

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**

**JOAIS JOSÉ DA SILVA**

**EFICIÊNCIA DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS NA PRODUÇÃO DE  
FERTILIZANTE MICROBIANO PARA PIMENTÃO EM  
SOLO COM E SEM HERBICIDA**

**Recife**

**2019**



Joais José da Silva  
Engenheiro Agrônomo

**Eficiência de bactérias diazotróficas na produção de fertilizante microbiano  
para pimentão em solo com e sem herbicida**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Newton Pereira Stamford

Coorientadora: Dra. Ana Dolores Santiago de Freitas

Coorientadora: Dra. Emmanuella Vila Nova da Silva

**Recife**

**2019**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada à fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S586e Silva, Joais José da  
Eficiência de bactérias diazotróficas na produção de fertilizantes  
microbiano para pimentão em solo com e sem herbicida / Joais José  
da Silva. – 2019.  
66 f. : il.

Orientador: Newton Pereira Stamford.

Coorientadoras: Ana Dolores Santiago de Freitas e Emmanuella  
Vila Nova da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo,  
Recife, BR-PE, 2019.

Inclui referências.

1. Pimentão 2. Fungos como agentes no controle biológico de  
pragas 3. Fertilizantes orgânicos 4. Nitrogênio – Fixação 5. Herbicidas  
I. Stamford, Newton Pereira, orient. II. Freitas, Ana Dolores Santiago  
de, coorient. III. Silva, Emmanuella Vila Nova da, coorient. IV. Título

CDD 631.4

JOAIS JOSÉ DA SILVA

**Eficiência de bactérias diazotróficas na produção de fertilizante microbiano  
para pimentão em solo com e sem herbicida**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Aprovada em 22 de Fevereiro de 2019

---

Prof. Dr. Newton Pereira Stamford

Orientador

DEPA/ UFRPE

BANCA EXAMINADORA

---

Dra. Ana Dolores Santiago de Freitas

Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Profa. Dra. Rosimar dos Santos Musser

Universidade Federal Rural de Pernambuco



À minha família e meus amigos,  
que sempre me apoiaram  
e incentivaram os meus sonhos.

**DEDICO E OFEREÇO**



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus responsável por toda a minha caminhada até aqui, sou grato pelo dom da vida e por não ter me deixado fraquejar nos momentos mais difíceis ao longo desta caminhada sempre me encorajando a nunca desistir.

A Capes, pelo apoio financeiro no financiamento da bolsa de pesquisa.

A UFRPE, pela oportunidade de realização desse curso.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo e aos professores pelos ensinamentos.

Ao Professor Dr. Newton Pereira Stamford, por seu apoio, amizade e dedicação, ensinamentos e orientação nesta Dissertação de Mestrado.

As minhas Coorientadoras a Professora Dra. Ana Dolores Santiago de Freitas e a Dra. Emmanuella Vila Nova da Silva, por seu apoio, amizade, dedicação, ensinamentos durante a realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora pela contribuição no trabalho e pela disponibilidade de participação.

Aos colegas da Pós-graduação e aos membros do Laboratório de Biotecnologia Ambiental da UFRPE, em especial a Emmanuella Silva, Marlon Martins, Jamilly Alves, Wagner Oliveira, Maria Iderlane, Cintia Gouveia, Jessyca Gomes, Gessyka Campos, Edson Marlon, Victor Lucas, Luiz Henrique, Nara Núbia, Fábio Amorim, Rennan Cabral, Marina Monteiro, Kátheryn Oliva e José Cláudio pelos momentos de estudos e descontração, que muitas vezes culminavam em muitas gargalhadas e tornaram o tempo e o caminho mais agradável nos momentos difíceis.

Aos funcionários da UFRPE, em especial a Maria do Socorro.

As amigas Nathalia Ligia, Thalita Nascimento, Dayane Lima, Elyda Evelyn, Maria Clara, Jéssica Paulino e Pábola Santos e mais recentemente os amigos Saulo Portela, Fernando Dias e Jonas Gouveia, que tive o prazer de dividir a moradia durante o andamento deste curso.

À família Leite, a minha Família e aos amigos, que sempre acreditaram em mim, me incentivaram e me ensinam, constantemente, a viver.

Enfim, a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.



**“O êxito da vida não se mede pelo caminho  
que você conquistou, mas sim pelas  
dificuldades que superou no caminho”.**  
**(Abraham Lincoln)**



## Eficiência de bactérias diazotróficas na produção de fertilizante microbiano no pimentão em solo com e sem herbicida

### RESUMO

A cultura do pimentão é muito proeminente com impacto socioeconômico no mercado nacional e internacional, e pelo rápido retorno sobre os investimentos apresenta uma posição importante entre as plantas hortícolas mais consumidas no Brasil, com uma grande demanda em relação à fertilidade do solo. Uma alternativa de custo mais acessível em substituição aos fertilizantes solúveis convencionais é a utilização de biofertilizantes de rochas fosfáticas e potássicas mais enxofre elementar inoculado com bactérias oxidantes (*Acidithiobacillus*), com adição de matéria orgânica enriquecida em N por bactérias diazotróficas. O objetivo do trabalho é produzir fertilizantes microbiano, com bactérias diazotróficas selecionadas para enriquecimento em N visando melhorar a produtividade e características do pimentão em solo com e sem adição de herbicida. Foram realizados dois experimentos, o primeiro em casa de vegetação conduzido em esquema fatorial 4x6x3, no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Foram utilizadas quatro proporções de materiais orgânicos: 100 % de torta de filtro; 75% de torta de filtro + 25% de húmus de minhoca; 75% de torta de filtro + 25% de húmus de minhoca e 100% de fertilizante biológico, com inoculação de bactérias diazotróficas NFB 10001, NFB 10003, NFB 10020, NFB 10022, NFB 10023 e sem inoculação, durante três períodos de incubação 15; 30 e 45 dias, com intuito de selecionar bactérias diazotróficas. Após este experimento foi selecionada para a inoculação do fertilizante biológico utilizado no segundo experimento a bactéria diazotrófica NFB 10001 que se mostrou eficiente no enriquecimento em N. O segundo experimento foi realizado em campo, conduzido em esquema fatorial 5x2, no delineamento em blocos ao acaso, com 4 repetições. Foram utilizados 5 tratamentos de fertilização: com fertilizante biológico na dose recomendada; fertilizante biológico com adição do fungo *Cunninghamella elegans* na dose recomendada e o dobro da dose recomendada; fertilizante convencional na dose recomendada, e o controle com húmus de minhoca (12 t ha<sup>-1</sup>), com e sem herbicida. Análises da planta e do solo, e análises biológicas no solo (respiração basal, carbono da biomassa microbiana, coeficiente metabólico e coeficiente microbiano) foram realizadas no final do experimento. O fertilizante biológico com adição de *Cunninghamella elegans* (PNPK) foi tão eficiente quanto o fertilizante solúvel (FNPK), para a produtividade, número de frutos, diâmetro e comprimento dos frutos, e espessura da casca do fruto, sendo a produtividade a variável mais sensível em detectar mudanças causadas pela adição de herbicida no solo.

**Palavras-chave:** *Capsicum annuum* L. *Cunninghamella elegans*. Análises biológicas. Fertilizante orgânico. Fixação biológica de nitrogênio.



## Effectiveness of diazotrophic bacteria to produce biological fertilizer on green pepper in soil with and without herbicide

### ABSTRACT

The sweet pepper culture is very prominent with a socioeconomic impact in the national and international market, and the rapid return on investment presents an important position among the most consumed vegetables in Brazil, with a great demand in relation to soil fertility. A more affordable alternative to conventional fertilizers is the use of biofertilizers of phosphate and potassium rocks plus elemental sulfur inoculated with oxidizing bacteria (*Acidithiobacillus*), with the addition of organic matter enriched in N by diazotrophic bacteria. The objective of the work is to produce microbial fertilizers, with diazotrophic bacteria selected for N enrichment in order to improve the productivity and characteristics of the pepper in soil with and without addition of herbicide. Two experiments were carried out, the first in a greenhouse conducted in a 4x6x3 factorial scheme, in a completely randomized design, with three replications. Four proportions of organic materials were used: 100% of filter cake; 75% filter cake + 25% earthworm humus; 75% filter cake + 25% earthworm humus and 100% biological fertilizer, inoculated with NFB 10001, NFB 10003, NFB 10020, NFB 10022, NFB 10023 and without inoculation for three incubation periods 15; 30 and 45 days, in order to select diazotrophic bacteria. After this experiment, the NFB 10001 diazotrophic bacterium was selected for the inoculation of the biological fertilizer used in the second experiment, which proved to be efficient in N enrichment. The second experiment was conducted in the field, conducted in a 5x2 factorial scheme, in a randomized complete block design, with 4 replicates. Five fertilization treatments were used: with biological fertilizer at the recommended dose; biological fertilizer with addition of the fungus *Cunninghamella elegans* at the recommended dose and twice the recommended dose; conventional fertilizer at the recommended dose, and control with earthworm humus (12 t ha<sup>-1</sup>), with and without herbicide. Plant and soil analyzes and soil biological analyzes (basal respiration, microbial biomass carbon, metabolic coefficient and microbial coefficient) were performed at the end of the experiment. The organic fertilizer with the addition of *Cunninghamella elegans* (PNPK) was as efficient as the soluble fertilizer (FNPK), for productivity, number of fruits, diameter and length of fruits, and thickness of fruit peel, with productivity being the most sensitive variable to detect changes caused by the addition of herbicide to the soil.

**Key words:** *Capsicum annuum* L. *Cunninghamella elegans*. Biological analyzes. Organic fertilizers. Biological nitrogen fixation.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção de fertilizante biológico obtido a partir de rochas fosfatadas e potássicas, mais enxofre elementar inoculado com <i>Acidithiobacillus</i> , em mistura com matéria orgânica inoculada com bactérias diazotróficas e adição do fungo <i>Cunninghamella elegans</i> da Ordem Mucorales.....	24
Figura 2 – Respiração basal em solo submetido a tratamentos de fertilização, sem e com herbicida.....	60
Figura 3 – Carbono da biomassa microbiana em solo submetido a tratamentos de fertilização, sem e com herbicida.....	61
Figura 4 – Coeficiente metabólico em solo submetido a tratamentos de fertilização, sem e com herbicida.....	62
Figura 5 – Coeficiente microbiano em solo submetido a tratamento de fertilização, sem e com herbicida.....	63



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização e rRNA 16 S- sequência de genes das bactérias diazotróficas de vida livre isoladas de solos do Brasil, comparando com diazotróficas de vida livre depositados no GenBank (NCBI).....	30
Tabela 2 – Valores de pH (H <sub>2</sub> O) em diferentes períodos de incubação com bactérias diazotróficas em materiais orgânicos.....	35
Tabela 3 – Teores de N-Total (g kg <sup>-1</sup> ) em diferentes períodos de incubação com bactérias diazotróficas em materiais orgânicos.....	37
Tabela 4 – Teores de N-Amoniacal (mg kg <sup>-1</sup> ) em diferentes períodos de incubação com bactérias diazotróficas em materiais orgânicos.....	38
Tabela 5 – Teores de N-Nitrico (mg kg <sup>-1</sup> ) em diferentes períodos de incubação com bactérias diazotróficas em materiais orgânicos.....	40
Tabela 6 – Valores de P disponível (mehlich 1) em diferentes períodos de incubação com bactérias diazotróficas em materiais orgânicos.....	43
Tabela 7 – Valores de K disponível (mehlich 1) em diferentes períodos de incubação com bactérias diazotróficas em materiais orgânicos.....	46
Tabela 8 – Produtividade de pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização sem e com herbicida.....	47
Tabela 9 – Altura e diâmetro de planta de pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização sem e com herbicida.....	48
Tabela 10 – Biomassa fresca e seca da parte aérea e da raiz da planta de pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização sem e com herbicida.....	49
Tabela 11 – Diâmetro e comprimento de frutos de pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização sem e com herbicida.....	51
Tabela 12 – Número de frutos e espessura da casca de frutos de pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização sem e com herbicida.....	52
Tabela 13 – Teor de N, P e K total na parte aérea da planta de pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização sem e com herbicida.....	53
Tabela 14 – Acumulo de N, P e K total no pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização sem e com herbicida.....	54
Tabela 15 – pH, carbono orgânico total e nitrogênio total determinado em solo submetido a tratamentos de fertilização, sem e com herbicida.....	55

Tabela 16 – Cálcio, magnésio, potássio e sódio determinado em solo submetido a tratamentos de fertilização, sem e com herbicida.....	57
Tabela 17- Fósforo, sulfato, acidez trocável e acidez potencial determinado em solo submetido a tratamentos de fertilização, sem e com herbicida.....	59

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	21
1.1 Hipóteses .....	22
1.2 Objetivo Geral .....	22
1.3 Objetivos Específicos .....	22
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	23
2.1 Produção de fertilizante microbiano .....	23
2.2 A Cultura do pimentão .....	25
2.3 Nutrição mineral do pimentão .....	26
2.4 Uso de herbicida na cultura do pimentão .....	27
2.5 Indicadores biológicos da qualidade do solo .....	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	29
3.1 Seleção de bactérias diazotróficas .....	29
3.2 Experimento em campo .....	31
3.2.1 Localização e classificação do solo .....	31
3.2.2 Implantação da cultura .....	31
3.2.3 Delineamento experimental .....	31
3.2.4 Adubação .....	32
3.2.5 Determinações na planta .....	32
3.2.6 Determinações no solo .....	33
3.2.7 Determinações Microbiológicas .....	33
3.3 Análise estatística .....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
4.1 Seleção de bactérias diazotróficas .....	34
4.1.1 Valores de pH .....	34
4.1.2 Teores de N-Total, N-Amoniacal e N-Nítrico .....	36
4.1.3 Valores de Fósforo e Potássio .....	41
4.2 Experimento em campo .....	46
4.2.1 Determinações na planta .....	46
4.2.1.1 Produtividade .....	46
4.2.1.2 Altura e diâmetro de plantas de pimentão .....	48

4.2.1.3 Biomassa seca da parte aérea (sem fruto) e da raiz de plantas de pimentão .....	49
4.2.1.4 Diâmetro e comprimento dos frutos de pimentão .....	50
4.2.1.5 Número de frutos e espessura da casca de frutos de pimentão .....	51
4.2.1.6 N, P e K total na parte aérea de pimentão .....	52
4.2.1.7 N, P e K total acumulado na parte aérea de pimentão .....	53
4.2.2 Determinações no solo.....	54
4.2.2.1 pH, Carbono orgânico total e Nitrogênio total.....	54
4.2.2.3 Fósforo, sulfato, acidez trocável e acidez potencial .....	57
4.2.3 Determinações microbiológicas.....	59
4.2.3.1 Respiração basal.....	59
4.2.3.2 Carbono da biomassa microbiana .....	60
4.2.3.3 Coeficiente metabólico .....	61
4.2.3.4 Coeficiente microbiano .....	62
5 CONCLUSÕES .....	63
5.1 Seleção de bactérias diazotróficas.....	63
5.2 Experimento em campo.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação crescente da sociedade com a preservação e conservação ambiental tem resultado na busca de novas tecnologias voltadas para questões sustentáveis e para fins de redução de custos, entre estas a produção de fertilizantes microbianos que pode ser uma alternativa ao uso de fertilizantes solúveis convencionais em sistema de produção para a cultura do pimentão.

O uso de fertilizantes microbianos pode ser uma prática útil e econômica para os pequenos e médios produtores de hortaliças, por propiciar a melhoria da fertilidade e a conservação do solo. A utilização desses na atividade agrícola é interessante do ponto de vista econômico por proporcionar aumento de produtividade das plantas e reduzir o custo com fertilizantes, além da deposição segura desses materiais no ambiente.

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma das dez hortaliças de maior importância econômica no Brasil. Devido esta ser fontes de vitamina A, B, C e E, e sais minerais como Ca, Fe e P, além de conter antioxidantes naturais. Os frutos são comercializados verdes e maduros. Os frutos maduros, por permanecerem mais tempo na planta até seu amadurecimento total, apresentam maior valor no mercado.

É uma cultura que possui rápido retorno de investimento, sendo amplamente compreendida por pequenos e médios produtores e cultivado em quase todas as regiões do Brasil, com destaque para região Sudeste que também é o maior consumidor. Na região Nordeste a cultura encontra ótimas condições de cultivo devido ao clima quente, sendo os principais produtores os estados do Ceará, Bahia e Pernambuco.

A cultura é influenciada por fatores bióticos e abióticos, dentre os quais a competição com as plantas daninhas, que reduz a produtividade e a qualidade dos frutos, devido à competição por luz, água e nutrientes, além dos efeitos nocivos ao crescimento da cultura e de serem hospedeiras de pragas e doenças. Esses efeitos têm sido pouco estudados em hortaliças. Diversos métodos de controle de plantas daninhas vêm sendo utilizados na cultura do pimentão, dentre os quais o mais difundido é o uso de herbicidas.

