



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
Campus de Ilha Solteira

**GRAZIELA FRANCESCHINI FERRAZ**

**APLICAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM  
ÁREA DE PRODUÇÃO DE GRAMA ESMERALDA, VISANDO A REDUÇÃO  
DA ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Ilha Solteira - SP

Janeiro de 2022



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
Campus de Ilha Solteira

GRAZIELA FRANCESCHINI FERRAZ

**APLICAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM  
ÁREA DE PRODUÇÃO DE GRAMA ESMERALDA, VISANDO A REDUÇÃO  
DA ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira  
– Unesp como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheira  
Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Coorientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Raíssa Pereira Dinalli

Ilha Solteira - SP

Janeiro de 2022

F381a

Ferraz, Graziela Franceschini

Aplicação de bactérias promotoras de crescimentos em área de produção de grama Esmeralda, visando a redução da adubação nitrogenada. / Graziela Franceschini Ferraz.  
-- Ilha Solteira, 2022 65 p. : tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira

Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Coorientadora: Raíssa Pereira Dinalli

1. Nutrição de plantas. 2. Redução da adubação nitrogenada. 3. Bactérias promotoras de crescimento de plantas. 4. Grama Esmeralda. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira.

Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA  
ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

TÍTULO: Aplicação de bactérias promotoras de crescimento em área de produção de grama esmeralda, visando a redução da adubação nitrogenada

ALUNO: *Graziela Franceschini Ferraz* RA: 171056796

ORIENTADOR: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

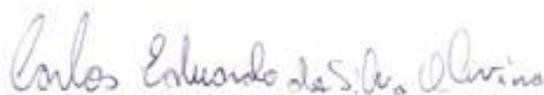
Aprovado ( X ) - Reprovado ( ) pela Comissão Examinadora com Nota: 10

Comissão Examinadora:



---

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho  
*Presidente (Orientador)*



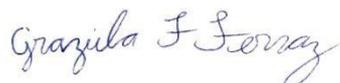
---

Me. Carlos Eduardo da Silva Oliveira



---

Me. Amário Nuno Meireles Duarte



---

Graziela Franceschini Ferraz

Ilha Solteira, 31 de janeiro de 2022.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a meus pais, Maria Aparecida Franceschini Ferraz e Marcos Ferraz, por terem incentivado cada sonho, me apoiarem, sempre acreditarem que sou capaz, e por serem um exemplo de força, luta e conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela minha vida, por minha família e amigos, e por ter me guiado com saúde em meio a tantos males.

Aos meus pais, por sempre me apoiarem, acreditarem que eu conseguiria vencer todos os desafios, dificuldades e obstáculos em cada conquista, e a minha irmã, Gabriela, por ser um exemplo, por me aconselhar e me apoiar sempre.

À Universidade Estadual Paulista, pela oportunidade que me deu de fazer o curso de Engenharia Agrônômica, e por beneficiar inúmeros jovens batalhadores e cheios de sonhos.

Aos docentes do curso de Engenharia Agrônômica do Campus de Ilha Solteira, a eles sou muito grata por todo conhecimento transmitido, e por se empenharem no processo de formação profissional com tanto carinho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, não há palavras para expressar quão grata sou por ser sua orientada, que desde o início da graduação me incentivou a dar meu melhor, a conseguir alcançar os mais altos objetivos sempre, e mesmo tendo tantas responsabilidades, tantos outros orientados, nunca deixou de atender e de me guiar quando precisei. Mas não apenas fui sua orientada, como também sua aluna, e agradeço por ser um professor, que ouve seus alunos, tenta entendê-los, busca a melhor forma de ensinar e é sempre tão carismático. Muito obrigada!

A minha prima Lidiane e seu esposo, Prof. Dr. Igor Paiva Ramos, por terem me aconselhado e me guiado por bons caminhos na universidade.

A minha Coorientadora na pesquisa, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Raíssa Pereira Dinalli, não tenho como agradecer por me conduzir nesta pesquisa, por me ensinar tanto e por todo carinho.

Ao Prof. Dr. Rodolfo Niro Gazola, por todo apoio durante a condução da pesquisa.

Ao técnico de laboratório, Marcelo Rinaldi, por toda ajuda e por toda a gentileza que recebe cada aluno em seu laboratório.

Ao meu namorado, Heitor, por sempre estar ao meu lado quando tive dificuldades e por acreditar no meu potencial.

Aos colegas de turma, muitos são responsáveis por quem me tornei durante esses anos de graduação, em especial à Emely, Milena, Kaway, Gabriela, Vinicius Balbino, Elaine, Pedro e alguns outros, que de alguma forma também me ajudaram nesse trabalho mesmo que indiretamente.

Aos amigos do Grupo de Nutrição de Plantas, com eles aprendi muito sobre trabalho em equipe, sobre ajudar uns aos outros, sobre compartilhar o conhecimento e experiência com o próximo, porque não é uma questão de competição, e sim, porque juntos chegamos mais longe. Muitos fizeram parte da minha trajetória, e sem a ajuda deles esse trabalho de pesquisa não seria possível.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa iniciação científica (foram dois anos) e apoio a esta pesquisa.

## Resumo

A relevância da utilização dos gramados em suas diversas finalidades (ornamentais, esportivas, autovias ou proteção de áreas degradadas) tem aumentado a demanda por gramas no Brasil e, conseqüentemente, sua produção. A grama Esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.) é a mais comercializada, sendo destaque em jardins residenciais e em rodovias. Para sua produção, o nutriente mais exigido é o nitrogênio (N). Nesse sentido, objetivou-se avaliar a aplicação de BPCPs (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* e *Azospirillum brasilense*) em área de produção comercial de grama Esmeralda, no município de Pereira Barreto/SP, visando a redução da adubação nitrogenada e, conseqüentemente, diminuindo os custos para o produtor. O experimento foi conduzido de janeiro a dezembro de 2019. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com 16 tratamentos dispostos em fatorial 4 x 4, com quatro repetições, em 10 m<sup>2</sup> por parcela. Os tratamentos foram: três BPCPs (*A. brasilense*, *B. subtilis* e *P. fluorescens*) mais a ausência delas, combinadas com três doses de N (100, 75 e 50% da dose aplicada na área de produção, de 280 kg ha<sup>-1</sup>) mais a testemunha (sem N). As doses de N, utilizando como fonte a ureia, foram aplicadas manualmente após o corte do tapete, e repetidas a cada 2 meses, até a total cobertura do solo pela grama. A aplicação das BPCPs foi realizada 28 dias após o corte do tapete anterior, no início da brotação da grama, sendo utilizados 200 mL do inoculante contendo as BPCPs, diluído em calda à 400 L ha<sup>-1</sup>, e pulverizado sobre o solo. Foram avaliados: a taxa de cobertura do solo pela grama (TCS), a intensidade da coloração verde escuro (ICVE), o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), a matéria seca da parte aérea e das raízes + rizomas, as concentrações de macro e micronutrientes nas folhas e sistema radicular (raízes + rizomas), a massa fresca dos tapetes e a eficiência agrônômica dos tratamentos. Nas avaliações de NDVI e ICVE, a inoculação com as BPCPs proporcionaram resultados superiores à testemunha, demonstrando que as bactérias têm capacidade de influenciar no teor de clorofila foliar e permitem o melhor aproveitamento do N, tornando a adubação mais eficiente. Na avaliação da TCS se mostrou possível a redução da dose de N em 25% com a utilização de *P. fluorescens*, o que também proporcionou rápido fechamento do tapete, assim como *B. subtilis*, sendo essa uma qualidade apreciada pelo produtor. Portanto, as bactérias demonstraram grande potencial de tornar a adubação nitrogenada mais eficiente possibilitando a redução da dose de N em 25%, o que também proporciona uma produção de tapetes mais sustentável e com redução dos custos ao produtor, pois as bactérias são uma tecnologia de baixo custo em relação ao fertilizante.

**Palavras-chave:** *Zoysia japonica* Steud., Nitrogênio, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Análise química inicial do solo. Pereira Barreto/SP, 2018.	21
<b>Tabela 2.</b>	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) da grama Esmeralda aos 45, 75, 90, 120 e 190 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.	33
<b>Tabela 3.</b>	Desdobramento dos tratamentos aos 190 DAA para o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) da grama Esmeralda.	35
<b>Tabela 4.</b>	Índice de Cor Verde Escuro (ICVE) da grama Esmeralda aos 45, 75, 90, 120 e 190 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.	36
<b>Tabela 5.</b>	Taxa de cobertura do solo (TCS) da grama Esmeralda aos 45, 75, 90, 120 e 190 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.	39
<b>Tabela 6.</b>	Matéria seca das folhas e das raízes + rizomas da grama Esmeralda aos 240 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.	42
<b>Tabela 7.</b>	Concentração dos macronutrientes nas folhas da grama Esmeralda aos 240 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.	45
<b>Tabela 8.</b>	Concentração dos micronutrientes nas folhas da grama Esmeralda aos 240 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos	50
<b>Tabela 9.</b>	Concentração dos macronutrientes nas raízes + rizomas da grama Esmeralda aos 240 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.	53
<b>Tabela 10.</b>	Concentração dos micronutrientes nas raízes + rizomas da grama Esmeralda aos 240 dias após a	

aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos. 55

**Tabela 11.** Massa do tapete da grama Esmeralda após a colheita, em função dos tratamentos (dezembro/2019). Pereira Barreto/SP, 2019. 56

**Tabela 12.** Eficiência agronômica dos tratamentos (doses de N e bactérias promotoras do crescimento de plantas – BPCPs) na produção de tapetes de grama Esmeralda, aos 240 dias após a aplicação (DAA) das BPCPs. Pereira Barreto/SP, 2019. 57

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. Grama Esmeralda .....	14
2.2. Adubação nitrogenada.....	15
2.3. Bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCPs).....	16
3. JUSTIFICATIVAS.....	19
4. OBJETIVO.....	19
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
5.1. Local e histórico de manejo .....	20
5.2. Delineamento experimental e tratamentos .....	21
5.3. Condução do experimento.....	21
5.4. Avaliações realizadas: .....	28
5.5. Análises estatísticas.....	32
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
6.1. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) .....	33
6.2. Índice de Cor Verde Escuro (ICVE) .....	36
6.3. Taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama Esmeralda .....	38
6.4. Matéria seca das folhas, raízes e rizomas.....	41
6.5. Concentração dos nutrientes nas folhas e nas raízes + rizomas .....	43
6.6. Massa dos tapetes .....	56
6.7. Eficiência agronômica dos tratamentos.....	57
7. CONCLUSÕES.....	58
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o mercado de grama teve início com a fundação da Itogress, na década de 70, no município de Itapetininga, no Estado de São Paulo. Atualmente, estima-se que o total de área plantada chegue a 24.000 ha de campos de produção de grama, entre áreas regularizadas e não regularizadas no Ministério da Agricultura, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor nacional com 12.000 ha de produção (ANTONIOLLI, 2015).

Segundo Gurgel (2003), as principais gramas cultivadas no Brasil são as de clima quente, como a Esmeralda ou japonesa (*Zoysia japonica Steudel*). Zanon (2015) citou que do total produzido, 81% é de grama Esmeralda. Fato que se deve tanto pelo seu valor estético quanto por possuir uma ampla gama de situações em que pode ser utilizada, como em áreas esportivas, parques industriais, obras públicas, rodovias, jardins residenciais, contenção de taludes e em áreas com potenciais de erosão.

A grama Esmeralda é comercializada em tapetes, que é uma cobertura de grama “madura” produzida sobre um intenso sistema de manejo e retirada intacta com quantia mínima de solo, boa densidade de folhas e coloração verde adequada (CHARBONNEAU, 2004), deixando rizomas e raízes para formação de um novo tapete. Em cima desse sistema de produção, são estabelecidos objetivos ao produtor para o melhoramento das práticas agrícolas, visando rápido fechamento do tapete, rapidez de colheita com tapetes resistentes, vigorosos e verdes para a comercialização, possibilitando maior aproveitamento da área e obtenção de maiores lucros.

Assim, para o produtor atingir adequada produção e qualidade do gramado, requer um programa intensivo de adubação nitrogenada com altas doses e irrigação (EXNER et al., 1991; QUIROGAGARZA et al., 2001), resultando em altos gastos ao produtor com adubação, representando 21,5% dos custos de produção da grama (AGRIANUAL, 2006).

A dependência da agricultura atual em relação aos fertilizantes minerais é motivo de grande preocupação, em decorrência dos riscos associados ao uso indiscriminado desses insumos, como a eutrofização do solo em águas subterrâneas e emissão de gases de efeito estufa (CHIEN et al., 2011; DUNGAIT et al., 2012; MARKS et al., 2013).

Nesse sentido, uma das alternativas para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada é a utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs), tais como *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* e *Azospirillum brasilense*, que podem proporcionar uma forma sustentável de produção, com redução no uso de fertilizantes nitrogenados e aumento na lucratividade do produtor rural.

As BPCPs atuam promovendo diretamente o crescimento pela produção de ácido cianídrico, fitohormônios, enzimas como a ACC-deaminase, mineralização de nutrientes, solubilização de fosfatos, fixação do N e aumento da absorção pelas raízes, entre outros (CONN et al., 1997; LAZAROVITS; NOWAK, 1997). Não há informações na literatura sobre os efeitos de BPCPs em gramados, sendo o atual estudo inédito.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Grama Esmeralda

A grama Esmeralda foi introduzida em 1985 nos Estados Unidos, de onde foi trazida ao Brasil pelo engenheiro agrônomo Minoru Ito, destacando-se no mercado pela sua facilidade de produção e qualidade de tapetes (GURGEL, 2003; PIEDADE, 2004; GURGEL, 2012), abrangendo aproximadamente 81% da produção de grama (ZANON, 2015). É utilizada em parques industriais, obras públicas, rodovias e jardins residenciais.

Segundo Gurgel (2003), a *Z. japonica* tem ampla adaptação às condições brasileiras, podendo ser usada de Norte à Sul, em regiões litorâneas ou nos Planaltos. Devido à sua boa capacidade de resistência ao pisoteio, foi durante muitos anos a variedade dos principais gramados de futebol do Brasil, sendo posteriormente, substituída pela grama Bermuda, em função da alta capacidade de regeneração desta última.

Esta planta é rizomatosa e, portanto, pode ser colhida em área total, visto que, após a colheita ficam rizomas subsuperficiais capazes de brotarem e cobrir novamente o solo. As gramas rizomatosas possuem grande capacidade de regeneração, pelo fato dos rizomas estarem abaixo da superfície do solo, assim, suas estruturas de renovação ficam protegidas contra possíveis danos (GURGEL, 2003; UNRUH, 2004; GODOY, 2005).

Relacionado ao seu uso e manejo, Godoy e Villas Bôas (2008) mencionaram que, devido ao seu vigoroso sistema subterrâneo, é uma grama bastante usada em contenção de taludes e em áreas com potenciais de erosão. Adapta-se a diferentes tipos de solo, desde arenosos a argilosos, exceto os solos com baixa capacidade de drenagem. Desenvolve-se bem em áreas de plena insolação, tolerando um mínimo de sombreamento e a altura de poda ideal é de 1,25 a 3,0 cm em relação ao nível do solo (GURGEL, 2003).

A grama Esmeralda é comercializada em tapetes, que é uma cobertura de grama “madura” produzida sobre um intenso sistema de manejo (CHARBONNEAU, 2004). O tempo médio de produção do tapete é de 12 meses e o rendimento é de, aproximadamente, 80%, ou seja, 8000 m<sup>2</sup> de gramas em um hectare (GODOY et al., 2012).

