Cadeia Produtiva;  
v. 5)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-824-3  
DOI 10.22533/at.ed.243190312

1. Agricultura – Economia – Brasil. 2. Agronomia – Pesquisa –  
Brasil. I. Silva, Diocléa Almeida Seabra. II. Série.

CDD 630.981

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## BIOPROMOTORES E LUZ NO CRESCIMENTO DE *Brachiaria brizantha*

### **Monyck Jeane dos Santos Lopes**

Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto de Ciências agrárias, Laboratório de Proteção de Plantas

Belém - Pará, 66077-830.

Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Coordenação de Botânica, Laboratório de Biotecnologia de Propágulos e Mudas.

Belém - Pará, 66040-170

[monycklopes@museu-goeldi.br](mailto:monycklopes@museu-goeldi.br)

### **Moacyr Bernardino Dias Filho**

Embrapa Amazônia Oriental

Belém - Pará, 66017-970

### **Thomaz Henrique dos Reis Castro**

Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto de Ciências agrárias, Laboratório de Proteção de Plantas

Belém - Pará, 66077-830

### **Gisele Barata da Silva**

Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto de Ciências agrárias, Laboratório de Proteção de Plantas

Belém - Pará, 66077-830

[gibarata@ufra.edu.br](mailto:gibarata@ufra.edu.br)

áreas degradadas, em sistemas convencionais e integrados. O objetivo desse trabalho é determinar o melhor método de inoculação de *B. pyrrocinia* e *P. fluorescens* e verificar seus efeitos no crescimento em *B. brizantha* cv. BRS Piatã sob diferentes intensidades luminosas. Os ensaios foram conduzidos em casa de vegetação e em viveiro sob pleno sol e sombra na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) ( $01^{\circ}27'25''S$ ,  $48^{\circ}26'36''W$ ), em Belém, Pará, Brasil. Foram avaliados parâmetros de morfogênese e fisiológico. O uso de *Pseudomonas fluorescens* (BRM-32111) e *Burkholderia pyrrocinia* (BRM-32113), incrementou as taxas fotossintéticas, índice Spad, altura, área foliar e produção de biomassa em *B. brizantha*. O método de inoculação e a intensidade de luz foram fundamentais para determinar o potencial do microrganismo como promotor do crescimento em *B. brizantha*. A coinoculação de *P. fluorescens* e *B. pyrrocinia*, pela rega do solo 14 dias após a germinação, elevou o crescimento e a produção de biomassa de *B. brizantha* sob diferentes condições luminosas, evidenciando seu potencial biofertilizante para obtenção de pastagens mais produtivas em sistemas convencionais e integrados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inoculação, Forrageira, PGPR

**RESUMO:** O uso de microrganismos benéficos em pastagens é uma técnica potencialmente vantajosa para o manejo sustentável, reduzindo a adubação química na manutenção das pastagens ainda produtivas e na recuperação de

**ABSTRACT:** The inoculation of beneficial microorganisms in forage grasses is a potentially advantageous technique for sustainable pasture management by decreasing the need for chemical fertilization to maintain pasture productivity and reclaim degraded pastures, under both conventional and integrated systems (i.e., subjected to shade). The aim of this study was to determine the most effective method of microorganism inoculation on *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) *brizantha* cv. BRS Piatã grown under contrasting light conditions. The experiment was conducted in a greenhouse, under full sun and shade at the Federal Rural University of Amazonia (UFRA) (01°27'25 "S, 48°26'36 "W) in Belém, Pará, Brazil. *Pseudomonas fluorescens* (BRM-32111) and *Burkholderia pyrrocina* (BRM-32113), when co-inoculated by soil drenching increased the photosynthetic rate, Spad index and increased biomass production of *B. brizantha* cv. BRS Piatã. Co-inoculation promoted growth of *B. brizantha* under contrasting light conditions. Our results imply that the method of inoculation and the light environment are important in determining the potential of microorganism for promoting plant growth. This study attests that co-inoculation of *P. fluorescens* and *B. pyrrocina* are effective biofertilizers to increase *B. brizantha* productivity and forage quality under full sun and shaded environments.

