UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

DEISE CADORIN VITTO

INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO COM *Azospirillum brasilense* ASSOCIADA À FERTILIZAÇÃO COM CAMA DE FRANGO

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ
2019

DEISE CADORIN VITTO

INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO COM *Azospirillum brasilense* ASSOCIADA À FERTILIZAÇÃO COM CAMA DE FRANGO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Vitto, Deise Cadorin
Inoculação de sementes de milho com Azospirillum brasilense associada à fertilização com cama de frango / Deise Cadorin Vitto; orientador(a), Vandeir Francisco Guimarães; coorientador(a), Paulo Sérgio Rabello de Oliveira, 2019.
68 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.

1. Zea mays L.. 2. Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal. 3. Adubação Orgânica. I. Guimarães, Vandeir Francisco. II. Oliveira, Paulo Sérgio Rabello de. III. Título.

unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

DEISE CADORIN VITTO

Inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* associada à fertilização com cama de frango

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a) - Vandeir Francisco Guimarães
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Eurides Küster Macedo Junior
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Leandro Rampim
Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO)

Marechal Cândido Rondon, 28 de fevereiro de 2019

À Deus,
Aos meus pais, Zelinda e Antonio,
A minha irmã Erica,
E ao meu companheiro de vida Jonathan Pavanello,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelas bênçãos, força, saúde e coragem para enfrentar os obstáculos encontrados ao decorrer de minha existência.

Agradeço aos meus pais Zelinda Cadorin Vitto e Antonio Valmir Vitto por me ensinarem desde o início o valor da vida, a ter caráter, sempre fazendo as escolhas certas, sendo exemplo e demonstração de seres humanos admiráveis. Bem como, a minha irmã Erica Cadorin Vitto pela convivência, apoio e parceria desde o início de nossas vidas.

Ao meu amor e companheiro de caminhada, Jonathan Pavanello, que nunca mediu esforços para auxiliar-me nas mais difíceis fases de vida, incluindo mais esta etapa.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *Campus* Marechal Cândido Rondon pela oportunidade de concretizar esse objetivo profissional.

Agradeço a CAPES pelo financiamento através de bolsa de pesquisa concedida durante a realização desta pesquisa, e demais órgãos envolvidos.

Ao meu orientador, professor Vandeir Francisco Guimarães, que acreditou em meu trabalho, incentivando e orientando de forma que fomentasse meu crescimento profissional no meio acadêmico.

Ao meu coorientador, professor Paulo Sérgio Rabello de Oliveira por todos os ensinamentos concedidos, que foram necessários para a concretização desta dissertação.

Aos meus amigos e colegas do Laboratório do Meio Ambiente e do Grupo Estudos de Fisiologia de Plantas pelos diálogos pessoais e profissionais, discussões acadêmicas e auxílio durante a realização da pesquisa, seja ele pela realização da prática ou estímulo ao conceber esta produção.

“Mas porque a maioria de nossos desejos se reporta à coisas que
não dependem todas de nós, nem todas do outro, devemos
exatamente nelas distinguir o que só depende de nós,
afim de reportar nosso desejo unicamente a isso.”

Descartes

RESUMO

VITTO, Deise Cadorin, M. S., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro de 2019. **Inoculação de sementes de milho com** *Azospirillum brasilense* **associada à fertilização com cama de frango.** Orientador: Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães. Coorientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

O milho é uma das culturas de maior importância econômica para o Brasil. Desta forma, a procura de formas adequadas para a nutrição de plantas, como os adubos orgânicos, aliada ao uso de microrganismos que promovem o crescimento das plantas, é de grande importância para se alcançar a redução de custos, o equilíbrio e a sustentabilidade na agricultura atual. Neste sentido, no presente trabalho objetivou-se estudar o efeito em plantas de milho, em função da inoculação de sementes com *A. brasilense* associada à fertilização com cama de frango. O trabalho foi conduzido em duas áreas, com delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 6. O primeiro fator foi a inoculação do milho com *A. brasilense* e controle. O segundo fator foram seis doses de cama de frango, pré-estabelecidas pela análise de recomendação de adubação, sendo utilizado 0, 50, 100, 150, 200, 250% da dose recomendada para cada área. Aos 60 dias após a semeadura, foram realizadas análises morfométricas (altura de planta e diâmetro basal de colmo), análises destrutivas (massa da matéria seca de colmo mais bainha, de folha e total, área foliar) e o índice SPAD nas plantas. Aos 90 DAS, foram feitas as avaliações das medidas de trocas gasosas como, taxa de assimilação líquida de CO_2 das plantas (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração da folha (*E*) e eficiência do uso da água (*EUA*). Aos 100 DAS foram analisados os teores foliares de nitrogênio, fósforo e o potássio. Aos 150 DAS foram determinados os componentes da produção e produtividade. O *A. brasilense* promoveu aumento de massa seca de folhas, influenciando positivamente no teor foliar de fósforo, na massa de mil grãos e na produtividade, quando comparado aos tratamentos controle, sem a inoculação das sementes. A inoculação das sementes com *A. brasilense* afetou a taxa de assimilação líquida de CO_2 nas plantas de milho. A cama de frango influenciou positivamente nos teores foliares de fósforo e de potássio, sendo a dose ideal de cama de frango para atingir o máximo teor de fósforo na folha de 5830 kg ha^{-1}. A fertilização com cama de frango promoveu incrementos de altura, diâmetro basal do colmo, massa seca das plantas e produtividade do milho. Para atingir a máxima produção de massa seca da parte aérea a dose recomendada de cama de frango foi de 6267 kg ha^{-1}.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Bactérias promotoras de crescimento vegetal. Adubação orgânica.

ABSTRACT

VITTO, Deise Cadorin, M S, State University of Western Paraná, in February 2019. **Inoculation of corn seeds with *Azospirillum brasilense* associated with fertilization with poultry manure.** Advisor: Dr. Vandeir Francisco Guimarães. Co-Advisor: Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

Maize is one of the most economically important crops for Brazil. Which is why, the search for suitable forms for plant nutrition, such as organic fertilizers combined with the use of microorganisms that promote plant growth is of great importance in achieving cost reduction, balance, and sustainability in modern agriculture. For that matter, the aim of this paper was to study the effect that the inoculation of seeds with *A. brasilense* combined with poultry manure fertilization would have on maize plants. The experiment was conducted in two areas arranged in a 2 x 6 factorial randomized block design. The first factor consisted of the maize inoculation with *A. brasilense* and the control group; the second factor was, six poultry manure doses pre-established by the fertilization recommendation analysis, using 0, 50, 100, 150, 200, 250% of the recommended dose for each area. Morphometric analysis (plant height and basal stem diameter), destructive analysis (total dry matter mass, dry matter mass of leaf and stem plus sheath, and leaf area), and SPAD index in the plants were performed 60 days after sowing (DAS). At 90 DAS gas exchange measurements, such as the net CO_2 assimilation rate of plants (*A*), stomatal conductance (*gs*), leaf transpiration (*E*), and water use efficiency (*WUE*) were evaluated. Nitrogen, phosphorus, and potassium levels were analyzed 100 DAS. At 150 DAS, production and productivity components were determined. When compared to the control sample (without seed inoculation), the *A. brasilense* fostered the increase of leaf dry matter positively influencing productivity and the foliar content of phosphorus on the 1000-grain weight. Seed inoculation with *A. brasilense* affected the assimilation rate of CO_2 in maize plants. The poultry manure had a positive influence on leaf phosphorus and potassium levels showing that the ideal dose of poultry manure to reach the maximum phosphorus content in the leaf was 5830 kg ha^{-1}. Fertilization with poultry manure promoted height increments, basal diameter of the stem, dry mass of the plants and maize yield. To reach the maximum dry mass production of the aerial part the recommended dose of poultry manure was 6267 kg ha^{-1}.

Keywords: *Zea mays* L. Plant growth promoting bacteria. Organic fertilization.

Lista De Figuras

Figura 1 Médias quinzenais de temperatura média, umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica durante o período do experimento I (A), e experimento II (B). 18

Figura 2 Altura de planta do experimento I (A); altura de planta do experimento II (B) e diâmetro de colmo do experimento I (C) em função das doses de cama de frango. Massa da matéria seca de colmo mais bainha (D); massa da matéria seca de folha (E) e massa da matéria seca total (F) de milho em função de diferentes doses de cama de frango e inoculação com e sem *Azospirillum* no experimento I. Sem Azo - Tratamento não inoculado; Com Azo - Tratamento inoculado com *Azospirillum brasilense*. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018. . 26

Figura 3 Massa seca de folha do experimento II (A); massa de mil grãos do experimento II (B); produtividade do experimento I (C) e produtividade do experimento II em função das doses de cama de frango (D). Marechal Cândido Rondon, PR, 2018. 28

Figura 4 Médias quinzenais de temperatura média, umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica durante o período do experimento I (A), e experimento II (B). Marechal Cândido Rondon, PR, 2018..... 39

Figura 5 Teores de fósforo em folhas de milho no experimento I (A); teores de potássio em folhas de milho no experimento I (B); e teores de potássio em folhas de milho no experimento II (C) em função das doses de cama de frango. 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Resumo da análise de variância indicando os fatores de variação, graus de liberdade (GL) e quadrados médios para as variáveis avaliadas nos dois experimentos com a cultura do milho. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.....22

Tabela 2 Valores médios de altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), massa da matéria seca de colmo mais bainha (MSCB), massa da matéria seca de folha (MSF), massa da matéria seca total (MST), área foliar(AF), índice SPAD, altura de inserção da espiga (AIE), comprimento da espiga (CE), grãos por fileira da espiga (GF), massa de mil grãos (M1000) e produtividade (Prod) de plantas de milho, submetidas a inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* no experimento I e II. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.....24

Tabela 3 Resumo da análise de variância indicando os fatores de variação, graus de liberdade (GL) e quadrados médios para as variáveis avaliadas nos dois experimentos com a cultura do milho. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.....44

Tabela 4 Taxa de assimilação liquida de CO2 (A) e condutância estomática (gs), em plantas de milho inoculadas com bactérias promotoras de crescimento vegetal e adubadas com cama de frango em duas áreas experimentais. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.....45

Tabela 5 Transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA), em plantas de milho inoculadas com bactérias promotoras de crescimento vegetal e adubadas com cama de frango em duas áreas experimentais. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018. 46

Tabela 6 Teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) presentes nas folhas de plantas de milho inoculadas com bactérias promotoras de crescimento vegetal e adubadas com cama de frango em duas áreas experimentais. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018. 47

Tabela 7 Teores de potássio (K) nas folhas de plantas de milho inoculadas com bactérias promotoras de crescimento vegetal e adubadas com cama de frango em duas áreas experimentais. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018. 48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL 1

1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 4

1.1.1 Origem e Importância Econômica da Cultura 4

1.1.2 Bactérias Promotoras de Crescimento em Plantas 5

1.1.3 Adubação Orgânica 6

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 8

2 ARTIGO 1: 12

2.1 INTRODUÇÃO 13

2.2 MATERIAL E MÉTODOS 17

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 21

2.4 CONCLUSÕES 30

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 31

3 ARTIGO 2 35

3.1 INTRODUÇÃO 36

3.2 MATERIAL E MÉTODOS 38

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 43

3.4 CONCLUSÕES 51

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 52

1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, a cultura do milho (*Zea mays* L.) pertence ao grupo dos cereais mais cultivados e comercializados, esse fato se dá devido ao elevado valor nutricional de seus grãos e pela ampla utilização na alimentação humana em todo o mundo (CAMPANHA et al., 2012). Essa cultura se tornou importante também para a criação de animais, pois de toda a produção nacional de grãos nos últimos anos, cerca de 80% é voltada para o sistema de criação comercial de suínos e aves (GARCIA et al., 2006), fator esse, que deve ser levado em consideração diante do panorama de exportação de carnes que o país representa mundialmente.

Com esse cenário, a necessidade de diferentes manejos e emprego de novas tecnologias que possam elevar a eficiência produtiva da cultura, em especial as voltadas para a redução de custos de produção, contribuirão para todo o sistema agroindustrial da cadeia produtiva do milho.

A cultura do milho requer elevada quantidade de nutrientes extraídos do solo conforme o nível tecnológico empregado e a produtividade esperada. Contudo, a maioria dos solos brasileiros necessita do uso de fertilizantes químicos para suprir a demanda nutricional da cultura (CANTARELLA, 2007). Do mesmo modo, para suprir a cadeia produtiva, o manejo da cultura também necessita ser eficiente e viável, tornando indispensável a busca por tecnologias e ferramentas que auxiliem na manutenção da produtividade do milho visando um maior rendimento com menor desembolso (QUADROS et al., 2014).

No momento atual, diversas ferramentas estão disponíveis para aumentar o rendimento e a sustentabilidade da cultura, dentre elas, destaca-se a prática de inoculação de sementes utilizando bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCVs), como é o caso das bactérias do gênero *Azospirillum* sp., que são estudadas desde a década de 1970 (DOBEREINER, 1976). Esses microrganismos são capazes de proporcionar efeitos benéficos de forma direta às plantas, sendo consideradas bactérias endofíticas facultativas, podendo colonizar tanto o interior quanto as superfícies das raízes de espécies de gramíneas cultivadas (BALDANI; BALDANI, 2005), além de outras espécies, como as Fabáceae, um exemplo é a soja, que quando inoculada com *Azospirillum* sp. juntamente com o *Bradyrhizobium* sp. (coinoculadas) produz uma nodulação mais abundante e precoce (CHIBEBA et al., 2015), elevando sua produtividade em até 16% (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2015).

O uso de microrganismos como o *Azospirillum brasilense*, promove a disponibilização de nutrientes como o fósforo (P) através da extração ou solubilização de frações insolúveis do solo (RODRIGUEZ; GONZALEZ; GOIRE, 2004). Também é capaz de promover a fixação

biológica do nitrogênio (FBN), disponibilizando esses nutrientes, que são considerados essenciais para a planta (QUADROS et al., 2014).

Esses microrganismos podem estar relacionados também a múltiplos mecanismos capazes de estimular o crescimento de plantas como a de produção e excreção hormonal, onde destacam-se as auxinas, giberelinas e citocininas (COSTA et al., 2015), resultando na promoção do crescimento das planta, como o aumento da capacidade de absorção de água e nutrientes através de um aumento no crescimento radicular, ampliando assim o volume de solo explorado pela planta (PEDRAZA, 2008).

Estudos demonstram que a inoculação com *A. brasilense* apresenta como principal efeito, alterações morfofisiológicas nas plantas inoculadas, acarretando em maior aproveitamento de nutrientes disponíveis no solo (QUADROS et al., 2014)(MORAIS et al., 2015). Essa interação entre planta-microrganismo atua no crescimento ativo, fixação de carbono, produção de massa seca, eficiência no uso da radiação, produção de grãos, fixação biológica de nitrogênio (HUNGRIA et al., 2010) e solubilização de fosfato (RODRIGUEZ; GONZALEZ; GOIRE, 2004). Estudos realizados apresentaram aumento no índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) de 7% e um rendimento de 24% a 30% na produtividade do milho devido à inoculação com *Azospirillum sp.* em relação ao controle não inoculado (QUADROS, 2009). Vale também salientar que apesar do *A. brasilense* realizar uma espécie de associação com as plantas, não ocorre a formação de nódulos nas raízes (HUNGRIA et al., 2010).

Também sabe-se que o uso de rizobactérias promotores de crescimento está sendo amplamente pesquisado, e seus efeitos positivos são demostrados em plantas gramíneas, como em braquiária são encontrados efeitos benéficos do *A. brasilense* sobre as trocas gasosas (BULEGON et al., 2017), onde a aplicação foliar de *A. brasilense* na planta minimizou os efeitos do déficit hídrico, através da elevação das suas trocas gasosas, aumentando sua tolerância ao déficit hídrico. BELLÉ (2015), em sua pesquisa com *A. brasilense* em plantas de milho verificou incrementos nos valores de trocas gasosas como a taxa fotossintética, nos tratamentos inoculados quando comparados aos não inoculados, percebendo que a aplicação desses microrganismos auxiliam nos processos fisiológicos da planta, repercutindo na capacidade da planta em produzir fotoassimilados para formação de novas folhas e raízes.

Assim como as BPCVs podem ser consideradas uma alternativa viável para a cultura e sustentável ambiental, social e economicamente, o uso do adubo orgânico também pode ser empregado como uma forma complementar a demanda nutricional de plantas de milho, devido ao elevado teor de nutrientes presente em sua composição (SANTOS et al., 2014). Entre os resíduos oriundos da produção animal, a cama de frango está disponível nas propriedades a

baixo custo, sendo sua aplicação em cultivos comerciais uma alternativa de uso sustentável quando manejado de forma adequada (COSTA et al., 2009).

As perspectivas de aumento da atividade avícola são concomitantes à geração de resíduos orgânicos. Deste modo, há a necessidade do aproveitamento da cama de frango para outras atividades, como sua utilização na agricultura como fonte de nutrientes, beneficiando a restauração da fertilidade dos solos (PITTA et al., 2012). Sua composição se dá por uma mistura de substrato utilizado para forração de pisos de galpões, constituída por fezes, penas e restos de ração, apresentando elevados teores de matéria orgânica. Quando aplicada ao solo, atua de maneira positiva sobre os aspectos químicos, físicos e biológicos deste, podendo tonar-se uma rica fonte de nutrientes capaz de suprir parcial ou totalmente a necessidade destes, que seria fornecida pelo adubo químico (BLUM et al., 2003).

A dose recomendada para aplicação, deve levar em consideração as necessidades da cultura e propriedades físicas e químicas do solo (COSTA et al., 2009). Entretanto, este resíduo apresenta variabilidade em sua composição, dependendo do sistema de criação utilizado, o número de lotes criados sobre a cama, modo e tempo de compostagem (SILVA et al., 2009).

PITTA et al. (2012), demonstram que as maiores taxas de decomposição e liberação de nutrientes da cama de frango ocorreram nos primeiros 60 dias de incubação no solo, nesse período, 40, 34, 91 e 39% do N, P, K e Ca, respectivamente, encontrados na massa seca inicial da cama já tinham sido liberados. Em suas pesquisas, BELLÉ (2015) relatou que, as plantas de milho que são fertilizadas com doses crescentes de cama de frango isoladamente, comportaram-se de forma quadrática decrescente para as variáveis taxa de assimilação líquida de CO_2, taxa de transpiração, condutância estomática e sua utilização concomitante com a inoculação de *A. brasilense* nas sementes de milho gerou incrementos de massa seca de folha, quando comparado à sua utilização isolada.

Porém, há a necessidade de mais estudos que possam avaliar os efeitos deste fertilizante orgânico quando associado a prática de inoculação de sementes em plantas de milho.