## 2.2. Adubação nitrogenada

O N é o nutriente requerido em maiores concentrações pelas gramas e, segundo Easton e Petrovic (2004), é limitante ao crescimento, influenciando também na qualidade (coloração verde e adequada taxa de cobertura do solo pela grama, sem falhas) dos gramados. Todavia, a quantidade de N disponível no solo é insuficiente para atender à exigência do gramado a este nutriente e, portanto, aplicações regulares de fertilizante nitrogenado são necessárias (BOWMAN; CHERNEY; RUFTY JUNIOR, 2002).

É importante frisar, ainda, que na ocasião da colheita, o tapete é retirado da área com os nutrientes absorvidos pela grama e os contidos no próprio solo (BACKES et al., 2010; TEIXEIRA, 2016), visto que junto com o tapete, uma camada de solo de cerca de 1 cm é levada da área. Neste contexto, a quantidade de fertilizantes aplicada deve ser alta para elevar a concentração de nutrientes no solo, visando suprir seu fornecimento pela redução de aeração nas raízes durante a colheita, e redução da absorção ativa de nutrientes nesta fase (GODOY et al., 2012). Com o mesmo objetivo, altas doses devem ser aplicadas em áreas de produção de grama que possuem elevada compactação, sendo utilizadas por vários anos após sua implantação sem que se mobilize o solo de modo efetivo, o que acaba diminuindo a eficiência de absorção desses nutrientes pelas plantas (GODOY; VILLAS BÔAS, 2003).

O efeito mais conhecido da aplicação do N nos gramados é o aumento no crescimento da parte aérea e na intensidade da coloração verde das folhas, além do ganho no crescimento de raízes e produção de rizomas (CARROW et al., 2001), ou seja, tapetes mais resistentes, verdes (ideal para venda) e com fechamento em menor tempo, visando mais lucro ao produtor. Entretanto, doses excessivas forçam o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular, reduzindo a capacidade do tapete de ser manuseado após o corte (“liftability”) (KOSKE, 1994; CHRISTIANS, 1998; CARROW et al., 2001; SARTAIN, 2002)

Neste contexto, o N, quando aplicado de maneira equilibrada, promove ótimo crescimento e resistência a injúrias (BOWMAN; CHERNEY; RUFTY JUNIOR, 2002). A qualidade ideal para comercialização de um gramado (cor, densidade e textura) requer adequada adubação nitrogenada e fornecimento de água (EXNER et al., 1991; QUIROGA-GARZA et al., 2001).

Doses de N de 300 a 400 kg ha<sup>-1</sup> proporcionaram a formação de tapetes de grama de qualidade e em menor tempo, sendo que essa variação quanto às doses de N

depende das condições climáticas e da espécie de grama que está sendo cultivada bem como da espessura do tapete colhido (GODOY et al., 2012).

A quantidade de N fornecida deve ser parcelada durante o ciclo de produção, para evitar perdas do nutriente e queima da área foliar da grama. Nesse sentido, recomenda-se que de 5 a 7% da dose sejam aplicados como adubação de base, de 7 a 14 dias após o corte dos tapetes do ciclo anterior. Tal adubação é importante para estimular o crescimento da parte aérea, principalmente, antes de meses de baixa temperatura e fotoperíodo mais curto (GODOY et al., 2012).

O restante do N deverá ser parcelado em pelo menos três vezes durante o ciclo, sendo as épocas mais adequadas definidas com base em análises da taxa de cobertura do solo pela grama, coloração das folhas e/ou análise química foliar. Salienta-se que quando a fonte de N utilizada for a ureia é imprescindível a irrigação após a adubação, pois podem ocorrer perdas por volatilização da amônia nas condições edafoclimáticas brasileiras (N-NH<sub>3</sub>) (GODOY et al., 2012).

### **2.3. Bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCPs)**

Entre os nutrientes minerais de plantas, o N é o mais caro comercialmente, um dos que consomem mais energia para serem produzidos e, potencialmente, o mais poluente, sendo geralmente, o mais limitante à produção vegetal (HUNGRIA et al., 2007). A principal fonte de N na natureza está na atmosfera que apresenta em torno de 79% do volume total composto pelo gás N<sub>2</sub> (MALAVOLTA, 2006).

A fixação biológica de N (FBN) tem papel importante para melhorar a utilização do nutriente na agricultura e consiste na utilização do N atmosférico pelas plantas mediado por bactérias diazotróficas que convertem o N-atmosférico em N-combinado (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

As rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs) habitam o solo naturalmente e com frequência são isoladas da rizosfera de diversas plantas cultivadas. Entre os gêneros mais estudados destacam-se: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum* e *Rhizobium*. Os efeitos desses microrganismos sobre o desenvolvimento das plantas são amplos, incluindo os efeitos benéficos na germinação de sementes, emergência de plântulas e crescimento das plantas (LAZARETTI; BETTIOL, 1997).

Bolan et al. (1997) afirmaram que a inoculação com BPCPs no solo é uma opção para a promoção de crescimento vegetal e solubilização de fosfato inorgânico, por excretarem ácidos orgânicos que solubilizam P-inorgânico no solo rizosférico, o que

pode também reduzir os custos com fontes de fósforo (P) utilizadas na adubação de base. Além disso, atuam como agente de controle biológico de patógenos (CORREA et al., 2008).

Nas bactérias endofíticas ou associativas, o complexo da dinitrogenase redutase realiza a conversão do  $N_2$  da atmosfera, em amônia. É importante salientar que o processo de fixação biológica por essas bactérias consegue suprir apenas parcialmente as necessidades das plantas. Desse modo, apenas a inoculação, ainda que essas consigam fixar N, não consegue suprir totalmente as necessidades das plantas em nitrogênio (HUNGRIA, 2011). O Brasil tem tradição de pesquisa em FBN usando *Azospirillum spp.* em gramíneas. Os efeitos observados após a inoculação foram o aumento da absorção de água e minerais e da tolerância ao estresse, como seca e salinidade, que aumentaram a robustez da planta e a produtividade (BASHAN et al., 2004).

Vários estudos foram publicados confirmando que *Azospirillum sp.* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes em muitas espécies de plantas (HUNGRIA, 2011). Os componentes liberados por *A. brasilense* responsáveis pelo estímulo do crescimento radicular são o ácido indol-acético (AIA), giberelinas e citocininas (TIEN et al., 1979). O aumento do desenvolvimento radicular também está envolvido com vários outros efeitos, assim como melhorias nos parâmetros fotossintéticos foliares, incluindo teor de clorofila e condutância estomática, maior conteúdo de prolina na parte aérea e raízes, melhoria do potencial hídrico, aumento do conteúdo de água no apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa e maior tamanho (Barassi et al., 2008). Incrementos na concentração de pigmentos fotossintéticos, como a clorofila, que resultam em plantas mais verdes, com menor estresse hídrico, foram verificados por Bashan et al. (2006). Basi (2013), ao avaliar a eficiência de inoculação com *A. brasilense* na cultura do milho adubada com  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, verificou aumento de  $710 \text{ kg ha}^{-1}$  no tratamento inoculado ( $11874 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em relação ao não inoculado ( $11.164 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Apesar de não apresentar diferenças estatísticas, esses resultados indicam aumento de produtividade com a presença de inoculação associada a dose de N empregada.

Souza (2014) verificou que a inoculação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com *A. brasilense* (0 ou  $200 \text{ mL ha}^{-1}$ ) em solo do Cerrado pode ser bastante conveniente no estabelecimento de áreas de pastagens, pois o aumento no aparecimento de folhas

pode proporcionar maior taxa de colonização de solo, reduzindo o tempo de formação da pastagem. Os resultados de experimentos conduzidos na Argentina e no Brasil, nas últimas décadas, foram compilados e a grande maioria indica benefícios da inoculação com *Azospirillum* no crescimento das plantas e/ou no aumento da produtividade (CASSÁN; GARCIA DE SALAMONE, 2008).

A promoção de crescimento ocasionada por *B. subtilis* é consequência do aumento da fixação de N, solubilização de nutrientes, síntese de fitormônios e melhoria das condições do solo; além dos benefícios indiretos pela supressão de microrganismos maléficos no ambiente. Adicionalmente, a associação simbiótica BPCP-vegetal proporciona o aumento fisiológico na produção de metabólitos que desencadeiam a sensibilidade do sistema radicular às condições externas, aumentando a velocidade resposta da planta às condições adversas, bem como, incrementos na taxa absorção de nutrientes, pelo aumento em volume do sistema radicular, explorando maior volume de água e nutrientes no solo, tornando uma planta mais resistente, sistematicamente, a todo tipo de estresses, bióticos e abióticos (MANJULA; PODILE, 2005).

Entre os microrganismos solubilizadores de fosfato, as *Pseudomonas* têm sido consideradas como um dos mais importantes grupos de bactérias por suas propriedades multifuncionais, pois, além da solubilização de fosfatos, podem promover o desenvolvimento das plantas pela produção de hormônios, vitaminas, indução da resistência sistêmica em plantas contra agentes patogênicos e redução da população de microrganismos nocivos na rizosfera, apresentando enorme potencial para utilização como inoculantes em uma agricultura sustentável (NAIK et al., 2008).

Zucarelli et al. (2011) relataram que bactérias *P. fluorescens* têm sido utilizadas com sucesso como promotoras de crescimento em plantas de milho. Na cultura do arroz produzem altas concentrações de citocinina, hormônio vegetal que auxilia no crescimento das plantas.

### 3. JUSTIFICATIVAS

A grama Esmeralda é a mais comercializada no Brasil, e para sua produção, o nutriente mais exigido é o N.

A aplicação de BPCPs pode promover resultados relevantes na fixação de N<sub>2</sub>, gerando maior desenvolvimento radicular devido à ação fitormonal, aumentando, portanto, a absorção de água e nutrientes pela grama, sendo mais sustentável ao meio ambiente. Entretanto, não se conhece os efeitos da inoculação com BPCPs em gramados.

Diante do exposto, as BPCPs estão sendo testadas a fim de aferir a sua eficiência em áreas de produção de gramas associada à redução da dose de N fornecida. Para afirmar seus efeitos benéficos na produção de gramas ornamentais e a possível redução dos custos de produção no que se refere à aquisição de fertilizantes nitrogenados, são necessárias pesquisas, uma vez que se trata de estudo inédito envolvendo a cultura.

### 4. OBJETIVO

Avaliar a aplicação de BPCPs (*B. subtilis*, *P. fluorescens* e *A. brasilense*) em área de produção comercial de gramas Esmeralda, no município de Pereira Barreto/SP, visando a redução da adubação nitrogenada e, conseqüentemente, a redução de custos para o produtor.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Local e histórico de manejo

O projeto foi desenvolvido de janeiro a dezembro de 2019, em área de produção comercial de grama, no município de Pereira Barreto/SP, localizada nas coordenadas geográficas 20° 45' 14" de latitude sul e 51° 03' 45" de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 343 m e solo do classificado como Latossolo Vermelho distrófico, segundo Santos *et al.* (2013).

Na propriedade, são produzidas as espécies São Carlos (*Axonopus compressus*), Esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.) e Bermuda (*Cynodon dactylon*), todas com irrigação por aspersão, por meio de pivô central. A mais vendida é a grama Esmeralda, sendo seu preço na área de produção, cerca de R\$ 4,50 o m<sup>2</sup>, e a área total do seu cultivo de 117 ha.

A grama Esmeralda tem hábito de crescimento rizomatoso e, portanto, pode ser colhida em área total, visto que após a colheita fica rizomas subsuperficiais capazes de brotarem e cobrir novamente o solo (Backes et al., 2010). Seu tempo de produção é de 12 meses e as colheitas ocorrem mensalmente, de acordo com a demanda. Em Pereira Barreto, a área já vem sendo cultivada há 18 anos.

São realizados comumente na área de produção: a) o uso de subsolador, a cada 2 anos bem como de escarificador superficial denominado estrelinha, após as colheitas; b) a calagem, de acordo com os resultados da análise química do solo, sendo aplicados normalmente 1,2 t ha<sup>-1</sup>, após a colheita do tapete; c) a adubação (NPK): após o corte do tapete, sendo aplicados 400 kg ha<sup>-1</sup> do MAP (10-50-00). Além do MAP, são aplicados após o corte do tapete, 200 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 20-00-20, sendo a mesma repetida a cada 2 meses, totalizando 6 aplicações. A aplicação é feita a lanço e em área total. Portanto, tem-se: 280 kg ha<sup>-1</sup> de N, 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, fornecidos durante o ciclo de produção; d) o corte: é realizado 8 meses após o fechamento/formação do tapete, sendo realizados 1 corte por semana, com remoção das aparas; e) a irrigação é feita por pivô central, com fornecimento de 10 a 12 mm de água diariamente, no período seco ou quando necessário; f) o controle de pragas, doenças e plantas daninhas é feito sempre que necessário, sendo avaliado visualmente; g) a passagem do rolo compactador antes da colheita, em única vez; h) a colheita, realizada 12 meses após o último corte, com 1,5 cm de profundidade; i) a análise química do solo, após cada corte do tapete, a profundidade de 0,00 a 0,20 m.

## 5.2. Delineamento experimental e tratamentos

Foi utilizado no experimento, o delineamento em blocos casualizados com 16 tratamentos dispostos em fatorial 4 x 4, com quatro repetições, em 10 m<sup>2</sup> por parcela. Os tratamentos são: três BPCPs (*A. brasilense*, *B. subtilis* e *P. fluorescens*) mais a ausência delas, combinadas com três doses de N (100, 75 e 50% da dose aplicada na área de produção, de 280 kg ha<sup>-1</sup>), além da testemunha (sem fornecimento de N).

## 5.3. Condução do experimento

As parcelas foram delimitadas dia 30 de janeiro de 2019 (Figura 1), após o corte do tapete anterior. Nesse momento, foram coletadas amostras de 0,00-0,20 m de solo para análise dos atributos químicos do solo (Tabela 1), conforme metodologia de Raij et al. (2001).

**Tabela 1** - Análise química inicial do solo. Pereira Barreto/SP, 2018.

<b>P</b> (resina)	<b>M. O.</b>	<b>pH</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>H+Al</b>	<b>Al</b>	<b>SB</b>	<b>CTC</b>	<b>V</b>
(mg dm <sup>-3</sup> )	(g dm <sup>-3</sup> )	(CaCl <sub>2</sub> )	----- (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----							(%)
83	12	4,3	2,1	7	4	28	5	13,1	41,1	32
<b>S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>					
(mg dm <sup>-3</sup> )	----- (mg dm <sup>-3</sup> ) -----									
9	0,26	1,2	41	20,0	0,4					

Obs.: O extrator usado para os micronutrientes foi o DTPA, exceto para o boro que foi a água quente.

Fonte: Elaboração da própria autora.

**Figura 1.** Vista parcial da área após delimitação das parcelas.



Fonte: dados do próprio autor.

As doses de N, utilizando como fonte a ureia, foram aplicadas manualmente (Figura 2) após o corte do tapete e repetidas a cada dois meses até a total cobertura do solo pela grama, sendo a primeira adubação realizada em 30/01/2019.