**KEYWORDS:** Inoculation. Forage grass. PGPR

### 1 | INTRODUÇÃO

As pastagens brasileiras tem grande potencial produtivo, mas apenas 30% desse potencial esta sendo explorado, essa baixa produtividade resulta principalmente do aumento de pastagens degradadas (DIAS-FILHO, LOPES, 2019). Para atender a crescente demanda mundial por produtos de origem animal, com menor impacto ambiental, é necessário aumentar a produtividade das pastagens ainda ativas e recuperar as que estão degradadas (PAGANO et al., 2017; DIAS-FILHO; LOPES, 2019).

No Brasil, cerca de 80% das áreas de pastagens são formadas por gramíneas do gênero *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*), uma forrageira perene, com elevado crescimento, tolerância ao pastejo e alta disponibilidade de forragem (REIS et al., 2013; DIAS-FILHO, 2019). Dentre as cultivares de *B. brizantha* disponíveis no mercado, destaca-se a BRS Piatã, por apresentar menor alongamento da haste e sazonalidade na produção, maior acúmulo de forragem durante o período seco e desempenho animal, e ser mais tolerante à cigarrinha-das-pastagens em relação as outras cultivares dessa espécie (REIS et al., 2013; DIAS-FILHO; ANDRADE, 2019).

Uma solução para aumentar a produção nos pastos com menor impacto ambiental e sem maior expansão das áreas, seria substituir os insumos químicos por biopromotores de crescimento do vegetal (PAGANO et al., 2017; GOUDA et al, 2018; SINGH et al, 2019). Os biopromotores são microrganismos benéficos que

promovem o crescimento vegetal interferindo na produção de fitormônios, atuando como biofertilizantes e indutores de resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos. No entanto, o alto potencial alelopático de *Brachiaria* (SOUZA FILHO et al., 2005; KATO-NOGUCHI et al., 2014) e as diferentes intensidades de luz nas pastagens em sistemas convencionais e integrados, podem interferir na interação mutualística entre plantas e microrganismos benéficos (VIMAL et al., 2017; LOPES et al., 2018).

*Burkolderia* sp. e *Pseudomonas* sp. são conhecidas por aumentarem a síntese de auxina, absorção de nutrientes, teor de clorofila, taxa fotossintética e produção de biomassa (AHEMAD; KIBRET, 2014). Nossa hipótese é que *Burkhoderia pyrrocinia* e *Pseudomonas fluorescens* são capazes de promover o crescimento em *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã (Hochst. ex A. Rich.) Stapf., aumentando a produtividade das pastagens, em sistemas convencionais e integrados, de uma forma sustentável e promissora. Portanto, o objetivo desse trabalho é determinar o melhor método de inoculação de *B. pyrrocinia* e *P. fluorescens* e verificar seus efeitos no crescimento em *B. brizantha* cv. BRS Piatã sob diferentes intensidades luminosas.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Seleção de microrganismo

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Proteção de Plantas (LPP) e em casa de vegetação na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) (01°27'25"S, 48°26'36"W) em Belém, Pará, Brasil. Foram coletadas 11 amostras de *B. brizantha* em áreas de pastagens estabelecidas há mais de dois anos, em municípios dos Estados do Pará e Mato Grosso, Brasil. As rizobactérias foram isoladas pelo método de diluição seriada, semeadas em placas de Petri contendo meio de cultura 523 e caracterizadas morfológicamente, além disso houve verificação de fluorescência (ROMEIRO et al., 2007).

Os testes de seleção foram *in vivo* (Filippi et al., 2011), dentre 103 bactérias isoladas da rizosfera foram selecionadas 73 com maior número de colônias, similares morfológicamente na placa, as quais foram inoculadas por microbiolização. Também se testaram os isolados de *Trichoderma asperellum* (T-06, T-09, T-12 e T-56), *Burkholderia pyrrocinia* (BRM-32113) e *Pseudomonas fluorescens* (BRM-32111) fornecidos pelo Laboratório de Proteção de Plantas (LPP – UFRA). Para a inoculação na semente e rega, e somente por rega 14 dias após semeadura (Lopes et al., 2018), foram testados 10 isolados. As plantas foram coletadas 21 dias após a germinação para avaliar a produção de biomassa.