Um melhor entendimento das relações entre plantas de milho inoculadas com bactérias promotoras de crescimento vegetal e fertilizadas com adubo orgânico é de suma importância para o desempenho agronômico da cultura frente ao atual cenário agrícola. Então se espera que a utilização de diferentes doses de cama de frango associadas com *A. brasilense* inoculado nas sementes irá proporcionar incrementos no desenvolvimento morfofisiológico da cultura, quando comparada à sua utilização isolada.

Tendo em vista as ações e as respostas positivas sobre o desenvolvimento vegetal do *A. brasilense*, o presente trabalho objetivou avaliar o desempenho das principais características

agronômicas e fotossintéticas, teores nutricionais e produtividade de plantas de milho inoculadas via semente com *Azospirillum brasilense* e adubadas com doses de cama de frango.

1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1.1 Origem e Importância Econômica da Cultura

O milho (*Zea mays* L.) está entre os cereais mais cultivados e consumidos no mundo, sendo considerado um cereal de elevada importância econômica, devido seu elevado potencial produtivo (MARTHA JUNIOR; ALVES; CONTINI, 2011) e pela sua relevância quanto à abundância de formas de utilização. Esta amplitude é alcançada pelo seu emprego em inúmeros produtos, variando desde a alimentação humana e animal, até a indústria de alta tecnologia (PAES, 2006). Também é considerado se suma importância em virtude do elevado valor nutricional de seus grãos (FREITAS, 2016).

A hipótese da sua origem temporal é de difícil determinação. No entanto, sabe-se que o milho é uma cultura de antiga exploração juntamente ao arroz, feijão entre outras, tendo sua origem do teosinto, entre os cinco e dez mil anos (MATSUOKA et al., 2002), sendo que algumas pesquisas realizadas indicaram um centro de origem na América-Central (ABBO; LEV-YADUN; GOPHER, 2010).

De acordo com os dados disponibilizados pela USDA (2018), as safra anual 2018/2019 no mundo, é estimada em torno de 1,1 bilhão de toneladas de grãos, denotando a elevada importância desse cereal para o mundo. O Brasil apresenta uma parcela de 10% do total da produção do planeta, com quantidade estimada de 92 milhões de toneladas do cereal para essa safra de 2018/2019, estando na posição de terceiro maior produtor mundial, permanecendo atrás apenas dos Estados Unidos e da China(USDA, 2018)(USDA, 2018)(USDA, 2018)(USDA, 2018)(USDA, 2018).

No território nacional o cereal é o segundo grão mais produzido no ano de 2019, perdendo apenas para a cultura da soja, sendo que o estado do Paraná obteve aumento de 27% na produção quando comparado ao ano anterior, se destacando com a segunda colocação em quantidade colhida de milho, com valor de 14 milhões de toneladas para a safra de 2018, ficando atrás do estado de Mato Grosso apenas, com 28 milhões de toneladas. Segundo dados estimados, a produtividade média nas regiões onde se cultiva o milho no Paraná, pode chegar a 6000 kg por hectare colhido na safra 2018/2019, apresentando uma alta de até 50%, quando comparado ao ano anterior (CONAB, 2019).

Entre os fatos que requerem destaque, estima-se que 70% de toda a produção mundial do milho é voltada para a cadeia produtiva de suínos e aves, atingindo até 80% no Brasil devido

a característica exportadora de carne que o país possui (MARTHA JUNIOR; ALVES; CONTINI, 2011). Assim, devido ao milho ser considerado cultura de elevado potencial produtivo, diversas tecnologias são utilizadas no sistema produtivo do milho, visando incrementar a produtividade da cultura, com foco na redução de custos da produção.

1.1.2 Bactérias Promotoras de Crescimento em Plantas

Em estudos iniciais de DÖBEREINER E DAY (1976), descobriu-se, como condição ideal para o crescimento de microrganismos diazotróficos, o meio semi-sólido, pois esses dependem da ausência do oxigênio para realizar a fixação biológica do nitrogênio da atmosfera. Esse recurso tem sido muito utilizado para o isolamento e a descrição de vários microrganismos capazes de fixar o nitrogênio, que se tornaram associados e adaptados a diversos vegetais, a climas e solos diferentes. Com isso, estes estão localizados preferencialmente, em sítios específicos do solo. Demais estudos, também ampliaram as pesquisas e os conceitos sobre a importância e as características da fixação biológica do nitrogênio, com enfoque nas sinergias entre os diazotróficos e as plantas não leguminosas, sendo estabelecida posteriormente como simbiose associativa (BALDANI et al., 1997).

O grupo dos microrganismos diazotróficos, são formados por bactérias que podem viver em associação com outros organismos, e ambas as partes se beneficiam dessa associação. As bactérias diazotróficas associadas a plantas não leguminosas são agrupadas em três categorias: (i) organismos rizosféricos, (ii) endofíticos facultativos e (iii) endofíticos obrigatórios (BALDANI et al., 1997). Os organismos rizosféricos englobam todas as espécies que se localizam e colonizam as raízes superficialmente. Já os microrganismos endofíticos facultativos, conseguem colonizar a área das raízes externamente e internamente e o terceiro grupo, os endofíticos obrigatórios, são os que colonizam o interior de raízes e também a parte aérea das plantas não leguminosas, esses últimos são considerados os de maior importância.

Pesquisas relataram que o *Azospirillum* sp., uma bactéria endofítica facultativa, faz parte do grupo mais promissor quando o enfoque são as plantas não leguminosas, devido principalmente a sua capacidade de colonizar toda a região das raízes, bem como, todo o interior das plantas (BALDANI et al., 1997).

As bactérias do gênero *Azospirillum* são estudadas desde a década de 70 e a princípio foram nomeadas de *Spirillum lipoferum* por (DÖBEREINER; DAY, 1976), onde foram isoladas a partir de raízes de Digitaria. Posteriormente, foi proposto o gênero *Azospirillum* com duas espécies: *A. lipoferum* e *A. brasiliense* com base em diferenças morfológicas, fisiológicas e também através de homologia de DNA entre os isolados analisados.

Atualmente, essas bactérias são pertencentes ao grupo de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), pois esses microrganismos proporcionam efeitos benéficos de forma direta e indireta às plantas.

Esses efeitos benéficos estão ligados principalmente à interação bactéria-planta, determinada por diferentes mecanismos, que atuam diretamente na capacidade de absorção de água e de nutrientes. O aumento da absorção devido modificações do sistema radicular, havendo maior produção de raízes, e assim ampliando o volume de solo explorado (HUNGRIA et al., 2010), sendo observado também a fixação de nitrogênio atmosférico, solubilização de fósforo e outros minerais, produzindo sideróforos que solubilizam e sequestram ferro e a síntese de fitormônios como por exemplo, auxinas (ácido indole-3-acético), citocininas e giberelinas, síntese de enzimas que melhoram ou modulam crescimento e desenvolvimento de plantas (LUCY; REED; GLICK, 2004) e redução dos níveis de etileno na planta (BLAHA et al., 2006).

Estudos realizados apresentaram aumento no rendimento de grãos em 24% a 30% na produtividade do milho devido à inoculação com *Azospirillum* sp. em relação ao controle não inoculado. Sendo válido relatar que *A. brasilense* realiza associação com as plantas sem formação de nódulos, além de não suprir totalmente as necessidades da cultura. Porém, a associação simbiótica mesmo com a capacidade de fixação reduzida, pode proporcionar uma economia de até 50% no uso de fertilizantes nitrogenados (HUNGRIA et al., 2010).

1.1.3 Adubação Orgânica

A produção brasileira de frangos atualmente é considerada segunda maior do mundo, com geração de 13,5 milhões de toneladas de carne em 2017, atrás apenas dos Estados Unidos (ABPA, 2018). Determinado isso, as perspectivas de aumento dessa atividade são concomitantes à geração de resíduos orgânicos produzidos. Por esse motivo, há a necessidade do aproveitamento da cama de frango para outras atividades, entre as estratégias estaria a utilização do resíduo orgânico na agricultura como fonte de nutrientes, beneficiando a restauração da fertilidade dos solos (PITTA et al., 2012).

A composição da cama de frango se dá pela mistura de substrato utilizada na forração do piso do galpão, podendo ser materiais como, lascas de madeira, serragem, palha de trigo, cascas de amendoim ou casca de arroz, juntamente com fezes, penas e restos de ração que os animas descartam no momento da alimentação. Esse material apresenta microrganismos, elevados teores de matéria orgânica e micronutrientes. Quando a cama é aplicada ao solo, atua de maneira positiva sobre os aspectos químicos, físicos e biológicos deste, podendo tonar-se uma fonte dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e cálcio e dos

micronutrientes, enxofre e zinco podendo conter vários outros, sendo capaz assim de suprir parcial ou totalmente a adubação química (BLUM et al., 2003).

Para a sua aplicação ao solo, deve levar em consideração as necessidades da cultura e propriedades físicas e químicas do solo e da cama (COSTA et al., 2009).Pois, este resíduo apresenta variabilidade em sua composição, dependendo do sistema de criação utilizado, o número de lotes criados sobre a cama, modo e tempo de compostagem (SILVA et al., 2011). Também, de acordo com FIOREZE et al., (2012) a eficiência da absorção dos nutrientes deste material pelas gramíneas depende de seu teor e sua disponibilidade para a planta na solução do solo.

No caso de adubos orgânicos a textura do solo pode influenciar em processos de decomposição desse material, pois solos com maior teor de argila favorecem para que esses processos ocorram de forma gradual, assim como, as maiores taxas da decomposição e liberação de alguns nutrientes presentes na cama de frango acontecem nos primeiros 60 dias de incubação no solo, onde até 40, 35, 90 e 40% do N, P, K e Ca, respectivamente, encontrados na massa seca inicial da cama já sofreram processos de mineralização para a sua liberação ao solo. (PITTA et al., 2012)

No entanto, apesar do uso do adubo orgânico ter capacidade extrema de suprir a demanda nutricional da cultura, este desempenho pode ser acentuado quando a microbiota do solo está em equilíbrio, pois esta desempenha papel decisivo nos processos de ciclagem de nutrientes e/ou a disponibilidade dos mesmos para o vegetal, auxiliando assim a planta a obter o melhor aproveitamento possível de todo a matéria orgânica aplicada ao solo (GARCÍA-ORENES et al., 2016).

Assim, o tema sobre a associação deste adubo com microrganismos, seu comportamento sobre o crescimento e o metabolismo das plantas ainda não está aprofundado. Os autores PANDA et al., (2015) em suas pesquisas, perceberam que ao empregar o uso de bactérias como o *Azospirillum* sp., que capazes de promover o crescimento de plantas à utilização de adubos orgânicos provenientes da criação de aves, ocorre aumento significante no desempenho inicial da cultura do tomates, aumentando principalmente a altura da planta e o número de folhas em relação ao controle. Já PARREIRA et al., (2015) avaliando a aplicação de cama de frango com o *A. brasilense* percebeu que ocorreu aumento na quantidade de nitrogênio na parte foliar da gramínea *B. brizantha* quando comparado aos tratamentos que receberam a adubação química.

Sabendo disso, ainda há necessidade se realizar estudos que possam avaliar o desempenho deste fertilizante orgânico quando inclusa a prática de inoculação de sementes em plantas de milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBO, S.; LEV-YADUN, S.; GOPHER, A. agricultural origins: centers and non centers ; a near eastern reappraisal. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 29, n. 5, p. 317–328, 2010.

ABPA. Relatório anual 2018. 2018.

BALDANI, J.; CARUSO, L.; BALDANI, V. L. D.; GOE, S. R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in bnf with non-legume plants. **Soil Biology end Biochemy**, v. 29, p. 911–922, 1997.

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, n. 3, p. 549–579, 2005.

BELLÉ, R. F. **Desenvolvimento inicial de plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* e fertilizadas com cama de frango**. 2015. 37 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2015.

BLAHA, D.; PRIGENT-COMBARET, C.; MIRZA, M. S.; MOËNNE-LOCCOZ, Y. Phylogeny of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase-encoding gene acdS in phytobeneficial and pathogenic proteobacteria and relation with strain biogeography. **Federation of European Microbiological Societies**. Microbiology Ecology, v. 56, n. 3, p. 455–470, 2006.

BLUM, L. E. B.; AMARANTE, C. V. T. do; GÜTTLER, G.; MACEDO, A. F. de; KOTHE, D. M.; SIMMLER, A. O.; PRADO, G. do; GUIMARÃES, L. S. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 627–631, 2003.

BULEGON, L. G.; BATTISTUS, A. G.; GUIMARÃES, V. F.; MITIO, A.; OFFEMANN, L. C.; KELLY, A.; SOUZA, P. De; SERGIO, P.; OLIVEIRA, R. De. Physiological responses of *Urochloa ruziziensis* inoculated with *Azospirillum brasilense* to severe drought and rehydration conditions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 10, p. 1283–1289, 2017.

CAMPANHA, M. M.; CRUZ, J. C.; RESENDE, Á. V.; COELHO, A. M.; KARAM, D.; SILVA, G. H. Da; FILHO, I. A. P.; CRUZ, I.; MARRIEL, I. E.; GARCIA, J. C.; QUEIROZ, L. R.; COTA, L. V.; PIMENTEL, M. A. G.; VIANA, P. A.; NETO, M. M. G.; COSTA, R. V. Da; ALBUQUERQUE, P. E. P. De; MENDES, S. M.; QUEIROZ, V. A. V. **Sistema de produção integrada de milho para região central de minas gerais**. Embrapa, Sete Lagoas, p. 74, 2012.

CANTARELLA, L. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, R. L. F. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, p. 376-470, 2007.

CHIBEBA, A. M.; GUIMARÃES, M. D. F.; BRITO, O. R.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* promotes early nodulation. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 1641–1649, 2015.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira. Quarto Levantamento. **Companhia Nacional do Abastecimen**to, v. 6, n. 4, p. 126, 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/Deise/Downloads/BoletimZGraosZjaneiroZ2019.pdf>. Acesso em 11 fev. 2019.

COSTA, A. M. Da; BORGES, E. N.; SILVA, A. de A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência Agrotecnológica**, v. 33, p. 1991–1998, 2009.

COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. da S. F.; NAVES, D. C. de F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. de S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 304–311, 2015.

DOBEREINER, J. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: Newton, W.E.; Nyman, C.T. **International Symposium on Nitrogen Fixation**, Washington, v. 13, n. 2, p. 518–538, 1976.

FIOREZE, C.; CERETTA, C. A.; TRENTIN, G.; LORENSINI, F. Liberação do N em solos de diferentes texturas com ou sem adubos orgânicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1187–1192, 2012.

FREITAS, M. N. De. **Tratamento de sementes de milho com zinco: avaliações do potencial fisiológico das sementes, do rendimento e do valor nutricional dos grãos**. 2016. Escola Universidade de São Paulo Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Tratamento, 2016.

GARCÍA-ORENES, F.; ROLDÁN, A.; MORUGÁN-CORONADO, A.; LINARES, C.; CERDÀ, A.; CARAVACA, F. Organic fertilization in traditional mediterranean grapevine orchards mediates changes in soil microbial community structure and enhances soil fertility. **Land Degradation & Development,** 2016.

GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J.; DUARTE, J. de O.; CRUZ, J. C. Aspectos econômicos da produção e utilização do milho. In: **Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas. p. 12. 2006

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

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and **Azospirillum brasilense**: A new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, p. 811–817, 2015.

LUCY, M.; REED, E.; GLICK, B. R. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 86, n. 1, p. 1–25, 2004.

MARTHA JUNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1117–1126, 2011.

MATSUOKA, Y.; VIGOUROUX, Y.; GOODMAN, M. M.; G, J. S.; BUCKLER, E.; DOEBLEY, J. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. **Proceedings of the National Academy of Sciences.** v. 99, n. 9, p. 6080-6084, 2002.

MORAIS, T. P. De; BRITO, C. H. De; FERREIRA, A. D. S.; LUZ, J. M. Q. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 6, p. 507–509, 2015.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2006.

PANDA, N.; SAHOO, B. B.; MANDAL, P.; NAYAK, B. R.; DASH, D. K. Comparative efficacy of farm yard manure, poultry manure and vermicompost with and without *Azospirillum* on soil biological properties, growth and yield of tomato (*Lycopersicum esculentum*). **Environment & Ecology** 33, v. 33, p. 2041–2046, 2015.

PARREIRA, L. H. M.; MARTINS, M. E. P.; MOREIRA, M. R.; SENA, J. de M. Efeito da bactéria *Azospirillum brasilense* na adubação química e orgânica em pastagens constituídas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 838–850, 2015.

PEDRAZA, R. O. Recent advances in nitrogen-fixing acetic acid bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, v. 125, p. 25–35, 2008.

PITTA, C. S. R.; ADAMI, P. F.; PELISSARI, A.; ASSMANN, T. S.; FRANCHIN, M. F.; CASSOL, L. C.; SARTOR, L. R. Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 1043–1053, 2012.

QUADROS, P. D. De. **Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul**. 2009. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

QUADROS, P. D. De; ROESCH, L. F. W.; SILVA, P. R. F. Da; VIEIRA, V. M.; ROEHRS, D. D.; CAMARGO, F. A. de O. Desempenho agronômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 209–218, 2014.

RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturwissenschaften**, v. 91, n. 11, p. 552–555, 2004.

SANTOS, L. B.; CASTAGNARA, D. D.; BULEGON, L. G.; ZOZ, T.; OLIVEIRA, P. S. R. De; AFFONSO CELSO, G. J.; NERES, M. A. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia/milho. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 272–281, 2014.

SILVA, C. E. K. Da; VITAL, J.; RONSANI, R.; MENEZES, L. F. G. De; PAVINATO, P. S. Utilização de adubação alternativa na produção de silagem. **III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária – Zootecnia**. UTFPR, Dois Vizinhos 2009.

SILVA, T. R. Da; MENEZES, J. F. S.; SIMON, G. A.; ASSIS, R. L. De; SANTOS, C. J. de L.; GOMES, G. V. Cultivo do milho e disponibilidade de P sob adubação com cama-de-frango. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 9, p. 903–910, 2011.

USDA. **Grain : World Markets and Trade**. 2018.