Para a adubação com P e K, cuja quantidade aplicada foi igual à realizada na área de produção, foram utilizados como fontes o superfosfato simples (18% de  $P_2O_5$ ) e o cloreto de potássio (60% de  $K_2O$ ), respectivamente, em todos os tratamentos. A adubação com P e a primeira adubação com K foram realizadas em 30/01/2019. Quando realizamos a adubação nitrogenada de cobertura, também foi fornecido o potássio, assim como é feito na área de produção (Figuras 4 e 5).

**Figura 2.** Aplicação manual dos tratamentos (julho).



Fonte: dados do próprio autor.

**Figura 3.** Gramado após reaplicação dos tratamentos.



Fonte: dados do próprio autor.

**Figuras 4 e 5.** Três doses de N (50, 75 e 100) e dose de K<sub>2</sub>O igual para os tratamentos.



Fonte: dados do próprio autor.

A aplicação das BPCPs foi realizada 28 dias após o corte do tapete anterior (Figura 6), em 26/02/2019, no início da brotação da grama sendo aplicados 200 mL do inoculante contendo as BPCPs diluído em calda de 400 L ha<sup>-1</sup> e pulverizado com bomba costal sobre o solo úmido. Portanto, foi efetuada a inoculação foi realizada apenas uma vez, conforme cada tratamento.

Os inoculantes bacterianos utilizados foram fornecidos pela empresa Total Biotecnologia, com *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6) na dose de 200 mL ha<sup>-1</sup> de inoculante líquido (garantia de  $2 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>); a inoculação com *Bacillus subtilis* (estirpe CCTB04) foi realizada na dose de 200 mL ha<sup>-1</sup> de inoculante líquido (garantia de  $1 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>); a inoculação com *Pseudomonas fluorescens* (estirpe CCTB03) foi realizada na dose de 200 mL ha<sup>-1</sup> de inoculante líquido (garantia de  $2 \times 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>). As inoculações foram realizadas em solo úmido e entre 8 e 9 h da manhã.

**Figura 6.** Inoculação com auxílio de bomba costal 26/02/2019.



Fonte: dados do próprio autor.

**Figura 7.** Vista geral da área após inoculação com bactérias.



Fonte: dados do próprio autor.

A partir dos 45 dias após a aplicação das bactérias (DAA), em abril de 2019, iniciou-se as coletas dos dados da taxa da cobertura do solo pela grama (TCS) e da intensidade da coloração verde da grama pela análise por imagem digital, bem como do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). Essas avaliações foram repetidas aos 75 (maio/2019) (Figura 8) e 90 (maio/2019), 120 (junho) e 190 DAA das bactérias (agosto) (Figura 9), semelhante ao realizado no trabalho de Godoy (2005).

**Figura 8.** Vista geral da área na primeira avaliação aos 75 DAA das bactérias.



Fonte: dados do próprio autor.

**Figura 9.** Vista geral da área na última avaliação aos 190 DAA das bactérias.



Fonte: dados do próprio autor.

Aos 270 DAC ou 240 DAA das bactérias (outubro/2019) (Figura 10), foram realizadas coletas referentes aos dados de matéria seca e determinação da concentração de macronutrientes nas folhas, bem como de matéria seca e concentração de macronutrientes nas raízes + rizomas (Figuras 11, 12 e 13). Optou-se por essa data de coleta em função das informações fornecidas pelos responsáveis pela área de produção de que o tempo que a grama Esmeralda leva para cobrir totalmente o solo é de 8 meses.

**Figura 10.** Vista geral da área aos 240 DAA das bactérias. (OBS: é possível certa observação de diferenças de cor na grama entre os tratamentos)



Fonte: dados do próprio autor.

**Figura 11.** Coleta das amostras de parte aérea e raízes + rizomas por meio de um tubo de aço inox com o auxílio de um trator devido à compactação da área consequente do sistema de produção da grama.



Fonte: dados do próprio autor.

**Figuras 12 e 13.** Tubo de aço inox e amostra (plug) coletada.



Fonte: dados do próprio autor.

Dessa forma os tapetes foram colhidos (Figura 13) e pesados dia 11 de dezembro, com todas as avaliações realizadas e o tapete de grama já formado (Figura 14 e 15).

**Figura 13.** Colheita dos tapetes 11/12/2019.



Fonte: dados do próprio autor

**Figuras 14 e 15.** Tapete de grama formado.



Fonte: dados do próprio autor.

**Figura 16.** Espessura do tapete retirado levando 0,5 cm de solo.



Fonte: dados do próprio autor.

#### **5.4. Avaliações realizadas:**

a) Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI- Normalized Difference Vegetation Index): foi obtido com o GreenSeeker Handheld Crop Sensor (Trimble®), posicionado paralelamente à superfície gramada a 60 cm de altura, sendo realizadas três leituras em cada parcela para o cálculo da média (Figuras 20 e 21), como no trabalho de Alfonsi et al. (2015) e de Latorre, Godoy e Tibães (2015).

O NDVI pode ser um índice interessante e muito prático para avaliação da qualidade do gramado (LATORRE; GODOY; TIBÃES, 2015).

**Figuras 20 e 21.** GreenSeeker Handheld Crop Sensor (Trimble®) utilizando na avaliação de NDVI realizada aos 190 DAA das bactérias.



Fonte: dados do próprio autor.

b) Índice de Cor Verde Escuro (ICVE): foi avaliada pela análise por imagem digital da parte aérea, utilizando a metodologia presente no trabalho de Godoy (2005). Como somente o componente verde (G) não define a cor verde, dependendo também dos componentes vermelho (R) e azul (B), os resultados em RGB foram, assim como no trabalho mencionado, compilados para planilha no MS Excel® e convertidos para valores HSB (“Hue” – matiz, “Saturation” – saturação e “Brigthness” – brilho), de acordo com Karcher e Richardson (2003). Após a obtenção dos valores de HSB foi calculado o Índice de Cor Verde Escuro (ICVE) proposto, também, por Karcher e Richardson (2003), que varia de 0 a 1.

c) Taxa de cobertura do solo pela grama Esmeralda (TCS): foi avaliada pela análise por imagem digital da parte aérea. Nesta pesquisa, as imagens digitais foram obtidas de câmera digital Sony DSC-W55, 7.2 megapixels fixada na extremidade de estrutura construída na forma de “L” invertido para que as imagens fossem obtidas

paralelamente à superfície do gramado, em mesma altura (1,6 m), evitando a sombra do fotógrafo, ou de qualquer parte da câmera (Figura 19). Cada figura foi descarregada em computador e analisada no programa Corel Photo Paint v. 10.410 (COREL CORPORATION, 2004) que permite contar o número de pixels de determinada cor, quantificando valor médio das cores presentes na imagem. A TCS foi calculada de acordo com metodologia presente no trabalho de Godoy (2005).

**Figura 19.** Avaliação de TCS utilizando câmera digital Sony DSC-W55, 7.2 megapixels fixada na extremidade de estrutura construída na forma de “L” invertido, 190 DAA das bactérias.



Fonte: dados do próprio autor.

d) Matéria seca das folhas e das raízes + rizomas: Foi determinada pela coleta de três amostras (plugs) por parcela, utilizando tubo de aço inox com 50 cm de comprimento e 8 cm de diâmetro afinando na extremidade para 6,8 cm de diâmetro. Cada amostra foi acondicionada em saco plástico identificado até ser levada ao laboratório. Foi realizada uma separação prévia das folhas com auxílio de uma tesoura (Figura 17), as amostras foram lavadas para retirar o solo aderido do material (Figura 18). Posteriormente, foi realizada outra separação em raízes + rizomas e folhas, sendo acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificados e levadas à estufa a 65 °C, por 72 horas, como realizado por Godoy (2005) e por Godoy, Villas Bôas e Backes

(2012). As amostras serão pesadas em balança analítica e os valores apresentados em  $t\ ha^{-1}$ .

Na produção de gramas em tapete, o crescimento de raízes e de rizomas é mais importante que o crescimento da parte aérea, pois influenciará na resistência do tapete durante a colheita e o manuseio, aumentando o rendimento da área (GODOY, 2005).

**Figuras 17 e 18.** Separação prévia das folhas e lavagem das amostras de raízes + rizomas.



Fonte: dados do próprio autor.

e) Concentração dos macros e micronutrientes nas folhas e nas raízes + rizomas: após a determinação da matéria seca das folhas e das raízes + rizomas, as amostras foram moídas, separadamente, e enviadas para o Laboratório de Nutrição de Plantas da Universidade Estadual Paulista, campus de Ilha Solteira, para determinação da concentração de macro e micronutrientes, de acordo com a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

f) Massa dos tapetes: em cada parcela, foram pesados, em balança analítica, a partir de três tapetes colhidos para aferição do peso médio em kg (Figura 22).

**Figura 22.** Pesagem de tapetes no momento da colheita realizada dia 11/12/2019.



Fonte: dados do próprio autor.

g) Eficiência agronômica dos tratamentos: cujo cálculo é o seguinte: (produção de matéria seca com fertilizante - produção de matéria seca sem fertilizante e inoculação) / (quantidade de N aplicada). Isto será realizado para cada bactéria.

### **5.5. Análises estatísticas**

Os dados foram e serão analisados quanto à análise de variância (teste F) e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias das aplicações de BPCPs e ajustados à regressão polinomial para doses de N, utilizando o software de análises estatísticas SISVAR (FERREIRA, 2008).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Com relação ao NDVI (Tabela 2), houve diferença significativa para doses de N em todas as épocas de avaliação e todas se ajustaram a funções lineares crescentes (Figuras 23 A e 23 B). Levando em consideração que os índices baseados nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo, como o NDVI, realizam mensuração da quantidade de clorofila e da absorção de energia (MYNENI et al. 1997). Como parte da molécula de clorofila o N interfere diretamente na taxa de clorofila foliar, dessa forma o NDVI aumenta proporcionalmente a assimilação de N pela planta.

**Tabela 2.** - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) da grama Esmeralda aos 45, 75, 90, 120 e 190 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.

Doses de N (D) (%)	45 DAA	75 DAA	90 DAA adim.	120 DAA	190 DAA
0	0,57**	0,64**	0,72*	0,64**	0,57
50	0,63	0,68	0,72	0,68	0,65
75	0,65	0,73	0,73	0,70	0,69
100	0,69	0,72	0,74	0,72	0,71
<b>BPCP (B)</b>					
Testemunha	0,61 a	0,68 a	0,73 b	0,64 b	0,63
<i>A. brasilense</i>	0,62 a	0,70 a	0,73 b	0,70 a	0,66
<i>B. subtilis</i>	0,64 a	0,70 a	0,72 b	0,69 a	0,66
<i>P. fluorescens</i>	0,67 a	0,70 a	0,75 a	0,71 a	0,67
D.M.S. (5%)	0,07	0,04	0,03	0,02	0,02
<b>Teste F</b>					
D x B	0,72 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	2,55*
C.V. (%)	11,69	5,54	4,14	3,05	4,01

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

ns, \* e \*\* - não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

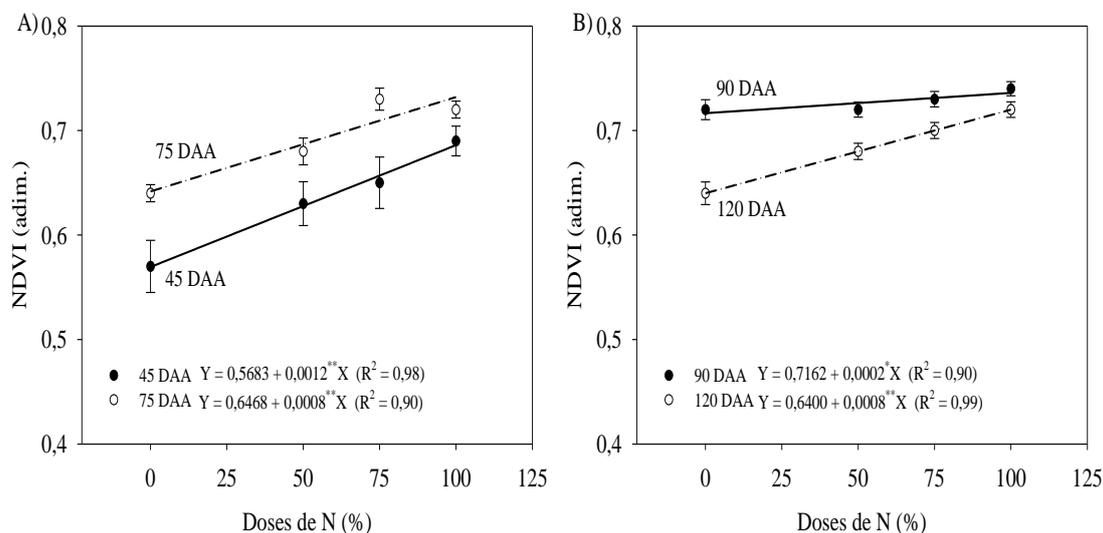
100% da dose de N equivalente a 280 Kg de ureia parcelados em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Referente a inoculação, aos 90 e 120 DAA houve diferença significativa. Aos 90 DAA o tratamento com *P. fluorescens* se destacou com maior NDVI em relação aos

demais. Aos 120 DAA a testemunha (sem inoculação) apresentou o menor valor de NDVI (Tabela 2).

**Figura 23** - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) da grama Esmeralda aos 45, 75 (A), 90 e 120 (B) dias após a aplicação das bactérias promotoras do crescimento de plantas em função de doses de N.



\* e \*\* - significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Obs.: 100% da dose de N equivale a 280 kg ha<sup>-1</sup>, que foi parcelada em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Houve interação significativa para doses de N x inoculações no período de 190 DAA com ajustes a funções lineares crescentes (Tabela 2, Figura 24).

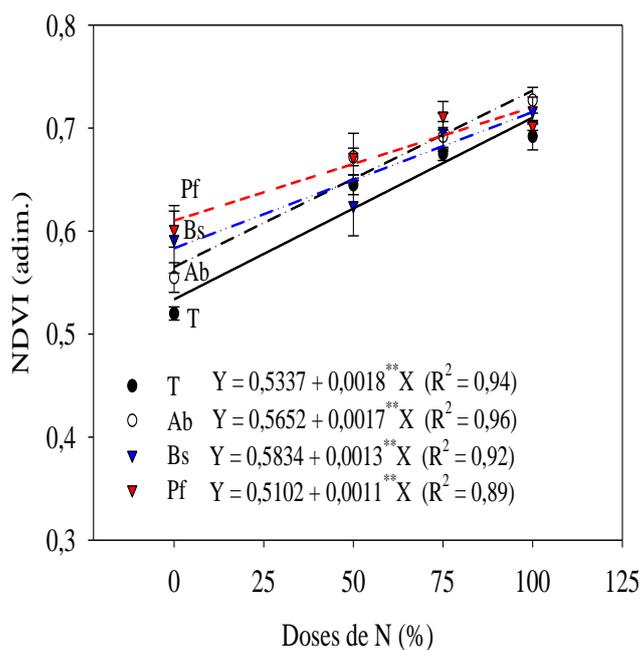
No desdobramento (Tabela 3), dentro da dose 0 (ausência de N), o *B. subtilis* e *P. fluorescens* obtiveram maior NDVI que a testemunha, enquanto *A. brasilense* não se diferiu estatisticamente da testemunha nem das demais inoculações. Tais resultados podem estar relacionados com o período de seca (agosto), levando em conta que as BPCPs têm capacidade de indução da resistência a estresses abióticos, conforme resultados obtidos por BASHAN et al. (2004), onde os efeitos observados após a inoculação utilizando BPCPs em plantas foram o aumento da absorção de água e nutrientes, da tolerância ao estresse, como seca e salinidade, que aumentaram a robustez da planta e a produtividade. No trabalho de Souza (2014) com inoculação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com *A. brasilense* (0 ou 200 mL ha<sup>-1</sup>) constatou-se que a *A. brasilense* pode reduzir as consequências do estresse hídrico em função do aumento da massa radicular, ampliando a absorção de água e de N, aumentando a síntese de clorofila e resultando no retorno produtivo pós-estresse mais rápido, inclusive em função da maior reserva de fotoassimilados.