A suspensão bacteriana foi preparada com água estéril e ajustada a 540 nm = 0.2 ( $10^{-8}$  UFC/mL). Os isolados de *T. asperellum* (T-06, T-09, T-12, e T-52) foram

cultivados individualmente em sacos de plástico, contendo 50 g de grãos de arroz esterilizados, sendo incubados durante 6 dias a 25°C. A partir de cada saco de plástico, uma amostra de 10 g de arroz colonizado com *T. asperellum* foi homogeneizada. Em seguida, preparou-se uma suspensão de conídios, ajustada para 10<sup>-8</sup> UFC/mL, utilizando uma câmara de Neubauer (Rêgo et al., 2014).

Para verificar a repetibilidade dos resultados benéficos, foi realizado um segundo ensaio comparando plantas controles (sem rizobactérias) com inoculadas (*Pseudomonas fluorescens* (BRM-32111), *Burkholderia pyrrocinia* (BRM-32113)) e coinoculadas (BRM-32111 + BRM-32113), com dez repetições cada, cada repetição correspondente a uma planta. O experimento foi conduzido sob temperatura média de 28 °C, umidade relativa de 80% e precipitação de 300 mm.

## 2.2 Efeito da luz e PGPR em *B. brizantha*

No experimento para testar os efeitos da luz e das rizobactérias, as plantas foram cultivadas em viveiro, sob pleno sol e sombra obtida com tela de polipropileno (0% e 47% de sombra, ou 2100 µmolm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e 1113 µmolm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> de luz, medido na altura do dossel, sem a interferência de nuvens, às 11 horas, horário local). A média da temperatura do ar foi de 32°C e 28°C, e a umidade relativa de 73% e 77%, sob sol e sombra, respectivamente (Data Logger HOBO). O solo foi mantido próximo à capacidade de campo por meio da irrigação diária. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com rizobactérias e intensidades de luz (respectivamente, controle, BRM-32111, BRM-32113 e BRM-32111 + BRM-32113 x pleno sol e sombra).

## 2.3 Variáveis analisadas

Para todos os ensaios, foram semeadas dez sementes por vaso de polietileno (15 x 25 x 0,5 cm) em solo com a seguinte caracterização: pH (água) 4,2; 18,80 g dm<sup>-3</sup> de M.O.; 2 mg dm<sup>-3</sup> de P; 4 mg dm<sup>-3</sup> de K; 18 mg dm<sup>-3</sup> de Na; 0,05% N; 0,2 mmolc dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,3 mmolc dm<sup>-3</sup> de Ca+Mg; 1,4 mmolc dm<sup>-3</sup> de Ca Al. Ao sétimo dia após semeadura (AS), desbastou-se restando uma planta por vaso.

Aos 35 dias após a germinação, foram avaliados: Altura, número de perfilhos, folha expandida, comprimento do colmo, taxa de crescimento relativo, teor de clorofila (SPAD-502. Konica Minolta Sensing, INC. Japão) e biomassa. A taxa de crescimento relativo (RGR) foi obtida por meio da coleta das plantas com 14 dias e com 35 dias, calculada pela razão entre variação da massa total e o tempo em dias. O material vegetal coletado foi seco em estufa com temperatura de 60 °C até atingir massa constante. Para a determinação da área foliar foram coletados discos foliares com área de 0,42 cm<sup>2</sup> a 2,28 cm<sup>2</sup>. Para avaliar a produção total de biomassa, somou-se a massa seca da parte aérea e raiz de cada planta. As análises de crescimento foram realizadas de acordo com Hunt (1990) e Barbero et al. (2013). A taxa fotossintética (A), foi aferida em folhas completamente desenvolvidas e expandidas, por unidade

de área foliar, através de um analisador de gás infravermelho (IRGA) portátil LICOR (LI-6400XT; LICOR, Lincoln, NE), sob concentração de CO<sub>2</sub> de 400 µmol.m<sup>-1</sup> e radiação constante de 1000 µmol.m<sup>-2.s</sup><sup>-1</sup>. A taxa fotossintética total foi calculada com base na taxa fotossintética estimada e na área foliar total.