2 ARTIGO 1:
DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS E PRODUTIVIDADE DE MILHO INOCULADO COM *Azospirillum brasilense* ASSOCIADO À FERTILIZAÇÃO COM CAMA DE FRANGO

Deise Cadorin Vitto[a*], Vandeir Francisco Guimarães[a], Paulo Sérgio Rabello de Oliveira[a]

[a]Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Brasil

*autor para correspondência: deisevitto@hotmail.com

A procura de formas adequadas para a nutrição de plantas, aliada ao uso de microrganismos que promovem o crescimento vegetal, é de suma importância para se alcançar o equilíbrio e a sustentabilidade na agricultura atual. Neste trabalho, objetivou-se estudar os principais efeitos no milho em função da inoculação de sementes com *A. brasilense* associadas à fertilização com cama de frango. O trabalho foi conduzido a campo, em duas áreas, com delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 6. O primeiro fator foi a inoculação do milho com *A. brasilense* e controle. O segundo fator foram seis doses de cama de frango, pré-estabelecidas pela análise de recomendação de adubação, sendo utilizado 0, 50, 100, 150, 200, 250% da dose recomendada para cada área. Aos 60 dias após a semeadura, foram realizadas análises morfométricas, como altura de planta e diâmetro de colmo, massa da matéria seca de colmo mais bainha, de folha e total, área foliar e o índice SPAD. Aos 150 DAS foram determinados os componentes da produção e produtividade. A cama de frango influenciou positivamente na produtividade, altura e diâmetro basal de colmo e massa seca da parte aérea do milho. O *A. brasilense* promoveu o aumento de massa de folhas, influenciando positivamente na massa de mil grãos e na produtividade do milho.

Palavras-chave: *Zea mays* L., bactérias promotoras de crescimento vegetal, adubação orgânica.

2.1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o cultivo de milho é marcado pela alta produção de grãos a nível mundial, sendo encontrados valores de até 1,1 bilhão de toneladas de grãos na safra de 2018/2019. O Brasil representa apenas 10% do montante de produção, com valores que chegam a 94 milhões de toneladas por hectare, ficando com o terceiro lugar, atrás dos Estados Unidos e da China, com valores de 371 e 256 milhões de toneladas por hectare, respectivamente (USDA, 2018). A nível nacional, a cultura do milho possui tamanha importância, que sua produção na safra 2018/2019, foi de 119 milhões de toneladas por hectare em todo o território brasileiro (CONAB, 2019).

No que se refere ao estado do Paraná, sua elevada atividade agrícola, o deixa entre os primeiros no ranking de produção do grãos. Permanecendo em segundo lugar na produção de grãos de milho com 18 milhões de toneladas por hectare, atrás apenas do Mato Grosso, que apresenta uma produção em torno de 28 milhões de ton ha^{-1}(CONAB, 2019).

A cultura do milho possui elevado potencial produtivo, bem como, alto valor nutricional, sendo principalmente utilizado na alimentação humana e animal (CAMPANHA et al., 2012). Sabendo disso, o Paraná apresenta importância para as atividades de criação de aves, suínos e bovinos, pois de todo o milho que é produzido nacionalmente, cerca de 80% é voltada para a criação desses animais (GARCIA et al., 2006).

No entanto, essas característica, leva a região a ter elevada produção de resíduos orgânicos nas propriedades, sendo que esse aumento vem provocando impactos ambientais, a pois sua taxa de geração é maior que de degradação, assim, é cada vez mais importante e necessário encontrar formas de aproveitamento desse material, buscando a reciclagem e reaproveitamento dos resíduos gerados na agropecuária, para recuperar matéria e energia (STRAUS; MENEZES, 1993).

Uma alternativa de uso para esses resíduos é como forma de disponibilizar nutrientes para plantas, pois esses material possui alto potencial nutritivo, sendo assim empregados como matéria prima principal para a adubação, diminuindo o valor de manejo das culturas da região, além de ser uma forma correta para descarte deste resíduo (SILVA et al., 2009).

Dentre outros fatores, a planta de milho requer elevada quantidade de macro e micronutrientes como nitrogênio(N), fósforo(P), potássio(K), cálcio(Ca), magnésio(Mg), zinco(Zn) enxofre(S), dentre outros que são disponibilizados através do solo conforme o nível de produtividade esperada. Contudo, a maioria dos solos brasileiros ainda necessita do uso de fertilizantes químicos para suprir toda a demanda nutricional da cultura (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007).

A utilização do adubo orgânica pode ser ferramenta utilizada de forma complementar ou total para fornecer todo o aparato de nutrientes que as plantas necessitam devido ao seu elevado teor de nutrientes (SANTOS et al., 2014). Entre os resíduos oriundos da produção animal, a cama de frango está disponível nas propriedades a baixo custo, sendo sua aplicação em cultivos comerciais uma alternativa de uso sustentável quando manejado de forma adequada (COSTA et al., 2009).

Segundo alguns autores, a utilização de cama de frango favorece o melhoramento de algumas características do solo quando comparado aos adubos químicos, como a sua alta concentração de macronutrientes, aumento do pH do solo (ZHANG et al., 2001)(ZHANG, 1998), uma maior capacidade de retenção e infiltração de água do solo (KINGERY et al., 1994), o aumento no teor de matéria orgânica e no carbono total do solo(SINGH et al., 2009), além de promover incrementos na qualidade química, física e biológica do solo (MCGRATH et al., 2009) e na produtividade de diversos cultivos (SISTANI et al., 2004).

A cama de frango é um material composto por uma mistura de substrato utilizada na forração de pisos de galpões utilizadas para a proteção dos animais, que ao passar dos lotes de frangos, fica constituída por fezes, penas e restos de ração (BLUM et al., 2003).

Para se recomendar a quantidade correta de aplicação, sempre deve-se levar em conta as propriedades químicas do solo, bem como, as necessidades da cultura (COSTA et al., 2009). No entanto, a cama de frango apresentam variabilidade em sua composição, dependendo do sistema de criação utilizado, o número de lotes criados sobre a cama, modo e tempo de compostagem (SILVA et al., 2009).

Segundo os autores Pitta et al. (2012), nos primeiros 60 dias após o material ser retirado e passar pelo triturador, ocorre a maior parte da decomposição e da liberação dos nutrientes da cama de frango, apresentando valores de 40, 34, 91 e 39% de liberação para os nutrientes N, P, K e Ca, respectivamente, encontrados na massa seca inicial da cama já tinham sido liberados.

Estudos realizados relatam a eficiência do uso da cama de frango para diversas culturas. Na aveia seu uso favorece o aumento da produção de massa seca, enquanto no milho eleva os índices de produtividade, quando comparado a adubação mineral (SANTOS et al., 2014). Nas pesquisas realizadas por BRATTI (2013), a produção de forragem de aveia foi maior quando usada cama de aviário de frango de corte, superando a produção de forragem obtida com adubação mineral.

Outro método disponível para elevar o desempenho da cultura é a prática de inoculação em sementes utilizando bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCVs), que são microrganismos que crescem próximo às raízes (rizobactérias) das plantas sendo estimuladas

pelos exsudatos radiculares e que tem a capacidade de promover o crescimento vegetal através de diferentes mecanismos quando inoculadas nas sementes ou no solo (CATTELAN, 1999)

Dentre os microrganismos capazes de auxiliar na promoção do crescimento da planta, encontra-se as bactérias do gênero *Azospirillum*, que são estudadas desde a década de 1970 (DOBEREINER, 1976). Esses organismos são consideradas como endofíticas facultativas, pois colonizam tanto o interior quanto as superfícies das raízes de gramíneas (BALDANI; BALDANI, 2005) e também, outras famílias botânicas, como a Fabaceae, onde o uso de *Azospirillum* associado ao *Bradyrhizobium* (coinoculação), em plantas de soja apresentam uma nodulação mais abundante e precoce (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2015)(CHIBEBA et al., 2015), bem como, com ganhos médios superiores sobre a produtividade, chegando a valores 16% superiores ao inoculado com *Bradyrhizobium* apenas(CHIBEBA et al., 2015).

A inoculação com esses microrganismos como o *Azospirillum brasilense*, pode estar relacionada a múltiplos mecanismos capazes de estimular o crescimento de plantas (COSTA et al., 2015), como a solubilização de fosfatos inorgânicos do solo(DOBBELAERE; VANDERLEYDEN; OKON, 2003), a produção de hormônios vegetais (TIEN; GASKINS; HUBBELL, 1979) e em menor escala, a fixação biológica de nitrogênio(DOBEREINER, 1976).

Vale ressaltar que apesar do *A. brasilense* realizar fixação biológica de nitrogênio, não é capaz de suprir totalmente as necessidades da cultura, mas pode proporcionar uma economia de até 50% no uso de fertilizantes nitrogenados (HUNGRIA et al., 2010). Informação essa que é de suma importância pois a utilização de BPCV pode ser considerada uma tecnologia que está em sintonia com a abordagem atual da agricultura, respeitando as necessidades de ser uma técnica sustentável, trazendo benefícios para o meio ambiente, pelo fato de dispensar parte da adubação nitrogenada nas culturas de gramíneas.

Alguns trabalhos realizados com a aplicação de *A. brasilense*, em sementes de milho mostraram que pode ocorrer modificações no sistema radicular da planta, resultando uma maior produção de raízes, ampliando assim sua exploração no solo (HUNGRIA et al., 2010). BLAHA et al. (2006) estudando a filogenia de BPCVs e sua relação com as plantas, perceberam respostas positivas a estímulos provocados por fitormônios como auxinas, citocininas, giberelinas e a redução dos níveis de etileno, porque estes mesmos estímulos são originados através da associação planta-microrganismo.

Segundo os autores, a interação entre o *Azospirillum* sp. e as plantas de milho, resulta em crescimento ativo de parte aérea, produção de massa seca, eficiência no uso da radiação, produção de grãos e solubilização de fosfatos indisponíveis para a planta (RODRIGUEZ;

GONZALEZ; GOIRE, 2004). Bem como, QUADROS, (2009) analisando plantas de milho em relação ao uso de inoculação com *Azospirillum* percebeu um aumento no índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) de 7%, enquanto a produtividade do grão aumentou até 30% em relação ao controle não inoculado.

Alguns trabalhos realizados relacionado ao uso de BPCV com a adubação de cama de frango, relataram aumentos significativos para a massa seca da parte aérea e da raiz em plantas de banana (RIVERA-CRUZ et al., 2008). Já THAVAPRAKAASH, et al., (2005) trabalhando com adubos orgânicos e inoculante com bactérias de *A. brasilense* obteve o máximo de produtividade de milho, quando conparada a adubação química sem o uso do inoculante. Segundo BELLÉ (2015), a utilização de doses de cama de frango com inoculação de *A. brasilense* nas sementes de milho gera incrementos de massa seca de folha, quando comparados isoladamente aos tratamentos realizados isoladamente.

Apesar de algumas pesquisas realizadas na área, ainda há a necessidade de estudos que possam avaliar os efeitos deste fertilizante orgânico quando associado à prática de inoculação de sementes em plantas de milho na região oeste do Paraná. Para isso, é de suma importância a realização de trabalhos verificando as relações entre plantas de milho inoculadas com BPCVs, associadas à adubação orgânica, para chegar ao entendimento sobre a elevação do desempenho agronômico da cultura frente ao atual cenário agrícola. Portanto, é esperados que as diferentes doses de cama de frango associadas ao *Azospirillum brasilense* na semente proporcione incrementos no desenvolvimento da cultura resultando em maior produtividade, quando comparada à sua utilização isolada.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho entre a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de cama de frango nas características agronômicas e na produtividade de plantas de milho.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido durante o ano agrícola 2017/2018 em duas áreas experimentais no estado do Paraná. O primeiro experimento foi na fazenda experimental "Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa" com coordenadas geográficas de 24º31'57" Sul, 54º01'11" Oeste e altitude aproximada de 400 metros, na cidade de Marechal Cândido Rondon – PR, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná. O segundo experimento, localizada em propriedade particular, localizada no município de Toledo – PR, com coordenadas geográficas de 24º38'35" Sul, 53º54'52" Oeste e altitude aproximada de 450 m. Ambos os locais apresentam LATOSSOLO VERMELHO Eutroférrico (SANTOS et al., 2013).

A região na qual ficava os experimentos, é classificada climaticamente como tipo Cfa, apresentando chuvas distribuídas ao longo do ano e verões quentes. A temperatura média anual é de 22ºC e precipitação pluvial média varia de 1600 a 1800 mm (CAVIGLIONE et al., 2000). Os dados meteorológicos do experimento I (Figura 1A), foram fornecidos pela Estação Meteorológica Automática do município de Marechal Cândido Rondon (A820). Os dados meteorológicos do experimento II, foram cedidos pela Cooperativa Agropecuária Mouraoense (COAMO) de Dois Irmãos/Toledo (Figura 1B).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 6, com quatro repetições cada, com total de 48 unidades experimentais em cada área. O primeiro fator foi as sementes com inoculação usando *Azospirillum brasilense* e não inoculadas. O segundo fator foram seis doses de cama de frango, pré-estabelecidas pela análise de recomendação de adubação, sendo utilizado 0, 50, 100, 150, 200, 250% da dose recomendada para cada área.

As unidades experimentais constituíram de dez linhas, com espaçamento de 0,50 m entre si, com seis metros de comprimento, atingindo uma população de 65.000 plantas ha^{-1}. O híbrido de milho utilizado foi o 30F53 VYHR da empresa *Pionner®*, que apresenta alto potencial de produtivo em resposta a adubação. Como parcela útil, foram consideradas as seis linhas centrais da parcela, descartando-se um metro de cada extremidade e duas linhas nas laterais.

Vale ressaltar que as duas áreas experimentais utilizadas nessa pesquisa apresentavam manejo distintos, pois o experimento I apresentava completa ausência de palhada devido ao fato de ser uma área utilizada para produção de silagem de planta inteira de milho durante a safrinha anterior, permanecendo em pousio no inverno e não se realizando semeadura direta, apresentando assim, menor teor de material orgânico em sua superfície. Enquanto o experimento II apresentava a palhada de milho da safrinha anterior em sua superfície,

permanecendo em pousio durante o inverno e se realizando semeadura direta para implantação do experimento.

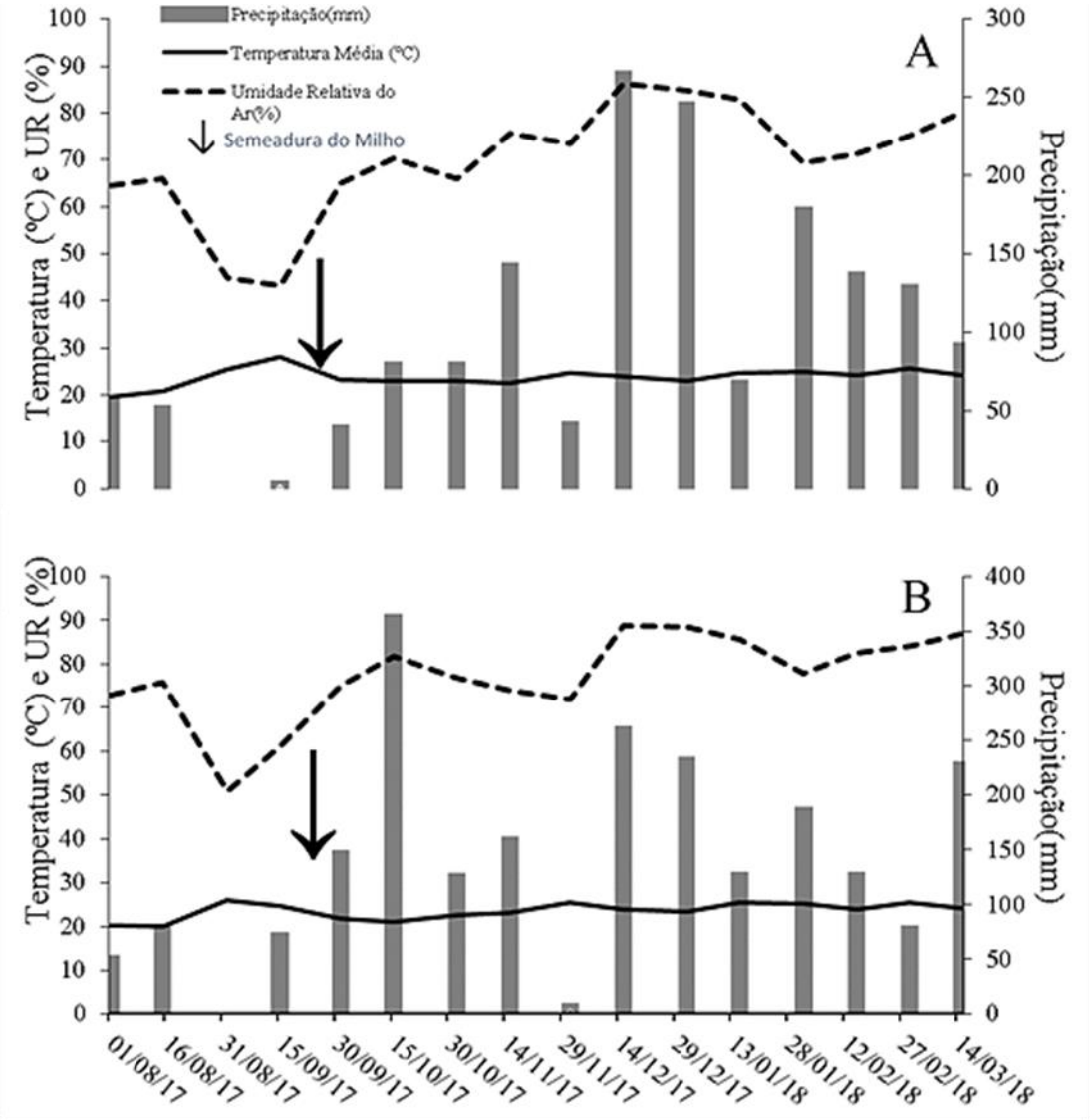

Figura 1 Médias quinzenais de temperatura média, umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica durante o período do experimento I (A), e experimento II (B).

Antes da implantação da cultura, foi realizada a coleta do solo e posterior análise química para determinação das características químicas do solo das duas áreas na profundidade de 0,00-0,20 m e com base nesta, a recomendação da adubação com cama de frango. Os dados da análise química de solo do experimento I apresentou os seguintes valores: 8,89 g dm^{-3} de M.O.; pH ($CaCl_2$ 0,01 mol L^{-1}) 4,82; 40,49 mg dm^{-3} de P ($melich^{-1}$); 0,36 $cmol_c$ dm^{-3} de K^+; 4,47 $cmol_c$ dm^{-3} de Ca^{2+}; 1,77 $cmol_c$ dm^{-3} de Mg^{2+}; 12,39 $cmol_c$ dm^{-3} de CTC; 53,27% de saturação de bases e relação Ca/Mg de 2,52.

A análise do experimento II, em Toledo/PR, este apresentou na sua constituição química os valores de: 17,77 g dm^{-3} de M.O.; pH ($CaCl_2$ 0,01 mol L^{-1}) 4,95; 7,51 mg dm^{-3} de P ($melich^{-}$

^{1}); 0,91 $cmol_c$ dm^{-3} de K^+; 7,34 $cmol_c$ dm^{-3} de Ca^{2+}; 1,40 $cmol_c$ dm^{-3} de Mg^{2+}; 14,14 $cmol_c$ dm^{-3} de CTC; 68,18% de saturação de bases e relação Ca/Mg de 5,24.