O uso indiscriminado desses defensivos agrícolas, associado a desinformação por parte dos agricultores sobre os métodos de aplicação e os riscos de sua utilização, muitas vezes não são autorizados para a cultura, ou que contém um ingrediente ativo

banido ou que nunca teve registro no Brasil, pode causar eventos catastróficos como ser carregados pelas enxurradas até os rios, contaminar e permear o solo com alto ou baixo grau de adsorção, e ainda provocar fitotoxicidade em culturas cultivadas para fins comerciais como o pimentão.

Dessa forma a utilização de fertilizante biológico com quitosana fúngica (biofertilizante misto composto por enxofre elementar e rochas ricas em K e P), inoculado com bactérias solubilizadoras de rochas (*Acidithiobacillus*), acrescido de resíduos orgânicos (exemplo: húmus de minhoca) e inoculado com bactérias diazotróficas de vida livre (*Beijerinckia indica*) e com fungo (*Cunninghamella elegans*), que contém quitosana em sua parede celular pode ser uma alternativa. Devido a quitosana ser um biopolímero biodegradável, e possuir atividade antimicrobiana contra fungos fitopatogênicos, pode estimular a defesa das plantas através do acúmulo de proteínas associadas com a patogênese.

## 1.1 Hipóteses

- ✓ O fertilizante orgânico é efetivo como promotor de crescimento de plantas devindo a seleção de bactérias diazotróficas;
- ✓ O fertilizante orgânico é capaz de disponibilizar nutrientes essenciais para o crescimento e produtividade do pimentão e pode ser alternativa aos fertilizantes convencionais.

## 1.2 Objetivo Geral

Selecionar bactérias diazotróficas e avaliar a utilização de fertilizante biológico produzido com essas bactérias selecionadas e com adição de quitosana fúngica na avaliação da produtividade e características agronômicas desejáveis do pimentão, além de atributos do solo com e sem herbicida.

## 1.3 Objetivos Específicos

- ✓ Isolar bactérias diazotróficas para produção de fertilizantes orgânicos;
- ✓ Analisar o efeito da inoculação com bactérias diazotróficas selecionadas na produção de fertilizantes orgânicos;

- ✓ Avaliar a atuação dos fertilizantes orgânicos produzidos com bactérias diazotróficas selecionadas na produtividade do pimentão;
- ✓ Avaliar a atuação dos fertilizantes orgânicos produzidos com bactérias diazotróficas selecionadas em algumas características do pimentão;
- ✓ Quantificar a acumulação de nutrientes no pimentão com a aplicação de fertilizantes orgânicos produzidos com bactérias diazotróficas selecionadas, comparando com fertilizantes convencionais;
- ✓ Avaliar a acumulação de nutrientes no pimentão pelos fertilizantes orgânicos produzidos com bactérias diazotróficas selecionadas, em solo com e sem herbicida;
- ✓ Verificar a atuação dos fertilizantes biológicos na disponibilização de nutrientes e em algumas características químicas do solo;
- ✓ Avaliar o efeito do herbicida “Demolidor” sobre a comunidade microbiana do solo, em função dos tratamentos de fertilização.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

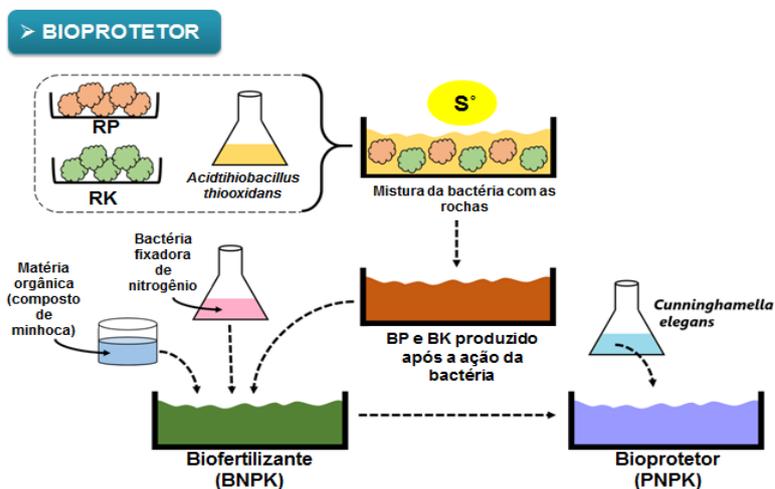
### 2.1 Produção de fertilizante microbiano

A produção de fertilizante microbiano foi processada no Núcleo de Fixação Biológica de N nos Trópicos – NFBNT/UFRPE, iniciada com a obtenção do biofertilizante de rochas fosfatada (BP) e potássica (BK), a partir de rochas com P e K em mistura com enxofre elementar inoculado com bactéria oxidante do enxofre (*Acidithiobacillus thiooxidans*), conforme mostra o esquema na Figura 1.

O biofertilizante de rochas deve ser misturado com matéria orgânica, visando a neutralização da acidez, promovida pelo ácido sulfúrico produzido pela bactéria oxidante do enxofre, e bem como para adição de N ao produto, tendo em vista que as rochas com P e K não tem N na sua constituição. O enriquecimento em N é realizado por inoculação com bactérias diazotróficas de vida livre, selecionadas para realizar maior eficiência no processo da fixação do nitrogênio.

Após a produção do fertilizante biológico é adicionado o fungo da Ordem Mucorales (*Cunninghamella elegans*), que contém quitosana em sua parede celular (SILVA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017a). A quitosana é um biopolímero

biodegradável, formado por  $\beta$ -1,4-D-glucosamina (GlcNAc) ligada a resíduos de N-acetil-D-glucosamina (DIAS et al., 2013; BERGER et al., 2014).



Fonte: Adaptado de Figueiredo et al. (2016)

**Figura 1.** Produção de fertilizante biológico obtido a partir de rochas fosfatadas e potássicas, mais enxofre elementar inoculado com *Acidithiobacillus*, em mistura com matéria orgânica inoculada com bactérias diazotróficas e adição do fungo *Cunninghamella elegans* da Ordem Mucorales.

A quitosana possui atividade antimicrobiana contra fungos fitopatogênicos, e pode estimular a defesa das plantas através do acúmulo de proteínas associadas com a patogênese (PR) tais como: quitinase, a  $\beta$ -1,3-glucanase (ALI et al., 2014; LI et al., 2015), e ativa a peroxidase (ORTEGA-ORTIZ et al., 2007), a dismutase e a catalase (ZENG; LUO, 2012). Esse biopolímero é biodegradável, não-tóxico, é obtido de animais ou de plantas e de fungos da Ordem Mucorales (MAIA et al., 2010). A quitosana vem sendo avaliada na proteção de plantas contra patógenos e pragas, na recuperação e remoção de diferentes resíduos, e na biotransformação, devido a sua elevada capacidade de adsorção e formação de quelados (DU et al., 2007; YOSHIZUKA; LOU; INOUE, 2000).

Além de serem práticos e econômicos os fertilizantes microbianos não promovem a adição de produtos tóxicos e corrosivos, como os fertilizantes solúveis convencionais, podem ser produzidos por grandes, médios e pequenos produtores, pois não usam técnicas especiais (OLIVEIRA et al., 2017a), e promovem benefícios socioeconômicos e ecológicos, na qualidade do solo e no meio ambiente (OWAMAH et al., 2014).

Stamford et al. (2017) avaliando a eficácia do fertilizante microbiano e do protetor no rendimento e na absorção de nutrientes pela banana (cv. Williams) concluíram que podem ser alternativa viável para substituição de fertilizantes solúveis, com melhores resultados nos parâmetros da planta. Stamford et al. (2016) também avaliaram a eficiência de biofertilizante em características da cana de açúcar e em atributos do solo, e estes autores também obtiveram respostas significativas, no rendimento e nas características industriais da planta. Oliveira et al. (2016) avaliado a aplicação de bioprotetor com quitosana fúngica no controle da murcha bacteriana do tomate, sem adição de fungicidas. Observaram que as plantas com o bioprotetor tiveram o crescimento normal até o final do ciclo vegetativo e as plantas com fertilizante convencional morreram duas semanas após a adição do patógeno. Stamford et al. (2014) avaliando o rendimento da uva (*Vitis labrusca* cv. Isabel) e a disponibilidade de nutrientes no solo com protetor concluíram que o mesmo incrementa o rendimento das plantas e pode ser uma alternativa viável para substituição de fertilizantes solúveis.

## 2.2 A Cultura do pimentão

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertence à família Solanaceae, que compreende 27 espécies do gênero *Capsicum* L., sendo que cinco destas espécies são domesticadas e cultivadas em diferentes partes do mundo, as denominadas *C. pubescens*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, e *C. annuum* (COSTA et al., 2015). A cultura se destaca pelo grande impacto socioeconômico no mercado nacional e internacional e pelo retorno rápido de investimento, ocupando uma posição de grande importância entre as dez hortaliças mais consumidas no Brasil (SEDIYAMA et al., 2014).

A planta é cultivada como cultura anual arbustiva, possui caule semilenhoso, podendo ultrapassar um metro de altura e o seu sistema radicular é pivotante e profundo. Suporta uma carga leve de frutos, exigindo o uso de tutor quando a produtividade é elevada (CARVALHO et al., 2016). As flores são pequenas, brancas, isoladas e hermafroditas e os frutos são bagas ocas de formato cônico, cilíndrico ou cúbico, inicialmente de cor verde, que se torna vermelha ou amarela e outras cores, quando os frutos amadurecem (BOAS et al., 2012).

A cultura é originária do continente americano, ocorrendo formas silvestres desde o sul dos Estados Unidos até o norte do Chile. De acordo com a FAO (2013), a produção mundial foi em torno de 30 milhões de toneladas. Os maiores produtores mundiais de pimentão são México, Turquia e China (UNLUKARA; KURUNC; CEMEK, 2015).

No Brasil, de acordo com o censo agropecuário (IBGE, 2017), o pimentão apresenta uma produção média estimada em 280 mil toneladas, com maior participação da região sudeste, que representa 48,5% da produção nacional. Os estados de São Paulo e Minas Gerais são os principais produtores, principalmente em função da proximidade dos grandes centros consumidores (IEA, 2019). Na região Nordeste a cultura encontra ótimas condições de cultivo devido ao clima quente, sendo os principais produtores os estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Bahia (NASCIMENTO, 2014). No estado de Pernambuco os principais fornecedores de pimentão ao mercado estadual são os municípios de Camocim de São Félix, Bezerros, Gravatá, João Alfredo, Brejo da Madre de Deus, Ibimirim, Chã Grande, Sairé e São Joaquim do Monte, o estado ocupa a oitava colocação no ranking nacional de produção do pimentão (SANTOS et al., 2017). De acordo com Gomes et al. (2016), o pimentão desempenha um importante papel sócio econômico no Brasil, fornecendo alimento e gerando emprego e renda para a população.

### **2.3 Nutrição mineral do pimentão**

As hortaliças são bastante exigentes em relação à nutrição mineral, pois os nutrientes influenciam no crescimento da planta e na qualidade dos frutos, sendo este um dos principais fatores da produção agrícola (ARAÚJO et al., 2012).

Para atender à demanda nutricional da cultura do pimentão, torna-se necessário a aplicação adequada e eficiente de fertilização mineral ou orgânica (AULAR; CASARES; NATALE, 2014), visando alcançar a produção máxima, considerando a exigência da cultura e as condições ambientais (CARDOZO et al., 2016).

O potássio (K) e o nitrogênio (N) são os nutrientes que mais afetam o rendimento do pimentão, sendo esses os mais exigidos pela planta e aplicados com maior frequência (ALBUQUERQUE et al., 2012; CHARLO et al., 2012). O K atua no

metabolismo das plantas, intensificando o processo de transpiração e de formação de carboidratos, bem como melhorando a qualidade dos frutos (AULAR; NATALE, 2013).

O N é indispensável para a constituição de proteínas, faz parte dos ácidos nucleicos, compartilha átomos na molécula de clorofila e eleva a taxa fotossintética, incrementando a produtividade da planta. (COELHO et al., 2012). O fósforo (P) também é de grande importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois é um componente das biomoléculas, como ácidos nucleicos, fosfolipídios e ATP.

Normalmente, os solos brasileiros apresentam deficiência em fósforo devido a problemas de fixação (redução da disponibilidade de fósforo), como a retenção pelas argilas, por cálcio/ alumínio, inclusive pelo incremento do processo da imobilização, entre outros fatores, tornando o nutriente menos disponível para as plantas (DAR et al., 2015).

Para melhorar a produtividade e prevenir as deficiências nutricionais, às vezes o agricultor realiza adubações com aplicação de doses acima da recomendada pela análise do solo, entretanto, doses excessivas causam desperdícios, além de serem prejudicial às plantas e ao ambiente (SEDIYAMA et al., 2014).

## **2.4 Uso de herbicida na cultura do pimentão**

O crescimento e o desenvolvimento da cultura do pimentão são influenciados por alguns fatores bióticos e abióticos, dentre os quais a competição com as plantas daninhas, as quais podem promover baixa competitividade da cultura (COELHO et al., 2013). As plantas infestantes podem reduzir a produtividade e a qualidade dos frutos, devido à competição por luz, água e nutrientes, além dos efeitos nocivos ao crescimento da cultura e de serem hospedeiras de pragas e doenças (VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012).

No cultivo de hortaliças a interferência das plantas daninhas, deve ser bem avaliada, pois estas desfavorecem o crescimento das culturas, acarretando perdas significativas na produtividade (GUERRA et al., 2016). Esses efeitos têm sido pouco avaliados na cultura do pimentão, sendo bastante observados em outras hortaliças de interesse econômico (CUNHA et al., 2015).

Atualmente vem sendo difundidos diversos métodos no controle de plantas daninhas, dentre os quais o mais difundido é o uso de herbicida seletivo, que se caracteriza principalmente por permitir a intervenção em grandes áreas com uma

menor dependência de mão de obra, rapidez na aplicação e no rendimento operacional (FRANCO et al., 2014), além de minimizar as perdas de produtividade (ROCHA et al., 2013).

O uso indiscriminado desses defensivos agrícolas, associado pela falta de informação adequada sobre os métodos de aplicação e os riscos de utilização dos agrotóxicos, que muitas vezes não são autorizados para a cultura ou contém ingredientes ativos e até sem registro no Brasil, promovem sérios problemas nas plantas e nos solos (ANVISA, 2013).

Entre os defensivos não autorizados para a cultura do pimentão é considerado como da maior importância o herbicida “Demolidor” que é uma mistura pronta de hexazinone (grupo das triazinonas) + diuron, que são recomendados para o controle em pré-emergência de plantas daninhas na cultura de cana de açúcar (MENDES et al., 2013). Entre os pesticidas que realizam a contaminação das águas, o hexazinone é o mais susceptível a lixiviação, pois é extremamente solúvel em água e apresenta ampla mobilidade nos solos (MEI et al., 2012). O diuron pertence ao grupo dos derivados da ureia e seu mecanismo de ação age no fotossistema II, interrompendo especialmente o processo da fotossíntese. O diuron é adsorvido pelos colóides minerais e da matéria orgânica sendo pouco móvel no solo, de acordo com Mendes et al. (2013).

## **2.5 Indicadores biológicos da qualidade do solo**

Os indicadores biológicos e bioquímicos são os mais recomendados para a avaliação da qualidade do solo, pois estes respondem as variações ambientais e podem sofrer mudanças em curtos e médios prazos em função do manejo e do uso do solo (LOURENTE et al., 2011). Por influenciarem na atividade metabólica dos microrganismos do solo, os atributos microbiológicos têm sido frequentemente usados como indicadores da qualidade do solo por serem mais sensíveis aos impactos causados pelo manejo (ALVES et al., 2011).

A atividade microbiana é essencial na manutenção do solo, devido aos diversos processos realizados, como a mineralização e imobilização da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes (SHEN et al., 2015).

A utilização de técnicas para avaliação das comunidades microbianas do solo oferece respostas mais claras sobre os efeitos das atividades antrópicas na

diversidade microbiana do solo (CHOU et al., 2017), como a velocidade de decomposição da matéria orgânica e a liberação de carbono e nutrientes ao solo (PADILHA et al., 2014).

Para análise qualitativa dos solos, os indicadores microbiológicos são sensíveis, devido a capacidade de responderem rapidamente a mudanças no solo e por estarem diretamente envolvidos na qualidade e degradação da matéria orgânica e na transformação e disponibilidade dos nutrientes no solo, além do equilíbrio da microbiota do solo, podendo indicar a magnitude do distúrbio causado pelas diversas práticas agrícolas (ARAÚJO et al., 2012; MEDEIROS et al., 2015; MEDEIROS et al., 2017).