**Tabela 3** - Desdobramento dos tratamentos aos 190 DAA para o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) da grama Esmeralda.

Doses de N (D) (%)	Testemunha	<i>A. brasilense</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>P. fluorescens</i>
0	0,52 b	0,55 ab	0,59 a	0,60 a
50	0,64	0,67	0,62	0,67
75	0,67	0,69	0,70	0,71
100	0,69	0,73	0,72	0,70
D.M.S. (5%)	0,05			

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.  
Fonte: Elaboração da própria autora.

**Figura 24** - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) da grama Esmeralda aos 190 dias após a aplicação das bactérias promotoras do crescimento de plantas (*A. brasilense*-Ab; *B. subtilis*-Bs; *P. fluorescens*-Ps e Testemunha-T) em função de doses de N.



\* e \*\* - significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Obs.: 100% da dose de N equivale a 280 kg ha<sup>-1</sup>, que foi parcelada em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

## 6.2. Índice de Cor Verde Escuro (ICVE)

Aos 45, 75, 90 e 120 DAA não houve diferença significativa entre as inoculações. Houve interação significativa para dose de N x inoculação aos 190 DAA (Tabela 4).

**Tabela 4** - Índice de Cor Verde Escuro (ICVE) da grama Esmeralda aos 45, 75, 90, 120 e 190 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.

Doses de N (D) (%)	45 DAA	75 DAA	90 DAA adim.	120 DAA	190 DAA
0	0,48 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>**</sup>	0,63 <sup>**</sup>	0,59
50	0,54	0,70	0,74	0,66	0,66
75	0,50	0,70	0,75	0,68	0,68
100	0,51	0,69	0,72	0,67	0,69
<b>BPCP (B)</b>					
Testemunha	0,54 a	0,70 a	0,73 a	0,65 a	0,64
<i>A. brasilense</i>	0,46 a	0,69 a	0,73 a	0,67 a	0,65
<i>B. subtilis</i>	0,49 a	0,69 a	0,73 a	0,66 a	0,66
<i>P. fluorescens</i>	0,54 a	0,70 a	0,73 a	0,66 a	0,66
D.M.S. (5%)	0,10	0,04	0,03	0,02	0,03
<b>Teste F</b>					
D x B	0,70 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	2,16 <sup>*</sup>
C.V. (%)	21,44	6,56	3,98	3,12	4,46

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

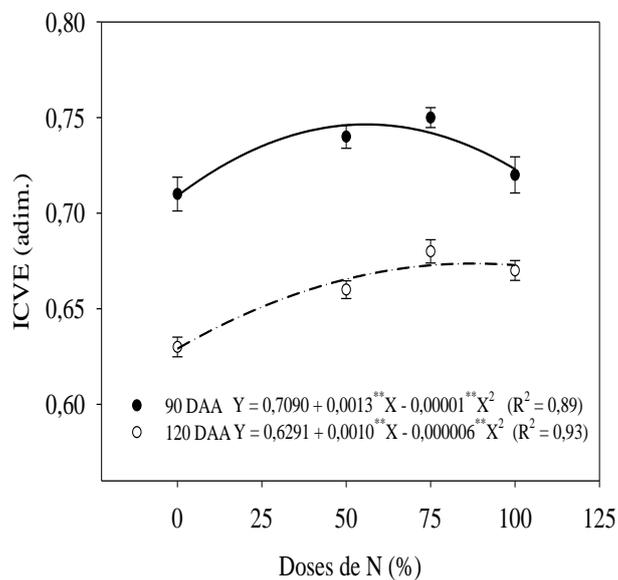
ns, \* e \*\* - não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

100% da dose de N equivalente a 280 Kg de ureia parcelados em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Aos 90 e 120 os resultados foram significativos, ajustando-se a funções quadráticas (Figura 25), onde as doses ótimas de N foram 65 e 83,3% do recomendado, proporcionando máximo ICVE de 0,75 e 0,67 respectivamente.

**Figura 25** - Índice de Cor Verde Escuro (ICVE) da grama Esmeralda aos 90 e 120 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função de doses de N.



\* e \*\* - significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

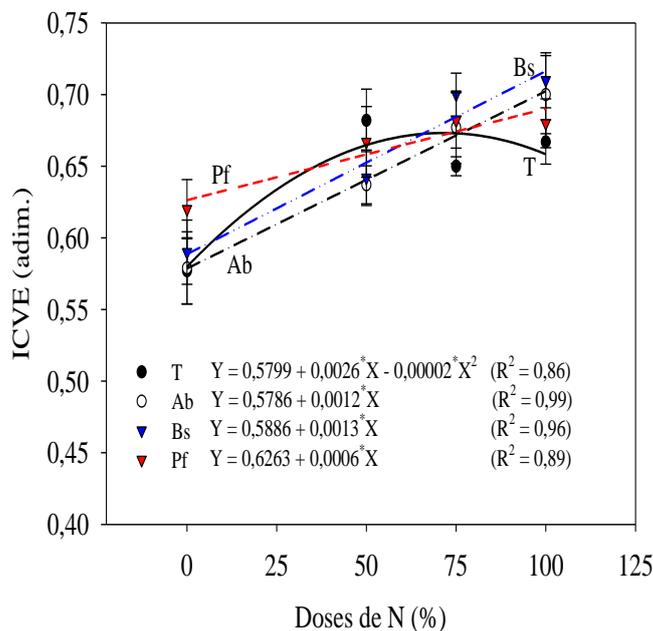
Obs.: 100% da dose de N equivale a 280 kg ha<sup>-1</sup>, que foi parcelada em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Aos 190 DAA, os tratamentos com *A. brasilense*, *B. subtilis* e *P. fluorescens* se ajustaram a função linear crescente, sendo que o máximo ICVE foi de 0,72 obtido com a aplicação de *B. subtilis* e aplicação de 100% da dose de N recomendada, para a mesma dose as demais bactérias também propiciaram melhor resultado que a testemunha (Figura 26). A testemunha se ajustou a uma função quadrática onde a dose ótima de N foi 65%, propiciando ICVE de 0,66. Esse resultado aponta que a inoculação com BPCPs pode tornar mais eficiente a absorção do nutriente na planta, enquanto a testemunha chega ao ponto de saturação em menor dose.

Nesse sentido, as BPCPs estimulam a produção de hormônios vegetais aumentando desenvolvimento do sistema radicular. Com maior volume, comprimento, massa e superfície de raízes, as plantas conseguem explorar melhor o solo e absorver maior quantidade de nutrientes, como o N proveniente dos fertilizantes nitrogenados, aumentando a eficiência de uso dos mesmos (DALL'AGNOL; NOGUEIRA; HUNGRIA, 2018).

**Figura 26** - Índice de Cor Verde Escuro (ICVE) da grama Esmeralda aos 190 dias após a aplicação das bactérias promotoras do crescimento de plantas (*A. brasilense*-Ab; *B. subtilis*-Bs; *P. fluorescens*-Ps e Testemunha-T) em função de doses de N.



\* e \*\* - significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Obs.: 100% da dose de N equivale a 280 kg ha<sup>-1</sup>, que foi parcelada em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

### 6.3. Taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama Esmeralda

Aos 75 DAA o tratamento inoculado com *P. fluorescens* se diferenciou significativamente da testemunha, se destacando com maior taxa de cobertura do solo, enquanto *B. subtilis* e *A. brasilense* não se diferenciaram estatisticamente nem da testemunha nem das bactérias (Tabela 5).

**Tabela 5** - Taxa de cobertura do solo (TCS) da grama Esmeralda aos 45, 75, 90, 120 e 190 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.

Doses de N (D)	45 DAA	75 DAA	90 DAA	120 DAA	190 DAA
(%)	%				
0	68,3**	89,4**	92,8	93,7	99,7 <sup>ns</sup>
50	82,8	95,8	96,8	97,8	100,0
75	82,2	96,1	97,7	98,8	100,0
100	89,4	96,6	97,3	98,9	100,0
<b>BPCP (B)</b>					
Testemunha	76,8 a	92,8 b	95,4	96,0	99,9 a
<i>A. brasilense</i>	82,2 a	95,2 ab	96,4	97,6	99,9 a
<i>B. subtilis</i>	82,1 a	94,5 ab	96,2	97,3	99,9 a
<i>P. fluorescens</i>	81,7 a	95,3 a	96,5	98,3	99,9 a
D.M.S. (5%)	10,1	2,4	1,6	1,5	0,2
<b>Teste F</b>					
D x B	0,63 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	3,36**	6,20**	0,00 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	13,34	2,73	1,86	1,59	0,25

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

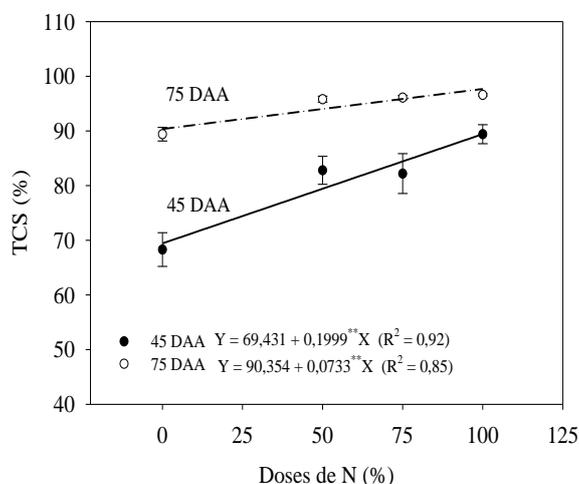
ns, \* e \*\* - não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

100% da dose de N equivalente a 280 Kg de ureia parcelados em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Em relação a taxa de cobertura do solo (Tabela 5), os resultados obtidos aos 45 e 75 DAA foram significativos para doses de N e se ajustaram a função linear crescente (Figura 27), sendo que 100% da dose de N proporcionou maior TCS em ambas as datas de avaliação.

**Figura 27.** Taxa de cobertura do solo (TCS) da grama Esmeralda aos 45 e 75 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função doses de N.



\* e \*\* - significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Obs.: 100% da dose de N equivale a 280 kg ha<sup>-1</sup>, que foi parcelada em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

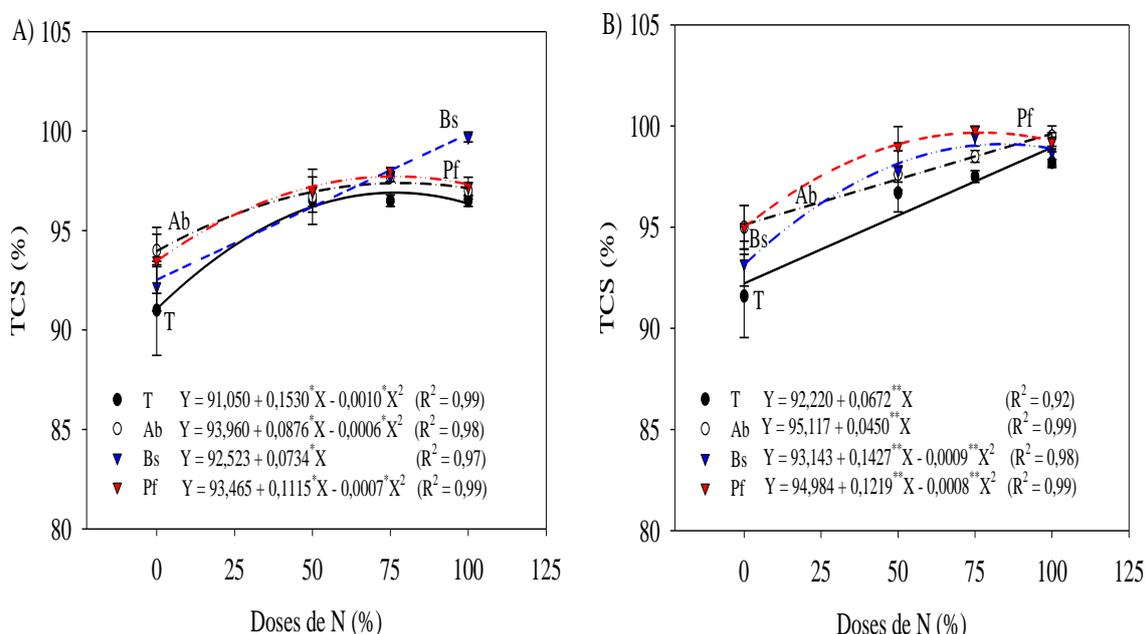
Aos 90 DAA os tratamentos testemunha, *A. brasilense* e *P. fluorescens* ajustaram-se a função quadrática, sendo as doses ótimas de N de 75, 75 e 78,6% da recomendada, propiciando máximas TCS de 0,97, 0,97 e 0,98, respectivamente (Figura 28 A). No entanto, para a aplicação de *B. subtilis* houve ajuste a função linear crescente, sendo que a máxima TCS de 0,99 foi obtida com a aplicação de 100% da dose de N recomendada. Resultado semelhante foi obtido por Backes et al. (2009a) onde verificaram que a TCS pela grama Esmeralda foi influenciada positivamente pelo aumento das doses de N.

Aos 120 DAA os tratamentos *B. subtilis* e *P. fluorescens* ajustaram-se a função quadrática, sendo as doses ótimas de N de 79 e 76%, propiciando máximas TCS de 98,8 e 99,6 respectivamente (Figura 28 B). No entanto, para a testemunha e o tratamento de *A. brasilense* verificou-se ajuste a função linear crescente, sendo que a máxima TCS de 98,9 e 99,6 respectivamente, obtidas com a aplicação de 100% da dose de N recomendada. Observando os resultados, nota-se que tanto *P. fluorescens* quanto *A. brasilense* proporcionaram a maior taxa de cobertura do solo, porém a dose ótima para *P. fluorescens* foi de 76% da dose de N.

Zucarelli et al. (2011) relataram que bactérias *P. fluorescens* têm sido utilizadas com sucesso como promotoras de crescimento em plantas de milho. Na cultura do arroz

produzem altas concentrações de citocinina, hormônio vegetal que auxilia no crescimento das plantas. Souza (2014) verificou que a inoculação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com *A. brasilense* (0 ou 200 mL ha<sup>-1</sup>) em solo do Cerrado pode ser bastante conveniente no estabelecimento de áreas de pastagens, pois o aumento no aparecimento de folhas pode proporcionar maior taxa de colonização de solo, reduzindo o tempo de formação da pastagem.

**Figura 28.** Taxa de cobertura do solo (TCS) da grama Esmeralda aos 90 (A) e 120 (B) dias após a aplicação das bactérias promotoras do crescimento de plantas (*A. brasilense*-Ab; *B. subtilis*-Bs; *P. fluorescens*-Ps e Testemunha-T) em função de doses de N.



\* e \*\* - significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Obs.: 100% da dose de N equivale a 280 kg ha<sup>-1</sup>, que foi parcelada em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

#### 6.4. Matéria seca das folhas, raízes e rizomas

Quanto a aplicação das BPCPs, nas folhas os tratamentos com *P. fluorescens* e *B. subtilis* se diferenciaram significativamente da testemunha com maior peso de matéria seca, da mesma forma, Fauvel (2020) concluiu que aplicação de *B. subtilis* e de *P. fluorescens* em mudas de alface propiciaram maior matéria seca total das plantas.