Não foi realizado calagem nas duas áreas. O material utilizado para a adubação dos tratamentos foi cama de frango proveniente de uma propriedade rural da região, que reutilizou cama de serragem por 9 lotes seguidos de frangos de corte, com duração aproximada de 42 dias cada lote. Assim, após a retirada do último lote, esta cama passou por moagem e permaneceu por 30 dias em repouso coberto com lonas pretas. Assim, uma amostra foi submetida à análise química para determinação de sua composição: 78,49% de massa seca; 24,35% de resíduo mineral total; pH ($CaCl_2$ 0,01 mol L^{-1}) 8,62; 1,16% de N total; 1,45% de P total; 1,41% de K total; 4,70% de Ca total; 0,31% Mg total; 41,57 mg kg^{-1} de Cu total; 239,39 mg kg^{-1} de Zn total; 330,29 mg kg^{-1} de Mn total; 4121,51 mg kg^{-1} de Fe total e 19,43 mg kg^{-1} de B total. Esta análise foi feita de acordo com análise de fertilizantes orgânicos e seus dados de nutrientes estão determinados com base na massa seca do fertilizante.

Com isso, os cálculos para recomendação da quantidade de adubo orgânico a ser aplicada se deu através da metodologias de MOREIRA et al (2017), a qual utiliza como base os nutrientes de maior demanda da cultura e que está em maior quantidade na composição química do adubo orgânico, sendo nesse caso, o fósforo total do resíduo, então o cálculo utilizado foi:

$$DE = A \times \left\{ \frac{1}{\left(\frac{B}{1000}\right) \times \left(\frac{C}{1000}\right) \times D} \right\}$$

Onde “A” representa a quantidade de nutriente a ser aplicada (kg ha^{-1}), “B” é a matéria seca do esterco (kg ton^{-1}), “C” é a quantidade do nutriente na matéria seca (kg ton^{-1}) e “D” está relacionado ao índice de eficiência na liberação do nutriente no primeiro ano para cultura do milho, que é 80% para o fósforo. Através do cálculo, foi definida a dose para o experimento I de 4000 kg ha^{-1} e as doses a serem aplicadas de 0, 2000, 4000, 6000, 8000 e 10000 kg ha^{-1} de cama de frango. Para o experimento II, definiu-se a dose recomendada de 6600 kg ha^{-1} e as doses a serem aplicadas de 0, 3300, 6600, 9900, 13200 e 16500 kg ha^{-1} de cama de frango. Todas as doses foram aplicadas manualmente, com 40 dias antes da implantação da cultura. Não se realizou calagem e adubação química nos dois experimentos.

A inoculação das sementes ocorreu no dia da semeadura. Para isso, foi utilizado inoculante com bactérias da espécie *A. brasilense*, com estirpes AbV5 e AbV6, contendo 2 x 10^8 UFC ml^{-1}, sendo inoculado a dose de 100 ml pra 1 hectare. A inoculação foi realizada 30 minutos antes da semeadura, em sacos plásticos, adicionando o volume correspondente de

inoculante e homogeneizando por agitação manual durante 3 minutos. A semeadura foi realizada mecanicamente no dia 25 de setembro de 2017. Os tratos culturais, como aplicação de inseticidas, fungicidas e herbicidas foram realizados de acordo com a demanda da cultura.

No estádio V8 (oitava folha totalmente expandida), aos 60 dias após a semeadura (DAS), avaliou-se a altura e diâmetro de colmo de dez plantas por parcela, com auxílio de régua graduada e paquímetro digital. Em seguida, estas mesmas plantas foram cortadas rente ao solo e coletadas para determinação da massa da matéria seca, sendo a massa seca separada, em folhas e colmo mais bainha e acondicionadas em sacos de papel kraft para secagem em estufa de circulação de ar forçado a 65°C até alcançar a massa constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança analítica e os resultados expressos em gramas por planta. A soma das estruturas após a secagem e pesagem resultou também na massa da matéria seca total da planta.

Também no estádio V8 foi mensurada a área foliar (AF), obtida pela equação proposta por BENINCASA (2003):

$$\mathrm{AF} = \left\{\frac{\mathrm{AFA} \times \mathrm{MSFT}}{\mathrm{MSFA}}\right\}$$

Onde AFA representa a área foliar da amostra coletada, MSFT é a massa de matéria seca foliar total e MSFA é a massa de matéria seca foliar da amostra. Ainda no estádio V8, com o intuito de avaliar o teor relativo de clorofila foliar em função da adubação orgânica, aferiu-se o índice SPAD, com auxílio de aparelho SPAD Minolta Plus 502. Para o índice SPAD as leituras foram realizadas no terço médio das folhas, utilizando-se 8 folhas de 3 plantas dentro da parcela útil.

Ao final do ciclo da cultura, no estádio R6, na maturação fisiológica da semente, aproximadamente aos 150 DAS, foram determinados os componentes da produção e produtividade. Para a avaliação dos componentes da produção foram coletadas espigas de 10 plantas por parcela, avaliando-se a altura de inserção da espiga, comprimento da espiga e número de grãos por fileira. Após a debulha, determinou-se a massa de mil grãos. As demais plantas da parcela útil foram colhidas para determinação da produtividade, expressa em kg ha^{-1}, com massa de grãos corrigida para 13% de teor umidade.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Quando detectadas diferenças significativas foi realizado teste Tukey para inoculação e análise de regressão para estudo de doses, através do programa de análise estatística SISVAR® (FERREIRA, 2014).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados meteorológicos (Figura 1) dos dois experimentos durante o período da condução dos experimentos apresentaram temperaturas médias adequadas para o desenvolvimento da cultura do milho, tendo em vista que o milho expressa todo seu potencial produtivo em temperaturas entre os 18 e 25ºC. A precipitação durante o mês de novembro apresentou certa irregularidade em decorrência da estiagem que ocorreu durante 20 dias, com isso, havendo menor disponibilidade hídrica quando a cultura estava no estádio de pleno florescimento, ou seja, momento de maior demanda hídrica da cultura. A demanda hídrica real da cultura para essa período é de 7 mm diários para o adequado crescimento e desenvolvimento das plantas, mineralização da matéria orgânica do solo e aproveitamento do nitrogênio pelas plantas (BERGAMASCHI et al., 2001).

No entanto, no início de dezembro houveram intensas precipitações, podendo também ter prejudicado os estádios de polinização da planta, dificultando o carreamento pelo vento do pólen da parte masculina até a inflorescência da planta, principalmente pela sua umidade, tornando-o mais pesado. Em outras palavras, o estresse hídrico sendo ele causado pelo déficit ou pelo excesso de água na cultura do milho, além de limitar o desenvolvimento da espiga e a translocação de carboidratos para os grãos, pode também afetar a resposta da planta aos diversos nutrientes nela aplicado, pois pode dificultar sua absorção pela raiz (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 1) das avaliações realizadas, verificou-se que houve resposta significativa para a aplicação de diferentes doses do adubo orgânico na altura de planta, tanto no experimento I quanto no experimento II.

Assim, percebe-se que com o aumento da dose de cama de frango, foi constatado aumento linear nos valores de altura de planta no estádio V8 (Figura 2A), apresentando aumento de 34,20% quando aplicado 10000 kg ha^{-1} de cama de frango por hectare no experimento I. No experimento II, a altura das plantas (Figura 2B) apresentou resposta linear crescente em função das doses de cama de frango, tendo incremento de 33,84% na altura de planta com a aplicação de 16500 kg ha^{-1} de cama de frango.

De acordo com RODRIGUES et al (2014), o aumento linear da altura de planta quando aplicado doses crescentes de adubo orgânico está diretamente ligado ao potencial nutritivo que a matéria orgânica de origem animal ou vegetal possui, quando fornecida em dose adequada. Este pode exercer efeitos positivos sobre o rendimento das culturas devido principalmente ao complexo de nutrientes essenciais como o nitrogênio, que atua indiretamente na forma estrutural

Tabela 1 Resumo da análise de variância indicando os fatores de variação, graus de liberdade (GL) e quadrados médios para as variáveis avaliadas nos dois experimentos com a cultura do milho. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.

Fator de variação	GL	Quadrados médios											
		AP	DC	MSCB	MSF	MST	AF	SPAD	AIE	CE	GF	M1000	Prod.
		------- cm -------		---------- g ----------			--- cm^2 ---		-------- cm -------			--- g ---	-- kg ha^{-1} --
Experimento I													
Inoculação	1	426,02 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	295,52**	136,82**	834,33**	19257,64 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,45 ^{ns}	2,2533 ^{ns}	6,60 ^{ns}	2285,00^{ns}	8863353,16**
Dose	5	3105,54**	0,1097**	441,11**	60,53**	809,78**	4977,98 ^{ns}	2,15 ^{ns}	50,77 ^{ns}	0,8913 ^{ns}	5,91 ^{ns}	5630,68^{ns}	1101914,12*
Inoc X Dose	5	28,26 ^{ns}	0,0191 ^{ns}	79,32**	18,48**	117,07**	4342,35 ^{ns}	2,21 ^{ns}	19,32 ^{ns}	0,6533 ^{ns}	8,19 ^{ns}	1653,71^{ns}	330404,60 ^{ns}
Erro	33	122,09	0,0165	0,88	1,11	1,89	14292,67	1,47	28,04	1,2367	5,69	3192,95	341517,60
Média		174,43	2,60	43,15	35,66	78,81	1490,31	46,45	116,74	20,06	36,17	379,15	8092,16
CV%		6,33	4,94	2,18	2,95	1,74	8,02	2,61	4,54	5,54	6,59	14,90	7,22
Experimento II													
Inoculação	1	181,74 ^{ns}	0,0024 ^{ns}	2493,94 ^{ns}	66,41*	2493,94 ^{ns}	555707 ^{ns}	14,70^{ns}	2,52^{ns}	3,4133 ^{ns}	2,61 ^{ns}	27539**	8630689*
Dose	5	3260,39**	0,0792 ^{ns}	4724,45 ^{ns}	128,29**	4881,94 ^{ns}	8298730 ^{ns}	18,85^{ns}	278,61^{ns}	1,3163 ^{ns}	2,17^{ns}	13968**	12818687**
Inoc X Dose	5	98,24 ^{ns}	0,0112 ^{ns}	976,20 ^{ns}	17,09 ^{ns}	976,20 ^{ns}	1621256 ^{ns}	7,16 ^{ns}	34,06 ^{ns}	0,7383 ^{ns}	4.89 ^{ns}	942 ^{ns}	683313 ^{ns}
Erro	33	148,93	0,0283	1000,11	15,75	1000,11	7858720	5,91	116,2	1,6786	5.56	394	1338507
Média		171,34	2,555	104,83	32,29	107,33	7457,47	45,75	106,04	19,27	35.35	717,03	7248,34
CV%		7,12	6,58	30,17	12,29	29,46	37,59	5,32	10,17	6,72	6.67	2,77	15,96

^{ns} Não significativo; * Significativo a 5%; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F. Inoc = tratamento com semente de milho inoculado com *Azospirillum brasilense*. Dose = Tratamento com diferentes doses de cama de frango. CV = Coeficiente de variação, AP = Altura de planta, DC = Diâmetro de colmo, MSCB = Massa da matéria seca de colmo mais bainha, MSF = Massa da matéria seca de folha, MST = Massa da matéria seca total, AF = Área foliar, SPAD = Índice de SPAD, AIE = Altura de inserção de espiga, CE = Comprimento de espiga, GF = Grãos por fileira, M1000 = Massa de mil grãos, Prod = Produtividade.

da planta, pois na sua ausência, ocorre um acumulo de carboidratos nos caules da planta, tornando suas células menos flexíveis para ocorrer seu crescimento (TAIZ et al., 2017).

Observou-se diferença significativa na avaliação do diâmetro de colmo do experimento I (Figura 2C), onde se encontrou incremento máximo de 11,18%, com a aplicação da maior dose do adubo orgânico quando comparado ao tratamento que não recebeu a cama de frango.

Segundo SANTOS et al. (2014), o aumento do diâmetro de colmo em plantas com a adição de adubos orgânicos também pode estar relacionado à quantidade de elementos essenciais para a planta adicionados no solo, sendo considerado como principal, o nitrogênio, que também está ligado a formação de proteínas, aminoácidos e as clorofilas, que tem papel muito importante na produção de energia para manutenção e crescimento do vegetal. Outro fator que também deve-se levar em conta é que, o adubo orgânico tende a disponibilizar os nutrientes ao longo do ciclo da cultura, pois ocorre equilíbrio na mineralização e imobilização desses nutrientes, fornecendo-os aos poucos para a planta, aumentando assim sua eficiência de absorção e uso (SILVA et al., 2011).

Na figura 2D, ao se avaliar a massa da matéria seca de colmo mais bainha do estádio V8 das plantas de milho do experimento I, nos tratamento inoculados com as bactérias, observou-se um efeito crescente e quadrático até a dose de 6259 kg ha^{-1} de adubo orgânico, podendo chegar em torno de 85,50% de massa com a aplicação dessa quantidade de adubo orgânico quando comparada a não aplicação de adubo.

No entanto, após essa dose, houve decréscimo nos valores de massa seca, que pode estar relacionado a disponibilidade muito alta de nutrientes quando aplicado doses superiores a recomendada, pois a inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* sp. promove maior absorção através de crescimento e desenvolvimento superior do sistema radicular da planta.

Quanto aos tratamentos não inoculados da massa seca de colmo mais bainha (2D) ainda no experimento I, o aumento linear foi de 45,38% de massa quando aplicado 10000 kg ha^{-1} de cama, resultando em um menor aproveitamento da cama de frango aplicada no solo quando comparado ao tratamento com *A. brasilense*.

Os dados de massa da matéria seca de folha (Figura 2E) no experimento I no tratamento inoculado apresentaram respostas polinomial quadrática, com aumento máximo de 17,98% de massa com a aplicação de 6274 kg ha^{-1} de cama de frango. No entanto, no tratamento não inoculado, a resposta se deu positiva e linear, apresentando aumento de massa de até 29,57%, conforme a aplicação do adubo orgânico chegou a 10000 kg ha^{-1}.

Deve-se ressaltar que, apesar do incremento ao tratamento não inoculado parecer maior, a resposta de 17,98% do tratamento inoculado com as BPCVs torna-se mais substancial, pois

Tabela 2 Valores médios de altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), massa da matéria seca de colmo mais bainha (MSCB), massa da matéria seca de folha (MSF), massa da matéria seca total (MST), área foliar(AF), índice SPAD, altura de inserção da espiga (AIE), comprimento da espiga (CE), grãos por fileira da espiga (GF), massa de mil grãos (M1000) e produtividade (Prod) de plantas de milho, submetidas a inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* no experimento I e II. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.

Experimento I

Trat	AP^{ns}	DC^{ns}	MSCB*	MSF*	MST*	AF^{ns}	SPAD^{ns}	AIE^{ns}	CE^{ns}	GF^{ns}	M1000^{ns}	Prod*
	––––cm––––		––––––––g–––––––––			cm^2		––––––cm–––––––			g	kg ha^{-1}
Sem Azo	171,45	2,59	40,67	33,97	74,64	1510,34	46,51	116,56	19,84	35,80	386,05	7662,45
Com Azo	177,40	2,59	45,63	37,35	82,98	1470,28	46,38	116,91	20,28	36,54	372,25	8521,86
CV%	6,33	4,94	2,18	2,95	1,74	8,02	2,61	4,54	5,54	6,59	14,90	7,22
Média	174,43	2,59	43,15	35,66	78,81	1490,31	46,45	116,74	20,06	36,17	379,15	8092,16

Experimento II

Trat	AP^{ns}	DC^{ns}	MSCB^{ns}	MSF*	MST^{ns}	AF^{ns}	SPAD^{ns}	AIE^{ns}	CE^{ns}	GF^{ns}	M1000*	Prod*
	––––––cm–––––––		––––––––––g–––––––––––			cm^2		––––––––cm–––––––––			g	kg ha^{-1}
Sem Azo	169,39	2,55	97,62	31,11	100,12	7349,87	45,19	105,81	19,00	35,59	693,08	6824,31
Com Azo	173,28	2,56	112,04	33,47	114,54	7565,06	46,30	106,27	19,53	35,12	740,99	7672,38
CV%	7,12	6,58	30,17	12,29	29,46	37,59	5,32	10,17	6,72	6,67	2,77	15,96
Média	171,34	2,56	104,83	32,29	107,33	7457,47	45,75	106,04	19,27	35,36	717,04	7248,35

^{ns} Não significativo; * Significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade. Sem Azo = Tratamento sem inoculante na semente de milho à base de *Azospirillum brasilense*. Com Azo = Tratamento com inoculante na semente de milho á base de *Azospirillum brasilense*. CV = Coeficiente de variação.

se deu com o uso de menor quantidade de adubo orgânico aplicada, sendo o suficiente para chegar a produção máxima alcançada de massa seca de folhas pela utilização das bactérias e da cama de frango simultaneamente.

Quando se refere a massa seca de plantas de milho, sendo comparado a interação entre os fatores inoculação com as BPCVs e a adubação, pode-se afirmar que esses microrganismos são capazes de auxiliar na absorção de N pela planta, devido ao aumento do sistema radicular, fazendo com que a planta tenha potencial para realizar processos metabólicos necessários para a produção de fotoassimilados para o crescimento, desenvolvimento e armazenamento na planta. Esses resultados vão de acordo com PARREIRA et al. (2015), que, ao avaliar a aplicação de cama de frango juntamente com o *Azospirillum* sp. na raiz, verificou que essa associação influencia positivamente na produção de massa seca em pastagem de *Brachiaria brizantha*, produzindo uma maior quantidade de massa seca de colmo mais folha quando comparada a testemunha.

A massa seca total de plantas do experimento I (Figura 2F), apresentou aumento máximo significativo de 49,64% na dose de 6261 kg ha^{-1} de cama de frango no tratamento inoculado, comparado a não aplicação de cama de frango, com base nesses valores, se chegou ao valor de 56,5% de aumento na recomendação da quantidade cama de frango utilizada, para obter o máximo de produção de massa da matéria seca do milho, a partir da dose resultante no cálculo baseado no livro de MOREIRA et al. (2017) de 4000 kg ha^{-1}.

Enquanto os tratamento não inoculados, necessitaram de doses superiores a 10000 kg do adubo orgânico por hectare para atingir valores acima de 38,40% de produção de massa da matéria seca total de parte aérea do milho.

Assim, os tratamentos que apresentaram maior desempenho foram os inoculados, pois necessitaram de menor quantidade de adubo para atingir maior produção de massa. Esses resultados vão de encontro com SALA et al (2007) que verificaram que a produção de matéria seca pela parte aérea de plantas de trigo duplicou nos tratamentos que receberam a inoculação com bactérias diazotróficas, em relação à testemunha; entretanto, este resultado mais expressivo só foi obtido pelos tratamentos nos quais se aplicou baixa quantidade de P, o que também pode ter ocorrido nas variáveis de massa seca nesse trabalho, pois com o excesso de adubo orgânico ocorreu resposta negativa a partir das doses intermediárias nos tratamentos inoculados.