Dessa forma, a avaliação de indicadores microbiológicos para medir as alterações provocadas no ambiente pela utilização de herbicidas, pode constituir numa ferramenta eficiente na predição dos efeitos negativos da aplicação desses compostos em diferentes sistemas de manejo do solo antes que estes tenham a qualidade alterada de maneira a dificultar o desenvolvimento das culturas agrícolas.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Seleção de bactérias diazotróficas**

Atualmente, para produção do fertilizante microbiano (BNPK) é feita a adição de bactéria diazotrófica sendo usada a estirpe NFB 10001. No presente trabalho, visando avaliar a eficiência das bactérias diazotróficas foi realizada a seleção de isolados obtidos de diferentes solos do Brasil. Inicialmente, foi realizada a seleção prévia em tubos, através da determinação da atividade da nitrogenase. Após a seleção em tubos, foi realizado um ensaio com as bactérias diazotróficas que mostraram os melhores resultados na atividade da nitrogenase (estirpes NFB 10001, NFB 10003, NFB 10020 e NFB 10022), que foram sequenciadas, mais a estirpe NFB 10023 que vem mostrando bom desenvolvimento e alta nitrogenase (Tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização e rRNA 16S – sequência de genes das bactérias diazotróficas de vida livre isoladas de solos do Brasil, comparando com diazotróficas de vida livre depositadas no GenBank (NCBI)

<b>Estirpe</b>	<b>Sequência de similaridade</b>	<b>Cobertura</b>	<b>Identidade</b>	<b>Escore</b>
NFB 10001	<i>Beijerinckia indica subsp. Indica</i>	99	73	7714
NFB 10003	<i>Bacillus subtilis</i>	55	99	2704
NFB 10020	<i>Mesorhizobium plurifarum</i>	92	99	2553
NFB 10022	<i>Paenibacillus castaneae</i>	96	96	2468
NFB 10023	<i>A ser classificada</i>	-	-	-

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação na Universidade Federal Rural de Pernambuco localizada no município de Recife – PE. Conduzido em esquema fatorial 4x6x3, no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Onde foram preparados vasos com três materiais orgânicos, tais como: 1) Resíduos de torta de filtro (TF); 2) Húmus de minhoca (HM) e 3) BPK + Húmus de minhoca, os quais constituíram os seguintes tratamentos utilizados em diferentes proporções: (1) 100% TF, (2) 75% TF + 25% HM, (3) 25% TF + 75% HM e (4) BPK + HM. Juntamente com a preparação dos vasos foram preparados inóculos das bactérias diazotróficas de vida livre (NFB 10001, NFB 10003, NFB 10020, NFB 10022 e NFB 10023), para inoculação com as mesmas. Para produção dos inóculos foram repicadas bactérias de vida livre para Erlenmeyer de 250 ml, contendo 100ml de meio LG líquido. Em seguida foram incubados durante sete dias sob agitação em mesa horizontal de 150 rpm. Após este período foi inoculado 10 ml em vasos contendo as diferentes proporções e tratamentos sem inoculação. Após a inoculação e homogeneização, os vasos foram incubados por 45 dias, à temperatura ambiente em torno de 28°C. A umidade foi controlada por adição diária de água, até atingir a capacidade de campo.

Durante a condução do ensaio em vasos, foram realizadas três coletas dos matérias, com 15; 30 e 45 dias após a incubação, respectivamente para realização de análises químicas: pH (H<sub>2</sub>O), N-Total (digestão sulfúrica - Kjeldhal), N- Amoniacal e N- Nítrico (método volumétrico), P disponível (colorimetria) e K disponível (fotometria de chama) de acordo com a metodologia da Embrapa (2009).

Para a produção do fertilizante microbiano enriquecido em N (BNPK), foi adicionado o fungo da ordem Mucorales (*Cunninghamella elegans*), que contém

quitina e quitosana em sua parede celular. Do ponto de vista nutricional o fertilizante microbiano deverá fornecer P e Ca da apatita, K e Mg da biotita, e S na forma disponível ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), proveniente da reação metabólica realizada por *Acidithiobacillus*, mais micronutrientes, oriundos do material orgânico (MO).

## **3.2 Experimento em campo**

### **3.2.1 Localização e classificação do solo**

O experimento foi desenvolvido em área experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Recife - PE ( $7^{\circ}51'06.5''\text{S}$   $35^{\circ}14'05.5''\text{W}$ ). De acordo com a classificação de Köppen e Geiger, o clima é da região tropical, tipo Am', com temperatura média anual de  $25,8^{\circ}\text{C}$ , e na maioria dos meses do ano tem pluviosidade significativa, com curta época seca e não muito eficaz, apresentando média pluviométrica anual em torno de 1804 mm (CLIMATE, 2019).

O solo usado foi classificado (EMBRAPA, 2013), como Argissolo Amarelo, franco –argilo–arenoso. Foram coletadas amostras na camada arável (0-20 cm), e a análise química mostrou os seguintes resultados: pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) = 6,1; N total =  $0,23 \text{ g kg}^{-1}$ , P disponível (Mehlich 1) =  $17 \text{ mg dm}^{-3}$ , K disponível (Mehlich 1) =  $82 \text{ mg dm}^{-3}$ , Ca trocável =  $1,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e Mg trocável =  $0,41 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

### **3.2.2 Implantação da cultura**

Foram adquiridas seis bandejas de 128 células de pimentão da cultivar “All big” na Empresa Sementeira Vitória, localizada no Município de Vitória de Santo Antão - PE. De acordo com Hortibrasil (2019) essa cultivar possui um ciclo de produção de aproximadamente 100 dias; frutos quadrados com lombada; cor verde a vermelho; comprimento comercial de 8-13 cm; diâmetro comercial de 8-10 cm e peso de 200 a 250g. As mudas foram transplantadas manualmente para os canteiros, com desbaste distribuindo-se três mudas por covas, no espaçamento de 1,0 x 0,4 m.

### **3.2.3 Delineamento experimental**

O experimento foi conduzido no esquema fatorial 5x2, no delineamento em blocos ao acaso com 4 repetições. Os tratamentos de fertilização utilizados foram: fertilizante biológico na dose recomendada (BNPK); fertilizante biológico com adição do fungo *Cunninghamella elegans* na dose recomendada e o dobro da dose recomendada (PNPK1, PNPK2); fertilizante convencional na dose recomendada (FNPK), e o controle com húmus de minhoca (12 t ha<sup>-1</sup>), com e sem herbicida na dose de 2 kg ha<sup>-1</sup>.

### 3.2.4 Adubação

Para a aplicação de BNPK e PNPK foi realizado o cálculo com base na dose de recomendação para fertilização com P e K (superfosfato simples e sulfato de potássio), considerando com relação ao nitrogênio (sulfato de amônio com 20% de N), e com teor de N= 2% para os fertilizantes microbianos (BNPK) e (PNPK).

As quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio, para os tratamentos com fertilizante convencional foram calculadas de acordo com o IPA (2008), em função da análise do solo e da necessidade da cultura. Em todos os tratamentos de fertilização foram usados os tratamentos com e sem herbicida.

Os fertilizantes orgânicos utilizados no experimento em campo foram inoculados com a estirpe NFB 10001 (*Beijerinckia indica subsp. Indica*), que foi bastante eficiente no experimento em casa de vegetação, em relação a fixação de nitrogênio no experimento em casa de vegetação.

### 3.2.5 Determinações na planta

Para a avaliação da produtividade do pimentão foram consideradas as mesmas plantas utilizadas para a análise foliar. Para as determinações na planta (altura e diâmetro, peso da biomassa fresca e seca da parte aérea e raiz, N, P e K total e acumulado na parte aérea), e no fruto (espessura da casca, número, diâmetro e comprimento de fruto), foram realizadas amostragens (3 plantas/parcela), inicialmente com a separação da raiz e da parte aérea.

As determinações na parte área foram realizadas de acordo com as recomendações da Embrapa (2009), sendo as folhas colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até atingir peso constante (72 horas).

Posteriormente, foi determinada a produção de matéria seca da parte aérea, sendo as amostras moídas em moinho tipo Willey. O material foi submetido à digestão nitro-perclórica. Nos extratos determinou-se P por colorimetria (espectrometria usando amarelo de vanadato), e K por fotometria de chama. O N total da parte aérea foi determinado pelo método de Kjeldhal semimicro.

### 3.2.6 Determinações no solo

Para cada parcela foi coletada uma amostra composta de solo, na profundidade de 0-20 cm, no final do ciclo da cultura, logo após a colheita dos frutos, secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA) utilizada para as determinações químicas de: carbono orgânico total (COT), pH em água (1:2,5),  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , H+Al, S- $\text{SO}_4^{2-}$  solúvel, P e K disponível, conforme metodologia da Embrapa (2009). O  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  foram extraídos com KCl 1 mol  $\text{L}^{-1}$ , P,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  (extraídos com Mehlich<sup>-1</sup>), H+Al (com solução de acetato de cálcio) e S- $\text{SO}_4^{2-}$ , extraído com Ca ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ )<sub>2</sub>.  $\text{H}_2\text{O}$ .  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  foram dosados por fotometria de chama, e o  $\text{Ca}^{2+}$  e o  $\text{Mg}^{2+}$  por espectrofotometria de absorção atômica.  $\text{Al}^{3+}$  e H+Al foram dosados por titulação com NaOH 0,025 mol  $\text{mL}^{-1}$ . P e S- $\text{SO}_4^{2-}$  por espectrofotômetro de luz visível no comprimento de onda de 660 e 420 nm, respectivamente. O N foi determinado por digestão sulfúrica e posterior titulação. O COT foi realizado pela oxidação com dicromato de potássio em meio ácido (EMBRAPA, 2011).

### 3.2.7 Determinações Microbiológicas

As variáveis microbiológicas analisadas foram: Carbono da biomassa microbiana (CBM), carbono orgânico total (COT), respiração basal ( $\text{CO}_2$ ), quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) e quociente microbiano ( $q\text{MIC}$ ).

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado pelo processo de irradiação conforme a metodologia descrita por Mendonça e Matos (2005). A extração da biomassa foi realizada utilizando-se como extrator  $\text{K}_2\text{SO}_4$  a 0,5 mol  $\text{L}^{-1}$  e determinado por colorimetria (BARTLETT; ROSS, 1988). O Carbono orgânico total (COT) foi por oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio na presença

de ácido sulfúrico e titulação com sulfato ferroso amoniacal, como descrito por Mendonça e Matos (2005).

A respiração basal da população microbiana no solo foi determinada pela quantificação do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) liberado no processo de respiração microbiana (evolução de  $\text{CO}_2$ ) pelo método de absorção alcalina, com a umidade das amostras de solo ajustadas para 60% da capacidade de campo (ANDERSON; DOMSCH, 1985). Foram retiradas alíquotas de 30 g, colocadas em recipientes hermeticamente fechados, onde o  $\text{CO}_2$  produzido foi capturado por solução de NaOH  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ . Após 72 horas de incubação, o  $\text{CO}_2$  foi quantificado por titulação com HCl  $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ , utilizando-se como indicador a fenolftaleína.

O quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) foi calculado pela razão entre a respiração basal e o  $C_{mic}$  (ANDERSON; DOMSCH, 1993), expresso em microgramas de C- $\text{CO}_2$  por micrograma de  $C_{mic}$  por dia e o quociente microbiano ( $qMIC$ ), calculado pela relação  $C_{mic}/COT$ , de acordo com Sparling (1992).

### **3.3 Análise estatística**

Para a análise estatística de todos os dados do experimento foi utilizado o programa estatístico SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2011), sendo realizada a ANOVA, e comparação das médias usando o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Seleção de bactérias diazotróficas**

#### **4.1.1 Valores de pH**

Na Tabela 2 estão dispostos os resultados de pH de acordo com período de incubação ocorrendo diferença significativa para os diversos tratamentos e proporções de materiais orgânicos. Onde se observou que todos os tratamentos incubados apresentaram diferenças significativas para as diferentes proporções de materiais orgânicos para todos os tempos de incubação, sendo que o tratamento com a proporção de 25% de T + 75% de H foram superiores aos demais tratamentos e o

tratamento com a proporção de 100% de BPK + H foram inferiores aos demais tratamentos para todos os tempos de incubação.

**Tabela 2.** Valores de pH (H<sub>2</sub>O) em diferentes períodos de incubação com bactérias diazotróficas em materiais orgânicos

	Inoculação com bactéria diazotrófica					
	NFB 01	NFB 03	NFB 20	NFB 22	NFB 23	Sem inocular
	pH (H <sub>2</sub> O)					
<u>Tempo 15dias</u>						
T100:H0	6,5cA	6,5cA	6,5bA	6,6bA	6,4bA	6,5cA
T75:H25	6,8bA	6,9bA	6,6bA	6,8bA	6,8bA	6,7bA
T25:H75	7,4aA	7,4aA	7,4aA	7,3aA	7,4aA	7,4aA
BPK+H	5,1dA	5,0dA	5,0cA	5,1cA	5,1cA	4,2dB
CV (%)	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91
<u>Tempo 30dias</u>						
T100:H0	6,3cA	6,4cA	6,3cA	6,4cA	6,3cA	6,3bA
T75:H25	6,7bA	6,7bA	6,7bA	6,7bA	6,6bA	6,3bA
T25:H75	7,3aA	7,4aA	7,2aA	7,3aA	7,2aA	7,1aA
BPK+H	5,0dA	4,9dA	4,8dA	5,0dA	4,9dA	4,2cB
CV (%)	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48
<u>Tempo 45dias</u>						
T100:H0	6,4bA	6,5cA	6,6bA	6,6cA	6,5cA	6,4cA
T75:H25	6,7bA	6,9bA	6,8bA	6,8bA	6,8bA	6,7bA
T25:H75	7,7aA	7,4aA	7,7aA	7,4aA	7,3aA	7,3aA
BPK+H	5,1cA	5,0dA	5,0cA	5,0dA	4,9dA	4,3dB
CV (%)	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T= Torta de filtro, H= Húmus de minhoca e BPK+H= Biofertilizante misto + húmus de minhoca

Já com a relação a diferentes inoculações pelas bactérias nas diferentes proporções de materiais orgânicos, foram observados que os tratamentos de 100% + 0% de H, 75% de T + 25% de H e 25% de T + 75% de H, não diferiram entre si, para todos os tempos de incubação. O tratamento com a proporção de 100% de BPK + H diferenciou significativamente entre si, sendo o tratamento sem inoculação inferior a demais inoculações pelas bactérias para todos os tempos de incubação.

Stamford et al. (2011) avaliando o potencial de biofertilizante de rochas, observaram que o pH foi afetado pelos diferentes tratamentos de fertilização, em especial os biofertilizante de rochas PK com adição de húmus de minhoca. Oliveira et

al. (2014) obtiveram resultados semelhantes e relataram a importância do uso de biofertilizante mistos misturados com materiais orgânicos e inoculados com bactérias diazotróficas para incremento do pH do solo.

O efeito do tempo de incubação de bactérias diazotróficas promove diferenças significativas no pH como foi observado por Stamford et al. (2017) quando avaliava a inoculação com bactéria diazotrófica *Beijerinckia indica* e fungo *Cunninghamella elegans* em matéria orgânica.

Os resultados corroboraram com os encontrados por Sousa et al. (2018) quando avaliava a evolução da disponibilidade de nutrientes na fase de maturação de compostagem usando proporções de diferentes resíduos inoculados com *Beijerinckia indica*. Santana et al. (2014) avaliando os efeitos dos biofertilizantes de rocha misturados com composto de minhoca no rendimento de pimentão (*Capsicum annuum*) observaram aumentos no pH do solo após a colheita das plantas.

O efeito da mistura de matéria orgânica com um alto pH, como no caso do composto de minhoca (pH 7,9), com biofertilizantes de rocha, resulta em um pH mais alto do solo. A inoculação com *Acidithiobacillus* nos biofertilizantes de rocha reduz o pH (3,0- 3,5), e a adição de matéria orgânica com alto pH promove a neutralização da acidez, possibilitando crescimento e rendimento satisfatório das plantas (SANTANA et al. 2014; OLIVEIRA et al., 2015).

#### **4.1.2 Teores de N-Total, N-Amoniacal e N-Nítrico**

Os resultados dos teores de N-Total são mostrando na Tabela 3, onde se observou que todos os tratamentos incubados não apresentaram diferenças significativas para as diferentes proporções de materiais orgânicos para todos os tempos de incubação.

Já com a relação a diferentes inoculações pelas bactérias nas diferentes proporções de materiais orgânicos, foram observados que todos os tratamentos nas diferentes proporções de materiais orgânicos, apresentaram diferenças significativas, sendo o tratamento sem inoculação inferior a demais inoculações pelas bactérias para todos os tempos de incubação.

Estes resultados corroboraram com os de Sousa et al. (2018), onde observaram que o uso de diferentes proporções de materiais orgânicos para produzir os biofertilizantes pode promover aumentos de nutrientes, particularmente N porque

esses substratos normalmente tem uma quantidade maior desses elementos que são liberados pela decomposição e mineralização de matéria orgânica.

Oliveira et al. (2017b) quando avaliavam a eficácia do biofertilizante enriquecido em N por *Beijerinckia indica* na cana-de-açúcar. Observaram que o efeito interativo do biofertilizante e da cana-de-açúcar com a aplicação de torta de filtro foi evidente no conteúdo total de N, especialmente quando aplicados altas taxas de biofertilizante.

Já Stamford et al. (2014) observaram acréscimo de 100% de N-Total no solo com aplicações de diferentes doses de biofertilizante. E relataram incrementos de N-Total no solo ao utilizarem biofertilizante de rochas misturado com húmus de minhoca enriquecido em N por inoculação com bactérias diazotróficas de vida livre.