Por outro lado, testando a inoculação de vários microrganismos em grama Esmeralda Araújo (2019), verificou maior interação da inoculação com *P. fluorescens* e a MSR (massa seca das raízes) da grama Esmeralda do que com a MAS (massa seca das aparas).

Sobre a matéria seca das raízes + rizomas não houve diferença significativa entre a testemunha e as inoculações, diferente do que era esperado devido a produção de fitormônios pelas BPCPs, que aumenta o desenvolvimento radicular e melhora a absorção de nutrientes, isso proporcionaria uma maior MS de raízes + rizomas.

**Tabela 6** - Matéria seca das folhas e das raízes + rizomas da grama Esmeralda aos 240 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.

Doses de N (D) (%)	Matéria seca das folhas	Matéria seca das raízes + rizomas kg ha <sup>-1</sup>
0	1821**	12138**
50	2748	15251
75	2721	17408
100	2934	16141
<b>BPCP (B)</b>		
Testemunha	1995 b	14577 a
<i>A. brasilense</i>	2479 ab	13191 a
<i>B. subtilis</i>	2814 a	16669 a
<i>P. fluorescens</i>	2935 a	16503 a
D.M.S. (5%)	806	4546
<b>Teste F</b>		
D x B	1,03 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	21,87	20,70

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

ns, \* e \*\* - não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

100% da dose de N equivalente a 280 Kg de ureia parcelados em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

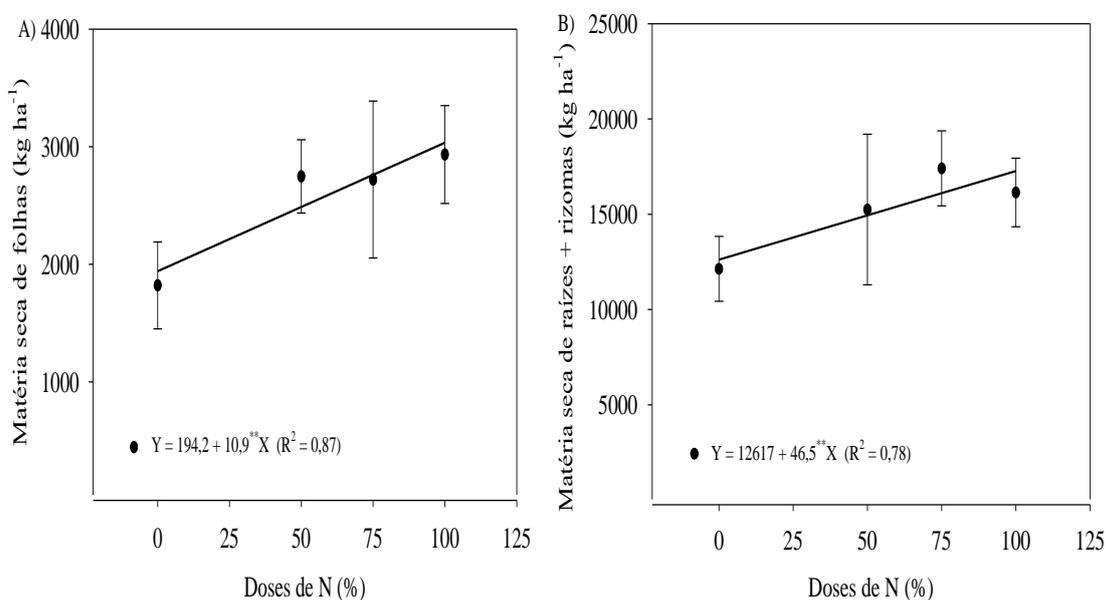
Nos resultados obtidos de matéria seca das folhas como das raízes + rizomas foram significativos para doses de N e se ajustaram a função linear crescente, indicando incremento da matéria seca conforme aumento das doses (Figura 29 A e 29 B).

Dinalli (2014) também relatou aumento dos valores de matéria seca foliar da grama Esmeralda com o aumento das doses de N (0, 50, 100 e 200 Kg ha<sup>-1</sup>, parcelada em cinco vezes ao ano e utilizando como fonte a ureia) em seis das oito avaliações realizadas. Também Segundo Carrow et al. (2001), o N é o nutriente que mais tem influência no crescimento e das folhas da grama, o que justifica o incremento de massa seca nas folhas do presente trabalho. Entretanto maiores doses do nutriente N e aumento na frequência de aplicação pode reduzir o tempo de produção, mas o rápido crescimento resulta em mais cortes, portanto aumento do custo de manutenção (QUIROGA-GARZA et al., 2001).

Sobre as raízes + rizomas, Lima (2009) que verificou redução da matéria seca de estolões e rizomas, bem como de raízes, quando aplicadas maiores quantidades de N.

Diferente disso e corroborando com os resultados da presente pesquisa, Gazola (2017) concluiu que a adubação nitrogenada resultou em maiores massas secas foliares e de raízes + rizomas. Assim como Nobile, Nunes e Neves (2014) observou que com doses crescentes de lodo de esgoto proporcionaram o maior desenvolvimento na quantidade de raízes, e constância na produção de parte aérea.

**Figura 29** - Matéria seca das folhas (A) e das raízes + rizomas (B) da grama Esmeralda aos 240 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função doses de N.



\* e \*\* - significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Obs.: 100% da dose de N equivale a 280 kg ha<sup>-1</sup>, que foi parcelada em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

*A. brasilense* não diferenciou estatisticamente da testemunha, nem das outras bactérias utilizadas, como também não houve interação significativa para doses x inoculação nas matérias secas avaliadas.

### 6.5. Concentração dos nutrientes nas folhas e nas raízes + rizomas

A) Folhas:

- Macronutrientes

Na análise de macronutrientes das folhas de grama Esmeralda aos 240 DAA da inoculação com BPCPs (Tabela 7), a concentração de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e enxofre (S) foram significativos para doses de N, onde

N, K e Mg se ajustaram a função linear crescente, enquanto P e S a função linear decrescente (Figuras 30 A, 30 B e 30 C). O cálcio (Ca) não apresentou resultados significativos estatisticamente em relação as doses de N.

O incremento de N foliar conforme o aumento da dose aplicada foi constatado também no atual estudo de Dinalli (2014), que verificou maiores concentrações foliares de N da grama Esmeralda com as maiores doses de N (0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, parceladas em cinco vezes ao ano e utilizando como fonte a ureia), em cinco das oito avaliações realizadas, sendo os maiores valores de 18,1; 21,5; 17,9; 18,9 e 18,5 g kg<sup>-1</sup> para a primeira, segunda, quinta, sexta e sétima avaliações, respectivamente. Da mesma forma, Gazola (2017) utilizando doses de N em grama Esmeralda (30 e 60 kg ha<sup>-1</sup>, parcelada em 5 aplicações e usando como fonte a ureia), relatou que de modo geral as maiores doses de N proporcionaram maiores concentrações de N foliar. Também em estudos realizados por Backes et al. (2010b) em área comercial de grama Esmeralda adubada com lodo de esgoto (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de N, sem parcelamento), constataram, aos 45 DAA do lodo de esgoto, aumento linear na concentração de N, atingindo 28 g kg<sup>-1</sup> com a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Neste estudo a maior concentração de N obtida foi de 9,2 g Kg<sup>-1</sup> para a maior dose de N aplicada, esse valor se encontra muito abaixo do encontrado pelos demais autores.

Segundo Godoy et al. (2012), as concentrações de N foliar variam de 20 a 50 g kg<sup>-1</sup>, o teor médio de 14 g kg<sup>-1</sup> de N indica deficiência crítica e acima ou igual a 20 g kg<sup>-1</sup> indica suficiência. Em estudos sobre o efeito de doses de N (0, 200, 400 e 600 kg ha<sup>-1</sup>, parcelado, utilizando como fonte a ureia), na formação de tapetes de grama Esmeralda, Godoy et al. (2007) constataram que as gramas que não receberam a adubação nitrogenada apresentaram concentração de N entre 14 e 16 g kg<sup>-1</sup>, podendo este valor ser considerado indicativo de deficiência severa. As que receberam 600 kg ha<sup>-1</sup> de N propiciaram concentração de 24 e 26 g kg<sup>-1</sup> de N, podendo ser adotado com ideal para a produção de tapetes de grama Esmeralda, pois as gramas com essa concentração formaram tapetes mais rapidamente. Mills e Jones (1996) consideram que a faixa adequada para grama Esmeralda é de 20 a 24 g kg<sup>-1</sup>.

No entanto, na presente pesquisa, mesmo apresentando valores abaixo do considerado crítico pelos autores citados a grama Esmeralda formou tapete antes de 12 meses, que é o tempo previsto e não apresentou sintoma visual de deficiência de N,

como redução de crescimento e amarelecimento foliar, o que pode ser afirmado pelas avaliações de NDVI (Tabela 2), do ICVE (Tabela 4) e da TCS (Tabela 5).

**Tabela 7** - Concentração dos macronutrientes nas folhas da grama Esmeralda aos 240 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.

Doses de N (D) (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg <sup>-1</sup>					
0	6,8**	2,4**	10,7**	3,5 <sup>ns</sup>	0,6**	2,7*
50	7,2	2,2	11,2	3,3	0,8	2,4
75	7,9	2,1	11,9	3,4	0,9	2,4
100	9,2	2,0	12,4	3,5	0,9	2,5
<b>BPCP (B)</b>						
Testemunha	7,9 a	2,1 a	11,6 a	3,6 a	0,9 a	2,4 a
<i>A. brasilense</i>	7,9 a	2,2 a	11,3 a	3,3 a	0,7 b	2,5 a
<i>B. subtilis</i>	7,4 a	2,1 a	11,1 a	3,5 a	0,8 ab	2,4 a
<i>P. fluorescens</i>	7,9 a	2,3 a	12,3 a	3,4 a	0,8 ab	2,7 a
D.M.S. (5%)	1,1	0,3	1,6	0,5	0,1	0,3
<b>Teste F</b>						
D x B	1,3 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	2,57 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	9,65	10,28	9,77	9,40	11,85	9,28

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

ns, \* e \*\* - não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

100% da dose de N equivalente a 280 Kg de ureia parcelados em 6 aplicações.

Em relação ao K, no estudo realizado por Dinalli (2014) verificou maiores concentrações foliares de K em grama Esmeralda quando aplicadas doses de N (0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, parceladas em cinco vezes ao ano e utilizando como fonte a ureia) em relação à ausência do nutriente, em quatro das oito avaliações realizadas. O mesmo foi constatado, em grama Esmeralda, por Backes (2008) e por Mota (2016), aos 45 e aos 93 DAA do lodo de esgoto (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de N, em única aplicação), respectivamente. Assim como, Lima (2009) observou aos 268 e 332 DAC efeito linear crescente para a concentração de K em função das doses de N-ajifer - subproduto da indústria de Ajinomoto (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de N, parceladas em três aplicações), obtendo os maiores valores de, respectivamente, 16 e 14 g kg<sup>-1</sup> de K quando aplicada a dose máxima.

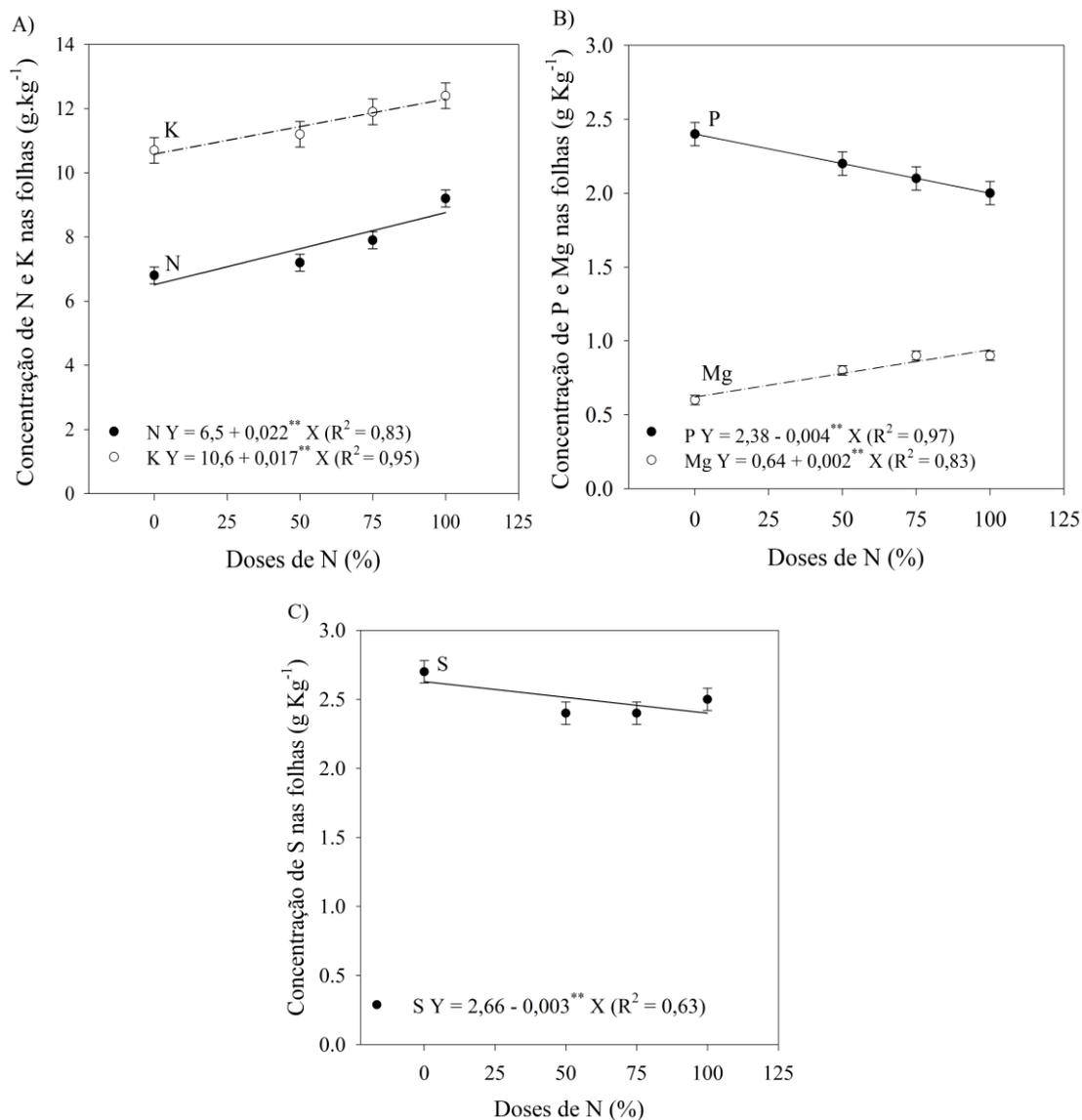
As concentrações de K nas folhas da grama Esmeralda variaram de 10,7 a 12,4 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 7), valores semelhantes a esse também são encontrados nos trabalhos de Dinalli (2014) que constatou valores máximos de K (dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N) de, respectivamente, 12,5; 10,1; 10,9 e 10,0 g kg<sup>-1</sup>, na terceira, sexta, sétima e oitava avaliações e Godoy (2005) em área de produção de grama Esmeralda, em que a maior concentração de K (14 g kg<sup>-1</sup>) foi obtida com a dose de 118 kg ha<sup>-1</sup> de N, 90 DAC. Os

valores obtidos também se estão dentro do intervalo proposto por Carribeiro (2010) de 8,9 a 17,8 g kg<sup>-1</sup> e, Mills e Jones Junior (1996), que consideram a faixa adequada para grama Esmeralda de 11 a 13 g kg<sup>-1</sup> de K.