O acúmulo de massa seca de folhas (Figura 3A) nas plantas de milho do experimento II, apresentou resposta linear crescente com o aumento das doses de cama de frango, com incremento de 35,97% de massa seca de folhas, quando comparado ao tratamento controle, independente dos tratamentos inoculados ou não inoculados.

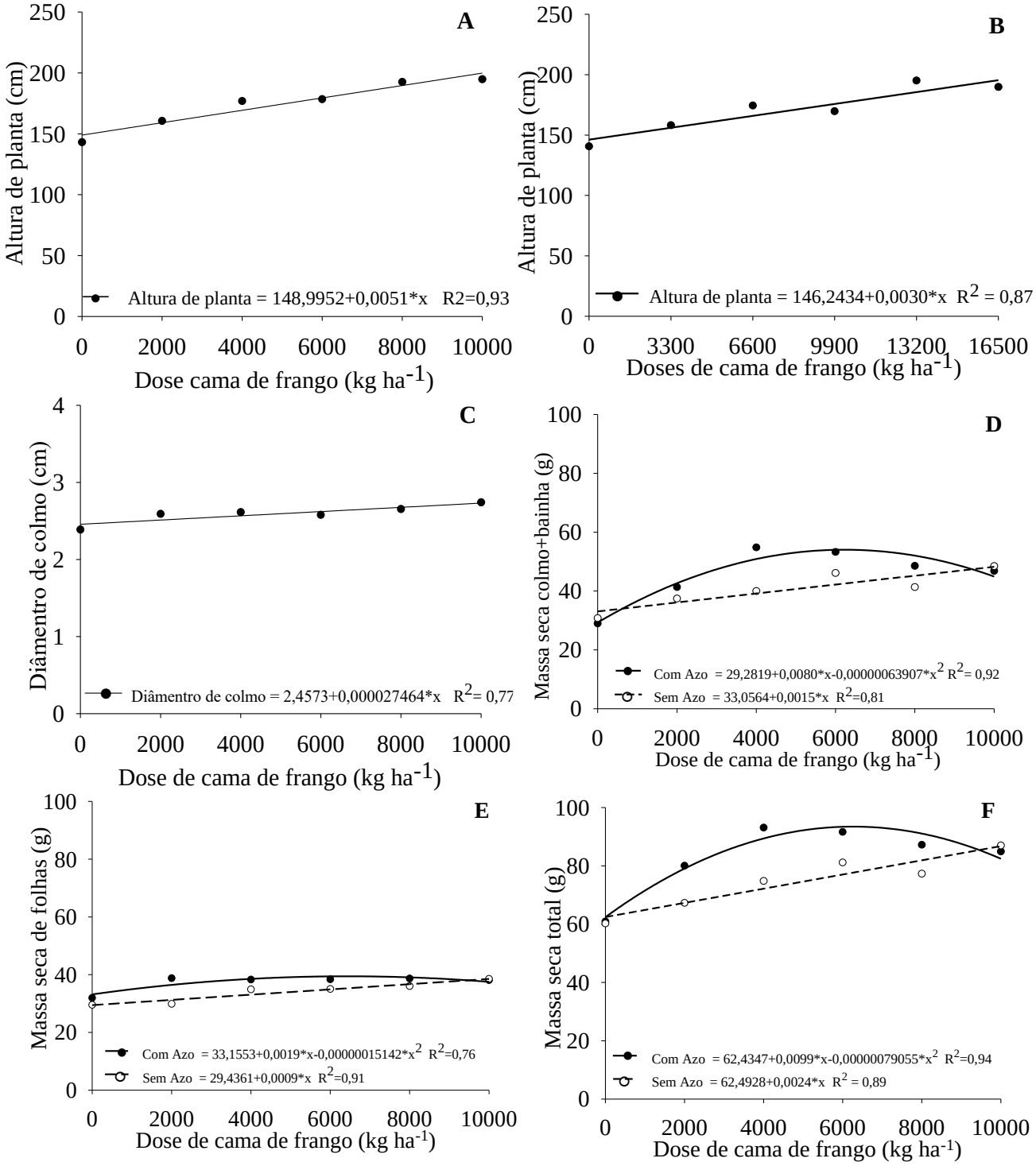

Figura 2 Altura de planta do experimento I (A); altura de planta do experimento II (B) e diâmetro de colmo do experimento I (C) em função das doses de cama de frango. Massa da matéria seca de colmo mais bainha (D); massa da matéria seca de folha (E) e massa da matéria seca total (F) de milho em função de diferentes doses de cama de frango e inoculação com e sem *Azospirillum* no experimento I. Sem Azo - Tratamento não inoculado; Com Azo - Tratamento inoculado com *Azospirillum brasilense*. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.

Ainda na massa seca da folhas (Tabela 2) do experimento II, verificou-se que esta foi afetada de forma significativa pela inoculação das sementes com *A. brasilense* isoladamente, com incremento de 7,58% em relação ao controle. Alguns autores, ao utilizarem a inoculação com *A. amazonense*, também encontraram maior rendimento em massa de matéria seca de folhas em plantas de milho (BASHAN; HOLGUIN, 1997). RODRIGUES et al. (2014), avaliando a aplicação de *Azospirillum sp.* na cultura do trigo, perceberam que houve aumento significativo no desenvolvimento da parte aérea quando comparada ao controle, promovendo acumulo de massa seca de folhas, independente de outros tratamento aplicados.

Os fatores inoculação e doses de adubo orgânico estudados, não apresentaram influência sobre o índice de área foliar e índice SPAD. Quanto aos componentes de produtividade como a altura de inserção da espiga, comprimento de espiga e grãos por fileira, os resultados obtidos não apresentaram significância paras os dois fatores estudados (Tabela 1).

Alguns resultados não significativos neste trabalho, como o índice de área foliar, vão em desencontro com autores como MARINI et al. (2015) que relataram respostas significativas ($p < 0,05$) sobre o índice de área foliar em plantas de milho doce tratado com *A. brasilense*, apresentando o aumento de até 11,0% maior que o estimado em plantas não inoculadas. No entanto, NUMOTO et al. (2019) encontraram respostas lineares crescentes no primeiro ano de aplicação de diferentes doses do microrganismo, enquanto que no segundo ano, esse resultado se deu de forma quadrática. Resultados significativos ou não, são indicativos de que as respostas dependem de nutrientes como o nitrogênio ja disponível no solo, aplicados através da adubação, deixados pelas culturas antecessoras ou até, dependente do manejo do solo anterior ao experimento, pois estes fatores, podem produzir ou manter no solo grandes quantidades de nutrientes disponíveis através do processo de mineralização (FONTOURA; BAYER, 2009).

Na variável massa de mil grãos (Figura 3B) encontrou-se diferença significativa no experimento II, para o fator dose, com resposta linear positiva ao longo do aumento das doses de cama, sendo este aumento de 14,84% quando aplicado 16500 kg de cama de frango por hectare. Bem como, os tratamentos inoculados com as BPCVs (Tabela 2), obtiveram resultados superiores significativos quando comparados ao controle, apresentando aumento de 6,91%, em relação ao controle ou não inoculado.

A variável produtividade analisada nos experimentos I (Figura 3C) e II (Figura 3D), respondeu positivamente conforme o aumento das doses de adubo orgânico no solo, partindo de uma média de 7641,5 para 8542,5 kg ha^{-1} de grãos no primeiro experimento quando aplicado 0 e 10.000 kg ha^{-1} de cama de frango, respectivamente, obtendo-se assim aumento de 11,79% na produtividade quando utilizado a maior dose em relação a não aplicação da cama de frango.

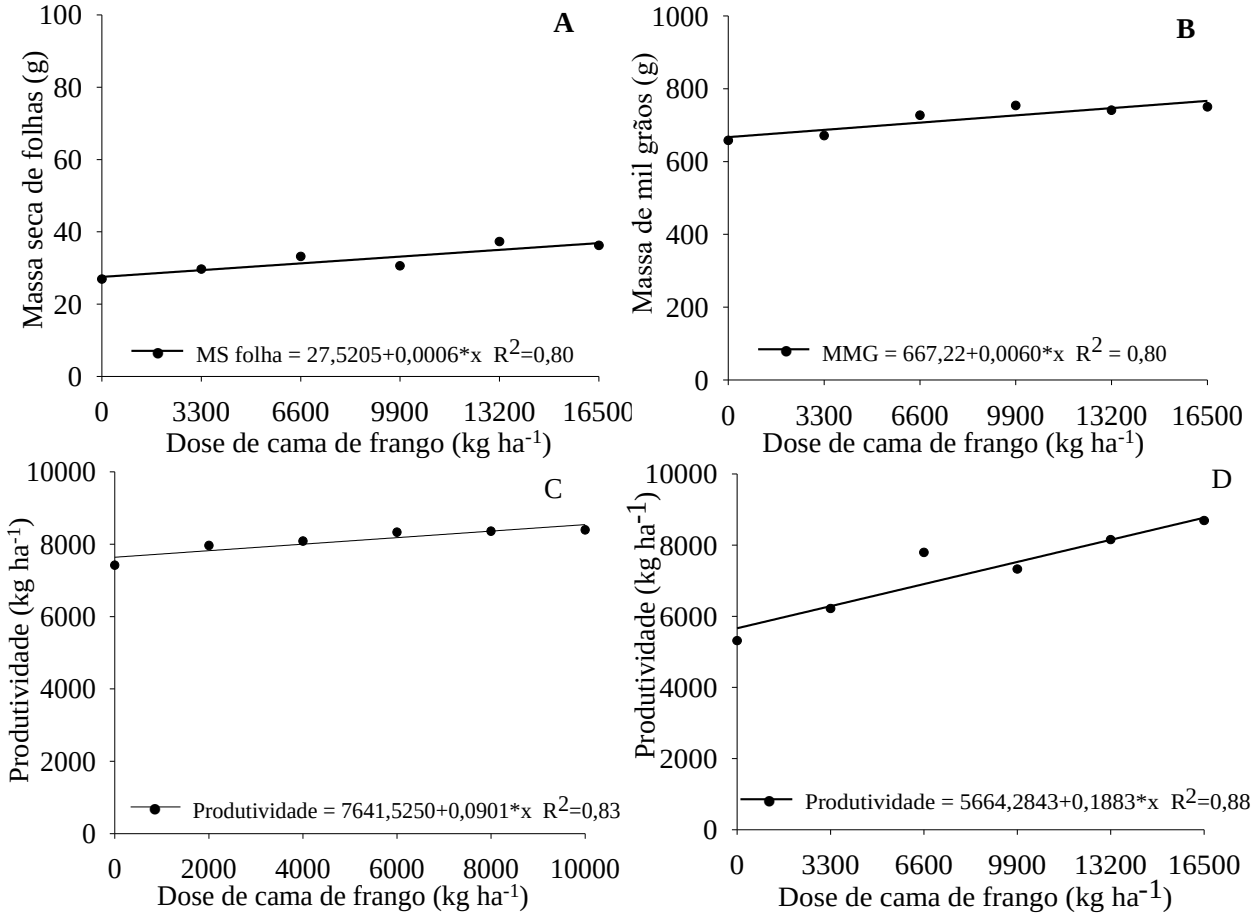

Figura 3 Massa seca de folha do experimento II (A); massa de mil grãos do experimento II (B); produtividade do experimento I (C) e produtividade do experimento II em função das doses de cama de frango (D). Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.

Os resultados obtidos em relação ao aumento da produtividade no presente trabalho, foram inferiores aos obtidos por (HANISCH; FONSECA; VOGT, 2012), que teve uma média de 9328 kg ha^{-1} de grãos de milho testando a aplicação de 5000 kg ha^{-1} de cama de frango com base em um cultivo agroecológico. Para esses autores, a cama de frango pode suprir grande parte, ou até totalmente, os nutrientes requeridos pela cultura e além do efeito imediato, apresenta efeito residual superior aos dos adubos solúveis. Fato que leva ao aumento da disponibilidade de nutrientes na fase solúvel do solo ao longo da duração do ciclo da planta, o que pode aumentar o seu potencial produtivo pois a planta consegue utilizar esses nutrientes conforme sua necessidade (BLUM et al., 2003).

Ainda na produtividade de grãos de milho do experimento I (Tabela 2), as médias obtidas com a aplicação da inoculação feita com bactérias promotoras de crescimento, foram significativamente superior (8521,86 kg ha^{-1}) quando comparadas com a produtividade do tratamento controle (7662,45 kg ha^{-1} de grãos de milho) apresentando aumento de 11,22%, independente das doses aplicadas de fertilizante orgânico. No experimento II (Tabela 2), houve

incremento de produtividade de 12,43% para os tratamento inoculados quando comparados aos não inoculados.

Os resultados positivos para a produtividade, quando adicionado o fator inoculação via semente, corrobora com os resultados de NOVAKOWISKI et al, (2011) que também perceberam um aumento de até 12% na produtividade de grãos com o inoculante quando comparado com a testemunha. HUNGRIA et al. (2010) também obtiveram incrementos na produtividade de milho, e dependendo da estirpe de *A. brasilense* avaliada, o aumento na produtividade foi da ordem de 24 a 30% nos tratamentos inoculados.

Segundo DOBBELAERE et al (2003), respostas positivas obtidas pela inoculação com estirpes de *Azospirillum* sp. principalmente quando comparadas com altos níveis de adubação, podem indicar que as respostas da planta em relação ao microrganismos não ocorre apenas em razão do N_2 fixado, mas também auxiliar na produção de substâncias benéficas como os hormônios promotores de crescimento vegetal, que promovem um maior alongamento das raízes da planta, apresentando assim uma melhor eficiência e aproveitamento da água e de nutrientes.

2.4 CONCLUSÕES

A aplicação de doses de cama de frango no milho influenciaram positivamente a altura de plantas, no acúmulo de massa seca da parte aérea e na produtividade.

O uso *A. brasilense* influencia positivamente a massa seca de folhas e a produtividade de grãos de milho.

A dose de cama de frango que obteve maior produção de massa seca total, quando associado com a inoculação com *A. brasilense* na cultura do milho foi de 6261 kg ha^{-1}.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Academia Brasileira de Ciências,** v. 77, n. 3, p. 549–579, 2005.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum*- plant relationships: environmental and physiological advances. **Canadian Journal of Microbiology** v. 121, p. 103–121, 1997.

BELLÉ, R. F. **Desenvolvimento inicial de plantas de milho inoculadas com** *Azospirillum brasilense* **e fertilizadas com cama de frango**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2015. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2015.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (Noções básicas**). 1. ed. Jaboticabal. 2003

BERGAMASCHI, H.; RADIN, B.; ROSA, L. M. G.; BERGONCI, J. I.; ARAGONÉS, R. S.; SANTOS, A. O.; FRANÇA, S.; LANGENSIEPEN, M. Estimating maize water requirements using agrometeorological data. **Revista Argentina de Agrometeorologia**, v. 1, p. 23–27, 2001.

BLAHA, D.; PRIGENT-COMBARET, C.; MIRZA, M. S.; MOËNNE-LOCCOZ, Y. Phylogeny of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase-encoding gene acdS in phytobeneficial and pathogenic proteobacteria and relation with strain biogeography. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 56, n. 3, p. 455–470, 2006.

BLUM, L. E. B.; AMARANTE, C. V. T. Do; GÜTTLER, G.; MACEDO, A. F. De; KOTHE, D. M.; SIMMLER, A. O.; PRADO, G. Do; GUIMARÃES, L. S. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 627–631, 2003.

BRATTI, F. C. **Uso da cama de aviário como fertilizante orgânico na produção de aveia preta e milho**. Dissertação, 2013. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2013.

CAMPANHA, M. M.; CRUZ, J. C.; RESENDE, Á. V.; COELHO, A. M.; KARAM, D.; SILVA, G. H. Da; FILHO, I. A. P.; CRUZ, I.; MARRIEL, I. E.; GARCIA, J. C.; QUEIROZ, L. R.; COTA, L. V.; PIMENTEL, M. A. G.; VIANA, P. A.; NETO, M. M. G.; COSTA, R. V. Da; ALBUQUERQUE, P. E. P. De; MENDES, S. M.; QUEIROZ, V. A. V. **Sistema de Produção Integrada de Milho para Região Central de Minas Gerais.** Embrapa, Sete Lagoas, p. 74, 2012.

CATTELAN, A. J. **Métodos qualitativos para determinação de características bioquímicas e fisiológicas associadas com bactérias promotoras do crescimento vegetal**. EMBRAPA Soja. 1999.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. IAPAR, Londrina. 2000.

CHIBEBA, A. M.; GUIMARÃES, M. D. F.; BRITO, O. R.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* promotes early nodulation. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 1641–1649, 2015.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira. quarto levantamento. companhia nacional do abastecimento**, v. 6, n. 4, p. 126, 2019.

COSTA, A. M. Da; BORGES, E. N.; SILVA, A. de A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência Agrotecnológica**, v. 33, p. 1991–1998, 2009.

COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. da S. F.; NAVES, D. C. de F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. de S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 304–311, 2015.

DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 22, n. 2013, p. 107–149, 2003.

DOBEREINER, J. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: Newton W.E.; Nyman, C.T **International Symposium On Nitrogen Fixation,** Washington, v. 13, n. 2, p. 518–538, 1976.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures is in multiple comparisons. **Ciencia e Agrotecnologia**,v. 38, n. 2, p. 109–112, 2014.

FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1721–1732, 2009.

GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J.; DUARTE, J. de O.; CRUZ, J. C. **Aspectos econômicos da produção e utilização do milho.** In: Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas. p. 12. 2006

HANISCH, A. L.; FONSECA, J. A.; VOGT, G. A. Adubação do milho em um sistema de produção de base agroecológica: desempenho da cultura e fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 1, p. 176–186, 2012.

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**, Embrapa Soja, n. 283, p. 80. 2007.

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

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp . and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, p. 811–817, 2015.

MARINI, D.; GUIMARÃES, V. F.; DARTORA, J.; LANA, M. do C.; PINTO JÚNIOR, A. S. Growth and yield of corn hybrids in response to association with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 1, p. 117–123, 2015.

MOREIRA, A.; ASSMANN, A. L.; JÚNIOR, A. W.; GUALBERTO, A. A. da S.; LEMISKA, A.; MORAES, A. De; MOTTA, A. C. V.; COSTA, A.; NOLLA, A.; MUNIZ, A. S.; ET AL**.** **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; DE MORAES, A.; NOVAKOWISKI, J. H.; CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina:Ciencias Agrarias**, v. 32, p. 1687–1698, 2011.