**Tabela 3.** Teores de N-Total ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em diferentes períodos de incubação com bactérias diazotróficas em materiais orgânicos

	Inoculação com bactéria diazotrófica					
	NFB 01	NFB 03	NFB 20	NFB 22	NFB 23	Sem inocular
N-Total ( $\text{g kg}^{-1}$ )						
<u>Tempo 15dias</u>						
T100:H0	6,4bB	8,4aA	9,1aA	8,8aA	8,0aA	4,6aC
T75:H25	8,0aA	8,6aA	8,6aA	7,7aA	8,6aA	4,6aB
T25:H75	7,4abA	8,6aA	7,7aA	8,4aA	7,8aA	4,4aB
BPK+H	8,6aA	7,4aA	7,8aA	8,0aA	8,0aA	4,1aB
CV (%)	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22
<u>Tempo 30dias</u>						
T100:H0	9,2aA	8,6aA	9,4aA	9,6aA	9,4aA	4,7aB
T75:H25	9,6aA	9,5aA	9,6aA	9,0aA	9,2aA	4,7aB
T25:H75	9,4aA	9,4aA	9,7aA	9,4aA	9,3aA	4,2aB
BPK+H	9,5aA	9,8aA	9,5aA	9,5aA	7,8aA	4,2aB
CV (%)	8,29	8,29	8,29	8,29	8,29	8,29
<u>Tempo 45dias</u>						
T100:H0	6,8aA	6,8aA	8,2aA	7,3aA	7,3aA	4,6aB
T75:H25	6,6aA	6,5aA	7,2aA	6,5aA	6,0aA	4,5aB
T25:H75	7,8aA	6,8aA	6,0aA	7,7aA	6,0aA	4,6aB
BPK+H	6,7aA	6,8aA	6,0aA	6,3aA	7,0aA	4,4aB
CV (%)	12,77	12,77	12,77	12,77	12,77	12,77

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T= Torta de filtro, H= Húmus de minhoca e BPK+H= Biofertilizante misto + húmus de minhoca

Os resultados dos teores de N-amoniacoal estão descritos na Tabela 4. Onde se observou que para todos os tratamentos incubados apresentaram diferenças significativas para as diferentes proporções de materiais orgânicos, sendo que a proporção de 100% de BPK + H foi superior aos demais tratamentos para todos os tempos de incubação. Já com a relação a diferentes inoculações pelas bactérias nas diferentes proporções de materiais orgânicos, foram observados que todos os tratamentos nas diferentes proporções de materiais orgânicos, apresentaram diferenças significativas, sendo o tratamento sem inoculação inferior a demais inoculações pelas bactérias para todos os tempos de incubação.

**Tabela 4.** Teores de N-Amoniacoal ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em diferentes períodos de incubação com bactérias diazotróficas em materiais orgânicos

	Inoculação com bactéria diazotrófica					
	NFB 01	NFB 03	NFB 20	NFB 22	NFB 23	Sem inocular
N-Amoniacoal ( $\text{mg kg}^{-1}$ )						
<u>Tempo 15dias</u>						
T100:H0	4,0bA	4,0bA	2,0bC	3,0bB	3,0bB	1,7bD
T75:H25	4,0bA	4,0bA	4,0bA	2,0bB	4,0bA	1,6bC
T25:H75	4,0bA	4,0bA	3,4bA	4,0bA	4,0bA	1,5bB
BPK+H	16,1aA	15,0aA	11,4aA	14,1aA	16,8aA	7,3aB
CV (%)	21,08	21,08	21,08	21,08	21,08	21,08
<u>Tempo 30dias</u>						
T100:H0	4,0bA	4,0bA	4,0bA	3,0bB	4,0bA	2,0bC
T75:H25	4,0bA	4,0bA	4,0bA	3,0bB	4,0bA	2,0bC
T25:H75	4,0bA	4,0bA	4,0bA	4,0bA	4,0bA	1,5cB
BPK+H	20,2aA	15,5aA	14,1aA	16,1aA	17,5aA	9,0aB
CV (%)	13,72	13,72	13,72	13,72	13,72	13,72
<u>Tempo 45dias</u>						
T100:H0	4,0bA	4,0ba	4,0bA	4,0bA	4,0bA	2,0bB
T75:H25	4,0bA	4,0bA	4,0bA	2,0bB	4,0bA	2,0bB
T25:H75	4,0bA	4,0bA	4,0bA	4,0bA	4,0bA	2,0bB
BPK+H	12,8aA	12,1aA	11,4aA	13,4aA	15,4aA	9,0aB
CV (%)	13,54	13,54	13,54	13,54	13,54	13,54

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T= Torta de filtro, H= Húmus de minhoca e BPK+H= Biofertilizante misto + húmus de minhoca

Rogeri et al. (2015) avaliando a mineralização e nitrificação de nitrogênio proveniente da cama de aves aplicada ao solo observaram que os teores de  $\text{N-NH}_4^+$

no solo aumentaram linearmente com incrementos de doses de cama de aves em todos os períodos. As bactérias diazotróficas podem ser responsáveis pelo efeito significativo porque no processo de fixação biológica produz N na forma de amônio-N, que é então incorporado ao composto orgânico (OLIVEIRA et al., 2017b).

Na Tabela 5 estão descritos os resultados para os teores de N-Nítrico. Foram verificados que todos os tratamentos incubados apresentaram diferenças significativas para as diferentes proporções de materiais orgânicos, sendo que a proporção de 100% de BPK + H foi inferior aos demais tratamentos para todos os tempos de incubação. Já com a relação a diferentes inoculações pelas bactérias nas diferentes proporções de materiais orgânicos, foi observado que o tratamento com a proporção de 100% de T + 0% de H, apresentou diferença significativa, sendo que os tratamentos inoculados pela bactéria NFB 10003 e tratamentos sem inoculação, foram inferiores a demais inoculações pelas bactérias.

Para os tratamentos com as proporções de 75% de T + 25% de H, 25% de T + 75% de H e 100% de BPK + H ocorreram diferenças significativas para as inoculações pelas bactérias, sendo o tratamento sem inoculação inferior a demais inoculações pelas bactérias para o período de 15 dias de incubação.

**Tabela 5.** Teores de N-Nítrico ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em diferentes períodos de incubação com bactérias diazotróficas em materiais orgânicos

	Inoculação com bactéria diazotrófica					
	NFB 01	NFB 03	NFB 20	NFB 22	NFB 23	Sem inocular
	N-Nítrico ( $\text{mg kg}^{-1}$ )					
<u>Tempo 15dias</u>						
T100:H0	23,1bB	39,3aA	46,2aA	53,2aA	48,6aA	22,6aB
T75:H25	46,2aA	30,1aA	32,4aA	34,7bA	34,7aA	20,4aB
T25:H75	48,6aA	46,3aA	44,0aA	44,0aA	48,6aA	19,8aB
BPK+H	13,8cA	11,6bA	13,9bA	11,6cA	9,2bA	6,7bB
CV (%)	27,60	27,60	27,60	27,60	27,60	27,60
<u>Tempo 30dias</u>						
T100:H0	30,9aA	30,9bA	35,0aA	37,0aA	32,4aA	22,6aB
T75:H25	20,8bB	37,0bA	33,7aA	30,6bA	33,0aA	20,8aB
T25:H75	34,7aA	44,0aA	20,8aB	41,7aA	30,1aA	19,8aC
BPK+H	13,9cA	9,3cA	11,6bA	6,9cB	6,9bB	6,8bB
CV (%)	35,16	35,16	35,16	35,16	35,16	35,16
<u>Tempo 45dias</u>						
T100:H0	41,7aA	39,4aA	41,7aA	46,3aA	34,8aA	22,8aB
T75:H25	39,4aA	25,5bA	34,7aA	32,4aA	34,7aA	20,0aA
T25:H75	20,8bB	27,8bA	25,5bA	25,5bA	30,1aA	19,8aB
BPK+H	9,3cA	6,9cA	6,9cA	6,9cA	9,3bA	6,8bA
CV (%)	27,02	27,02	27,02	27,02	27,02	27,02

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T= Torta de filtro, H= Húmus de minhoca e BPK+H= Biofertilizante misto + húmus de minhoca

Para o período de 30 dias de incubação foram observados que os tratamentos com as proporções de 100% de T + 0% de H e 25% de T + 75% de H, apresentaram diferenças significativas, sendo que o tratamento sem inoculação inferior a demais inoculações pelas bactérias. Para o tratamento com a proporção de 75% de T + 25% de H, observou-se que houve diferença significativa para as inoculações pelas bactérias, sendo o tratamento inoculado pela bactéria NFB 10001 e o tratamento sem inoculação, foram inferiores a demais inoculações pelas bactérias.

No tratamento com a proporção de 100% de BPK + H, foi observado a ocorrência de diferença significativa, sendo os tratamentos inoculados pelas bactérias NFB 10022 e NFB 10023, e o tratamento sem inoculações inferiores a demais inoculações pelas bactérias.

No período de 45 dias de incubação foi observado que o tratamento com a proporção de 100% de T + 0% de H, apresentou diferença significativa, sendo que o tratamento sem inoculação inferior a demais inoculações pelas bactérias. Para os tratamentos com as proporções de 75% de T + 25% de H e 100% de BPK + H, não ocorreram diferenças significativas para as inoculações pelas bactérias. No tratamento com a proporção de 25% de T + 75% de H, ocorreu diferenças significativas para as inoculações pelas bactérias, sendo o tratamento com inoculado pela bactéria NFB 10001 e o tratamento sem inoculações inferiores a demais inoculações pelas bactérias.

Pode ter ocorrido a influência da nitrificação, que ocorre rapidamente na maioria dos solos quando estão com pH adequado (ROGERI et al., 2015). Os resultados estão de acordo com os encontrados por Oliveira et al. (2017b) que observaram que os teores de N-amoniaco, foram superiores aos teores de N-nitrico nos tratamentos com BPK.

#### **4.1.3 Valores de Fósforo e Potássio**

As concentrações de P disponível para os diferentes tratamentos com incubação de bactérias diazotróficas estão descritos na Tabela 6. Foram verificados que todos os tratamentos incubados apresentaram diferenças significativas para as diferentes proporções de materiais orgânicos, sendo que a proporção de 100% de BPK + H foi superior aos demais tratamentos para todos os tempos de incubação. Já com a relação a diferentes inoculações pelas bactérias nas diferentes proporções de materiais orgânicos, foi observado que o tratamento com a proporção de 100% de T + 0% de H, apresentou diferença significativa, sendo que o tratamento inoculado pela bactéria NFB 10003, foi superior a demais inoculações pelas bactérias.

Para o tratamento com a proporção de 75% de T + 25% de H, não houve diferenças significativas para as inoculações pelas bactérias. Nos tratamentos com as proporções de 25% de T + 75% de H e 100% de BPK + H, ocorreu diferenças significativas para as inoculações pelas bactérias, sendo o tratamento sem inoculação superior a demais inoculações pelas bactérias para o período de 15 dias de incubação.

Para o período de 30 dias de incubação foi observado que o tratamento com a proporção de 100% de T + 0% de H, não apresentou diferença significativa. Para o tratamento com a proporção de 75% de T + 25% de H, observou-se que houve

diferenças significativas para as inoculações pelas bactérias, sendo que o tratamento inoculado pela bactéria NFB 10001, foi superior a demais inoculações pelas bactérias.

No tratamento com a proporção de 25% de T + 75% de H, ocorreu diferenças significativas para as inoculações pelas bactérias, sendo o tratamento inoculado pela bactéria NFB 10020 superior a demais inoculações pelas bactérias. E para o tratamento com a proporção de 100% de BPK + H, foi observado a ocorrência de diferença significativa, sendo os tratamentos inoculados pelas bactérias NFB 10003 e NFB 10020 superiores a demais inoculações pelas bactérias.

No período de 45 dias de incubação foi observado que o tratamento com a proporção de 100% de T + 0% de H, apresentou diferença significativa, sendo que os tratamentos inoculados pelas bactérias NFB 10020 e NFB 10022, foram inferiores a demais inoculações pelas bactérias. Para o tratamento com a proporção de 75% de T + 25% de H, não houve diferenças significativas para as inoculações pelas bactérias. Nos tratamentos com as proporções de 25% de T + 75% de H e 100% de BPK + H, ocorreu diferenças significativas para as inoculações pelas bactérias, sendo o tratamento sem inoculação superior a demais inoculações pelas bactérias.

A disponibilidade de fósforo depende da atividade de microrganismos que degradam materiais orgânicos. Além disso, a adição de material orgânico aumenta a atividade microbiana promovendo a mineralização do material, permitindo assim um aumento na disponibilidade de nutrientes no solo (SOUSA et al., 2018). Avaliando o uso de biofertilizante misto enriquecido com N através da inoculação com bactérias diazotróficas de vida livre e fungos da ordem Mucorales Stamford et al. (2014), relataram incrementos no teor de P no solo.

Silva et al. (2011) verificou resultados similares ao avaliar o desenvolvimento da cultura do melão e a disponibilidade de fósforo nos solos com uso de biofertilizante fosfatado após três ciclos da cultura.

Já Oliveira et al. (2017b) observando o efeito da aplicação de biofertilizantes em conjunto com a aplicação de torta de filtro de cana-de-açúcar, destacaram que os biofertilizantes influenciam na quantidade de nutrientes no solo, além de promoverem o mesmo efeito de fertilizantes solúvel no fornecimento de P disponível ao solo.

**Tabela 6.** Concentrações de P disponível (Mehlich 1) em diferentes períodos de incubação com bactérias diazotróficas em materiais orgânicos

	Inoculação com bactéria diazotrófica					Sem inocular
	NFB 01	NFB 03	NFB 20	NFB 22	NFB 23	
P disponível (Melich 1), g kg <sup>-1</sup>						
<u>Tempo 15dias</u>						
T100:H0	9,0bB	12,2bA	7,6cB	9,3bB	8,3cB	8,2bB
T75:H25	8,7bA	9,5cA	8,8cA	7,5cA	7,9cA	8,0bA
T25:H75	10,0bC	12,3bB	14,6bB	11,5bB	12,5bB	18,2bA
BPK+H	24,1aB	25,6aB	28,8aB	35,7aB	31,1aB	76,1aA
CV (%)	11,17	11,17	11,17	11,17	11,17	11,17
<u>Tempo 30dias</u>						
T100:H0	53,9bA	65,1bA	55,3dA	55,9cA	60,6bA	52,3cA
T75:H25	70,3bA	45,5bD	62,7cA	54,4cC	59,1bB	32,8dE
T25:H75	65,0bB	64,4bB	84,5bA	60,7bB	51,1cC	69,5bB
BPK+H	90,4aC	125,1aA	120,9aA	87,3aC	97,4aC	113,0aB
CV (%)	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53
<u>Tempo 45dias</u>						
T100:H0	27,5cA	24,9bA	23,2cB	21,4cB	33,2bA	29,9cA
T75:H25	24,0cA	25,9bA	25,1bA	23,7cA	25,8cA	26,4cA
T25:H75	60,3bB	35,7bD	34,9bD	42,1bC	40,7bC	80,7bA
BPK+H	75,6aD	87,3aC	92,3aC	77,1aC	112,0aB	143,5aA
CV (%)	7,18	7,18	7,18	7,18	7,18	7,18

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T= Torta de filtro, H= Húmus de minhoca e BPK+H= Biofertilizante misto + húmus de minhoca

Os resultados das concentrações de K disponível em diferentes períodos de incubação encontra-se na Tabela 7, onde foram observados no período de incubação de 15 dias que o tratamento com incubação pela bactéria NFB 10001, nas diferentes proporções de materiais orgânicos, apresentaram diferenças entre si, sendo o tratamento 100% de BPK + H superior ao demais.

No tratamento com incubação pela bactéria NFB 10003, foi observado que os tratamentos 75% de T + 25% de H e 100% de BPK + H não diferiram entre si, sendo estes superiores aos demais tratamentos. Para a incubação pela bactéria NFB 10020, foi observado que os tratamentos 25% de T + 75% de H e 100% de BPK + H foram superiores aos demais tratamentos.

Os tratamentos com incubações pelas bactérias NFB 10022 e NFB 10023, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos nas diferentes proporções de materiais orgânicos. Para o tratamento sem inoculação pelas bactérias foi observado que apenas a proporção de 100% de BPK + H ficou inferior aos demais tratamentos.

Com a relação a diferentes inoculações pelas bactérias nas diferentes proporções de materiais orgânicos, foi observado que no tratamento com a proporção de 100% de T + 0% de H, as bactérias NFB 10001 e NFB 10020 foram inferiores a demais inoculações pelas bactérias. Para o tratamento com a proporção de 75% de T + 25% de H, observou-se que o tratamento com inoculação pela bactéria NFB 10001 foi inferior a demais inoculações pelas bactérias.

No tratamento com a proporção de 25% de T + 75% de H, as bactérias NFB 10001 e NFB 10003 foram inferiores a demais inoculações pelas bactérias. E para o tratamento com a proporção de 100% de BPK + H, apenas o tratamento sem inoculação foi inferior a demais inoculações pelas bactérias.

No período de incubação de 30 dias o tratamento com incubação pela bactéria NFB 10001, nas diferentes proporções de materiais orgânicos, apresentaram diferenças entre si, sendo o tratamento 100% de T + 0% de H inferior ao demais.