Quanto às concentrações de Mg nas folhas, assim como nesta pesquisa, em estudos com a grama Esmeralda, Dinalli (2014), verificou aumento linear das concentrações foliares de Mg do gramado, na oitava avaliação quando adubado com N (0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, parceladas em cinco vezes ao ano e utilizando a ureia); Assim como Godoy (2005), aos 124 e 192 DAC, para a grama adubada com N (0, 150, 300, 450 e 600 kg ha<sup>-1</sup>, utilizando como fonte a ureia, parceladas em seis vezes) e Backes (2008), 45 DAA das doses de lodo de esgoto (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de N, sem parcelamento), notaram incremento das concentrações foliares de Mg com as maiores doses de N. Segundo Godoy (2005), esse aumento linear pode ser devido ao fato de que a absorção de Mg tenha sido favorecida pela maior disponibilidade de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> como íon acompanhante, aumentando a velocidade de absorção.

As concentrações foliares de Mg obtidas estão entre 0,6 e 0,9 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 7), valores abaixo e próximos ao intervalo de 0,9 a 1,2 g kg<sup>-1</sup> encontrado por Godoy e Villas Boas (2010) em experimentos de adubação para produção de gramas encontrou em grama Esmeralda. Mills e Jones Junior (1996) consideram como faixa adequada para a grama Esmeralda de 1,3 a 1,5 g kg<sup>-1</sup> de Mg. Os baixos valores obtidos podem ser explicados ainda por Raij et al (1991), onde coloca que solos com pH entre 4,5-5,0 a absorção de Mg pela planta será de apenas 20-40%, levando em consideração o valor de 4,3 observado na análise de solo do presente estudo. Já quando o pH está próximo da neutralidade 6,5-7,5 a taxa de absorção de Mg é 100%.

**Figura 30.** Concentração dos macronutrientes nas folhas da grama Esmeralda aos 240 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função doses de N.



\* e \*\* - significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Obs.: 100% da dose de N equivale a 280 kg ha<sup>-1</sup>, que foi parcelada em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

No que se refere ao P, houve decréscimo da concentração foliar com o aumento da dose de N (Tabela 7 e Figura 30 B), da mesma maneira Dinalli (2014) constatou decréscimo linear do nutriente com o aumento das doses de N em 4 das 8 avaliações realizadas em grama Esmeralda. O mesmo foi obtido por Godoy (2005), que relatou que tal resultado ocorreu provavelmente devido ao efeito diluição, com o maior crescimento das folhas nas maiores doses, posto que no tratamento que não recebeu N, a concentração de P foi muito maior. No presente trabalho foi verificado valores de

matéria seca foliar (Tabela 6 e Figura 29 A) menores na ausência de N, justificando o efeito diluição desse nutriente nas folhas do gramado. Ainda podendo enfatizar a correlação negativa entre o teor de P nas folhas e os valores de matéria seca foliar ( $r = -0,31^{ns}$ ).

Quando da aplicação de N, as concentrações foliares de P da grama Esmeralda variaram de 2,0 a 2,5 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 7). Os teores de fósforo foram superiores aos verificados por Carribeiro (2010) (1,4 a 1,9 g kg<sup>-1</sup>) e condizentes com a faixa considerada ideal para esta espécie por Mills e Jones Junior (1996), de 1,9 a 2,2 g kg<sup>-1</sup> de P e estão dentro da concentração adequada para as folhas das gramas, de 2 a 6 g kg<sup>-1</sup>, citada por Godoy et al. (2012).

Quanto ao S, ocorreu decréscimo linear da concentração foliar com o aumento da dose de N (Tabela 7 e Figura 30 C), resultado constatado no recente estudo de Gazola (2017) em 2 das 10 avaliações utilizando doses de N em grama Esmeralda (30 e 60 kg ha<sup>-1</sup>, parcelada em 5 aplicações e usando como fonte a ureia), também relatou que o resultado se deve a ocorrência do efeito diluição do nutriente nas folhas do gramado, pois, com doses maiores de N as plantas apresentando maiores matéria seca foliar (Tabelas 7 e 6) e, assim, diluíram o nutriente absorvido. O mesmo foi relatado por Dinalli (2014), que notou menores concentrações foliares de S com o aumento das doses de N (0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, parceladas em cinco vezes ao ano e utilizando como fonte a ureia), em cinco das oito avaliações realizadas.

Em relação aos teores de S nas folhas, variaram de 2,4 a 2,7 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 7) e se encaixam dentro do intervalo encontrado por Carribeiro (2010) (2,0 a 2,7 g kg<sup>-1</sup>) e abaixo do mencionado como adequados por Mills e Jones Junior (1996) (3,2 a 3,7 g kg<sup>-1</sup>) em grama Esmeralda.

Para o Ca, os teores foliares ficaram entre 3,3 a 3,6 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 7), se enquadram dentro do intervalo requerido por Godoy e Villas Boas (2010) em lâminas foliares de grama Esmeralda (2 a 5 g kg<sup>-1</sup>), e pouco abaixo da faixa considerada adequada por Mills e Jones Junior (1996), de 4 a 6 g kg<sup>-1</sup>.

Já em relação aos tratamentos com BPCPs (Tabela 7), apenas o magnésio mostrou diferença significativa entre os tratamentos, onde a testemunha se diferenciou estatisticamente do tratamento com *A. brasilense*, enquanto *B. subtilis* e *P. fluorescens* não se diferenciaram nem da testemunha e nem de *A. brasilense* (Tabela 7).

Corroborando com os resultados do estudo, Thomazini et al. (2019) avaliaram o desempenho agrônômico do milho, em função da inoculação das sementes com *A. brasilense* e das doses de N em cobertura (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), em sistema plantio direto, nos anos 2010/11 e 2011/12 (primeira safra) e constataram que no segundo ano não houve diferença significativa para inoculação quanto à concentração foliar de N. O mesmo foi constatado por Moreira (2014) avaliando os efeitos da inoculação de bactéria diazotróficas e doses de nitrogênio (0, 55 e 110 kg ha<sup>-1</sup>), no desenvolvimento, nutrição e produção do milho safra (2013/2014). Em contrapartida, Pereira et al. (2020) concluíram que a inoculação com *B. subtilis* e *A. brasilense* aumentou a concentração de P em milho, beneficiando o desenvolvimento de componentes produtivos e maior rendimento de grãos.

Eram esperados no presente estudo que as concentrações de nutrientes nas folhas de grama Esmeralda fossem maiores quando inoculadas com as BPCPs, uma vez que são microrganismos capazes de fixar nitrogênio, além de liberarem substâncias responsáveis por mecanismos de promoção do crescimento vegetal, que favorecem o desenvolvimento radicular e aumentando a capacidade das plantas em absorver água e nutrientes, podendo até aumentar a resistência da planta ao estresse hídrico (Lanna Filho; Ferro; Pinho, 2010; Hungria, 2011; Thomazini *et al.*, 2019).

Uma possível explicação para esse resultado é que o efeito de microrganismos e/ou substâncias promotoras do crescimento tem maior influência em condições ambientais mais restritivas ao crescimento das plantas, assim como sob estresses hídricos e nutricionais (SILVA; PIRES, 2017), o que não ocorreu na área de produção.

Não houve interação entre as doses de N e as BPCPs para as concentrações de macronutrientes de folha em grama Esmeralda, aos 240 DAA das BPCPs (Tabela 7).

- Micronutrientes

Na análise de micronutrientes das folhas de grama Esmeralda realizada aos 240 DAA (Tabela 8), as concentrações de cobre (Cu) e zinco (Zn) foram significativas para doses de N. Cu se ajustou a função quadrática no qual a dose ótima é de 66% e apresentaria 16,3 mg kg<sup>-1</sup> desse micronutriente. O Zn ajustou-se a função linear crescente (Figura 31). Os micronutrientes ferro (Fe) e manganês (Mn) não apresentaram resultados significativos estatisticamente em relação as doses de N.

No presente trabalho o Cu se ajustou a uma função linear quadrática, o mesmo constatado por Backes (2008) aos 45 DAA houve efeito quadrático para a concentração de Cu na lâmina foliar em função das doses de lodo de esgoto em grama Esmeralda (0, 100, 200, 300 e 400 kg há<sup>-1</sup> de N, sem parcelamento), obtendo máxima concentração (15 mg kg<sup>-1</sup>) com a dose de 30 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo. Diferente disso, Dinalli (2014) verificou em uma das oito avaliações efetuadas, incremento das concentrações foliares de Cu da grama Esmeralda com o aumento das doses de N (0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, parceladas em cinco vezes ao ano e utilizando como fonte a ureia).

A concentração de Cu foliar variou de 9,4 a 16,1 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 8), estando acima do valor considerado ideal para a grama Esmeralda por Mills e Jones Junior (1996), de 2 a 4 mg kg<sup>-1</sup> de Cu. Valores semelhantes ao do atual estudo são encontrados nos trabalhos de Gazola (2017) e Dinalli (2014) que relataram que a maior concentração do nutriente ocorreu, provavelmente, em função do alto teor de Cu no solo, de 1,9 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 1), favorecendo a maior absorção do nutriente pela planta, visto que teores acima de 0,8 mg dm<sup>-3</sup> são considerados altos por Raij et al. (1997).

**Tabela 8** - Concentração dos micronutrientes nas folhas da grama Esmeralda aos 240 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.

Doses de N (D) (%)	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg <sup>-1</sup>			
0	9,4**	1217,0 <sup>ns</sup>	146,3 <sup>ns</sup>	27,9**
50	15,8	1376,4	128,6	40,5
75	16,1	1444,6	139,1	43,9
100	14,1	1299,4	153,4	46,4
<b>BPCP (B)</b>				
Testemunha	11,0 ab	1432,4 a	149,3 a	28,7 b
<i>A. brasilense</i>	11,0 b	1332,3 a	155,1 a	37,8 ab
<i>B. subtilis</i>	16,4 a	1237,3 a	140,1 a	44,8 a
<i>P. fluorescens</i>	14,4 ab	1335,5 a	122,9 a	47,4 a
D.M.S. (5%)	3,8	247,1	32,8	10,43
<b>Teste F</b>				
D x B	6,04 <sup>ns</sup>	4,22**	1,74 <sup>ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	18,93	12,84	16,05	18,24

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

ns, \* e \*\* - não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

100% da dose de N equivalente a 280 Kg de ureia parcelados em 6 aplicações.

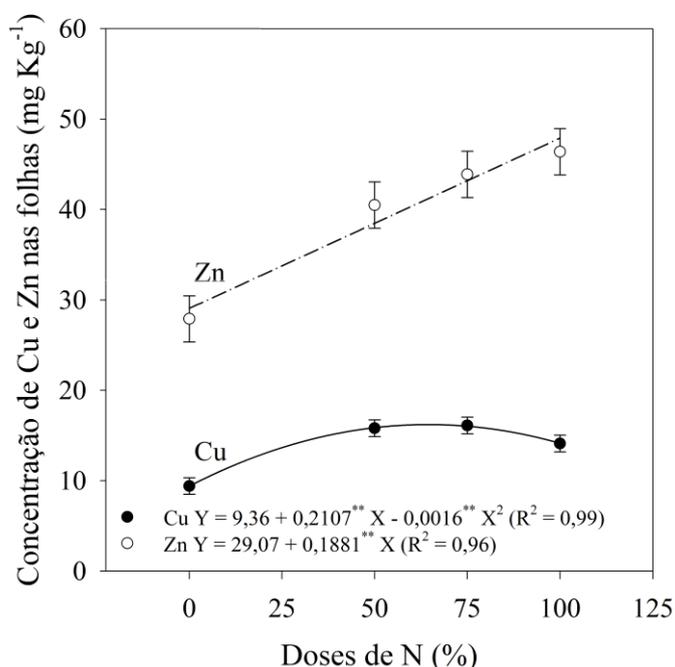
Fonte: Elaboração da própria autora.

Quanto ao teor foliar de Zn, assim como no presente estudo, Gazola (2017) constatou maiores concentrações do nutriente em 3 das 10 avaliações quando da aplicação de doses de N em grama Esmeralda (30 e 60 kg ha<sup>-1</sup>, parcelada em 5

aplicações e usando como fonte a ureia). Assim como Backes (2008), que constatou aos 45 e 105 DAA, aumento das concentrações de Zn nas folhas da grama Esmeralda em função das doses de lodo de esgoto (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de N, sem parcelamento), explicando que o resultado poderia ter sido resposta a alta concentração do nutriente no lodo. Como neste estudo e de demais autores como Gazola (2017) e Dinalli (2014) a fonte utilizada foi a ureia, a justificativa dada pela autora não é válida, dessa forma, o aumento provavelmente ocorreu pelo fato de que a absorção de Zn pelas raízes e folhas foi favorecida pela maior disponibilidade de nitrato como íon acompanhante (MALAVOLTA, 2006).

Em relação a concentração do Zn foliar, Mills e Jones Junior (1996) consideram como adequado o intervalo de 36 a 55 mg kg<sup>-1</sup> de Zn, no qual os valores do presente trabalho se encontram um pouco abaixo e dentro do intervalo proposto (28,7 a 47,4 mg kg<sup>-1</sup>).

**Figura 31.** Concentração dos micronutrientes nas folhas da grama Esmeralda aos 240 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função doses de N.



\* e \*\* - significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Obs.: 100% da dose de N equivale a 280 kg ha<sup>-1</sup>, que foi parcelada em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Não houve diferença para as concentrações de Fe e Mn nas folhas da grama Esmeralda quando da adubação nitrogenada (Tabela 8), corroborando com os estudos de

Gazola (2017) utilizando doses de N em grama Esmeralda (30 e 60 kg ha<sup>-1</sup>, parcelada em 5 aplicações e usando como fonte a ureia). Dinalli (2014) constatou o mesmo para o Fe, mas verificou diminuição das concentrações foliares de Mn com o aumento das doses de N (0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, parceladas em cinco vezes ao ano e utilizando como fonte a ureia), em três de oito avaliações.

Quanto as concentrações de Fe e Mn nas folhas (1444 a 1217 mg kg<sup>-1</sup> e 122,9 a 155,1 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente), os dois nutrientes se encontram muito acima do considerado ideal por Mills e Jones Junior (1996), para a grama Esmeralda, de 188 a 318 mg kg<sup>-1</sup> para o Fe e de 25 a 34 mg kg<sup>-1</sup> para o Mn. A maior concentração de Fe e Mn pode ter ocorrido, provavelmente, em função do alto teor dos mesmos no solo, de 41 e 20 mg dm<sup>-3</sup> respectivamente (Tabela 1), favorecendo a maior absorção do nutriente pela planta, visto que teores acima de 12,0 mg dm<sup>-3</sup> para Fe e 5,0 mg dm<sup>-3</sup> são considerados altos por Raij et al. (1997).