NUMOTO, A. Y.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SCAPIM, C. A.; FRANCO, A. A. N.; ORTIZ, A. H. T.; MARQUES, O. J.; PELLOSO, M. F. Agronomic performance and sweet corn quality as a function of inoculant doses (*Azospirillum brasilense*) and nitrogen fertilization management in summer harvest. **Bragantia**, Campinas, v. 78, n. 1, p. 26–37, 2019.

PARREIRA, L. H. M.; MARTINS, M. E. P.; MOREIRA, M. R.; SENA, J. de M. Efeito da bactéria *Azospirillum brasilense* na adubação química e orgânica em pastagens constituídas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 838–850, 2015.

PITTA, C. S. R.; ADAMI, P. F.; PELISSARI, A.; ASSMANN, T. S.; FRANCHIN, M. F.; CASSOL, L. C.; SARTOR, L. R. Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 1043–1053, 2012.

QUADROS, P. D. De. Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul. **Dissertação de Mestrado**. 2009. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RIVERA-CRUZ, M. del C.; NARCIA, A. T.; BALLONA, G. C.; KOHLER, J.; CARAVACA, F.; ROLDAN, A. Poultry manure and banana waste are effective biofertilizer carriers for promoting plant growth and soil sustainability in banana crops. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 40, p. 3092–3095, 2008.

RODRIGUES, L. F. O. S.; GUIMARÃES, V. F.; SILVA, M. B. Da; JUNIOR, A. S. P.; KLEIN, J.; COSTA, A. C. P. R. Da. Características agronômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 31–37, 2014.

RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturwissenschaften,** v. 91, n. 11, p. 552–555, 2004.

SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G. De; SILVEIRA, A. P. D. Da. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo**.** **Pesquisa Agropeuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 833–842, 2007.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília. Embrapa Solos. v. 1. 5 ed. 2018.

SANTOS, L. B.; CASTAGNARA, D. D.; BULEGON, L. G.; ZOZ, T.; OLIVEIRA, P. S. R. De; AFFONSO CELSO, G. J.; NERES, M. A. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia/milho. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 272–281, 2014.

SILVA, C. E. K. Da; VITAL, J.; RONSANI, R.; MENEZES, L. F. G. De; PAVINATO, P. S. Utilização de adubação alternativa na produção de silagem. **III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária – Zootecnia**. Universidade Tecnológica do Paraná, p. 4. 2009.

SILVA, T. R. Da; MENEZES, J. F. S.; SIMON, G. A.; ASSIS, R. L. De; SANTOS, C. J. de L.; GOMES, G. V. Cultivo do milho e disponibilidade de P sob adubação com cama-de-frango. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 9, p. 903–910, 2011.

STRAUS, E. L.; MENEZES, L. V. T. Minimização de Resíduos, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 17, Natal, 1993, **Anais... Rio de Janeiro**, ABES. 1993, v.2: p.212 - 225, 1993.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MAX, I.; ANGUS, M**. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Porto Alegre, ArtMed, p. 852. 6 ed. 2017.

THAVAPRAKAASH, N.; VELAYUDHAM, K.; MUTHUKUMAR, V. B. Effect of crop geometry, intercropping systems and integrated nutrient management practices on productivity of baby corn (*Zea mays* L) based intercropping systems. **Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 1, n. 4, p. 295–302, 2005.

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, n. 5, p. 1016–1024, 1979.

USDA. **Grain: World Markets and Trade.** 2018.

ZHANG, S.; LI, Q.; MA, K.; CHEN, L. Temperature dependent gas exchange and stomatal/non-stomatal limitation to CO_2 assimilation of *Quercus liaotungensis* under midday high irradiance. **Photosynthetica**, v. 39, n. 3, p. 383–388, 2001.

3 ARTIGO 2

TROCAS GASOSAS E TEORES FOLIARES DE NITROGêNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO DO MILHO INOCULADO COM *Azospirillum brasilense* ASSOCIADO À FERTILIZAÇÃO COM CAMA DE FRANGO

Deise Cadorin Vitto[a*], Vandeir Francisco Guimarães[a], Paulo Sérgio Rabello de Oliveira[a]

[a]Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Brasil

*autor para correspondência: deisevitto@hotmail.com

A adubação vegetal é considerado o principal fator na contribuição para os aspectos fisiológicos e na composição química das folhas, podendo ser auxiliado pelo uso de microrganismos que promovem o maior aproveitamento dos nutrientes do solo. Neste trabalho, objetivou-se estudar as trocas gasosas e teores foliares de N, P e K do milho em função da inoculação de sementes com *A. brasilense* associadas à fertilização com cama de frango. O trabalho foi conduzido a campo em duas áreas, com delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 6. O primeiro fator foi a inoculação das sementes com *A. brasilense* e controle sem inoculação. O segundo fator foram seis doses de cama de frango, sendo estas definidas em função dos teores de nutrientes no solo e na cama de frango, foi utilizado assim, 0, 50, 100, 150, 200, 250% da dose recomendada para cada área. Nas duas áreas, foram realizadas avaliações dos índices de trocas gasosas: taxa de assimilação líquida de CO_2 (*A*), condutância estomática (*gs*), Taxa de transpiração foliar (*E*) e eficiência do uso da água (*EUA*) e análise dos teores de nitrogênio, fósforo e o potássio nas folhas. A inoculação das sementes de milho com *A. brasilense* influenciou significativamente na taxa de assimilação liquida de CO_2 no experimento I. As doses de cama de frango influenciaram de forma positiva e linear crescente sobre os teores de potássio das folhas nas duas áreas. O teor máximo de P foliar no experimento I foi alcançado com a dose de 5830 kg ha^{-1} de cama de frango, atingindo o valor de 4,69 g kg^{-1} de P foliar.

Palavras-chave: *Zea mays* L., BPCV, nutrientes.

3.1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) pertence atualmente ao grupo dos cereais mais cultivados no mundo, devido ao seu elevado potencial produtivo, valor nutricional de seus grãos e pela utilização na alimentação humana e animal (CAMPANHA et al., 2012). No entanto, do total de sua produção, cerca de 80% é voltada para o sistema de criação de suínos e aves (GARCIA et al., 2006). Neste contexto, o manejo e emprego de tecnologias alternativas que possam elevar a eficiência produtiva da cultura, em especial as voltadas para a redução de custos de produção, contribuirão para todo o sistema agroindustrial da cadeia produtiva do milho.

A planta de trigo, requer elevada quantidade de nutrientes como nitrogênio, fósforo e o potássio, extraídos do solo para completar seu ciclo fisiológico, os valores de cada nutrientes variam conforme a qualidade química do solo, o nível tecnológico empregado e a produtividade esperada. Contudo, a maioria dos solos brasileiros necessita do uso de fertilizantes químicos para suprir a demanda nutricional da cultura (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007). Com isso, na cadeia produtiva o manejo necessita ser eficiente e viável, tornando indispensável à busca por tecnologias e ferramentas que auxiliem na manutenção da produtividade do milho visando sua relação de custo-benefício.

Entre as ferramentas disponíveis para aumentar a sustentabilidade da cultura, destaca-se, a prática de inoculação em sementes utilizando bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCVs), como podemos citar, a bactérias do gênero *Azospirillum* sp., que são estudadas desde a década de 1970 (DOBEREINER, 1976). Esses microorganismos proporcionam efeitos benéficos de forma direta e indireta às plantas, sendo bactérias facultativas e colonizarem tanto o interior quanto as superfícies das raízes de espécies de gramíneas cultivadas (BALDANI; BALDANI, 2005).

A inoculação com esses microorganismos como o *Azospirillum brasilense*, pode, além de promover a disponibilização de nutrientes como o fósforo (P) através da extração ou solubilização de frações insolúveis do solo (RODRIGUEZ et al., 2004), também é capaz de promover a fixação biológica do nitrogênio (FBN), disponibilizando esse nutriente essencial para a planta (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Esses microorganismos podem estar relacionados também a múltiplos mecanismos capazes de estimular o crescimento de plantas como a de produção e excreção hormonal, onde pode-se destacar as auxinas, giberelinas e citocininas (COSTA et al., 2015), resultando na promoção do crescimento radicular das planta, como o aumento da capacidade de absorção de água e nutrientes (PEDRAZA, 2008).

Vale também salientar que apesar do *A. brasilense* realizar fixação biológica de nitrogênio, não é capaz de suprir totalmente as necessidades da cultura, mas pode proporcionar uma economia de até 50% no uso de fertilizantes nitrogenados (HUNGRIA et al., 2010). Informação essa que é de suma importância pois a utilização de BPCV é pode ser considerada uma tecnologia que está em sintonia com a abordagem atual da agricultura, respeitando as necessidades de ser uma técnica sustentável, trazendo ainda mais benefícios para o meio ambiente, pelo fato de dispensar parte da adubação nitrogenada nas culturas de gramíneas.

Sabe-se que o uso de rizobactérias promotores de crescimento está sendo amplamente pesquisado, e seus efeitos positivos são demostrados em plantas gramíneas, como em braquiária são encontrados efeitos benéficos do *A. brasilense* sobre as trocas gasosas (BULEGON et al., 2017), onde a aplicação foliar de *A. brasilense* minimizou na planta os efeitos do déficit hídrico, elevando as suas trocas gasosas. Já BELLÉ (2015), em sua pesquisa com *A. brasilense* em plantas de milho verificou incrementos nos valores de trocas gasosas como a taxa fotossintética, nos tratamentos inoculados quando comparados aos não inoculados, percebendo que a aplicação desses microorganismos auxiliam nos comportamentos fisiológicos da planta.

Assim como as BPCVs podem ser consideradas uma alternativa viável para a cultura e sustentável ambiental, social e economicamente ao mesmo tempo, o uso do adubo orgânico também pode ser empregado como uma forma complementar ao requerimento nutricional de plantas de milho, devido ao elevado teor de nutrientes presente em sua composição (SANTOS et al., 2014). Entre os resíduos oriundos da produção animal, a cama de frango está disponível nas propriedades a um baixo custo, sendo sua aplicação em cultivos comerciais uma alternativa de uso sustentável quando manejado de forma adequada (COSTA et al., 2009).

As perspectivas de aumento da atividade avícola são concomitantes à geração de resíduos orgânicos. Deste modo, há a necessidade do aproveitamento da cama de frango para outras atividades, como sua utilização na agricultura como fonte de nutrientes, beneficiando a restauração da fertilidade dos solos (PITTA et al., 2012). A cama de frango é composta por uma mistura de substrato utilizada na forração de pisos de galpões, constituída por fezes, penas e restos de ração, apresentando elevados teores de matéria orgânica. Quando aplicada ao solo, atua de maneira positiva sobre os aspectos químicos, físicos e biológicos deste, podendo tonar-se uma rica fonte de nutrientes, capaz de suprir parcial ou totalmente a necessidade destes, que seria fornecida pelo adubo químico (BLUM et al., 2003).

A dose recomendada para aplicação, deve levar em consideração as necessidades da cultura e propriedades físicas e químicas do solo (COSTA et al., 2009). Entretanto, este resíduo

apresenta variabilidade em sua composição, dependendo do sistema de criação utilizado, o número de lotes criados sobre a cama, modo e tempo de compostagem (SILVA et al., 2009).

Pitta et al. (2012), demonstram que as maiores taxas de decomposição e liberação de nutrientes da cama de frango ocorreram nos primeiros 60 dias de incubação no solo, nesse período, 40, 34, 91 e 39% do N, P, K e Ca, respectivamente, encontrados na massa seca inicial da cama já tinham sido liberados. Estudos realizados reconhecem a eficiência do uso da cama de frango na cultura do milho (SANTOS et al., 2014) porém, há a necessidade de estudos que possam avaliar os efeitos deste fertilizante orgânico quando associado a prática de inoculação de sementes em plantas de milho. Em suas pesquisas, BELLÉ (2015) percebeu que, as plantas de milho que são fertilizadas com doses crescentes de cama de frango comportaram-se de forma quadrática decrescente para as variáveis taxa de transpiração, condutância estomática e taxa de assimilação líquida de CO_2. Já AZIZ et al., (2006), relatou que o uso de adubo orgânico em plantas de milho, pode incremetar na absorção dos nutrientes disponível para a planta.

O melhor entendimento das relações entre plantas de milho inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e associadas a adubação orgânica, é de suma importância para o desempenho agronômico da cultura frente ao atual cenário agrícola. Então se espera que a utilização de diferentes doses de cama de frango associadas com *A. brasilense* na semente irá proporcionar incrementos sobre as trocas gasosas da planta e aumento nos teores nutricionais das folha na cultura, quando comparada à sua utilização isolada.

Tendo em vista as ações e as respostas positivas sobre o desenvolvimento vegetal do *A. brasilense*, o presente trabalho objetivou avaliar o desempenho das trocas gasosas e os teores nutricionais de plantas de milho inoculadas via semente com *Azospirillum brasilense* e adubadas com doses de cama de frango.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em duas áreas em condições de campo, durante o ano agrícola de 2017/2018. A primeira área foi na fazenda experimental “Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa” com coordenadas geográficas de 24º31’57” Sul, 54º01’11” Oeste e altitude aproximada de 400 metros, na cidade de Marechal Cândido Rondon – PR, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* Marechal Cândido Rondon. A segunda área foi em uma propriedade particular, com coordenadas geográficas de 24º38’35” Sul, 53º54’52” Oeste e altitude aproximada de 450 m, localizado na comunidade de Dois Irmãos, no município de Toledo – PR. Ambos os locais apresentam LATOSSOLO VERMELHO Eutroférrico (SANTOS et al., 2018).

O clima da região é do tipo Cfa, subtropical com chuvas distribuídas no ano e verões quentes, as temperaturas médias anuais são de 22 e 23ºC e precipitação pluvial média varia de 1600 a 1800 mm (CAVIGLIONE et al., 2000). Os dados utilizados no experimento I, foram fornecidos pela Estação Meteorológica Automática do município de Marechal Cândido Rondon (A820). Os dados do experimento II, foram cedidos pela Cooperativa Agropecuária Mouraoense (COAMO) de Dois Irmãos/Toledo (Figura 1).

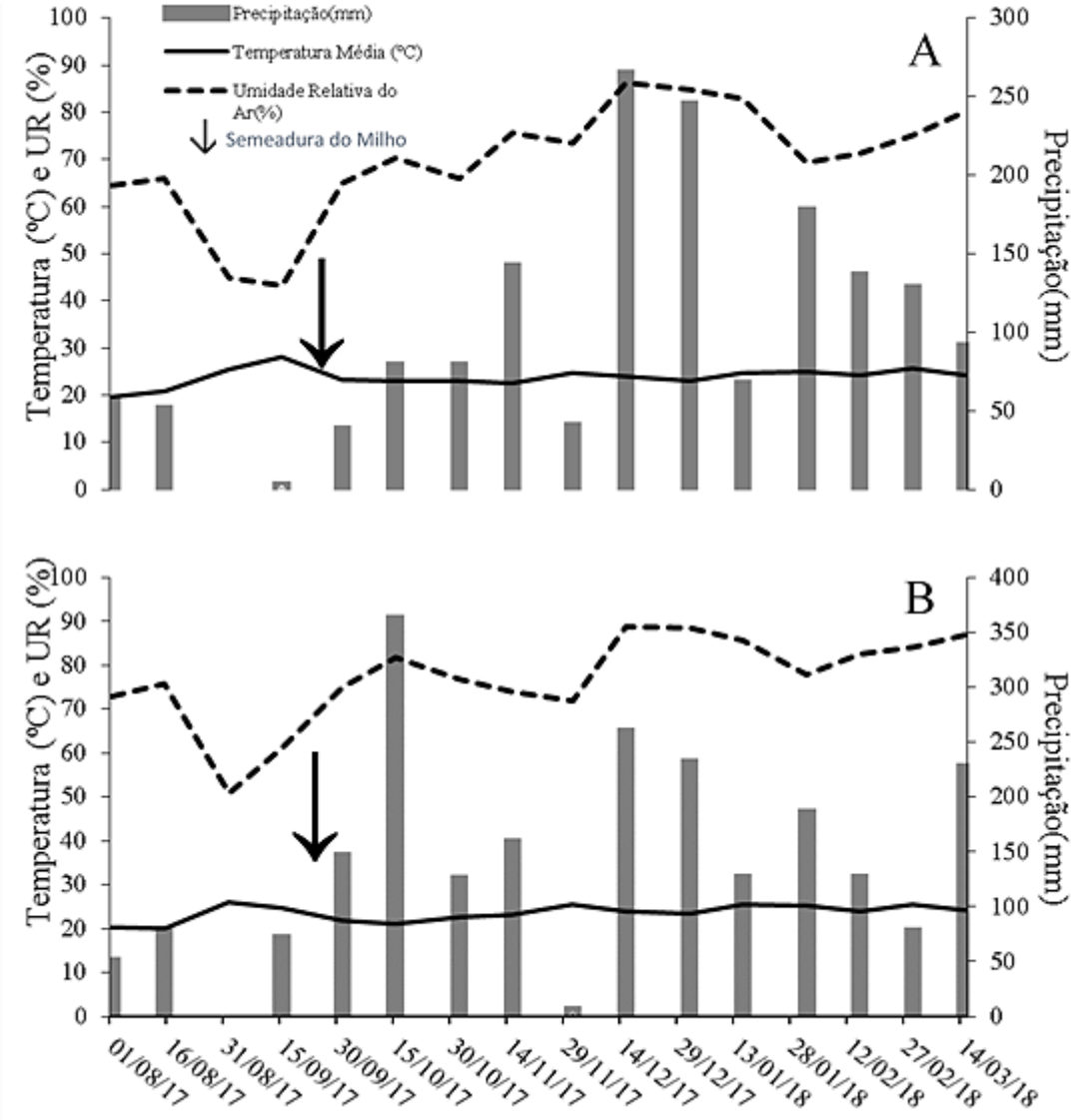

Figura 4 Médias quinzenais de temperatura média, umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica durante o período do experimento I (A), e experimento II (B). Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.

Nas duas áreas, o delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 6, com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. O primeiro fator foi composto de sementes de milho inoculadas e não inoculadas com *A. brasilense*. O segundo

fator foi composto por seis doses de cama de frango, sendo utilizado 0, 50, 100, 150, 200, 250% da dose recomendada para cada área, as quais foram determinadas de acordo com os resultados obtidos das análises de solo e cama de frango.

Cada unidade experimental foi constituída por dez linhas de cultivo, espaçadas 0,50 m entre si, com seis metros de comprimento e população de 65.000 plantas ha^{-1} do híbrido 30F53 VYHR da empresa *Pionner*®. Assim, foi considerado como parcela útil as seis linhas centrais da parcela, descartando-se um metro de cada extremidade e duas linhas nas laterais.