## 2.4 Delineamento experimental e análise estatística

Nos ensaios de seleção, a matriz das três variáveis de resposta (biomassa aérea, radicular e total) foi avaliada por meio da análise de agrupamento, com o objetivo de classificar os isolados em grupos homogêneos. Empregou-se o método de “complete linkage clustering” para a análise de agrupamento. A distância usada entre os isolados foi à euclidiana. Visando diminuir a subjetividade na determinação do número de grupos sugeridos pelo dendrograma da análise de agrupamento, a distância euclidiana para a decisão do número de grupos foi determinada graficamente (Aldenderfer e Blashfield, 1984; Dias-Filho et al., 1995). Com o objetivo de uniformizar a escala das variáveis de resposta, os dados foram padronizados para uma média igual a zero e desvio padrão igual a um. Em todos os ensaios o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, os dados foram submetidos a análise de variância e as variáveis com valores significativos de F foram comparadas pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). O software usado foi o STATISTICA 7 (StatSoft, Inc., Tulsa, EUA).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

*B. brizantha* cv. Piatã apresentou maior desenvolvimento quando inoculada com *Pseudomonas fluorescens* (BRM-32111) e *Burkholderia pyrrocinia* (BRM-32113). Essa interação só foi benéfica quando BRM-32111 e BRM-32113 foram inoculados por rega no solo 14 dias após a germinação (Tabela 1). Quando a inoculação foi na semente não promoveu o crescimento das plantas (Tabela 1), provavelmente por causa do alto potencial alelopático de *Brachiaria* (Souza filho et al., 2005; Kato-Noguchi et al., 2014). Indicando que *B. brizantha* sintetiza substâncias na germinação que inibem o mecanismo de ação dos isolados em promover o crescimento vegetal.

No caso da dupla inoculação, semente e no solo, quando houve a rega, a planta já estava sensibilizada a presença do isolado, se imunizando, e ao ser re-inoculada sinalizou a ativação do priming de defesa sistêmico, o que inibiu a máxima expressão desses isolados no crescimento da planta (Tabela 1) (Pieterse et al., 2014; Lopes et al 2018). Substâncias alelopáticas podem intervir na microflora, sendo capazes de reduzir a colonização de *Bacillus* spp. na rizosfera de *B. brizantha* (Araujo e Pedroso, 2013) e microrganismos benéficos na cultura do coco (Gopal et al., 2006).

Inoculação	Isolados	Grupos	Biomassa (g)		
			Aérea	Raiz	Total
Semente	Controle + 62 isolados diferentes *	1	66.55 a	50.85 a	116.40 a
	B-52, B-7, B-39, B-5, B-67, B-68, B-69, B-70, B-71, B-72, B-73	2	44.80 b	26.35 b	71.15 b
Semente e rega	T-6, MIX-T	1	65.50 a	31.02 a	96.52 a
	B-29, BRM-3211, BRM-3213, T-9, T-12, T-52	2	59.75 b	26.11 b	85.85 b
Rega	Controle, B2, B56	3	46.75 c	24.00 c	70.75 c
	BRM-3211	1	201.00 a	87.50 a	288.50 a
	BRM-3213	2	117.25 b	56.25 b	173.50 b
	B-2, T-6, T-52, MIX-T	3	64.19 c	35.62 c	99.81 c
	Controle, B-29, B-56, T-9, T-12	4	53.50 d	24.85 d	78.35 d

Tabela 1 Seleção de microrganismos promotores de crescimento em *B. brizantha*.

\* B-19, B-24, B-29, B-30, B-47, B-50, B-51, B-53, B-2, B-21, B-22, B-23, B-27, B-28, B-54, B-55, B-56, B-17, B-41, B-57, B-58, B-59, B-60, B-61- B-62, B-63, B-66, BRM-3213, BRM-3211, T-6, T-9, T-12, T-52, MIX-T, B-4, B-31, B-32, B-33, B-34, B-38, B-44, B-45, B-49, B-64, B-65, B-8, B-9, B-10, B-20, B-26, B-11, B-12, B-13, B-18, B-34, B-35, B-36, B-37, (B-2+B-52), B-40, B-6, B-14, B-16.