No que se refere as inoculações, Cu e Zn mostraram diferença significativa entre os tratamentos, onde o Cu apresentou que *B. subtilis* se diferenciou estatisticamente de *A. brasilense*, enquanto a testemunha e *P. fluorescens* não se diferenciaram nem de *B. subtilis* e nem de *A. brasilense*. Já para o Zn, *P. fluorescens* e *B. subtilis* se diferenciaram estatisticamente da testemunha, enquanto *A. brasilense* não se diferenciou nem da testemunha e nem dos demais tratamentos. Os micronutrientes Fe e Mn não apresentaram diferença entre os tratamentos.

As BPCPs possuem ação fitohormonal que promove maior desenvolvimento do sistema radicular, aumentando a absorção de água e nutrientes, com reflexos positivos no crescimento e produtividade, trazendo maior rentabilidade ao agricultor devido a maior eficiência agrônômica (GALINDO et al., 2017; GALINDO et al., 2018).

Segundo Pedraza (2008), além de contribuir na fixação biológica de nitrogênio, a associação com BPC em cana-de-açúcar pode reduzir o uso de fertilizantes na cultura, por solubilizar fosfatos e zinco. Saravanan et al. (2007) O zinco é um micronutriente essencial para a promoção do crescimento das plantas. É um componente vital de várias substâncias metabólicas enzimas e sua fraca mobilidade nas plantas sugere a necessidade para um suprimento constante de zinco disponível para otimizar crescimento. A solubilização do zinco por microrganismos neste contexto prova ser benéfico e econômico.

Houve interação entre as doses de N e as BPCPs para as concentrações de Fe na folha de grama Esmeralda, aos 240 DAA das BPCPs (Tabela 8).

B) Raízes + rizomas:

- **Macronutrientes**

Na análise de macronutrientes das raízes + rizomas de grama Esmeralda (Tabela 9), apenas o N foi significativo para doses de N e se ajustou a função linear crescente (Figura 32). O Ca não apresentou resultados significativos estatisticamente em relação as doses de N.

**Tabela 9** - Concentração dos macronutrientes nas raízes + rizomas da grama Esmeralda aos 240 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.

Doses de N (D) (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg <sup>-1</sup>					
0	4,8**	1,4 <sup>ns</sup>	4,3 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>
50	5,0	1,4	4,2	2,5	0,5	3,0
75	5,1	1,5	4,2	2,6	0,6	2,6
100	6,1	1,4	4,4	2,4	0,5	2,3
<b>BPCP (B)</b>						
Testemunha	5,7 a	1,5 a	3,5 b	2,4 a	0,5 a	3,1 a
<i>A. brasilense</i>	4,7 a	1,4 a	4,7 a	2,6 a	0,5 a	2,5 a
<i>B. subtilis</i>	5,3 a	1,5 a	4,3 ab	2,6 a	0,6 a	2,4 a
<i>P. fluorescens</i>	5,4 a	1,3 a	4,5 a	2,4 a	0,5 a	2,4 a
D.M.S. (5%)	1,1	0,5	0,8	0,3	0,1	1,2
<b>Teste F</b>						
D x B	2,27 <sup>ns</sup>	1,58 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	14,07	22,09	12,78	8,64	7,44	33,17

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

ns, \* e \*\* - não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

100% da dose de N equivalente a 280 Kg de ureia parcelados em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Na análise de macronutrientes das raízes + rizomas de grama Esmeralda, apenas o N foi significativo para doses de N e se ajustou a função linear crescente (Tabela 9 e Figura 32).

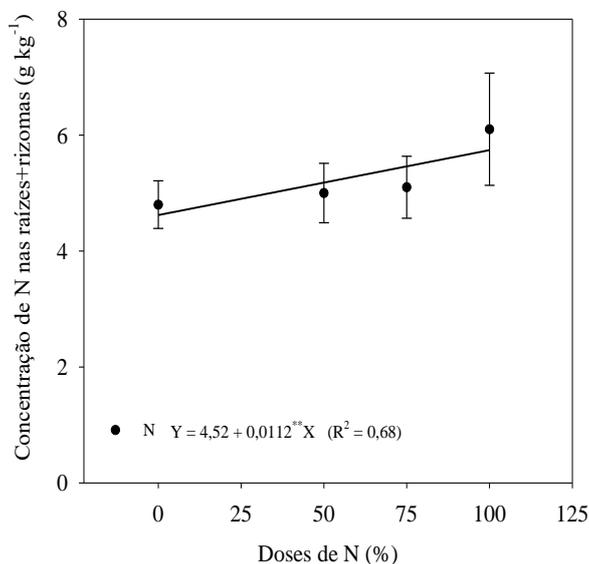
Gazola (2017) constatou que apenas as concentrações de N nas raízes + rizomas foram influenciadas pela adubação nitrogenada (30 ou 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, parcelada em 5 vezes e usando a ureia como fonte), relatou que o mesmo foi verificado para as concentrações de N nas folhas do gramado, demonstrando que o nutriente foi transportado para a parte aérea, fato que se comprovou pela menor concentração de N nas raízes + rizomas, quando comparada com a das folhas.

Nobile, Nunes e Neves (2014) também constataram em estudo com a grama *Cynodon dactylon* adubada com lodo de esgoto (D50% = 0,12 g, D100% = 0,24 g; D150% = 0,48 g, D200% = 0,72 g, sendo adotada, como referência, a dose de N igual a 680 g m<sup>-2</sup>), que a concentração de N no sistema radicular foi menor que a das folhas, demonstrando que o nutriente foi transportado para a parte aérea. O mesmo pode ser constatado no presente estudo com parando os teores de N foliar (Tabela 7) e os de raízes + rizomas (Tabela 9).

N presente pesquisa, além do N, tal resultado pode ser verificado para, as concentrações dos demais macronutrientes foliares (Tabela 7), em relação às das raízes + rizomas (Tabela 9). Apenas as concentrações de S nas raízes + rizomas do gramado (Tabela 9) ficaram acima, porém muito próximas da das folhas (Tabela 7).

É importante enfatizar a importância de se conhecer o estado nutricional do sistema radicular e também dos rizomas (caules subterrâneos), visto que este reflete no crescimento, densidade e cor dos gramados (DUBLE, 1990).

**Figura 32.** Concentração dos macronutrientes nas raízes + rizomas da grama Esmeralda aos 240 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função doses de N.



\* e \*\* - significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Obs.: 100% da dose de N equivale a 280 kg ha<sup>-1</sup>, que foi parcelada em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Já em relação a inoculação apenas o K mostrou diferença significativa entre os tratamentos, onde *P. fluorescens* e *A. brasilense* se diferenciaram estatisticamente da testemunha, enquanto *B. subtilis* não se diferenciou nem da testemunha e nem dos

demais tratamentos. Esperava-se que fossem notados aumentos nas concentrações dos demais nutrientes, pelo fato das BPCPs proporcionarem maior desenvolvimento radicular e maior absorção de nutrientes.

Não houve interação entre as doses de N e as BPCPs para as concentrações de macronutrientes de raiz + rizomas em grama Esmeralda, aos 240 DAA das BPCPs (Tabela 9).

- Micronutrientes

Na análise de micronutrientes das raízes + rizomas de grama Esmeralda realizada aos 240 DAA (Tabela 10), nenhum dos nutrientes foram significativos nem para doses de N e nem para as BPCPs.

Neste estudo, as concentrações de Cu, Mn e Zn no sistema radicular apresentaram valores menores que das folhas, demonstrando que o nutriente foi transportado para a parte aérea (Tabela 8). Apenas as concentrações de Fe nas raízes + rizomas do gramado (Tabela 10) ficaram acima do obtido nas folhas (Tabela 8).

Não houve interação entre as doses de N e as BPCPs para as concentrações de micronutrientes de raiz + rizomas em grama Esmeralda, aos 240 DAA das BPCPs (Tabela 10).

**Tabela 10** - Concentração dos micronutrientes nas raízes + rizomas da grama Esmeralda aos 240 dias após a aplicação (DAA) das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) em função dos tratamentos.

Doses de N (D) (%)	Cu	Fe mg kg <sup>-1</sup>	Mn	Zn
0	10,4 <sup>ns</sup>	2587,3 <sup>ns</sup>	111,9 <sup>ns</sup>	23,5 <sup>ns</sup>
50	10,0	2792,3	113,4	20,1
75	8,6	2819,3	114,5	21,5
100	7,8	2624,0	107,3	17,6
<b>BPCP (B)</b>				
Testemunha	9,8 a	3019,9 a	117,1 a	19,4 a
<i>A. brasilense</i>	8,4 a	2475,9 a	117,9 a	22,5 a
<i>B. subtilis</i>	11,0 a	2838,5 a	120,0 a	21,1 a
<i>P. fluorescens</i>	7,6 a	2488,5 a	92,0 a	19,8 a
D.M.S. (5%)	5,4	658,8	38,8	10,6
<b>Teste F</b>				
D x B	1,17 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	40,48	16,89	24,08	35,44

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

ns, \* e \*\* - não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

100% da dose de N equivalente a 280 Kg de ureia parcelados em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

### 6.6. Massa dos tapetes

A massa dos tapetes de grama Esmeralda não foi influenciada nem pelas doses de N e nem pelos tratamentos com as BPCPs (Tabela 11).

Lima (2009) utilizando doses de N-ajifer em grama Esmeralda (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de N, parceladas em três aplicações), observou que quando aplicadas as doses de 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N-ajifer, com complementação, e a dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia, houve redução dos pesos dos tapetes, possivelmente pela maior produção de rizomas e estolões que ocuparam o volume do solo. Em estudos Backes *et al.* (2009) verificaram redução na massa dos tapetes de grama Esmeralda com o aumento das doses de lodo aplicadas (100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de N), também afirma que de forma prática o menor peso dos tapetes possibilita carregar maior número de tapetes com mesma carga.

Não houve interação entre as doses de N e as BPCPs para a massa dos tapetes de grama Esmeralda, aos 240 DAA das BPCPs (Tabela 11).

**Tabela 11** – Massa do tapete da grama Esmeralda após a colheita, em função dos tratamentos (dezembro/2019). Pereira Barreto/SP, 2019.

Doses de N (D) (%)	Massa do tapete (kg)
0	6,4 <sup>ns</sup>
50	6,5
75	6,3
100	6,0
<b>BPCP (B)</b>	
Testemunha	6,2 a
<i>A. brasilense</i>	6,4 a
<i>B. subtilis</i>	6,4 a
<i>P. fluorescens</i>	6,2 a
D.M.S. (5%)	0,8
<b>Teste F</b>	
D x B	0,53 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	11,63

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

ns, \* e \*\* - não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

100% da dose de N equivalente a 280 Kg de ureia parcelados em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

Backes *et al.* (2013), em pesquisa com grama Esmeralda imperial, verificaram valores entre 4 e 4,75 kg para tapetes recém colhidos, valores abaixo dos constatados na presente pesquisa (Tabela 11). Martello, Castilho e Pagliarini (2014) verificaram massas dos tapetes de grama Esmeralda entre 6,72 a 8,25 kg, sendo o limite inferior próximo ao obtido neste estudo (Tabela 11). Lima (2009) obteve massas de tapete de grama

Esmeralda entre 7,5 e 8,2 kg para a espessura 0,9 cm, esses valores se encontram acima dos encontrados no atual trabalho (Tabela 11).

### 6.7. Eficiência agrônômica dos tratamentos

Analisando a eficiência agrônômica (Tabela 12), pode-se observar que em relação as doses de N os tratamentos que receberam 50% da dose recomendada de N tiveram maior eficiência agrônômica, enquanto os tratamentos que receberam 75 e 100% não se diferenciaram estatisticamente. Esse resultado é um indicativo de economia ao produtor.

Entre os tratamentos com inoculação houve destaque da *P. fluorescens* que se diferenciou estatisticamente da testemunha com a maior eficiência agrônômica, enquanto *B. subtilis* não se diferenciou nem da testemunha e nem de *A. brasilense*. Esse resultado nos leva a crer que esse microrganismo possui grande potencial em áreas de produção de tapetes de grama Esmeralda.

Não houve interação entre as doses de N e as BPCPs para a eficiência agrônômica em grama Esmeralda, aos 240 DAA das BPCPs (Tabela 12).

**Tabela 12** - Eficiência agrônômica dos tratamentos (doses de N e bactérias promotoras do crescimento de plantas – BPCPs) na produção de tapetes de grama Esmeralda, aos 240 dias após a aplicação (DAA) das BPCPs. Pereira Barreto/SP, 2019.

Doses de N (D) (%)	Eficiência agrônômica (%)
50	11,9 a
75	8,5 b
100	7,2 b
D.M.S. (5%)	3,0
<b>BPCP (B)</b>	
Testemunha	6,4 b
<i>A. brasilense</i>	7,5 b
<i>B. subtilis</i>	10,1 ab
<i>P. fluorescens</i>	12,9 a
D.M.S. (5%)	3,8
<b>Teste F</b>	
D x B	1,20 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	23,87

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

ns, \* e \*\* - não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

100% da dose de N equivalente a 280 Kg de ureia parcelados em 6 aplicações.

Fonte: Elaboração da própria autora.

## 7. CONCLUSÕES

Nas avaliações de NDVI e ICVE, a inoculação com as BPCPs proporcionaram resultados superiores à testemunha, demonstrando que as bactérias têm capacidade de influenciar no teor de clorofila foliar e permitem o melhor aproveitamento do N, tornando a adubação nitrogenada mais eficiente.

Na avaliação da TCS foi possível a redução da dose de N em 25% com a utilização de *P. fluorescens* que também proporcionou rápido fechamento do tapete assim como *B. subtilis*, sendo essa uma qualidade apreciada pelo produtor.

Portanto, as bactérias demonstraram grande potencial de tornar a adubação nitrogenada mais eficiente possibilitando a redução da dose de N em 25%, o que também proporciona a produção dos tapetes de forma mais sustentável e com redução dos custos ao produtor, pois as bactérias são uma tecnologia de baixo custo em relação ao fertilizante. Outros benefícios são a obtenção de tapetes mais vigorosos e a redução do tempo de produção.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL - Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira FNP consultoria e comércio, Grama em tapetes – custo de produção, São Paulo, 2006, p.314.
- ALFONSI, L. G.; GODOY, L. J. G. de; TIBÃES, L. M.; LATORRE, A. S.; BENTO, M. de S. Distribuição espacial da compactação do solo e índice de vegetação por diferença normalizada em campo de futebol. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, SIGRA, 7, 2015, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP/FCA, 2015. PEN-DRIVE.
- ANTONIOLLI, D. Produção, regularização e conquistas do mercado de gramas cultivadas no Brasil. In: MATEUS, C. M. D.; VILLAS BÔAS, R. L.; ANDRADE, T. F. de; OLIVEIRA, M. R. de; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M.; GODOY, L. J. G. de (Org.). **Tópicos atuais em gramados IV**. 1ª ed. Botucatu: FEPAF/UNESP/FCA, 2015. p. 9-22.
- ARAUJO, V. dos S. **Microrganismos potenciais e incremento de biomassa em grama esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.)**. 2019. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.
- BACKES, C. **Aplicação e efeito residual do lodo de esgoto em sistemas de produção de tapetes de grama esmeralda**. 2008. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- BACKES, C.; BULL, L. T.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; LIMA, C. P.; PIRES, E. C. Uso de lodo de esgoto na produção de tapetes de grama esmeralda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1045-1050, 2009<sup>a</sup>.
- BACKES, C.; LIMA, C. P.; GODOY, L. J. G.; SANTOS, A. J. M.; VILLAS BÔAS, R. L.; BÜLL, L. T. Produção, acúmulo e exportação de nutrientes em grama esmeralda adubada com lodo de esgoto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 413-422, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v69n2/21.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2018.
- BACKES, C.; SANTOS, A. J. M.; GODOY, L. J. G. de; VILLAS BÔAS, R. L.; OLIVEIRA, M. R. de; OLIVEIRA, F. C. de. Doses de lodo de esgoto compostado em produção de tapete de grama esmeralda imperial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1042 – 1414, 2013.
- BACKES, C.; VILLAS BÔAS, R. L.; LIMA, C. P.; GODOY, L. J. G.; BÜLL, L. T.; SANTOS, A. J. M. Estado nutricional em nitrogênio da grama esmeralda avaliado por meio do teor foliar, clorofilômetro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 661-668, 2010b. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90816059018>>. Acesso em: 15 mai. 2020.
- BARASSI, C.A.; SUELDO, R.J.; CREUS, C.M.; CARROZZI, L.E.; CASANOVAS, W.M.; PEREYRA, M.A. **Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas**. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.49-59.
- BASHAN, Y. et al. *Azospirillum* plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997 - 2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 50, p. 521 – 577, 2004.
- BASHAN, Y.; BUSTILLOS, J. J.; LEYVA, L. A.; HERNANDEZ, J. P.; BACILIO, M. Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigments in wheat seedlings induced by *Azospirillum brasilense*. **Biology and Fertility of Soils**, v. 42, p. 279-285, 2006.
- BASI, S. **Associação de *Azospirillum brasilense* e de nitrogênio em cultura do milho**. Guarapuava-PR, 2013. Disponível em: <[http://www.unicentroagronomia.com/destino\\_arquivo/dissertacao\\_de\\_mestrado\\_simone\\_basi.pdf](http://www.unicentroagronomia.com/destino_arquivo/dissertacao_de_mestrado_simone_basi.pdf)>. Acesso em: 28 set. 2018.