No tratamento com incubação pela bactéria NFB 10003, foi observado que houve diferenças significativa entre si, sendo o tratamento 100% de T + 0% de H inferior aos demais tratamentos. Para a incubação pela bactéria NFB 10020, foi observado que os tratamentos 100% de T + 0% de H e 75% de T + 25% de H foram inferiores aos demais tratamentos.

Os tratamentos com incubações pelas bactérias NFB 10022 e NFB 10023, apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos nas diferentes proporções de materiais orgânicos, sendo o tratamento 100% de BPK + H superior aos demais tratamentos. Para o tratamento sem inoculação pelas bactérias foi observado que apenas a proporção de 25% de T + 75% de H foi superior aos demais tratamentos.

Com a relação a diferentes inoculações pelas bactérias nas diferentes proporções de materiais orgânicos, foi observado que o tratamento com a proporção de 100% de T + 0% de H, apresentou diferença significativa, sendo que o tratamento inoculado pela bactéria NFB 10001, foi inferior a demais inoculações pelas bactérias. Para o tratamento com a proporção de 75% de T + 25% de H, não houve diferenças significativas para as inoculações pelas bactérias.

No tratamento com a proporção de 25% de T + 75% de H, não houve diferenças significativas para as inoculações pelas bactérias. O tratamento com a proporção de 100% de BPK + H, apresentou diferença significativa, sendo os tratamentos com inoculações pelas bactérias NFB 10022 e NFB 10023 foram superiores a demais inoculações pelas bactérias.

No período de incubação de 45 dias foram observados que os tratamentos com incubações pelas bactérias NFB 10001, NFB 10003, NFB 10020, NFB 10023 e o tratamento sem inoculação nas diferentes proporções de materiais orgânicos, apresentaram diferenças entre si, sendo os tratamentos 25% de T + 75% de H e 100% de BPK + H superiores ao demais tratamentos.

O tratamento com incubação pela bactéria NFB 10022, apresentou diferença significativa entre os tratamentos nas diferentes proporções de materiais orgânicos, sendo o tratamento 100% de T + 0% de H inferior aos demais tratamentos.

Com a relação a diferentes inoculações pelas bactérias nas diferentes proporções de materiais orgânicos, foi observado que não houve diferenças significativas para todas as inoculações pelas bactérias.

Os resultados corroboraram com os encontrados por Sousa et al. (2018) quando observou que a disponibilidade de potássio aumentou durante o tempo de incubação; no entanto, a disponibilidade de potássio diminuiu após 40 dias da fase de maturação. Além disso de acordo com Santos et al. (2011) a aplicação de torta de filtro tem uma grande influência sobre o aumento da disponibilidade de K no solo, além de ser um composto orgânico rico em potássio, o conteúdo varia de acordo com a variedade e maturação da cana.

O aumento na disponibilidade de fósforo e potássio podem ocorrer pelo efeito da inoculação com bactérias oxidativas do enxofre *Acidithiobacillus*, que libera ácido sulfúrico, aumentando a disponibilidade de fósforo e potássio contidos no meio natural das rochas usadas para produzir os biofertilizantes (STAMFORD et al., 2014). O uso de microrganismos é importante para a agricultura sustentável e crescimento de plantas, pois aumentam a disponibilidade e absorção de nutrientes, reduzindo a dependência sobre fertilizantes químicos que desestabilizam os agroecossistemas (BANERJEE; BAREH; JOSHI, 2017; HASSAN et al., 2015).

**Tabela 7.** Concentrações de K disponível (Mehlich 1) em diferentes períodos de incubação com bactérias diazotróficas em materiais orgânicos

	Inoculação com bactéria diazotrófica					
	NFB 01	NFB 03	NFB 20	NFB 22	NFB 23	Sem inocular
K disponível, Melich 1 (g kg <sup>-1</sup> )						
<u>Tempo 15dias</u>						
T100:H0	0,41bB	0,54bA	0,45bB	0,66aA	0,73aA	0,54aA
T75:H25	0,45bB	0,66aA	0,57bA	0,71aA	0,70aA	0,59aA
T25:H75	0,47bB	0,46bB	0,71aA	0,71aA	0,82aA	0,71aA
BPK+H	0,71aA	0,82aA	0,75aA	0,70aA	0,73aA	0,41bB
CV (%)	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79
<u>Tempo 30dias</u>						
T100:H0	0,48bC	0,62bB	0,61cB	0,73cA	0,82bA	0,85bA
T75:H25	0,95aA	0,82aA	0,83bA	1,01bA	0,91bA	0,85bA
T25:H75	1,05aA	1,05aA	1,47aA	1,01bA	1,05bA	1,10aA
BPK+H	0,97aB	1,03aB	1,17aB	1,70aA	1,73aA	0,86bB
CV (%)	14,99	14,99	14,99	14,99	14,99	14,99
<u>Tempo 45dias</u>						
T100:H0	0,32bA	0,29bA	0,29cA	0,22cA	0,19bA	0,39bA
T75:H25	0,32bA	0,36bA	0,45bA	0,46bA	0,55aA	0,42bA
T25:H75	0,85aA	0,81aA	0,81aA	0,92aA	0,78aA	0,91aA
BPK+H	0,95aA	0,92aA	0,92aA	1,13aA	0,92aA	0,85aA
CV (%)	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). T= Torta de filtro, H= Húmus de minhoca e BPK+H= Biofertilizante misto + húmus de minhoca

## 4.2 Experimento em campo

### 4.2.1 Determinações na planta

#### 4.2.1.1 Produtividade

Os valores de produtividade dos frutos de pimentões submetidos aos diferentes tratamentos de fertilização com e sem herbicida se encontram na Tabela 8. Foram observados efeitos significativos para produtividade de pimentões submetidos aos tratamentos de fertilização para a produtividade de pimentão com e sem herbicida.

O tratamento com fertilizante comercial na dosagem recomendada de 100% promoveu a maior produtividade (32,64 t ha<sup>-1</sup>) sem herbicida e com herbicida (27,40 t

ha<sup>-1</sup>), seguido do PNPK na dosagem de 200% (28,30 t ha<sup>-1</sup>) sem herbicida e com herbicida (19,59 t ha<sup>-1</sup>), quando comparado com os outros tratamentos e com o controle (13,88 t ha<sup>-1</sup>) sem herbicida e com herbicida (8,90 t ha<sup>-1</sup>).

Para a diferença de produtividade entre os fertilizantes microbianos deve-se a quantidade aplicada nos tratamentos. As menores dosagens aplicada obtiveram as menores produtividades e com relação a diferença entre os tratamentos de fertilizante biológico e fertilizante biológico com quitosana deve-se a inoculação do fungo *Cunninghamella elegans*, que contém quitina e quitosana em sua parede celular. A quitosana apresenta uma elevada capacidade de adsorção e formação de quelados. Observou-se que os tratamentos sem herbicida foram sempre superiores aos tratamentos com herbicida.

**Tabela 8.** Produtividade de pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização com e sem herbicida

Tratamentos	Produtividade	
	Sem herbicida	Com herbicida
	----- t ha <sup>-1</sup> -----	
BNPK (DR)	19,6cA	14,6cB
PNPK (DR)	15,9dA	11,0dB
PNPK (2 DR)	28,3bA	19,6bB
FNPK (DR)	32,6aA	27,4aB
Controle	13,9dA	8,9eB
CV (%)	6,11	7,41

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante microbiano, PNPK= Fertilizante microbiano com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPK= Fertilizante comercial. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008)

Sediyama et al. (2014), avaliando a nutrição e produtividade de frutos em duas cultivares de pimentão colorido, adubado com biofertilizante de suíno obtiveram uma produtividade de 21,45 t ha<sup>-1</sup>. Já Santana et. al. (2014) avaliado a influência do bioprotetor com inoculação microbiana no rendimento do pimentão verde obtiveram produtividade de 21,36 t ha<sup>-1</sup>, sendo o controle o que apresentou o menor rendimento de frutos (15,65 t ha<sup>-1</sup>). Os mesmos autores observaram que os tratamentos com fertilizantes aplicados apresentaram rendimentos acima da média do estado de Pernambuco para pimentão verde irrigado (15 t ha<sup>-1</sup>). Pedó et al. (2014) avaliando a produtividade e qualidade dos frutos de duas cultivares de pimenta sob diferentes

fontes de adubação na forma húmica observaram que a aplicação de húmus influência na produtividade de pimenta.

#### 4.2.1.2 Altura e diâmetro de plantas de pimentão

De acordo com os resultados das comparações de médias (Tabela 9), verificou-se o efeito dos diferentes tratamentos de fertilização com e sem herbicida sobre a altura e o diâmetro das plantas de pimentão. O tratamento FNPk sobressaiu junto aos demais sem a presença de herbicida seguindo BNPK. Sendo o tratamento controle o que menos se desenvolveu. Com a presença do herbicida o tratamento que sobressaiu foi o PNPk a 200% da dose recomendada sendo seguido pelos tratamentos BNPK e FNPk. Quando se comparar a altura sem a presença de herbicida e com a presença se observa que o tratamento PNPk 200% se diferencia dos demais.

**Tabela 9.** Altura e diâmetro do pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização com e sem herbicida

Tratamentos	Altura da planta		Diâmetro do caule	
	Sem herbicida	Com herbicida	Sem herbicida	Com herbicida
	----- cm planta <sup>-1</sup> -----			
BNPK (DR)	50,6 bA	48,3 bB	0,63aA	0,59bA
PNPK (DR)	40,8 cA	36,9cB	0,61aA	0,63bA
PNPK (2 DR)	41,5cB	54,1aA	0,65aB	0,76aA
FNPk (DR)	56,3aA	44,9bB	0,68aA	0,67bA
Controle	33,3dA	34,8cB	0,60aA	0,59bA
CV (%)	3,17	3,87	4,77	5,05

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante microbiano, PNPk= Fertilizante microbiano com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPk= Fertilizante comercial. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008)

Para o diâmetro do caule sem herbicida não ocorrem diferenças significativa e para com herbicida o tratamento PNPk 200% DR, se sobressai dos demais. Quando se compara sem e com herbicida se observa que apenas o tratamento PNPk 200% se diferencia dos demais.

Narayan (2016), avaliando os efeitos de fertilizantes microbianos e químicos nas características vegetativas e reprodutivas do pimentão observou que a aplicação destes fertilizantes tem grande influência no desenvolvimento da planta incluindo altura e diâmetro de plantas de pimentão. Nascimento et al. (2011) avaliando os efeitos da utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de pimentão (*Capsicum annum* L.), cv. All Big, irrigada com água salina, observou que a aplicação de biofertilizante tem ação atenuante nos efeitos degenerativos dos sais no crescimento em altura e diâmetro do caule das plantas de pimentão.

#### 4.2.1.3 Biomassa seca da parte aérea (sem fruto) e da raiz de plantas de pimentão

Na Tabela 10, estão apresentados os resultados para a biomassa seca da parte aérea e da raiz submetidos aos diferentes tratamentos de fertilização com e sem herbicida.

**Tabela 10.** Biomassa seca da parte aérea e da raiz submetido a diferentes tratamentos de fertilização, com herbicida e sem herbicida

Tratamentos	Parte aérea Biomassa seca		Raiz Biomassa seca	
	Sem herb	Com herb	Sem herb	Com herb
BNPK (DR)	11,3bA	8,2cB	3,6bA	2,0bB
PNPK (DR)	10,8bA	8,7cB	3,8bA	2,9bB
PNPK (2DR)	20,5aA	20,1aA	6,8aA	2,6bB
FNPK (DR)	19,8aB	23,1aA	4,8bB	5,1aA
Controle	11,0bB	2,5bA	1,8cB	2,6bA
CV (%)	9,16	5,38	11,26	15,33

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante microbiano, PNPk= Fertilizante microbiano com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPK= Fertilizante comercial. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008)

Os tratamentos PNPk 200% e FNPK não apresentaram diferença entre si, para a biomassa seca da parte aérea, mais sobressaíram sobre os demais tratamentos sem e com herbicida. Houve diferencia significativa entre todos os tratamentos em relação a presença e ausência de herbicida.

Observou para a característica biomassa seca da raiz que tratamento PNPK 200% sobressaiu entre os demais na ausência de herbicida. Na presença de herbicida o tratamento FNPk sobressaiu entre os demais tratamentos. Em relação a presença e ausência de herbicida todos tratamentos apresentaram diferenças significativas entre si.

Monteiro Neto et al. (2016) avaliado a produção de mudas de pimentão em diferentes ambientes e substratos observaram que o maior acúmulo de biomassa se dar em função dos menores valores de temperatura.

#### **4.2.1.4 Diâmetro e comprimento dos frutos de pimentão**

Os resultados do diâmetro e comprimento dos frutos de pimentão se encontra na Tabela 11. Foram observados para o diâmetro dos frutos que os tratamentos PNPK 100%, PNPK 200% e FNPk sem herbicida não diferiram entre si, sendo os demais tratamentos inferiores significativamente. Já com herbicida foram observados que os tratamentos PNPK 100% e FNPk não diferiram entre si, sendo estes superiores aos demais. Na comparação sem e com herbicida só apresentou diferença significativa o tratamento PNPK 100% para o diâmetro dos frutos.

Para o comprimento de frutos foram observados que os tratamentos sem herbicida BNPk, PNPK 100%, PNPK 200% e FNPk não apresentaram diferença significativa entre si, sendo o tratamento controle inferior estatisticamente. Já com herbicida os tratamentos PNPK 100%, PNPK 200% e FNPk não apresentaram diferença estatística significativa entre si. Sendo os demais tratamentos inferiores estatisticamente. Na comparação entre sem e com herbicida apenas os tratamentos BNPk e FNPk não apresentaram diferenças significativas entre si, sendo que os tratamentos com herbicida apresentaram maiores médias que os tratamentos sem herbicida.

Aragão et al. (2012) e Lima et al. (2016) observaram que o diâmetro e o comprimento de frutos de pimentão são influenciados pela disponibilidade de água no solo, sendo este um dos fatores mais importante para o desenvolvimento dos frutos.

**Tabela 11.** Diâmetro e comprimento de frutos de pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização com e sem herbicida

Tratamentos	Diâmetro de frutos		Comprimento de frutos	
	Sem herbicida	Com herbicida	Sem herbicida	Com herbicida
	----- cm <sup>-1</sup> -----			
BNPK (DR)	4,1bA	4,4bA	7,2bA	7,3bA
PNPK (DR)	5,5aB	6,7aA	7,4abB	9,6aA
PNPK (2 DR)	4,7abA	5,2bA	7,9abB	8,6aA
FNPK (DR)	5,3aA	5,4abA	8,3aA	8,6aA
Controle	4,2bA	4,6bA	5,97cB	7,2bA
CV (%)	7,11	10,10	4,67	4,95

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante microbiano, PNPK= Fertilizante microbiano com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPK= Fertilizante comercial. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008)

#### 4.2.1.5 Número de frutos e espessura da casca de frutos de pimentão

Para o número de frutos (Tabela 12), o único tratamento que ficou inferior aos demais foi o BNPK sem herbicida e com herbicida foram os tratamentos PNPK 100% e controle, sendo estes inferiores aos demais tratamentos. Se tratando da diferença entre sem e com herbicida apenas o tratamento PNPK 200% não foi significativo entre si, sendo que os demais se diferiram entre si.

Quanto a espessura da casca dos frutos os tratamentos que foram considerados significativos entre si, foram PNPK 100%, PNPK 200% e FNPK, tanto na ausência quanto na presença do herbicida, sendo que o tratamento BNPK foi inferior aos demais sem a presença de herbicida. Com a presença de herbicida o mesmo tratamento foi inferior seguido do tratamento controle. Em relação a diferença entre sem e com herbicida apenas o tratamento controle não se diferiu entre si.

Carvalho et al. (2016) avaliando o efeito de diferentes tensões de água no solo aplicadas na cultura do pimentão observaram que o número de frutos e a espessura dos frutos apresentam tendência de aumento com a maior disponibilidade de água no solo. Essa característica é importante para frutos de pimentão, pois está vinculada a qualidade do fruto e a produtividade (SANTOS et al., 2017).

**Tabela 12.** Número de frutos e espessura da casca de frutos de pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização com e sem herbicida

Tratamentos	Número de frutos		Espessura da casca	
	Sem herbicida	Com herbicida	Sem herbicida	Com herbicida
			----- cm <sup>-1</sup> -----	
BNPK (DR)	6bB	11aA	0,31cB	0,37bA
PNPK (DR)	10aA	6bB	0,40abB	0,44aA
PNPK (2DR)	10aA	10aA	0,43aA	0,39abB
FNPK (DR)	13aA	11aB	0,38abB	0,40abA
Controle	10aA	7bB	0,35bcA	0,35bA
CV (%)	14,87	14,16	6,00	5,66

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante microbiano, PNPK= Fertilizante microbiano com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPK= Fertilizante comercial. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008)

#### 4.2.1.6 N, P e K total na parte aérea de pimentão

Os resultados dos teores de N, P e K total na parte aérea de pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização com e sem herbicida são apresentados na Tabela 13.

Foram observados que os teores de N não apresentaram diferença significativa ao teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade para todos os tratamentos sem e com herbicida e na comparação entre sem e com herbicida.