<sup>a</sup> Médias seguidas por letras diferentes em cada coluna são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ , teste de Duncan).

De acordo com Kato-Noguchi et al. (2014), o efeito alelopático de *B. brizantha* é devido a três substâncias identificadas como (6R,9R)-3-oxo- $\alpha$ -ionol, (6R,9S)-3-oxo- $\alpha$ -ionol e 4-ketopinoresinol. Ademais, o sistema radicular de *Brachiaria* produz um terpeno denominado de brachialactone, que inibe a nitrificação biológica (Subbarao et al., 2009). A quantidade exsudada de compostos alelopáticos também podem variar de acordo com estágio vegetativo, como no caso dos compostos fenólicos exsudados pela raiz da aveia selvagem (*Avena fatua L.*) (Iannucci et al., 2013). No entanto, quando em baixas concentrações, os compostos alelopáticos não têm efeitos inibitórios (Souza filho et al., 2005).

Assim, provavelmente a produção de substâncias com alelopatia negativa às rizobactérias, selecionadas nesse estudo, reduz ao longo do tempo. Isso por que, nas plantas inoculadas por rega no solo, 14 dias após a germinação, houve o reconhecimento químico entre as rizobactérias e as raízes; iniciando o processo de adesão e colonização das bactérias nos pelos radiculares, o que resultou no maior crescimento de *B. brizantha* (Lopes et al., 2018 a).

Além do método de inoculação, a intensidade da luz também interferiu na interação mutualística entre as rizobactérias e *B. brizantha* (Tabela 2). O crescimento

das plantas inoculadas com *B. pyrrocinia* foi diretamente proporcional ao aumento da luz, provavelmente por sua simbiose ter o custo mais elevado, sendo mais exigente em fotoassimilados, os quais são mais produzidos nas plantas ao sol, devido ao metabolismo C4 de *B. brizantha* (Lopes et al 2018 b). Resultado contrastante ocorreu nas plantas inoculadas com *P. fluorescens*, onde provavelmente a maior radiação alterou a composição dos exsudados da raiz que interferiram no quorum-sensing inibindo a interação mutualista sob pleno sol, por isso promoveu maior desenvolvimento em altura, Spad, área foliar e biomassa nas plantas sob sombra (Lopes et al 2018b).

<b>Tratamentos</b>	<b>A(cm)</b>	<b>NP</b>	<b>FE (cm)</b>	<b>C (cm)</b>	<b>MST (g)</b>
Sol	Controle	39 c	2 c	24.83 c	2.16 c
	BRM - 32111	40.3 c	2 c	27.88 c	2.21 c
	BRM - 32113	47.8 b	2 b	33.6 b	2.82 b
	MIX	51.2 a	3 a	36.5 a	3.20 a
Sombra	Controle	33.4 d	0	21.91 c	0.25 d
	BRM – 32111	44.7 b	0	27.77 b	1.09 b
	BRM – 32113	39.8 c	0	28.2 b	0.53 c
	MIX	52.6 a	0	34.07 a	1.45 a

Tabela 2 Características morfológicas e produção de biomassa de *Brachiaria brizantha* inoculada com rizobactérias promotoras de crescimento sob diferentes intensidades de luz. Altura (A), Número de perfilhos (NP), folha expandida (EF), comprimento do colmo (CC) e Biomassa total (MST).

Médias seguidas por letras diferentes em cada coluna são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ , teste de Duncan). BRM-32111 = *Pseudomonas fluorescens*; BRM-32113 = *Burkholderia pyrrocinia*; MIX= BRM-32111 + BRM-32113.

Estudos relatam que as rizobactérias *Pseudomonas* sp. e *Burkholderia* sp. promovem o crescimento em plantas por aumentar a síntese de auxina, fósforo, nitrogênio e clorofila (Ahmed e Kibret, 2014). No presente estudo, quando coinoculadas, por rega no solo 14 dias após a germinação, *Pseudomonas fluorescens* (BRM-32111) e *Burkholderia pyrrocinia* (BRM-32113) agiram sinergicamente para promover o maior crescimento de *B. brizantha* resultando em plantas mais vigorosas independente da intensidade de luz (Tabela 2, 3 e Figura 1).