- BOLAN, N. S.; ELLIOTT, J.; GREGG, P. E. H.; WEIL, S. Enhanced dissolution of phosphate rocks in the rhizosphere. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v. 24, n. 1, p. 169-174, 1997.
- BOWMAN, D. C., CHERNEY, C.T., RUFTY JUNIOR, T. W. Fate and transport of nitrogen applied to six warm-season turfgrasses. **Crop Science**, v.42, p.833-841, 2002.
- CARRIBEIRO, L. S. **Potencial de água no solo e níveis de compactação para o cultivo de grama esmeralda**. 2010. xiii, 79 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/93790>>. Acesso em 10 jun. 2019.
- CARROW, R. N.; WADDINGTON, D. V.; RIEKE, P. E. **Turfgrass soil fertility and chemical problem: assessment and management**. Chelsea: Ann Arbor, 2001. 400 p.
- CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) **Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. 268 p.
- CHARBONNEAU, P. **Sod production**. Government of Ontario, Canadá, 2004. Disponível em: <[http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crop/facts/info\\_sod.htm](http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crop/facts/info_sod.htm)>. Acesso em: 21 nov. 2018.
- CHIEN, S. H.; PROCHNOW, L. I.; TU, S.; SNYDER, C. S.. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 89, p. 229-255, 2011.
- CHRISTIANS, N. E. **Fundamental of turfgrass management**. Chelsea, MI: Arbor Press, 1998, 301p.
- CONN, K. L., NOWAK, J.; LAZAROVITS, G. A gnotobiotic bioassay for studying interactions between potatoes and plant growth-promoting rhizobacteria. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 43, p. 801-808, 1997.
- COREL CORPORATION. **Corel PhotoPaint**. v. 10.4. Corel Corporation and Corel.
- CORREA, O. S.; ROMERO, A. M.; SORIA, M. A.; DE ESTRADA, M. **Azospirillum brasilense-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities**. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) **Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.87-95.
- DALL'AGNOL, A.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. **Azospirillum e a adubação nitrogenada em milho**. Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes, Embrapa soja, 2018. Disponível em: <<http://maissoja.com.br/azospirillum-e-a-adubacao-nitrogenada-em-milho/>>. Acesso em: 01 dez. 2018.
- DINALLI, R. P. **Adubação nitrogenada e aplicação de herbicidas como reguladores de crescimento em grama esmeralda**. 2014. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2014.
- DUBLE, R. L. Turfgrass rootzones. **Aggie Horticulture**, Texas, v. 43, n. 1, p. 20-26, 1990. Disponível em: <<http://aggie-horticulture.tamu.edu/archives/parsons/turf/publications/rootzone.html>>. Acesso em: 26 mai. 2020.
- DUNGAIT, J. A., CARDENAS, L. M., BLACKWELL, M. S. A., WU, L., WITHERS, P. J. A., CHADWICK, D. R., BOL, R., MURRAY, P. J., MACDONALD, A. J., WHITMORE, A. P. E GOULDING, K. W. T. (2012). Advances in the understanding of nutrient dynamics and management in UK agriculture. **Science of the Total Environment**, 434, 39-50.
- EASTON, Z. M.; PETROVIC, A. M. Fertilizer source effect on ground and surface water quality in drainage from turfgrass. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, p. 645-655, 2004.

- EXNER, M. E.; BURBACH, M. E.; WATTS, D. G.; SHERMAN, R. C.; SPALDING, R. F. Deep nitrate movement in the unsaturated zone of a simulated urban lawns. **Journal of Environmental Quality**, v. 20, p. 658-662, 1991.
- FAUVEL, M. L. N. P. **Bactérias promotoras de crescimento e fertilizante orgânico na cultura do alface em substrato ozonizado**. 2020. 54 p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Agrônômica) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2020.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.
- GALINDO FS, TEIXEIRA FILHO MCM, BUZETTI S, RODRIGUES WL, BOLETA EHM, ROSA PAL, GASPARETO RN, BIAGINI ALC, BARATELLA EB, PEREIRA IT. Technical and economic viability of corn with *Azospirillum brasilense* associated with acidity correctives and nitrogen. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 3. p. 213-227, 2018.
- GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; NOGUEIRA, L. M.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. Wheat yield in the Cerrado as affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 9, p. 794-805, 2017.
- GAZOLA, R. P. D. **Adubação nitrogenada e doses do herbicida glyphosate como regulador de crescimento em grama esmeralda**. 2017. 187 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2017.
- Godoy et al. (2007)
- GODOY, L. J. G. **Adubação nitrogenada para produção de tapete de grama Santo Agostinho e Esmeralda**. 2005. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005. Disponível em: <[http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/99973/godoy\\_ljg\\_dr\\_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/99973/godoy_ljg_dr_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 08 dez. 2018.
- GODOY, L. J. G.; BACKES, C.; VILLAS BÔAS, R. L.; SANTOS, A. J. M. **Nutrição, adubação e calagem para produção de gramas**. Botucatu: FEPAF, 2012. 146 p.
- GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Nutrição de gramados. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, SIGRA: produção, implantação e manutenção, 1, 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu: GEMFER, 2003. p. 114-160.
- GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; LIMA, C. P. Doses de nitrogênio e potássio na produção de grama esmeralda. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1326-1332, 2007. Disponível em: <<http://www.readcube.com/articles/10.1590/S1413-70542007000500008?locale=en>>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Tecnologias para auxiliar o manejo da adubação na produção de gramas In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 5., 2010, Botucatu. Tópicos atuais em gramados II: **Anais...** Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2010. p. 92-102.
- GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C. Produção de tapetes de grama Santo Agostinho submetida a doses de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1703-1716, 2012. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/7789/11550>>. Acesso em: 11 nov. 2018.
- GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L. **Calagem e adubação para gramados: Como potencializar a produção e a manutenção**. In: VILLAS BÔAS, R. L.; GODOY, L. J. G.; LIMA, C. P.; BACKES, C. Tópicos atuais em gramados. Botucatu: UNESP, 2008, p.2-19.

- GURGEL, R. G. A. Principais espécies e variedades de grama. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, SIGRA, 1, 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP/FCA, 2003. Disponível em: <<http://www.infograma.com.br/Sigra%20I/PRINCIPAIS%20ESP%C3%89CIAS%20E%20VARIEDADES%20DE%20GRAMAS.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2018.
- GURGEL, R. G. A. Tendência mundial do mercado de gramas: manejo e uso das espécies. In: BACKES, C.; GODOY, L. J. G.; MATEUS, C. M. D.; SANTOS, A. J. M.; VILLAS BÔAS, R. L.; OLIVEIRA, M. R. (Org.). **Tópicos atuais em Gramados III**. Botucatu: FEPAF, 2012. p.133-147.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Embrapa Soja Londrina, PR 2011. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/879471/1/DOC325.2011.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2018.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, n. 283).
- KARCHER, D. E.; RICHARDSON, M. D. Quantifying turfgrass color using digital image analysis. **Crop Science**, Madison, v. 43, p. 943-951, 2003. Disponível em: <<http://www.sroseed.com/resources/pdfs/articles/Digital%20Image%20Analysis%20of%20Color.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2018.
- KOSKE, T. J. **Sod production for Louisiana**. LSU Ag Center, 1994. Disponível em: <[http://www.lsuagcenter.com/en/lawn\\_garden/commercial\\_horticulture/turfgrass/sod\\_farmin/g/Sod+Production+in+Louisiana.htm](http://www.lsuagcenter.com/en/lawn_garden/commercial_horticulture/turfgrass/sod_farmin/g/Sod+Production+in+Louisiana.htm)>. Acesso em 10 de dez. 2018.
- LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. de. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica**, v. 4, n. 2, p. 1-12, 2010.
- LAZAROVITZ, G.; NOWAK, J. Rhizobacterium for improvement of plant growth and establishment. **Hortscience**, v. 32, p. 188-192. 1997.
- LAZZARETI, E.; BETTIOL, W. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado a base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, p. 89-96, 1997.
- LIMA, C. P. **Nutrição, produção e qualidade de tapetes de grama bermuda e esmeralda influenciados pela adubação nitrogenada**. 2009. 139 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 317 p.
- MANJULA, K.; PODILE, A. R. Increase in seedling emergence and dry weight of pigeon pea in the field with chitin-supplemented formulations of *Bacillus subtilis* AF 1. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 21, p. 1057–1062, 2005.
- MARKS, B. B.; MEGÍAS, M.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. **Biotechnological potential of rhizobial metabolites to enhance the performance of *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* inoculants with soybean and maize**. **AMB Express**, 3, 21, 2013.
- MARTELLO, J. M.; CASTILHO, R. M. M.; PAGLIARINI, M. K. Pós-colheita de tapetes de grama esmeralda em relação aos níveis de empilhamento e ambiente de armazenamento. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 8, n. 1, p. 61-66, 2014.

- MILLS, H. A.; JONES JUNIOR, J. B. **Plant analysis handbook II: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**. Athens: Micro-Macro, 1996. 422 p.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.
- MOREIRA, J. C. F. **Milho safra submetido à inoculação com bactérias diazotróficas associativas e doses de nitrogênio**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Rondonópolis, 2014.
- MOTA, F. D. **Lodo de esgoto compostado na produção de tapetes de grama esmeralda e na manutenção de água no solo**. 2016. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.
- MYNENI, R.B.; NEMANI, R.R.; RUNNING, S.W. Estimation of Global Leaf Area Index and Absorbed Par Using Radiative Transfer Models. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 35, n. 6, p. 1380-1393, 1997.
- NAIK, P. R.; RAMAN, G.; NARAYANAN, K. B.; SAKTHIVEL, N. Assessment of genetic and functional diversity of phosphate solubilizing fluorescent pseudomonads isolated from rhizospheric soil. **BMC Microbiology** 2008, 8:230. Disponível em: <<http://www.biomedcentral.com/1471-2180/8/230>>. Acesso em: 28 set. 2018.
- NOBILE, F. O.; NUNES, H. D.; NEVES, J. C. Doses de lodo de esgoto sobre o desenvolvimento da grama bermuda (*Cynodon dactylon*). **Nucleus**, Ituverava, v. 11, n. 2, p. 271-282, 2014.
- PEDRAZA, R. Recent advances in nitrogen-fixing acetic acid bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, v.125, p.25-35, 2008. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.079.
- PEREIRA, N. C. M.; GALINDO, F. S.; GAZOLA, R. P. D.; DUPAS, E.; ROSA, P. A. L.; MORTINHO, E. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Corn yield and phosphorus use efficiency response to phosphorus rates associated with plant growth promoting bacteria. **Frontiers in Environmental Science**, v. 8, p.1-12, 2020.
- PIEIDADE, A. R. **Desenvolvimento vegetativo de quatro espécies de grama irrigadas com efluente de estação de tratamento de esgoto doméstico**. 2004. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.
- QUIROGA-GARZA, H. M., PICCHIONI, G. A., REMMENGA, M. D. Bermudagrass fertilized with slow-release nitrogen sources. I. Nitrogen Uptake and potential leaching losses. **Journal of Environmental Quality**, v. 30, p. 440-448, 2001.
- RAIJ, B. Van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Agronômica Ceres/POTAFOS, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285 p.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo (Boletim Técnico 100)**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p.
- SANTOS, H. G.; ALMEIDA, J. A.; OLIVEIRA, J. B.; LUMBRERAS, J. F.; ANJOS, L. H. C.; COELHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.
- SARAVANAN, V.S.; MADHAIYAN, M.; THANGARAJU, M. Solubilization of zinc compounds by the diazotrophic, plant growth promoting bacterium *Gluconacetobacter diazotrophicus*. **Chemosphere**, v.66, p.1794-1798, 2007. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2006.07.067.

- SARTAIN, J. B. **Fertility considerations for sod production**. University of Florida, EDIS, 2002. Disponível em :< <http://flrec.ifas.ufl.edu/turfgras.htm>> Acesso em: 14 set. 2018.
- SILVA, S.R.; PIRES, J. L. F. Resposta do trigo BRS Guamirim à aplicação de *Azospirillum*, nitrogênio e substâncias promotoras do crescimento. **Revista Científica Agrônômica**, v. 48, p. 631 – 638, 2017.
- SOUZA, P. T. de. **Inoculação com *Azospirillum brasiliense* e adubação nitrogenada em *Bhachiaria brizantha* cv. Marandu**. 2014, 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2014.
- TEIXEIRA, R. H. **Implantação de gramados esportivos**. 2016. 41 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de São João del Rei, Sete Lagoas, 2016. Disponível em: <<http://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ceagr/TCC%202016%201/IMPLANTACAO%20DE%20GRAMADOS%20ESPORTIVOS-%20Rafael%20Henriques%20Teixeira.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2018.
- THOMAZINI, G.; REICHEMACK, N. P.; ARF, O.; GERLACH, G. A. X.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R. A. F. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio mineral em milho cultivado em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.18, n.3, p. 396-407, 2019.
- TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, v. 37, p. 1016-1024, 1979.
- UNRUH, J. B. **Biologia de gramas de estação quente**. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, SIGRA: manejo de gramas na produção e em gramados formados, 2, 2004, Botucatu. Anais... Botucatu: GEMFER/FEPAF, 2004. p. 9-40.
- ZANON, M. E. **Desenvolvimento de grama esmeralda, grama bermudas ‘Tifway 419’ e ‘Celebration’ submetidas a aplicação de reguladores de crescimento**. 2015. 59 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.
- ZUCARELI, C.; CIL, I. R.; PRETE, C. E. C.; PRANDO, A. M. Eficiência agrônômica da inoculação à base de *Pseudomonas fluorescens* na cultura do milho. **Revista Agrarian**, v. 4, n. 13, p. 152-157, 2011.