Deve-se levar em consideração que o manejo das duas áreas eram diferentes, pois o solo da primeira área, apresentava ausência de palhada devido ao fato de ser utilizado para produção de silagem de planta inteira de milho, apresentando assim, menor teor de material orgânico em sua superfície, enquanto a área do segundo experimento, apresentava a palhada de milho da safra anterior em sua superfície. Com isso, antes da implantação da cultura, foram determinadas as características químicas do solo das duas áreas na profundidade de 0,00-0,20 m e com base nesta, a recomendação da adubação com cama de frango.

Segundo análises laboratoriais, o solo do experimento I, em Marechal Cândido Rondon/PR apresentou na sua constituição química os valores de: 8,89 g dm^{-3} de M.O.; pH ($CaCl_2$ 0,01 mol L^{-1}) 4,82; 40,49 mg dm^{-3} de P ($melich^{-1}$); 0,36 $cmol_c$ dm^{-3} de K^+; 4,47 $cmol_c$ dm^{-3} de Ca^{2+}; 1,77 $cmol_c$ dm^{-3} de Mg^{2+}; 12,39 $cmol_c$ dm^{-3} de CTC; 53,27% de saturação de bases e relação Ca/Mg de 2,52.

Quanto ao solo do experimento II, em Toledo/PR, este apresentou na sua constituição química os valores de: 17,77 g dm^{-3} de M.O.; pH ($CaCl_2$ 0,01 mol L^{-1}) 4,95; 7,51 mg dm^{-3} de P ($melich^{-1}$); 0,91 $cmol_c$ dm^{-3} de K^+; 7,34 $cmol_c$ dm^{-3} de Ca^{2+}; 1,40 $cmol_c$ dm^{-3} de Mg^{2+}; 14,14 $cmol_c$ dm^{-3} de CTC; 68,18% de saturação de bases e relação Ca/Mg de 5,24.

A cama de frango utilizada para o experimento foi proveniente de uma propriedade rural da própria região, que reutilizou uma cama de serragem em 9 lotes seguidos de frangos de corte, com duração de aproximadamente 42 dias cada lote. Após a saída do último lote, esta cama permaneceu por 30 dias em repouso, curtindo seus nutrientes. Em seguida, uma amostra foi submetida à análise de sua composição química, a qual revelou a seguinte composição: 78,49% de massa seca; 24,35% de resíduo mineral total; pH ($CaCl_2$ 0,01 mol L^{-1}) 8,62; 1,16% de N total; 1,45% de P total; 1,41% de K total; 4,70% de Ca total; 0,31% Mg total; 41,57 mg kg^{-1} de Cu total; 239,39 mg kg^{-1} de Zn total; 330,29 mg kg^{-1} de Mn total; 4121,51 mg kg^{-1} de Fe total e 19,43 mg kg^{-1} de B total. Esta análise foi feita de acordo com análise de fertilizantes orgânicos e seus dados de nutrientes estão determinados com base na massa seca do fertilizante.

Assim, realizou-se os cálculos para determinação das doses de esterco com base no teor de fósforo total do resíduo, pois este nutriente foi o de maior quantidade no adubo orgânico, tendo como base para isto, a equação de Moreira et al (2017):

$$DE = A \times \left\{ \frac{1}{\left(\frac{B}{1000}\right) \times \left(\frac{C}{1000}\right) \times D} \right\}$$

Onde A representa a quantidade de nutriente a ser aplicada (kg ha^{-1}), B é a matéria seca do esterco (kg t^{-1}), C é a quantidade do nutriente na matéria seca (kg t^{-1}) e D está relacionado ao índice de eficiência na liberação do nutriente, para cultura do milho. Sendo definida assim, para o experimento I a dose recomendada de 4000 kg ha^{-1} e as doses a serem aplicadas de 0, 2000, 4000, 6000, 8000 e 10000 kg ha^{-1} de cama de frango. Para o experimento II, definiu-se a dose recomendada de 6600 kg ha^{-1} e as doses a serem aplicadas de 0, 3300, 6600, 9900, 13200 e 16500 kg ha^{-1} de cama de frango. As doses estipuladas foram aplicadas manualmente com 40 dias de antecedência à semeadura da cultura. Não realizou-se calagem na área e não ocorreu adubação química para a implantação da cultura, bem como, para a cobertura.

As sementes foram inoculadas com bactérias da espécie *A. brasilense*, com estirpes AbV5 e AbV6, contendo 2 x 10^8 UFC mL^{-1} para 600 sementes ou uma dose de 100 mL pra 1 hectare, utilizando como produto comercial o inoculante Gramíneas® da empresa Nitro1000®. A inoculação foi efetuada 30 minutos antes da semeadura, em sacos plásticos, adicionando o volume correspondente de inoculante e homogeneizando por agitação manual durante 3 minutos. A semeadura foi realizada mecanicamente na última quinzena de setembro de 2017. Os tratos culturais, como aplicação de inseticidas, fungicidas e herbicidas foram realizados de acordo com a demanda da cultura.

As avaliações das trocas gasosas se deram quando as plantas de milho atingiram o estádio de pendoamento da planta, aos 90 dias após a semeadura (DAS). Previamente identificou-se uma folha completamente desenvolvida, sendo esta, fotossinteticamente ativa e desprovida de lesões aparentes, no terço médio da planta, localizada onde fosse atingida pela luz solar direta. Para as leituras foi utilizado o equipamento IRGA (*Infra Red Gas Analyser*) modelo LI-6400XT (*Licor Inc. Lincoln, NE*), pela manhã entre 09h00min e 11h00min, utilizando teor de CO_2 na câmara do IRGA de 400 µmol mol^{-1}.

Mensurou-se então, a taxa de assimilação líquida de CO_2 (*A*), condutância estomática (*gs*) e a taxa de transpiração da folha (*E*); além da seguinte relação: *'EUA'* = '*A*'/'*E*' (ZHANG et al., 2001), que corresponde à eficiência do uso de água.

Durante o estádio de florescimento (R1) das plantas, ou, após o aparecimento da inflorescência feminina e início da polinização, aos 100 DAS, realizou-se a coleta da folha oposta e abaixo da espiga de cada planta na área útil da parcela, em 10 plantas. Estas, foram secas a 65°C em estufa de circulação de ar forçado até atingir massa constante. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho faca e encaminhada para realização de análise no Laboratório de Fertilidade do Solo, do Departamento de Agronomia da UNIOESTE – *Campus* Marechal Candido Rondon, e determinado os teores dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio presentes na folha (LANA et al., 2016).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Quando detectadas diferenças significativas foi realizada análise de regressão para estudo de doses.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de condutância estomática (*gs*), transpiração foliar (*E*) e a eficiência do uso da água (*EUA*) (Tabelas 3, 4 e 5) não sofreram variações significativas ($p \leq 0,05$) pelos tratamentos aplicados, sendo assim, as diferentes doses de cama de frango aplicadas e a inoculação com *A. brasilense* realizada nas sementes, não influenciaram nessas variáveis, nos dois experimentos. No entanto, a taxa de assimilação líquida de CO_2 (*A*), das plantas dos tratamentos que foram inoculadas com as *A. brasilense* apresentou menor média ($p \leq 0,05$) em relação ao tratamento não inoculado, com redução de 10,2% na taxa fotossintética da planta (Tabela 4).

De acordo com os dados desse trabalho, a taxa de assimilação líquida do CO_2, apresentou efeito semelhante ao efeito do fósforo quando aplicada a cama de frango (Tabela 6), levando a acreditar que o excesso de fósforo absorvido pela planta foi o que levou a diminuição da taxa de fotossíntese foliar nas plantas de milho que receberam a inoculação via sementes com as bactérias promotoras de crescimento.

Em relação aos teores de nutrientes encontrados em folhas das plantas de milho inoculado com as BPCV e fertilizadas com a cama de frango, observou-se que não houve interação significativa entre os tratamentos de inoculação com as doses de cama de frango (Tabela 3), significando que o comportamento em relação as dose de cama de frango foi o mesmo, independente da ação dos microorganismos aplicados.

Nos teores de nitrogênio nas plantas de milho, não se encontrou diferença ($p \leq 0,05$) estatística para os dados do uso de inoculação quando comparados aos tratamentos controle ou não inoculados (Tabela 6). Esses resultados são discordantes dos resultados obtidos por vários autores que relataram um acúmulo maior de N para os tratamentos inoculados com bactérias promotoras de crescimento como o *A. amazonense* que aumentou o teor de N em raízes de milho (REIS JUNIOR et al., 2008).

O teor de N nas folhas das plantas não diferiram estatisticamente ($p \leq 0,05$) para o uso de diferentes doses de adubo orgânico (Tabela 6). Quando se considerou os teores de P das folhas, foi encontrado diferença significativa em função dos tratamentos de inoculação e controle no experimento I (Tabela 6), sendo verificado aumento de aproximadamente 12,5% quando utilizou-se as bactérias promotoras de crescimento nas sementes do milho. Estes resultados sugerem que a inoculação com *A. brasilense* ocasiona aumentos na absorção de minerais como os fosfatos disponíveis no solo, melhorando a eficiência do uso desses nutrientes aplicados. Os resultados descritos vão de acordo com vários autores que pesquisaram o efeito das BPCVs em diversas plantas como no trigo (AFZAL; BANO, 2008) e no milho (GULNAZ; PS, 2018) sobre

Tabela 3 Resumo da análise de variância indicando os fatores de variação, graus de liberdade (GL) e quadrados médios para as variáveis avaliadas nos dois experimentos com a cultura do milho. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.

Fator de variação	GL	Quadrados médios						
		A (µmol CO_2 m^{-2} s^{-1})	*gs* (µmol m^{-2} s^{-1})	*E* (mmol H_2O m^{-2} s^{-1})	*EUA* [µmol CO_2 (mmol H_2O)$^{-1}$]	N (g Kg^{-1} de MS)	P (g Kg^{-1} de MS)	K (g Kg^{-1} de MS)
Experimento 1								
Inoculação	1	299,78*	0,03 ^{ns}	3,33 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,60*	2,04 ^{ns}
Dose	5	71,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,27 ^{ns}	11,08 ^{ns}	4,36**	5,22**
Interação	5	87,40 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,47 ^{ns}	1,17 ^{ns}	8,09 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Erro	33	65,53	0,01	1,68	2,30	13,59	0,55	1,19
CV%		17,40	38,20	27,94	14,39	15,04	18,98	5,16
Média		46,52	0,28	4,64	10,54	24,50	3,92	20,23
Experimento 2								
Inoculação	1	12,51 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,00 ^{ns}	55,91^{ns}	0,48 ^{ns}	1,02 ^{ns}
Dose	5	9,50 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,26 ^{ns}	22,61 ^{ns}	0,20^{ns}	2,89*
Interação	5	56,75 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,30 ^{ns}	25,87 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Erro	33	29,96	0,01	0,67	0,54	19,32	0,16	1,12
CV%		16,22	38,55	21,69	8,06	20,94	14,16	4,36
Média		33,75	0,23	3,77	9,09	20,98	2,82	24,23

^{ns}, * e **, não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. Inoc = tratamento com semente de milho inoculado com *Azospirillum brasilense*, Dose = Tratamento com diferentes doses de cama de frango, MS = massa seca de planta, CV = Coeficiente de variação.

adubações contendo fosfatos disponibilizados para o vegetal e rizobactérias capazes de solubilizar os fosfato e torná-los disponível para a planta.

Tabela 4 Taxa de assimilação liquida de CO2 (A) e condutância estomática (gs), em plantas de milho inoculadas com bactérias promotoras de crescimento vegetal e adubadas com cama de frango em duas áreas experimentais. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.

Experimento I				Experimento II			
Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	*A* (µmol CO_2 m^{-2} s^{-1})			Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	*A* (µmol CO_2 m^{-2} s^{-1})		
	Sem Azo	Com Azo	Média		Sem Azo	Com Azo	Média
0	51,87	37,89	44,88	0	28,98	36,02	32,50
2000	54,23	47,87	51,05	3300	30,79	36,33	33,56
4000	46,68	52,27	49,47	6600	37,38	30,53	33,96
6000	45,93	44,82	45,37	9900	37,33	33,80	35,57
8000	48,20	40,85	44,53	13200	31,51	34,14	32,82
10000	47,26	40,44	43,83	16500	33,48	34,78	34,13
Média	49,02 a	44,02 b		Média	33,25	34,27	
Valores de F calculado							
Inoculação		4,58*		Inoculação		0,83 ^{ns}	
Doses		1,09 ^{ns}		Doses		0,42 ^{ns}	
Interação		1,33 ^{ns}		Interação		0,32 ^{ns}	
CV (%)		17,40		CV (%)		16,22	
Experimento I				Experimento II			
Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	*gs* (µmol m^{-2} s^{-1})			Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	*gs* (µmol m^{-2} s^{-1})		
	Sem Azo	Com Azo	Média		Sem Azo	Com Azo	Média
0	0,32	0,23	0,28	0	0,16	0,26	0,21
2000	0,36	0,26	0,31	3300	0,20	0,27	0,24
4000	0,24	0,35	0,30	6600	0,26	0,18	0,22
6000	0,33	0,28	0,30	9900	0,28	0,24	0,26
8000	0,33	0,22	0,28	13200	0,21	0,23	0,22
10000	0,25	0,22	0,24	16500	0,24	0,25	0,25
Média	0,31	0,26		Média	0,23	0,24	
Valores de F calculado							
Inoculação		2,19 ^{ns}		Inoculação		0,24 ^{ns}	
Doses		0,48 ^{ns}		Doses		0,38 ^{ns}	
Interação		1,03 ^{ns}		Interação		1,23 ^{ns}	
CV (%)		38,20		CV (%)		38,55	

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; **; * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F. Letras minúsculas semelhantes na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5 Transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA), em plantas de milho inoculadas com bactérias promotoras de crescimento vegetal e adubadas com cama de frango em duas áreas experimentais. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.

Experimento I				Experimento II			
Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	*E* (mmol H_2O m^{-2} s^{-1})			Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	*E* (mmol H_2O m^{-2} s^{-1})		
	Sem Azo	Com Azo	Média		Sem Azo	Com Azo	Média
0	5,14	4,02	4,59	0	3,15	4,05	3,60
2000	5,36	4,35	4,85	3300	3,47	4,25	3,86
4000	4,14	5,27	4,71	6600	4,12	3,23	3,68
6000	5,01	4,42	4,71	9900	4,18	3,76	3,97
8000	5,26	4,16	4,71	13200	3,63	3,71	3,67
10000	4,53	4,07	4,29	16500	3,82	3,91	3,87
Média	4,91	4,38		Média	3,73	3,82	
Valores de F calculado							
Inoculação	1,98 ^{ns}			Inoculação	0,15 ^{ns}		
Doses	0,17 ^{ns}			Doses	0,25 ^{ns}		
Interação	0,87 ^{ns}			Interação	1,40 ^{ns}		
CV (%)	27,94			CV (%)	21,69		
Experimento I				Experimento II			
Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	*EUA* [µmol CO_2 (mmol H_2O)$^{-1}$]			Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	*EUA* [µmol CO_2 (µmol H_2O)$^{-1}$]		
	Sem Azo	Com Azo	Média		Sem Azo	Com Azo	Média
0	10,09	9,42	9,75	0	9,21	8,90	9,05
2000	10,13	11,01	10,56	3300	8,87	8,54	8,71
4000	11,27	9,91	10,59	6600	9,08	9,44	9,26
6000	9,16	10,15	9,66	9900	8,93	8,98	8,96
8000	9,16	9,83	9,49	13200	8,68	9,20	8,94
10000	10,42	9,95	10,18	16500	8,76	8,90	8,83
Média	10,04	10,05		Média	8,92	8,99	
Valores de F calculado							
Inoculação	0,00 ^{ns}			Inoculação	0,00 ^{ns}		
Doses	0,55 ^{ns}			Doses	0,48 ^{ns}		
Interação	0,52 ^{ns}			Interação	0,56 ^{ns}		
CV (%)	14,39			CV (%)	8,06		

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; **; * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

Assim como o *A. brasilense*, vários grupos de outros microrganismos que estão presentes na rizosfera dos vegetais são capazes de extrair ou solubilizar o fósforo de frações insolúveis no solo. Além disso, sua solubilização pode ser resultado da produção de CO_2 e de ácidos orgânicos provenientes da mineralização de carbono presente na matéria orgânica, ou da

produção de enzimas e de compostos quelantes e complexantes pela microbiota, exercendo ação solubilizadora direta sobre os fosfatos inorgânicos, transformando CO_2 em ácidos que são capazes de solubilizar os fosfatos de cálcio e magnésio presentes no solo (GUIMARÃES et al., 2018).

Tabela 6 Teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) presentes nas folhas de plantas de milho inoculadas com bactérias promotoras de crescimento vegetal e adubadas com cama de frango em duas áreas experimentais. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.

Experimento I				Experimento II			
Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	N (g Kg^{-1})			Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	N (g Kg^{-1})		
	Sem Azo	Com Azo	Média		Sem Azo	Com Azo	Média
0	24,51	24,91	24,71	0	19,25	21,74	20,50
2000	23,84	27,27	25,56	3300	25,38	22,28	23,83
4000	24,70	25,25	24,98	6600	20,10	21,88	20,99
6000	23,50	22,80	23,15	9900	21,41	21,88	21,64
8000	27,03	24,33	25,68	13200	17,09	20,56	18,83
10000	23,23	22,73	22,98	16500	16,23	24,07	20,15
Média	24,47	24,55		Média	19,91	22,07	
Valores de F calculado							
Inoculação	0,01 ^{ns}			Inoculação	2,89 ^{ns}		
Doses	0,82 ^{ns}			Doses	1,17 ^{ns}		
Interação	0,60 ^{ns}			Interação	1,34 ^{ns}		
CV (%)	15,04			CV (%)	20,94		
Experimento I				Experimento II			
Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	P (g Kg^{-1})			Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	P (g Kg^{-1})		
	Sem Azo	Com Azo	Média		Sem Azo	Com Azo	Média
0	2,14	3,16	2,65	0	2,56	2,73	2,65
2000	3,58	3,79	3,68	3300	2,81	2,82	2,81
4000	4,75	4,36	4,56	6600	2,80	2,78	2,78
6000	4,19	5,14	4,66	9900	2,85	2,97	2,91
8000	4,02	4,35	4,19	13200	2,94	3,26	3,09
10000	3,44	4,11	3,78	16500	2,37	3,01	2,69
Média	3,69 b	4,15 a		Média	2,72	2,92	
Valores de F calculado							
Inoculação	4,69*			Inoculação	2,98 ^{ns}		
Doses	7,86**			Doses	1,27 ^{ns}		
Interação	1,01 ^{ns}			Interação	0,74 ^{ns}		
CV (%)	18,98			CV (%)	14,15		

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; **; * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

Na avaliação realizada sobre os teores de fósforo foliar em relação as doses de cama de frango aplicadas, observou-se diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para as distintas quantidades do adubo orgânico aplicado nos tratamentos. As aplicações das doses sobre as taxas de P presentes na massa seca de folhas da planta, resultou em curva quadrática, apresentando ponto de máxima, cujo valor significa a dose em que ocorre a maior absorção do nutriente e consequentemente sua presença nas folhas da planta. O valor encontrado como dose ideal foi de 5830 kg de adubo orgânico por hectare.