<b>Tratamentos</b>	<b>A (cm)</b>	<b>NP</b>	<b>F (cm)</b>	<b>C(cm)</b>	<b>TCR</b>
Controle	34.6	0 c	22.8 c	0.41 e	2.48 a
BRM-32111	42.3	2 b	43.67 a	0.97 b	1.88 b
BRM-32113	48.7	2 b	46.32 a	0.89 c	1.73 b
MIX	58.4	4 a	45.65 a	1.24 a	2.33 a

Tabela 3 Características morfológicas de *Brachiaria brizantha* inoculada com rizobactérias. Altura (A), número de perfilhos (NP), folha expandida (F), comprimento do colmo (C) e taxa de

crescimento relativo (TCR).

Médias seguidas por letras diferentes em cada coluna são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ , teste de Duncan). BRM-3211 = *Pseudomonas fluorescens*; BRM-3213 = *Burkholderia pyrrocinia*; MIX= BRM-3211 + BRM-3213.

Os biopromotores de crescimento também favoreceram o índice SPAD (Figura 1; Tabela 3), o qual se correlaciona positivamente ao teor de clorofila, e com nitrogênio e fósforo (Costa et al., 2008; Martucello et al. 2009; Stefan et al., 2013). Por sua vez, o aumento da clorofila, contribuiu para a maior eficiência fotossintética, assimilação de carbono, perfilhamento e área foliar verificado nas plantas inoculadas (Figura 1).

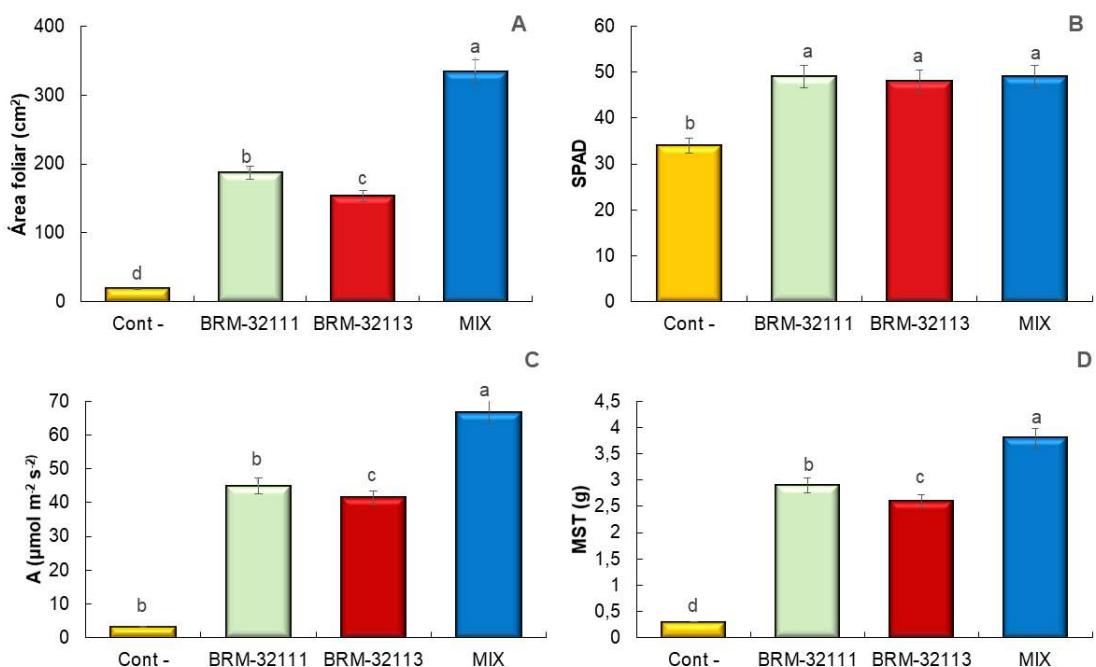


Figura 1 Área foliar (A), índice Spad (B), taxas fotossintéticas (C) e produção de biomassa (D) de *Brachiaria brizantha* inoculada com rizobactérias promotoras de crescimento. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre plantas com promotores de crescimento ( $P < 0,05$ , teste de Duncan). BRM-32111 = *Pseudomonas fluorescens*; BRM-32113 = *Burkholderia pyrrocinia*; MIX= BRM-32111 + BRM-32113.