Os teores de P apresentaram variações, sendo observado que os tratamentos PNPK 100% e controle sem herbicida obtiveram os maiores teores de P não se diferenciado entre si. Os tratamentos com a presença de herbicida não deferiram entre si. Na comparação entre sem e com herbicida apenas o tratamento FNPK não apresentou diferença significativa.

Os teores de K não apresentaram diferença significativa ao teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade para todos os tratamentos sem e com herbicida. Apenas os tratamentos BNPK e controle não apresentaram diferença significativa para a comparação entre sem e com herbicida.

As concentrações de NPK total encontrada nos tecidos vegetais das plantas de pimentão neste estudo foram inferiores aos encontrados por Albuquerque et al.

(2012), quando avaliou as concentrações de macronutrientes em folhas e frutos de plantas de pimentão submetidos as lâminas de irrigação e doses de potássio.

**Tabela 13.** Teor de N, P e K total na parte aérea de pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização com e sem herbicida

Tratamentos	Nutrientes nas folhas					
	N total		P total		K total	
	Sem herb	Com herb	Sem herb	Com herb	Sem herb	Com herb
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----					
BNPK (DR)	15,2aA	16,3aA	3,9bB	4,3aA	10,7aA	10,5aA
PNPK (DR)	14,6aA	14,6aA	5,2abA	4,7aB	11,5aA	9,8aB
PNPK (2DR)	17,5aA	16,3aA	4,2bA	3,9aB	13,2aA	11,5aB
FNPK (DR)	14,0aA	14,0aA	3,9bA	3,8aA	12,4aA	11,8aB
Controle	12,8aA	12,8aA	5,6aA	4,1aB	11,8aA	11,3aA
CV (%)	15,85	15,25	11,13	12,38	9,86	21,41

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante microbiano, PNPk= Fertilizante microbiano com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPK= Fertilizante comercial. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008)

#### 4.2.1.7 N, P e K total acumulado na parte aérea de pimentão

Os dados referentes ao acúmulo de N, P e K total na parte aérea de pimentão submetido a tratamentos de fertilização, sem e com herbicida estão presentes na Tabela 14. Para o acúmulo de N observou-se que os tratamentos PNPk 200% e FNPK sem e com herbicida não diferiram entre si, sendo estes superiores aos demais tratamentos. Na comparação entre sem e com herbicida observou-se que todos os tratamentos sem herbicida foram superiores aos tratamentos com herbicida.

Com relação ao acúmulo de P, observou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos sem e com herbicida. Em termo de comparação entre sem e com herbicida todos os tratamentos diferiram entre si, sendo que todos os tratamentos sem herbicida foram superiores aos tratamentos com herbicida.

Para o acúmulo de K foi observado a superioridade dos tratamentos PNPk 200% e FNPK sem e com herbicida sobre os demais tratamentos. Com relação a comparação entre sem e com herbicida todos tratamentos apresentaram diferenças significativas entre si, sendo observado a superioridade dos tratamentos sem herbicida sobre os tratamentos com herbicida.

Charlo et al. (2012) avaliado o acúmulo de nutrientes em pimentão cultivados em fibra de coco encontrou valores semelhantes ao encontrados neste trabalho para o acúmulo de N, P e K. Os mesmos autores afirmaram que o cultivo com materiais orgânicos, oferece as plantas nutrientes de forma facilmente absorvível, o que resulta em maior acumulação de N, P e K.

**Tabela 14.** Acúmulo de N, P e K total no pimentão submetido a tratamentos de fertilização, sem e com adição de herbicida

Tratamentos	N total acumulado		P total acumulado		K total acumulado	
	Sem herb	Com herb	Sem herb	Com herb	Sem herb	Com herb
	----- mg planta <sup>-1</sup> -----					
BNPK (DR)	50bA	40bB	13bA	10bB	40bA	30bB
PNPK (DR)	50bA	40bB	20abA	13abB	40bA	23bB
PNPK (2DR)	120aA	110aB	30aA	27aB	87aA	77aB
FNPK (DR)	110aA	90aB	30aA	27aB	93aA	80aB
Controle	50bA	40bB	20abA	17abB	43bA	23bB
CV (%)	12,71	14,71	22,78	27,66	7,37	17,65

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante microbiano, PNPK= Fertilizante microbiano com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPK= Fertilizante comercial. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008)

## 4.2.2 Determinações no solo

### 4.2.2.1 pH, Carbono orgânico total e Nitrogênio total

Os valores encontrados para pH, carbono orgânico total e nitrogênio total estão descritos na Tabela 15. Com relação aos dados de pH do solo não houve diferença significativa para os tratamentos, porém de maneira geral os tratamentos promoveram aumento no pH do solo.

O efeito dos tratamentos PNPK 100%, PNPK 200% e do BNPK no aumento do pH do solo, pode ser explicado pela grande quantidade de matéria orgânica na composição dos produtos (4 partes de matéria orgânica e 1 parte de biofertilizante de rochas com P e K), e no tratamento controle só foi adicionada matéria orgânica (OLIVEIRA et al., 2014; SANTANA et al, 2014). Por outro lado, o tratamento FNPK

modificou o pH do solo, possivelmente por conter sulfato de amônio em sua composição.

Santana et al. (2014) avaliado a influência do Bioprotetor com inoculação microbiana no rendimento do pimentão observou efeito semelhante no pH do solo. Oliveira et al. (2014), em um estudo aplicando biofertilizante produzido por processo microbianos na cultura do melão em solo do semiárido brasileiro observou um ligeiro aumento no pH do solo.

**Tabela 15.** pH, carbono orgânico total e nitrogênio total determinados no solo submetido a tratamentos de fertilização, sem e com adição de herbicida

Tratamentos	pH (H <sub>2</sub> O) (1:2,5)		COT		N-total	
	Sem herb	Com herb	Sem herb	Com herb	Sem herb	Com herb
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
BNPK (DR)	7,2abA	7,1abA	9,0bB	9,8bA	0,78bA	0,26dB
PNPK (DR)	7,3aA	7,3abA	9,7bB	10,2bA	0,53cA	0,43cB
PNPK (2DR)	6,9abA	6,9abA	13,4aA	12,4aB	1,0aA	0,87aB
FNPK (DR)	7,0abA	7,2abA	10,2bA	10,0bA	0,66cA	0,43cB
Controle	7,3aA	7,4aA	11,4abA	9,9bB	0,82bA	0,56bB
CV (%)	1,53	1,36	9,59	11,77	5,49	3,77

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante microbiano, PNPK= Fertilizante microbiano com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPK= Fertilizante comercial. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008)

O carbono orgânico total apresentou diferença significativa para a aplicação dos tratamentos de fertilização sem e com herbicida, sendo que os tratamentos PNPK 200% e controle sobressaíram aos demais tratamentos sem herbicida. Com relação aos tratamentos com herbicida o tratamento PNPK 200% sobressaiu aos demais exceto o controle. Na comparação sem e com herbicida observou-se que os tratamentos BNPK, PNPK 100% e FNPK não diferiram significativamente entre si. Diversos pesquisadores verificaram que a adição de resíduos orgânicos promoveu o aumento dos teores de COT no solo (CUNHA et al., 2012; PRAGANA et al., 2012).

Os resultados de nitrogênio total do solo, após a colheita do pimentão apresentou diferença significativa para todos os tratamentos de fertilização utilizados no experimento sem e com herbicida, sendo que o tratamento PNPK 200% sobressaiu entre os demais tratamentos. Em relação a comparação entre sem e com herbicida

observou-se que todos os tratamentos sem herbicida obtiveram maiores valores que os tratamentos com herbicida.

Provavelmente o N liberado pelo mineral fertilizante (sulfato de amônio) foi usado pelas plantas para promover crescimento, e devido à sua maior solubilidade pode ser percolado do solo pelo efeito das precipitações (SANTANA et al., 2014).

De acordo com os resultados obtido por Stamford et al. (2014) avaliando o rendimento de uva e a disponibilidade de nutrientes do solo sobre a aplicação de fertilizantes biológicos com adição de quitosana fúngica, descreveram os efeitos positivos da mistura com o composto de minhoca enriquecido em N por inoculação com as bactérias diazotróficas de vida livre.

#### **4.2.2.2 Cálcio, magnésio, potássio e sódio**

Os resultados obtidos para os teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio estão apresentados na Tabela 16. Para o teor de cálcio foi observado que os tratamentos BNPK e PNPk 200% não diferiram entre si e foram superiores aos demais tratamentos sem herbicida. Nos tratamentos com herbicida foi observado que os tratamentos BNPK, PNPk 200% e FNPk não apresentaram diferença significativa entre si, sendo que estes foram superiores aos demais tratamentos. Em comparação sem e com herbicida apenas o tratamento FNPk diferiu, os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa.

Oliveira et al. (2014) avaliando o efeito do biofertilizante produzido por processos microbianos na produção de melão em solo do semiárido brasileiro encontraram valores superiores para  $\text{Ca}^{2+}$  ao desta pesquisa. Santana et al. (2014) realizando um estudo para avaliar a influência do bioprotetor com inoculação microbiana no rendimento do pimentão obtiveram valores semelhantes para  $\text{Ca}^{2+}$  ao desta pesquisa.

Para os resultados dos teores de magnésio foi observado que todos os tratamentos sem e com herbicida não apresentaram diferenças significativas entre si. Stamford et al. (2011) usando biofertilizante de rochas, observaram efeito significativo no teor de Mg trocável do solo quando foram aplicados biofertilizante de rocha fosfatada e potássica, sendo os melhores resultados obtidos com o biofertilizante potássico aplicado na maior dose. Oliveira et al. (2014) também obtiveram aumentos significativos na concentração de Mg trocável do solo.

**Tabela 16.** Cálcio, magnésio e potássio determinados no solo submetido a tratamentos de fertilização, sem e com adição de herbicida

Tratamentos	Ca <sup>2+</sup>		Mg <sup>2+</sup>		K <sup>+</sup>	
	Sem herb	Com herb	Sem herb	Com herb	Sem herb	Com herb
	----- Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
BNPK (DR)	1,97aA	1,96abA	0,45aA	0,45aA	0,23bA	0,21bA
PNPK (DR)	1,02bA	1,07bA	0,46aA	0,46aA	0,24bA	0,22bA
PNPK (2DR)	1,99aA	1,97abA	0,43aA	0,43aA	0,25bA	0,22bA
FNPK (DR)	1,17bB	2,03aA	0,44aA	0,42aA	0,25bA	0,24bA
Controle	1,01bA	1,01bA	0,43aA	0,41aA	0,40aA	0,40aA
CV (%)	12,06	4,73	4,74	4,73	11,20	11,89

As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante microbiano, PNPk= Fertilizante microbiano com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPK= Fertilizante comercial. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008)

Para os teores de potássio encontrado no solo foi observado que apenas o tratamento controle diferiu dos demais tratamentos sem e com herbicida, sendo que este foi superior aos demais. Provavelmente, este fato deve ter ocorrido em função da rápida absorção do K altamente solúvel do sulfato de potássio e, devido a sua alta disponibilidade, o K absorvido foi transferido para a produção de frutos e, conseqüentemente, não promoveu aumento no K disponível do solo.

Da mesma forma, o K do PNPk e do BNPK quando liberado para o solo por atuação do *Acidithiobacillus* na rocha biotita que é constituinte destes insumos. Stamford et al. (2014) relataram efeito significativo de BNPK e PNPk em K disponível quando aplicado em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm), em um solo do Vale do São Francisco cultivado com uva (*Vitis labrusca*).

#### 4.2.2.3 Fósforo, sulfato, acidez trocável e acidez potencial

Os resultados para os teores de fósforo, sulfato, acidez trocável e acidez potencial se encontra na Tabela 17. Os resultados dos teores de fósforo no solo demonstraram que os tratamentos PNPk 100% e FNPK apresentaram os teores mais elevados de P no solo sem herbicida. Com herbicida os tratamentos BNPK, PNPk 200% e FNPK foram os que apresentaram os teores mais elevados de P no solo. Na

comparação entre sem e com herbicida apenas o tratamento BNPK não diferiu entre si.

Os resultados mostram o efeito positivo das bactérias oxidantes do enxofre (*Acidithiobacillus*) na solubilização de minerais contidos nas rochas. Silva et al. (2011) estudando o desenvolvimento do melão utilizando diferentes fontes de P verificaram que o biofertilizante fosfatado e o tratamento com aplicação das rochas fosfatadas apresentaram os teores mais elevados de P no solo. Além disso, o aumento no efeito P disponível pode ser explicado porque outras bactérias nativas do solo além de *Acidithiobacillus*, e alguns fungos do solo que promovem a solubilidade de P produzindo fosfatases (FRANCO et al., 2011) e aumentam a solubilidade de P e outros nutrientes.

Nos resultados obtidos para os teores de sulfato foram observados que os valores mais elevados foram com os tratamentos BNPK e PNPK 200% sem e com herbicida, sendo que estes tratamentos não sofreram diferenças significativas entre si, sendo superiores aos demais tratamentos. Em relação a comparação entre sem e com herbicida os tratamentos BNPK e PNPK 100% não apresentaram diferenças significativas. Os tratamentos com BNPK e PNPK mostrou valores bastante elevados, como esperado, principalmente pela formação de ácido sulfúrico que libera  $SO_4^{2-}$ , sendo parte utilizada pelas plantas e o restante permanece no solo (SANTANA et al., 2014).

Para os teores de acidez trocável não houve diferenças significativas entre todos tratamentos sem e com herbicida. Em relação a comparação sem e com a presença de herbicida apenas o tratamento PNPK 100% diferiu entre si. A adição de matéria orgânica no solo pode proporcionar aumentos no pH do solo em virtude da atividade de microrganismos que promovem a descarboxilação de ânions orgânicos, além disso a geração de ácidos orgânicos provenientes da decomposição desses materiais pode complexar  $Al^{3+}$  presente na solução do solo, formando compostos não tóxicos para as plantas (PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

Para a acidez potencial houve diferenças significativas, sendo que o tratamento BNPK apresentou os valores mais elevados seguido dos demais e o tratamento controle apresentou os menores valores sem e com herbicida. Na comparação entre a ausência e a presença de herbicida apenas o tratamento PNPK 100% diferiu entre si. Costa et al. (2011), avaliando os atributos químicos do solo influenciado pelo

sistema de plantio e fontes de adubação, verificaram que o pH não foi influenciado, mas houve redução na H+Al na aplicação de fonte orgânica.

**Tabela 17.** Fósforo, sulfato, acidez trocável e acidez potencial determinados no solo submetido a tratamentos de fertilização, sem e com adição de herbicida

Tratamentos	P		SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>		Al <sup>3+</sup>		H+Al	
	Sem herb	Com herb	Sem herb	Com herb	Sem herb	Com herb	Sem herb	Com herb
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----				----- Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
BNPK (DR)	27bA	30aA	58aA	56aA	0,53aB	0,60aA	1,5aA	1,7aA
PNPK (DR)	41abA	23cB	37bA	31bB	0,60aA	0,43aB	1,1bA	0,7cB
PNPK (2DR)	23bB	44aA	58aA	57aA	0,57aA	0,57aA	0,9bA	1,0bA
FNPK (DR)	46aA 39abB		33bA	29bB	0,63aA	0,63aA	1,1bA	0,9bA
Controle	37bA	21cB	26bA	27bA	0,43aA	0,43aA	0,5cA	0,5dA
CV (%)	7,88	14,22	10,08	8,48	16,33	15,83	12,67	12,77

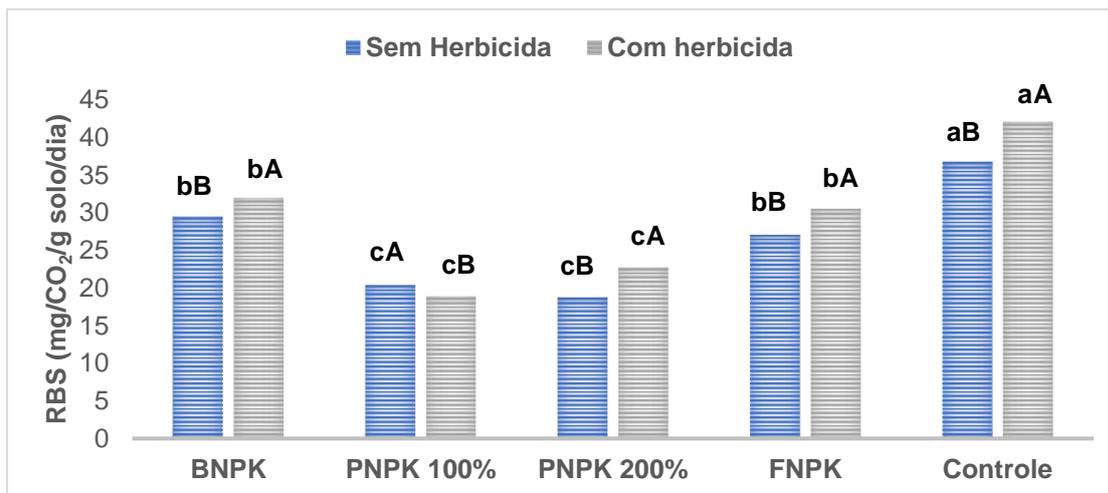
As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante microbiano, PNPK= Fertilizante microbiano com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPK= Fertilizante comercial. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008)

## 4.2.3 Determinações microbiológicas

### 4.2.3.1 Respiração basal

Nos resultados para a respiração basal do solo (Figura 2) foi observado que o tratamento controle obteve os maiores valores, sobressaindo entre os demais tratamentos sem e com herbicida.