Tabela 7 Teores de potássio (K) nas folhas de plantas de milho inoculadas com bactérias promotoras de crescimento vegetal e adubadas com cama de frango em duas áreas experimentais. Marechal Cândido Rondon, PR, 2018.

Experimento I				Experimento II			
Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	K (g Kg^{-1})			Doses (kg ha^{-1} de cama de frango)	K (g Kg^{-1})		
	Sem Azo	Com Azo	Média		Sem Azo	Com Azo	Média
0	18,94	18,99	18,97	0	23,22	23,34	23,28
2000	19,48	19,74	19,61	3300	23,74	24,13	23,94
4000	20,05	20,73	20,39	6600	24,04	24,18	24,11
6000	20,11	20,97	20,54	9900	24,26	24,73	24,49
8000	20,55	20,93	20,74	13200	24,48	24,64	24,56
10000	21,06	21,30	21,18	16500	24,78	25,26	25,02
Média	20,03	20,44		Média	24,09	24,38	
Valores de F calculado							
Inoculação		1,868 ^{ns}		Inoculação		0,917 ^{ns}	
Doses		4,781**		Doses		2,589*	
Interação		0,166 ^{ns}		Interação		0,054 ^{ns}	
CV (%)		5,16		CV (%)		4,36	

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; **; * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

Esse resultado vai de acordo com alguns autores como LUPWAYI et al., (1999), que ao trabalhar com a cultura de amendoim, percebeu que os aumentos no conteúdo e absorção de P pela folha de amendoim, poderia ser atribuído ao aumento da disponibilidade de P no solo devido à aplicação de adubos orgânicos. O fósforo também é considerado um nutriente relativamente imóvel no solo e a difusão é o principal processo que controla sua mobilidade, dependendo assim do teor de umidade presente na região da rizosfera (MARSCHNER, 1995).

Quando se refere aos teores de potássio das folhas, não houve diferenças significativas entre os tratamentos que receberam inoculação com as BPCVs e os tratamentos controle (Tabela 7). No entanto, as avaliações resultaram em efeitos significativos para a quantidade

aplicada de cama de frango quando em relação a testemunha controle (Figura 5B e 5C), assim conforme o aumento da dose, também houve um incremento na quantidade de K encontrado nas amostras do experimento I ($p \leq 0,01$) e II ($p \leq 0,05$).

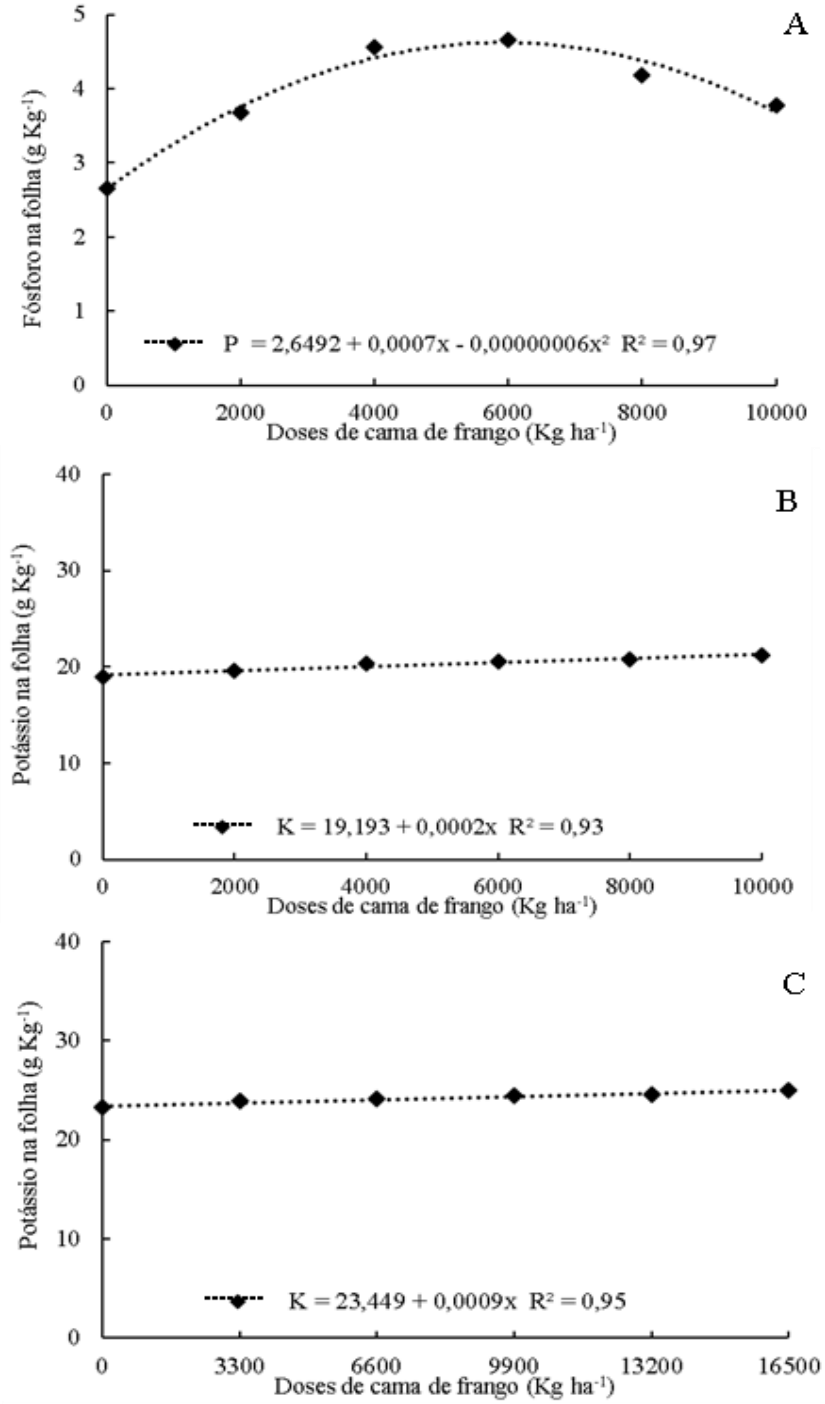

Figura 5 Teores de fósforo em folhas de milho no experimento I (A); teores de potássio em folhas de milho no experimento I (B); e teores de potássio em folhas de milho no experimento II (C) em função das doses de cama de frango.

De acordo com os dados obtidos no trabalho, os resultados foram significativamente maiores quando houve o aumento nas doses da cama de frango, ocorrendo resposta linear crescente nos teores de potássio na folha, chegando a valores 11,6% (Figura 2B) maiores quando analisado o experimento I e 7,4% (Figura 2C) maiores no experimento II. Outros autores como AZIZ et al., (2010) também perceberam que a concentração de potássio foliar das plantas cultivadas com a aplicação da cama quando comparada com as plantas cultivadas sem adição de adubo orgânico.

O incremento no teor de K das folhas do milho em consequência da adição da matéria orgânica, pode ser atribuído à concentração do nutriente na matéria orgânica e talvez a um maior crescimento das raízes, pois quando ocorre aumento no tamanho radicular das planta, constata-se também um aumento na absorção pela mesma dos nutrientes disponíveis na fração lábil do solo (AZIZ et al., 2006).

No entanto, ainda são encontradas inconsistências nos poucos trabalhos realizados com inoculação com BPCVs como o *A. brasilense* concomitante com a utilização de adubo orgânico como a cama de frango, sendo que ocorre muita variação do ambiente, solo, manejo do substrato, nas plantas e nos componentes da microflora em geral, e esses fatores são considerados como responsáveis pela variação entre diferentes experimentos. Devido a isso, cada vez mais é necessária a exploração e a elucidação do comportamento dessas tecnologias sustentáveis para o ambiente e para a produção agrícola.

3.4 CONCLUSÕES

O uso do *A. brasilense* influenciou negativamente sobre a taxa fotossintética das folhas de milho e positivamente no teor de fósforo na massa seca das folhas quando comparada ao tratamento controle.

As doses de cama de frango influenciaram positivamente nos teores de fósforo e potássio das folhas da planta quando comparada ao tratamento controle.

A fertilização com cama de frango, proporciona maior teor de fósforo foliar, quando aplicada a dose de 5830 kg ha^{-1}, proporcionando um valor máximo de 4,69 g Kg^{-1} de fósforo nas folhas das planta, indicando uma maior absorção e aproveitamento do nutriente pelas plantas de milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFZAL, A.; BANO, A. Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat (*Triticum aestivum*). **International Journal Of Agriculture & Biology**, v. 10, 2008, p. 85–88, 2008.

AZIZ, T.; RAHMATULLAH; MAQSOOD, M. A.; TAHIR, M. A.; AHMAD, I.; CHEEMA, M. A. Phosphorus utilization by six brassica cultivars (*Brassica juncea* l.) from tri-calcium phosphate: a relatively insoluble P compound. **Pakistan Journal Of Botany**, v. 38, n. 5, p. 1529–1538, 2006.

AZIZ, T.; ULLAH, S.; SATTAR, A.; NASIM, M.; FAROOQ, M.; KHAN, M. M. Nutrient availability and maize (*Zea mays*) growth in soil amended with organic manures. **International Journal of Agriculture and Biology**, [s. l.], v. 12, p. 621–624, 2010.

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, n. 3, p. 549–579, 2005.

BELLÉ, R. F. **Desenvolvimento inicial de plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* e fertilizadas com cama de frango**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2015. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2015.

BLUM, L. E. B.; AMARANTE, C. V. T. Do; GÜTTLER, G.; MACEDO, A. F. De; KOTHE, D. M.; SIMMLER, A. O.; PRADO, G. Do; GUIMARÃES, L. S. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 627–631, 2003.

BULEGON, L. G.; BATTISTUS, A. G.; GUIMARÃES, V. F.; MITIO, A.; OFFEMANN, L. C.; KELLY, A.; SOUZA, P. De; SERGIO, P.; OLIVEIRA, R. De. Physiological responses of *Urochloa ruziziensis* inoculated with *Azospirillum brasilense* to severe drought and rehydration conditions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 10, p. 1283–1289, 2017.

CAMPANHA, M. M.; CRUZ, J. C.; RESENDE, Á. V.; COELHO, A. M.; KARAM, D.; SILVA, G. H. Da; FILHO, I. A. P.; CRUZ, I.; MARRIEL, I. E.; GARCIA, J. C.; QUEIROZ, L. R.; COTA, L. V.; PIMENTEL, M. A. G.; VIANA, P. A.; NETO, M. M. G.; COSTA, R. V. Da; ALBUQUERQUE, P. E. P. De; MENDES, S. M.; QUEIROZ, V. A. V. **Sistema de produção integrada de milho para região central de minas gerais**. Embrapa, Sete Lagoas, p. 74, 2012.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. IAPAR, Londrina. 2000.

COSTA, A. M. Da; BORGES, E. N.; SILVA, A. de A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango**. Ciência Agrotecnológica**, v. 33, p. 1991–1998, 2009.

COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. da S. F.; NAVES, D. C. de F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. de S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 304–311, 2015.

DOBEREINER, J. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: Newton W.E.; Nyman, C.T. **International Symposium On Nitrogen Fixation**. Washington, v. 13, n. 2, p. 518–538.

GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J.; DUARTE, J. de O.; CRUZ, J. C. **Aspectos econômicos da produção e utilização do milho.** In: Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas. p. 12. 2006

GUIMARÃES, V. F.; BATTISTUS, A. G.; SOUZA, A. K. P. De; BULEGON, L. G.; OFFEMANN, L. C.; INAGAKI, A. M. Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal: da FBN à regulação hormonal, possibilitando novas aplicações. **Ciências Agrárias:** ética do cuidado, legislação e tecnologia na agropecuária. 2018.

GULNAZ, Y.; PS, F. Effect of PGPR and PSB on the quality of irrigated maize under varying levels of phosphorus. **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 2, p. 2723–2725, 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**, Embrapa Soja, n. 283, p. 80. 2007.

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

LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F.; FEY, R.; RICHARDT, A.; FONTANIVA, S. **Análise química de solo e de tecido vegetal: metodologias analíticas**. 2 ed. Cascavel: EDUNIOESTE, 155 p., 2016.

MOREIRA, A.; ASSMANN, A. L.; JÚNIOR, A. W.; GUALBERTO, A. A. da S.; LEMISKA, A.; MORAES, A. De; MOTTA, A. C. V.; COSTA, A.; NOLLA, A.; MUNIZ, A. S.; ET AL. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017.

PEDRAZA, R. O. Recent advances in nitrogen-fixing acetic acid bacteria. International **Journal of Food Microbiology**, v. 125, p. 25–35, 2008.

PITTA, C. S. R.; ADAMI, P. F.; PELISSARI, A.; ASSMANN, T. S.; FRANCHIN, M. F.; CASSOL, L. C.; SARTOR, L. R. Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 1043–1053, 2012.

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

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília. Embrapa Solos. v. 1. 5 ed. 2018.

SANTOS, L. B.; CASTAGNARA, D. D.; BULEGON, L. G.; ZOZ, T.; OLIVEIRA, P. S. R. De; AFFONSO CELSO, G. J.; NERES, M. A. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia/milho**. Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 272–281, 2014.

SILVA, C. E. K. Da; VITAL, J.; RONSANI, R.; MENEZES, L. F. G. De; PAVINATO, P. S. Utilização de adubação alternativa na produção de silagem. **III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária – Zootecnia**. Universidade Tecnológica do Paraná, p. 4. 2009.

ZHANG, S.; LI, Q.; MA, K.; CHEN, L. Temperature dependent gas exchange and stomatal/non-stomatal limitation to CO_2 assimilation of *Quercus liaotungensis* under midday high irradiance. **Photosynthetica**, v. 39, n. 3, p. 383–388, 2001.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A possibilidade do uso de cama de frango como adubação orgânica é considerado um avanço para a agricultura, embora esse fertilizante seja de grande variabilidade de nutrientes e matéria orgânica existentes em sua composição, pois está muito relacionado ao seu manejo e as matérias primas utilizadas, dificultando assim compreender seu real efeito sobre as característica físicas, químicas e biológicas do solo.

Sendo assim ocorre a necessidade de pesquisas serem realizadas com a utilização deste fertilizante em diversas culturas, dentre elas o milho, que possui grande importância para a cadeia de criação de animais, tornando assim essa prática, cíclica. O uso de cama de frango na fertilização de plantas de milho, que irão servir como fonte de alimento para as aves, contribui para um produto mais sustentável, pois diminui o uso de adubos químicos, que onera o cultivo da planta e contamina o solo ocorrer processos de lixiviação ou percolação.

Desta maneira, quando ocorreu a aplicação da cama de frango neste trabalho, substituindo totalmente os adubos químicos comumente usados, as plantas responderam positivamente com diversas variáveis em seu desenvolvimento inicial, de modo que obteve-se resultados na altura e o diâmetro basal de colmo, assim como, na fase reprodutiva diferiu na massa de mil grãos e consequentemente na produtividade.

Tais características, podem ter se destacado pelos altos teores de fósforo e de potássio encontrados nas folhas, como ocorreu neste estudo. Assim, o fósforo presente nas plantas desempenha papel fundamental na produção e metabolismo de açucares e no armazenamento e transferência de energia da planta, promovendo o desenvolvimento de raízes e seu crescimento. Enquanto isso, o potássio é considerado um importante ativador de enzimático, e participa de forma intensa na manutenção da turgidez das células, fazendo com que não a planta mantenha seu metabolismo funcionando mesmo em situação de déficit hídrico.

As rizobactérias denominada como promotoras de crescimento vegetal participam ativamente do metabolismo da planta, sendo capazes de aumentar a absorção dos nutrientes pela planta através da expansão radicular, proporcionada pela crescente produção de fitohormônios que a bactéria é capaz de provocar no vegetal, bem como , pela capacidade de solubilizar os fosfatos que se encontram no solo, mas estão indisponíveis para a planta, tornando a planta capaz de absorve-los, ou também, o aumento na absorção de nitrogênio através de sua fixação biológica, porém esse último fator não foi verificado nesta presente pesquisa.

Todos os mecanismos de promoção de crescimento unidos, podem fazer com que a planta necessite de uma quantidade de adubos químicos abaixo do recomendado atualmente, tornando o cultivo mais sustentável para o produtor e para o meio ambiente. Deste modo, a

prática de inoculação com BPCV deve ser cada vez mais estudada e aplicada nos diferentes manejos e plantas.

Neste sentido, no presente trabalho, ocorreu efeitos positivos quando utilizado apenas o inoculante, pois as plantas apresentaram resultados positivos para a massa seca de folhas, massa de mil grãos e produtividade. Evidenciando que as bactérias de *Azospirillum brasilense* realmente são capazes de promover crescimento das plantas, seja por produção ou participação da disponibilização de fitohormônios ou pela solubilização dos fosfatos do solo, pois um maior ter de fósforo das folhas das plantas também foram encontrados nesta pesquisa quando aplicou-se a inoculação.

Os efeitos adicionais do uso da cama de frango sobre as várias características avaliadas, apresentaram pequena relação com o uso de inoculação de *Azospirillum brasilense* nas sementes de milho, uma vez que, a utilização destes fatores relacionados, não resultou efeito para o aumento da produtividade das plantas.

No entanto, apesar de não haver ocorrido o efeito esperado sobre a produtividade final de milho, a influência da BPCV sobre o fertilizante foi presenciado no aumento produção de massa seca da parte aérea do vegetal, verificando que com a utilização do inoculante, ocorreu um melhor aproveitamento do adubo aplicado, pois em uma menor dose, se atingiu um máximo de produção de massa aérea, sendo determinado através de cálculos, o valor ideal de 6267 Kg ha^{-1}.

Apesar disso, é imprescindível determinar o real comportamento do inoculante sobre a adubação orgânica, por esse fato, deve-se realizar novas pesquisas sobre tais efeitos, buscando elucidar a relação entre a promoção do crescimento provocados por essas rizobactérias e a absorção dos nutrientes disponíveis através da cama de frango.

Sendo assim, o presente trabalho alcançou seu objetivo de determinar o efeito das BPCV sobre o uso de adubos orgânicos, evidenciando respostas positivas entre os fatores unidos e isolados. Entretanto, esta pesquisa abre diversas possibilidades para uma série de outros estudos em relação ao tema, como a atividade enzimática ou antioxidante das plantas de milho quando aplicado o Azospirillum brasilense via semente ou foliar e adubadas com cama de frango ou então, pesquisas sobre o uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal e adubos orgânicos originários de outras espécies ou até de origem vegetal.