A ação benéfica da coinoculação de *P. fluorescens* e *B. pyrrocinia* no desenvolvimento das folhas e no perfilhamento aumentou a área foliar e biomassa aérea (Figura 1), aumentando à capacidade fotossintética e produtiva do dossel, sendo de grande importância econômica, pois otimizaria o estabelecimento inicial da pastagem, além de aumentar a produção das forragens, que são fonte de alimento primário para bovinos, principalmente os criados a pasto. De acordo com Casierra-Posada et al. (2013), a área foliar e a biomassa aérea também são favorecidas pela inoculação de micorrizas em *Solanum quitoense*, maximizando a captura da luz e aumentando a produção de fotoassimilados para atender a demanda de carboidratos da simbiose (Casierra-Posada et al. 2013).

O ganho em biomassa radicular e o maior perfilhamento sugerem que a coinoculação favoreceu a síntese de auxina (Figura 1; Tabela 2). O melhor

desenvolvimento radicular de *B. brizantha*, em resultado da interação com as rizobactérias, também aumentaria a sobrevivência dessa espécie em ambientes com deficiência de água. Além de assegurar a persistência das plantas ao longo do tempo e a longevidade das pastagens, sobretudo quando pastejadas (Dias Filho, 2000; Martuscello *et al.* 2009). As plantas coinoculadas obtiveram maior biomassa, provavelmente por causa do maior fluxo de nutrientes minerais devido à presença dos microrganismos benéficos Maior biomassa radicular, aérea e perfilhamento também foram relatados em *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Idris *et al.*, 2009) e em *Panicum virgatum* inoculado com *Burkholderia phytofirmans* (Kim *et al.*, 2012).

A coinoculação das rizobactérias aumentou a plasticidade fenotípica como estratégia de mitigar o efeito do sombreamento em *B. brizantha*, por aumentar a altura, o alongamento dos colmos e folhas (i.e., estiolamento) incrementando a biomassa das plantas (Tabela 2). Esse efeito positivo seria satisfatório em sistemas de integração com espécies florestais, onde há menor disponibilidade de luz aos pastos. O uso de *P. fluorescens* e *B. pyrrocinia* coinoculadas é uma biotecnologia inovadora para acelerar o crescimento, aumentar o vigor e a produção de pastagens formadas com *B. brizantha*. Resultado almejado em sistemas de pastejo mais intensivos, pois reduziria o intervalo de descanso no pastejo rotacionado.

## 4 | CONCLUSÕES

O método de inoculação e a intensidade de luz foram fundamentais para determinar o potencial biopromotores do crescimento de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. A coinoculação de *P. fluorescens* e *B. pyrrocinia*, pela rega do solo 14 dias após a germinação, elevou o crescimento e a produção de biomassa de *B. brizantha* sob diferentes condições luminosas, evidenciando seu potencial biofertilizante para obtenção de pastagens mais produtivas em sistemas convencionais e integrados.

## REFERÊNCIAS

- AHEMAD M.; KIBRET M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. **JKSU– Science**, v.26, p.1–20, 2014.
- ALDENDERFER, M. S.; BLASHFIELD, R. K. **Cluster analysis**. Sage University. Paper series on quantitative applications in the social sciences. 44. Sage Publ., Newbury Park, E.U. 87p, 1984.
- ARAUJO, F. F.; PEDROSO, R. A. B. Interação de *Bacillus* sp. com a rizosfera de três espécies de plantas forrageiras. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 152-158, 2013.
- BARBERO, L. M., et al. Análise de crescimento em plantas forrageiras aplicada ao manejo de pastagens. **Vet. Not.** v. 19, p. 71-85, 2013.
- CASIERRA-POSADA F. et al. Influencia de la sombra y de las micorrizas sobre el crecimiento de plantas de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) **Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.** v. 16, p. 61–70, 2013.