Na comparação entre os tratamentos sem e com herbicida todos diferiram entre si. Gatiboni et al. (2011), aponta que durante o início do processo de decomposição de um material orgânico ocorre a maior atividade microbiana, pois há uma maior disponibilidade de nutrientes. Já Ondõno, Bastida e Moreno (2014) ao avaliarem substratos com adição de matéria orgânica, observaram que as maiores adições de matéria orgânica elevaram as concentrações de C-CO<sub>2</sub> no solo, sendo necessário adições maiores de resíduo orgânico para alterarem a atividade microbiana do solo.

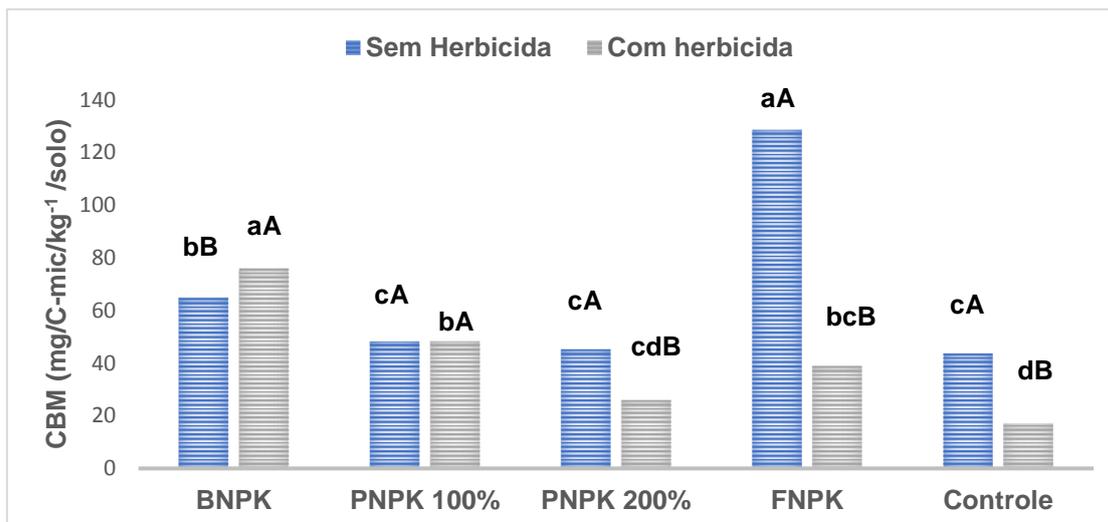


**Figura 2.** Respiração basal em solo submetido a tratamentos de fertilização, sem e com herbicida. As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante biológico, PNPk= Fertilizante biológico com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPk= Fertilizantes comerciais. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008). CV (%)= 7,21

#### 4.2.3.2 Carbono da biomassa microbiana

De acordo com os valores de carbono da biomassa microbiana (Figura 3) foi observado que o tratamento FNPk sem herbicida sobressaiu aos demais tratamentos. Já com herbicida o tratamento BNPK foi que sobressaiu aos demais. Na comparação sem e com a presença de herbicida apenas o tratamento PNPk 100% não apresentou diferença significativa entre si. Doan et al. (2014) afirmam que aplicação de fertilização melhorou as propriedades do solo e incrementou a diversidade bacteriana do solo, o que faz com que haja um aumento na biomassa microbiana nos solos.

A aplicação de fertilizantes melhora se aplicada junto a adubação orgânica, sendo importante que esse corretivo orgânico seja de alta qualidade química para regular e elevar as propriedades microbiológicas do solo, e com isso aumentar a solubilização dos fertilizantes no solo, dessa forma Doan et al. (2013) demonstraram a influência positiva do uso de compostos orgânicos para o solo, pois sua aplicação eleva a diversidade de bactérias, aumentando a biomassa. Nota-se que a adição de fontes de material orgânico impulsiona a atividade microbiana do solo, entretanto é importante notar que a adição de resíduo orgânico nem sempre leva ao maior desenvolvimento da biomassa microbiana, sendo importante avaliar a qualidade química do material adicionado ao solo (TORRES et al., 2014).

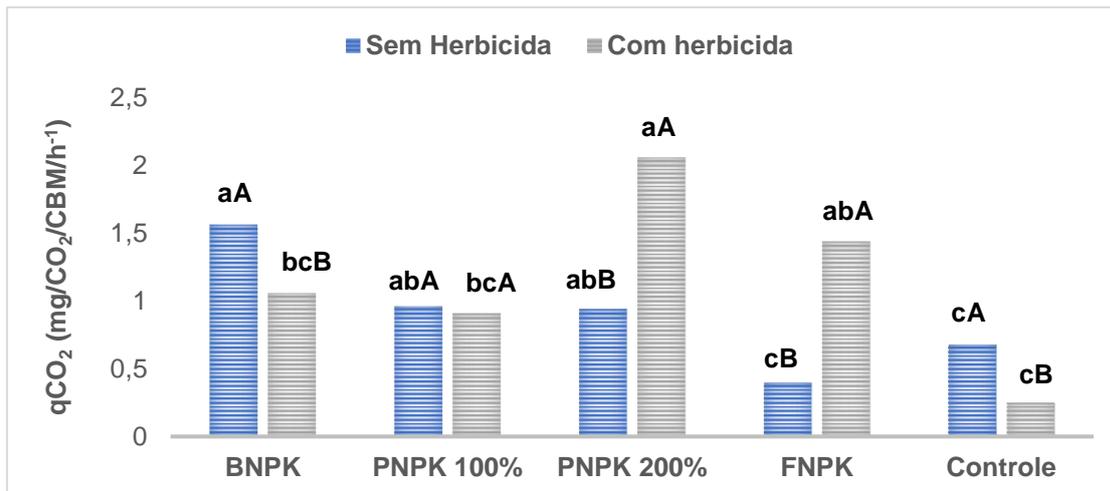


**Figura 3.** Carbono da biomassa microbiana em solo submetido a tratamentos de fertilização, sem e com herbicida. As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante biológico, PNPk= Fertilizante biológico com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPk= Fertilizantes comerciais. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008). CV (%)= 13,54

#### 4.2.3.3 Coeficiente metabólico

Os valores de coeficiente metabólico (Figura 4) mostraram que os tratamentos BNPK, PNPk 100% e PNPk 200% não diferenciaram entre si, sendo estes superiores aos demais tratamentos sem herbicida. Foram observados que os tratamentos PNPk 200% e FNPk não diferiram entre si, sendo que estes sobressaíram aos demais tratamentos com herbicida. Com relação a comparação sem e com adição de herbicida apenas o tratamento PNPk 100% não diferiu significativamente entre si.

Padilha et al. (2014) Avaliando os Indicadores biológicos de dois solos com a incorporação de subproduto da agroindústria de café demonstraram que com o avanço do processo de decomposição do resíduo adicionado gerou aumento no coeficiente metabólico. Já Ondño, Bastida e Moreno (2014) apontaram que a elevação no coeficiente metabólico dos solos é um indicador de ambiente de estresse e não de maior atividade metabólica para o crescimento da comunidade microbiana no solo.

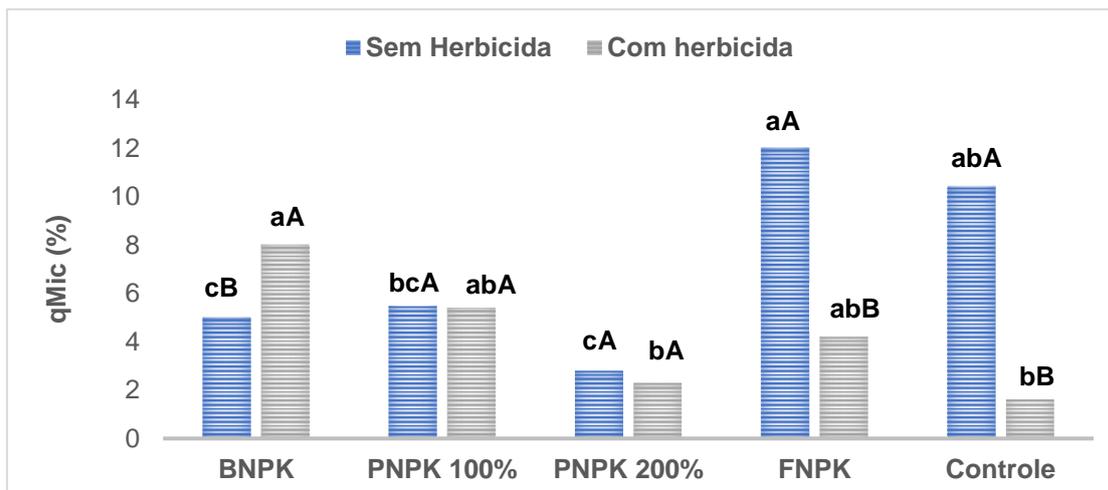


**Figura 4.** Coeficiente metabólico em solo submetido a tratamentos de fertilização, sem e com herbicida. As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante biológico, PNPk= Fertilizante biológico com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPk= Fertilizantes comerciais. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008). CV (%)= 27,65

#### 4.2.3.4 Coeficiente microbiano

Os resultados para o coeficiente microbiano (Figura 5) mostraram que os tratamentos FNPk e controle não diferenciaram entre si, sendo estes superiores aos demais tratamentos sem herbicida. Os tratamentos BNPK, PNPk 100% e FNPk não diferiram entre si, sendo estes superiores aos demais tratamentos com herbicida. Na comparação sem e com herbicida apenas os tratamentos PNPk 100% e PNPk 200% não diferiram significativamente entre si.

O qMIC é bastante variável em função da dinâmica da entrada de COT no solo e sua qualidade e quantidade, condições ambientais e a presença da diversidade e atividade dos microrganismos, conseqüentemente apontando que pode haver maior ciclagem de nutrientes no solo (PRAGANA et al., 2012). Resultados de até 1,25% foram encontrados por Silva (2012), avaliando indicadores biológicos em Neossolo regolítico cultivado com milho e biofertilizantes fosfatados, indicando uma condição de matéria orgânica pouco ativa.



**Figura 5.** Coeficiente microbiano em solo submetido a tratamentos de fertilização, sem e com herbicida. As médias seguidas de mesma letra nas colunas (minúsculas), e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). BNPK= Fertilizante biológico, PNPK= Fertilizante biológico com quitosana fúngica de *C. elegans*, FNPK= Fertilizantes comerciais. DR= Dose recomendada para pimentão (IPA 2008). CV (%)= 24,36

## 5 CONCLUSÕES

### 5.1 Seleção de bactérias diazotróficas

A disponibilidade de nutrientes no fertilizante biológico, de uma maneira geral foram obtidos para os tratamentos de biofertilizante de rochas com P e K, devido a atuação da bactéria oxidante do enxofre *Acidithiobacillus* que produziu ácido sulfúrico e incrementou a liberação de nutrientes.

O tratamento com mistura de material orgânico (torta de filtro de cana-de-açúcar e húmus de minhoca) foi efetivo na liberação de nutrientes, tendo em vista que atuou na neutralização do pH e na liberação de nutrientes após inoculação com bactérias diazotróficas de vida livre.

### 5.2 Experimento em campo

O Fertilizante biológico com adição de *Cunninghamella elegans* (PNPK) foi tão eficiente quanto o Fertilizante solúvel (FNPK), para a produtividade, número de frutos, diâmetro e comprimento dos frutos, e espessura da casca do fruto, sendo a produtividade a variável mais sensível em detectar mudanças causadas pela adição de herbicida no solo.

Os tratamentos com a presença de herbicida apresentaram efeitos negativos sobre a produtividade, na altura das plantas, na biomassa fresca da raiz, no número de frutos, nos teores de nutrientes totais e acumulado na planta;

Os maiores teores encontrados para N total, P, K total e acumulado na parte aérea do pimentão foram obtidos com a aplicação dos fertilizantes biológicos, sendo este eficiente tanto quanto o fertilizante solúvel (FNPK).

O fertilizante biológico com a adição de fungos de Ordem Mucorales, de uma maneira geral, não mostrou grande variação na disponibilidade de nutrientes disponíveis no solo, entretanto os maiores teores de N-total e Ca no solo foram obtidos com a aplicação do fertilizante biológico.

Houve efeito positivo das bactérias oxidantes do enxofre (*Acidithiobacillus*) na solubilização de minerais contidos nos fertilizantes microbianos aplicados no solo, principalmente na liberação de  $\text{SO}_4^{2-}$ , devido a formação de ácido sulfúrico.

A comunidade microbiana foi afetada de formas diferentes sem e com a adição de herbicida no solo, sendo que a respiração basal do solo foi a variável biológica mais sensível em detectar mudanças causadas pela adição de herbicida no solo, sendo os maiores teores de COT obtidos com aplicação de fertilizantes biológico.

Diante destes resultados, sugere-se a execução de novos estudos com objetivo de se comparar a similaridade entre a adição e a ausência da aplicação de herbicida no solo, além do efeito deste junto a fertilizantes microbianos e sobre a atividade microbiana de solos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; BEZERRA NETO, E.; SOUZA, A. E. R.; SANTOS, A. N. Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 681-687, 2012.

ALI, A.; ZAHID, N.; MANICKAM, S.; SIDDIQUI, Y.; ALDERSON, P.G.; MAQBOOL, M. Induction of lignin and pathogenesis related proteins in dragon fruit plants in response to submicron chitosan dispersions. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 63, p. 83–88, 2014.

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, p. 341-347, 2011.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v.1, p.81-89, 1985.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology & Biochemistry**, Amsterdam, v. 25, p. 393-395, 1993.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2013. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>>. Acesso em 10 janeiro 2018.

ARAGÃO, D. V.; CARVALHO, C. J. R.; KATO, O. R.; ARAÚJO, C. M.; SANTOS, M. T. P.; MOURÃO JÚNIOR, M. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. **Revista Acta Amazônica**; Manaus, v.42, n. 1, p.11-18, 2012.

ARAÚJO, H. S.; QUADROS, B. R.; CARDOZO, A. I. I.; CORRÊA, C. V. Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 469-475, 2012.

AULAR, J.; CASARES, M.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto do abacaxizeiro e do maracujazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 1046-1054, 2014.

AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1214-1231, 2013.

BANERJEE, A.; BAREH, D. A.; JOSHI, S. R. Native microorganisms as potent bioinoculants for plant growth promotion in shifting agriculture (*Jhum*) systems. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v.17, p. 127-140, 2017.

BARTLETT, R. J.; ROSS, D. S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society American Journal**, San Diego, v. 52, p. 191-192, 1988.

BERGER, L. R. R.; STAMFORD, T. C. M.; ARNAUD, T. M. S.; FRANCO, L. O.; NASCIMENTO, A. E.; CAVALCANTE, H. M. M.; MACEDO, R. O.; TAKAKI, G. M. C. Effect of corn steep liquor (CSL) and cassava wastewater (CW) on chitin and chitosan production by *Cunninghamella elegans* and their physicochemical characteristics and cytotoxicity. **Molecules**, Basileia, v. 19, p. 2771-2792, 2014.

BOAS, B. M. V.; SIQUEIRA, H. H.; LEME, S. C.; LIMA, L. C. O.; ALVES, T. C. Conservação de pimentão verde minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 34-39, 2012.

CARDOZO, M. T. D.; GALBIATTI, J. A.; SANTANA, M. J.; CAETANO, M. C. T.; CARRASCHI, S. P.; NOBILE, F. O. Pimentão (*Capsicum annuum*) fertilizado com composto orgânico e irrigado com diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 673-684, 2016.

CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, E. C.; AQUINO, R. F. Pimentão cultivado em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 236-245, 2016.

CHARLO, H. C. O.; OLIVEIRA, S. F.; VARGAS, P. F.; CASTOLDI, R.; BARBOSA, J. C.; BRAZ, L. T. Accumulation of nutrients in sweet peppers cultivated in coconut fiber. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 125-131, 2012.

CHOU, Y. M.; SHEN, F. T.; CHIANG, S. C.; CHANG, C. M. Functional diversity and dominant populations of bacteria in banana plantation soils as influenced by long-term organic and conventional farming. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.110, p. 21-33, 2017.

CLIMATE-Data.Org. Disponível em: < <http://pt.climatedata.org/location/42702/>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

COELHO, F. S.; FONTS, P. C. R.; FINGER, F. L.; CECON, P. R. Avaliação do estado nutricional do nitrogênio em batateira por meio de polifenóis e clorofila na folha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 584-592, 2012.

COELHO, M. E. H.; FREITAS, F. C. L.; CUNHA, J. L. X. L.; DOMBROSKI, J. L. D.; SANTANA, F. A. O. Interferência de plantas daninhas no crescimento do pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 19-30, 2013.