COSTA, K. A. P. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v. 32, p. 1601-1607, 2008.

DIAS-FILHO, M. B. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, p. 2335-2341, 2000.

DIAS-FILHO, M. B., SIMÃO NETO, M.; SERRÃO, E. A. S. Avaliação da adaptação de acessos de *Panicum maximum* para a Amazônia Oriental do Brasil. **Pasturas Tropicales**, v. 17, p. 3-8, 1995.

DIAS-FILHO, M. B.; LOPES M. J. S. Processos e causas de degradação de pastagens na Amazônia. In: Dias-Filho MB, Andrade CMS de (Eds.). **Recuperação de pastagens degradadas na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa p. 55-78, 2019.

FILIPPI, M. C. C. et al. Leaf blast (*Magnaporthe oryzae*) suppression and growth promotion by rhizobacteria on aerobic rice in Brazil. **Biological Control**, v. 58, p.160–166, 2011.

GOPAL M. et al. Allelopathic effects of root and leaf leachates of coconut on selected beneficial microorganisms from coconut rhizosphere. **Allelopathy Journal**, v. 18, p. 363-368, 2006.

GOUDA, S. et al. Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. **Microbiological Research**, v. 206, p. 131–140, 2018.

HUNT, R. **Basic growth analysis for beginners**, London, 1990.

IANNUCCI A. Plant growth and phenolic compounds in the rhizosphere soil of wild oat (*Avena fatua* L.). **Frontiers Plant Science**, v. 4, p. 509, 2013. Doi: 10.3389/fpls.2013.00509

KATO-NOGUCHI, H. et al. Phytotoxic substances with allelopathic activity may be central to the strong invasive potential of *Brachiaria brizantha*. **J. Plant. Physiology**, v.171, p. 525–530, 2014.

KIM, S. et al. Growth promotion and colonization of switchgrass (*Panicum virgatum*) cv. Alamo by bacterial endophyte *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN. **Biotechnology for Biofuels**, v. 5, p. 1-10, 2012.

LOPES, M. J. S.; DIAS-FILHO, M. B., CASTRO, T. H. R.; FILIPPI, M. C. C.; SILVA, G. B. Effect of *Pseudomonas fluorescens* and *Burkholderia pyrrocinia* on the growth improvement and physiological responses in *Brachiaria brizantha*. **American Journal of Plant Sciences**, v, 9, p. 250-265, 2018 a

LOPES, M. J. S. et al. Light and plant growth-promoting rhizobacteria effects on *Brachiaria brizantha* growth and phenotypic plasticity to shade. **Grass and Forage Science**, v. 73, p. 493–499, 2018 b

MARTUSCELLO, J. A. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1183-1190, 2009.

PAGANO, M. C. et al. Advances in Eco-Efficient Agriculture: The Plant-Soil Mycobiome. **Agriculture**, v.7, n.14, 2017.

PIETERSE, C. M. J. et al. Induced Systemic Resistance by Beneficial Microbes. **Annual Review of Phytopathology**, v. 52, p. 347–75, 2014.

RÊGO, M.C.F. et al. Morphoanatomical and biochemical changes in the roots of rice plants induced by plant growth-promoting microorganisms. **Journal of Botany**, 2014.

REIS, A. R.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA G. R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros**. 714p. 2013.

SINGH, D. et al. Plant microbiome: A reservoir of novel genes and metabolites. **Plant Gene**, v. 18, 100177, 2019.

SOUZA FILHO, A. P. S.; PEREIRA, A. A. G.; BAYMA, J. C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, v.23, p.25-32, 2005.

SUBBARAO, G. V. et al. Evidence for biological nitrification inhibition in Brachiaria pastures **PNAS**, v.106, p. 17302-17307, 2009.

VIMAL S. R.; SINGH J. S.; ARORA N. K.; SINGH S. Soil-Plant-Microbe Interactions in Stressed Agriculture Management: A Review. **Pedosphere**, v.27, p.177–192, 2017.