COSTA, L. V.; BENTES, J. L. S.; LOPES, M. T. G.; ALVES, S. R. M.; VIANA JÚNIOR, J. M. Caracterização de acessos de pimentas do Amazonas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.33, n. 3, p. 290-298, 2015.

COSTA, M. S. S. M.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F.; COSTA, L. A. M.; CASTOLDI, G.; GOBBI, F. C. Atributos químicos do solo sob plantio direto afetado por sistemas de culturas e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, p. 579-587, 2011.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, p.56-63, 2012.

CUNHA, J. L. X. L.; FREITAS, F. C. L.; COELHO, M. E. H.; SILVA, M. G. O.; MESQUITA, H. C.; SILVA, K. S. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Agro@ambiente**, On-line, Boa Vista, v. 9, n. 2, p. 175-183, 2015.

DAR, T. A.; UDDIN, M.; KHAN, M. M. A.; ALI, A.; MIR, S. R.; VARSHNEY, L. Effect of Co-60 gamma irradiated chitosan and phosphorus fertilizer on growth, yield and trigonelline content of *Trigonella foenum-graecum* L. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, Amsterdam, v. 8, p. 446-458, 2015.

DIAS, K. B.; SILVA, D. P.; FERREIRA, L. A.; FIDELIS, R. R.; COSTA, J. L.; SILVA, A. L. L.; SCHEIDT, G. T. Chitin and chitosan: Characteristics, uses and production current perspectives. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v. 4, n. 3, p. 184-191, 2013.

DOAN, T. T.; BOUVIER, C.; BETTAREL, Y.; BOUVIER, T.; HENRY-DES-TUREAUX, T.; JANEAU, J. L.; LAMBALLEE, P.; VAN NGUYEN, B.; JOUQUET, P. Influence of buffalo manure, compost, vermicompost and biochar amendments on bacterial and viral communities in soil and adjacent aquatic systems. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 73, p. 78-86, 2014.

DOAN, T. T.; JUSSELME, D. M.; LATA, J.-C.; VAN NGUYEN, B.; JOUQUET, P. The earthworm species *Metaphire posthuma* modulates the effect of organic amendments (compost vs. vermicompost from buffalo manure) on soil microbial properties. A laboratory experiment. **European Journal of Soil Biology**, Amsterdam, v. 59, p. 15-21, 2013.

DU, D.; DING, J.; CAI, J.; ZHANG, A. Determination of carbaryl pesticide using amperometric acetylcholinesterase sensor formed by electrochemically deposited chitosan. **Colloids and Surfaces Biointerfaces**, Amsterdã, v. 58, p. 145-150, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de método e análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA Solos, 2011. 230p. – (Documentos Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 132).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2ed. Ver. Ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 672p. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. Ed. Brasília, Embrapa Solos, 2013. 353p.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Chillies and peppers, green**. 2013. Disponível em <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, M. V. B.; BONÍFACIO, A.; RODRIGUES, A. C.; ARAÚJO, F. F.; STAMFORD, N. P. Beneficial Microorganisms: Current Challenge to Increase Crop Performance. In: ARORA, N. K.; MEHNAZ, S. B. **Bioformulations: for Sustainable Agriculture**. 1 ed. India: Springer India, v. 1, p. 53-70, 2016.

FRANCO, L. O.; ALBUQUERQUE, C. D. C.; STAMFORD, N. P.; LIMA, M. A. B.; TAKAKI, C. G. M. Avaliação da atividade ácida e alcalina e acúmulo de fosfato inorgânico em amostras de *Cunninghamella elegans*. **Analytica**, São Paulo, v. 54, p. 70-78, 2011.

FRANCO, M. H. R.; FRANÇA, A. C.; ALBUQUERQUE, M. T.; SCHIAVON, N. C.; VARGAS, G. N. Fitorremediação de solos contaminados com picloram por *Urochloa brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 460-467, 2014.

GATIBONI, L. C.; COIMBRA, J. L. M.; DERNARDIN, R. B. N. & WILDER, L. P. Microbial biomass and soil fauna during the decomposition of cover crops in no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1151-1157, 2011.

GOMES, G. P.; GONÇALVES, L. S. A.; SEKIYA, A.; EUZEBIO, M. P.; ROBAINA, R. R.; MARINHO, C. D. Registro e proteção de olerícolas no Brasil, período de 1998 a 2014. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 19-26, 2016.

GUERRA, N.; SILVA, E. S. B.; TAVARES, A. M.; CARLET, A.; OLIVEIRA NETO, A. M. Interferência de plantas daninhas na cultura da beterraba em semeadura direta e transplantada. **Revista Agro@ambiente**, On-line, Boa Vista, v. 10, n. 3, p. 235-242, 2016.

HASSAN, W.; HUSSAIN, M.; BASHIR, S.; SHAH, A. N.; BANO, R.; DAVID, J. ACC-deaminase and/or nitrogen fixing rhizobacteria and growth of wheat (*Triticum Aestivum* L.). **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 15, p. 232-248, 2015.

HORTIBRASIL, Org. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em <<https://censos2017.ibge.gov.br>> Acesso em: 12 jan. 2019.

IEA – Instituto de Economia Agrícola. Banco de Dados: **Estatística de Produção Paulista**, 2019. Disponível em: <[http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod\\_sis=1&idioma=1](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1)>. Acesso em: 12 jan. 2019.

IPA – INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª. aproximação. 3ª ed. Rev.** Recife: IPA, 2008. 212 p.

LI, H.; WANG, Y.; LIU, F.; YANG, Y.; WU, Z.; CAI, H.; ZHANG, Q.; WANG, Y.; LI, P. Effects of chitosan on control of postharvest blue mold decay of apple fruit and the possible mechanisms involved. **Science Horticulturae**, Amsterdam, v. 186, p. 77–83, 2015.

LIMA, G. S.; BROETTO, F.; SOUSA, A. P.; CORREIA, J. S.; SILVA, A. O. Impactos nutricionais e produção de pimentão submetido à deficiência hídrica. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 724-735, 2016.

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPARINI, A. S.; NUNES, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p.20-28, 2011.

MAIA, A. J.; BOTELHO, R. V.; FARIA, C. M. D. R.; LEITE, C. D. Chitosan action on *Plasmopara viticola* and *Elsinoe ampelina* development in vitro and in grapevines cv. Isabel. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.36, n.2, p.203-209, 2010.

MEDEIROS, E. V.; DUDA, G. P.; SANTOS, L. A. R.; LIMA, J. R. S.; ALMEIDA-CORTÊZ, J. S.; HAMMECKER, C.; LARDY, L.; COURNAC, L. Soil organic carbon, microbial biomass and enzyme activities responses to natural regeneration in a tropical dry region in Northeast Brazil. **Catena**, Amsterdam, v. 151, p. 137-146, 2017.

MEDEIROS, E. V.; NOTARO, K. A.; BARROS, J. A.; MORAES, W. S.; SILVA, A. S.; MOREIRA, K. A. Absolute and specific enzymatic activities of sandy entisol from tropical dry forest, monoculture and intercropping areas. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 145, p. 208-215, 2015.

MEI, M.; DA, Z.; XU, R.; CHEN, Y.; ZHANG, H.; QU, S. Photocatalytic degradation of hexazinone and its determination in water via UPLC–MS/MS. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdã, v. 221–222, p. 100–108, 2012.

MENDES, K. F.; GOULART, B. F.; POSSAMAI, A. C. S.; INOUE, M. H.; MATOS, A. K. A.; TSCHOPE, M. C. Lixiviação do hexazinone e da mistura hexazinone + diuron em colunas de solos com texturas distintas, **Revista Agro@ambiente**, On-line, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 218-224, 2013.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: Métodos de análises**. Viçosa: UFV, p. 86-92, 2005.

MONTEIRO NETO, J. L. L.; ARAÚJO, W. F.; VILARINHO, L. B. O.; SILVA, E. S.; ARAÚJO, W. B. L.; SAKAZAKI, R. T. Produção de mudas de pimentão (*Capsicum annum* L.) em diferentes ambientes e substratos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.11, n.4, p.289-297, 2016

NARAYAN, S. Effects of microbial and chemical fertilizers on vegetative and reproductive characteristics of Shimla Mirch (*Capsicum SP.* L.) CV. Giant Bullnose. **Journal of natural resource and development**, Köln, v. 11, n. 2, p. 13-19, 2016.

NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, P. D.; SILVA, S. A.; VIEIRA, M. S.; OLIVEIRA, A. P. Efeito da utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de pimentão irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.2, p.258-264, 2011.

NASCIMENTO, W. M. **Produção de sementes de hortaliças**. Brasília: Embrapa, p. 315, 2014.

OLIVEIRA, F. L. N.; OLIVEIRA, W. S.; STAMFORD, N. P.; SILVA, E. V. N.; SANTOS, C. E. R. S.; FREITAS, A. D. S. Effectiveness of biofertilizer enriched in N by *Beijerinckia indica* on sugarcane grown on an Ultisol and the interactive effects between biofertilizer and sugarcane filter cake. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 17, n. 4, p. 1040-1057, 2017b.

OLIVEIRA, F. L. N.; STAMFORD, N. P.; NETO, D. S.; OLIVEIRA, E. C. A.; OLIVEIRA, W. S.; SILVA SANTOS, C. E. R. Effects of biofertilizers produced from rocks and organic matter, enriched by diazotrophic bacteria inoculation on growth and yield of sugarcane. **Australian Journal of Crop Science**, Brisbane, v. 9, n.6, p. 504-508, 2016.

OLIVEIRA, W. S.; COELHO, I. L.; OLIVEIRA, J. R. S.; LEITE, M. C. B. S.; ARNAUD, T. M. S.; STAMFORD, N. P.; SILVA, E. V. N. Biological control of the bacterial wilt *Ralstonia solanacearum* by bioprotector with fungi chitosan from *Cunninghamella elegans* on tomatoes. **African Journal of Agricultural Research**, Johannesburg, v. 12, p. 42-49, 2017a.

OLIVEIRA, W. S.; STAMFORD, N. P.; SILVA, E. V. N.; SANTOS, C. E. R. S.; FREITAS, A. D. S.; ARNAUD, T. M. S.; SARMENTO, B. F. Biofertilizer produced by interactive microbial processes affects melon yield and nutrients availability in a Brazilian semiarid soil. **Australian Journal of Crop Science**, Brisbane, v. 8, n. 7, p. 1124-1131, 2014.

ONDÃO, S.; BASTIDA, F.; MORENO, J. L. Microbiological and biochemical properties of artificial substrates: A preliminary study of its application as Technosols or as a basis in Green Roof Systems. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 70, p. 189-199, 2014.

ORTEGA-ORTIZ, H.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; MENDOZA-VILLARREAL, R. RAMIREZ-RODRÍGUEZ, H.; ROMENUS, K. A. Enzymatic activity in tomato fruits as a response to chemical elicitors. **Journal of the Mexican Chemical Society**, Cidade do México, v. 51, p. 141–144, 2007.

OWAMAH, H. I.; DAHUNSI, S. O.; ORANUSI, U. S.; ALFA, M. I. Fertilizer and sanitary quality of digestate biofertilizer from the co-digestion of food waste and human excreta. **Waste Management**, Oxford, v. 34, p. 747-752, 2014.

PADILHA, K. M.; FREIRE, M. B. G. S.; DUDA, G. P.; SANTOS, U. J.; SILVA, A. O.; SOUZA, E. R. Indicadores biológicos de dois solos com a incorporação de subproduto da agroindústria de café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, p. 1377-1386, 2014.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.32, p. 911-920, 2008.

PEDÓ, T.; AUMONDE, T. Z.; OLIVEIRA, L. C.; NORA, L.; MORSELLI, T. B. G. A.; MAUCH, C. R. Produtividade e caracterização físico-química de pimentas submetidas a diferentes fontes e doses de adubação orgânica. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 113, n. 2, p. 134-139, 2014.

PRAGANA, R.B.; NÓBREGA, R.S.A.; RIBEIRO, M.R. & LUSTOSA FILHO, J.F. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 851-858, 2012.

ROCHA, P. R. R.; FARIA, A. T.; BORGES, L. G. F. C.; SILVA, L. O. C.; SILVA, A. A.; FERREIRA, E. A. Sorção e dessorção do diuron em quatro latossolos brasileiros. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 231-238, 2013.

ROGERI, D. A.; ERNANI, P. R.; LOURENÇO, K. S.; CASSOL, P. C.; GATIBONI, L. C. Mineralização e nitrificação do nitrogênio proveniente da cama de aves aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.6, p.534–540, 2015.

SANTANA, R. S.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S.; FREITAS, A. D. S.; ARNAUD, T. M. S. Influence of Bioprotector with Microbial Inoculation on Green Pepper Yield and Improvement on Soil Nutrients Availability. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**, Country, v. 2, n. 6, p. 1027-1034, 2014.

SANTOS, P. R.; MELO, R. A.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; FERREIRA, I. V. S.; SILVA, F. S.; LIMA FILHO, F. P.; MENEZES, D. Desempenho de linhagens e híbridos de pimentão em dois sistemas de poda no cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 129-134, 2017.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C. L. O.; JACOB, L. L. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante de suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.6, p.588–594, 2014.

SHEN, Z.; RUAN, Y.; WANG, B.; ZHONG, S.; LI, R.; SU, L.; SHEN, O. Effect of biofertilizer for suppressing *Fusarium wilt* disease of banana as well as enhancing microbial and chemical properties of soil under greenhouse trial. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 93, p. 111-119, 2015.

SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FEITORA, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; SILVA, E. M. R. Total organic carbon, microbial biomass and soil enzyme activity of agricultural areas, forest and grassland middle valley of Paraíba south (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1680-1689, 2012.

SILVA, M. O.; STAMFORD, N. P.; AMORIM, L. B.; ALMEIDA JUNIOR, A. B.; SILVA, M. O. Diferentes fontes de P no desenvolvimento do meloeiro e disponibilidade de fósforo no solo. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 268-277, 2011.

SILVA, W. O.; STAMFORD, N. P.; SILVA, E. V. N.; SANTOS, C. E. R. S.; FREITAS, A. D.; SILVA, M. V. The impact of biofertilizers with diazotrophic bacteria and fungi chitosan on melon characteristics and nutrient uptake as an alternative for convention alfertilizers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 209, p. 236-240, 2016.

SOUSA, L. B.; STAMFORD, N. P.; OLIVEIRA, W. S.; SILVA, E. V. N.; MARTINS, M. S.; SANTOS, C. E. R. S. Evolution of nutrient availability in maturation phase of composting using proportions of different residues inoculated with *Beijerinckia indica*. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 40, p. 1-7, 2018.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v.30, p.195-207, 1992.

STAMFORD, N. P.; ANDRADE, I. P.; SILVA JÚNIOR, S.; LIRA JÚNIOR, M.; SANTOS, C. S.; FREITAS, A. D. S.; STRAATENS, P. V. Soil properties and grape yield affected by rock biofertilisers with earthworm compound. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 11, n. 4, p. 15-25, 2011.

STAMFORD, N. P.; SILVA JÚNIOR, S. S.; SANTOS, C. E. R. S.; FREITAS, A. D. S.; SANTOS, C. M. A.; ARNAUD, T. M. S.; SOARES, H. R. Yield of grape (*Vitis labrusca* cv. Isabel) and soil nutrients availability affected by biofertilizer with diazotrophic bacteria and fungi chitosan. **Australian Journal of Crop Science**, Brisbane, v. 8, n. 2, p. 301-306, 2014.

STAMFORD, N. P.; SILVA, E. V.N.; OLIVEIRA, W. S.; SILVA, M. C. F.; MARTINS, M. S.; SILVA, V. S. G. Organic matter inoculated with diazotrophic bacterium *Beijerinckia indica* and *Cunninghamella elegans* fungus containing chitosan on banana "Williams" in field. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.39, p. 33-41, 2017.

STAMFORD, N. P.; SIMÕES NETO, D. E.; FREITAS, A. D. S.; OLIVEIRA<sup>1</sup>, E. C. A. OLIVEIRA, W. S.; CRUZ, L. Rock biofertilizer and earthworm compost on sugarcane performance and soil attributes in two consecutive years. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.73, p.29-33, 2016.

TORRES, I. F.; BASTIDA, F.; HERNÁNDEZ, T.; BOMBACH, P.; RICHNOW, H. H.; GARCÍA, C. The role of lignin and cellulose in the carbon-cycling of degraded soils under semiarid climate and their relation to microbial biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 75, p. 152-160, 2014.

UNLUKARA, A.; KURUNC, A.; CEMEK, B. Green long pepper growth under different Saline and water regime conditions and usability of water consumption in plant salt tolerance. **Jornal of Agricultural Sciences**, Cambridge, v. 21, p. 167-176, 2015.

VASCONCELOS, M. C. C.; SILVA, A. F. A.; LIMA, R. S. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 01-06, 2012.

YOSHIZUKA, K.; LOU, Z.; INOUE, K. Silver-complexed chitosan microparticles for pesticide removal. **Reactive & Functional Polymers**, Amsterdam, v. 44, p. 47–54, 2000.

ZENG, D.; LUO, X. Physiological effects of chitosan coating on wheat growth and activities of protective enzyme with drought tolerance. **Open Journal of Soil Science**, Wuhan, v. 2, p. 282–288, 2012.