



**ACÚMULO DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE DE SORGO  
SILAGEIRO INOCULADO COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM  
SUBSTRATO OBTIDO POR COMPOSTAGEM**

**LEANDRO GONÇALVES DOS SANTOS**

**2016**

**LEANDRO GONÇALVES DOS SANTOS**

**ACÚMULO DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE DE SORGO  
SILAGEIRO INOCULADO COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM  
SUBSTRATO OBTIDO POR COMPOSTAGEM**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de Doutor.

Orientadora:  
Prof. D. Sc. Vera Lucia Divan Baldani

Coorientador:  
Prof. D. Sc. Joilson Silva Ferreira

VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA – BRASIL

**DEDICO:**

A Deus e aos meu pais,  
Cecinio dos Santos Filho e Adejanira Gonçalves  
que me deram a vida e educaram com amor, respeito e honestidade.  
Pelo incentivo aos estudos, formação de meu caráter e sobre tudo, dos valores.

**OFEREÇO:**

A minha esposa,  
Gisella Martha Silva Simões dos Santos  
pelo amor, carinho e compreensão.

E ao meu filho,  
Hauã Henri Simões dos Santos  
alegria da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me proporcionado forças para mais essa conquista.

Aos meus familiares pelo incentivo aos estudos e confiança depositada.

A minha orientadora Dra. Vera Lucia Divan Baldani, pelos ensinamentos, incentivo e confiança depositada.

Ao professor Dr. Joilson Silva Ferreira, pelas sugestões e apoio.

A todos os demais professores da Pós-Graduação em Agronomia da UESB pela oportunidade e conhecimentos adquiridos.

Aos colegas de trabalho Antônio Cesar, Alexsandro, Felizarda, Leandro Peixoto, Reinaldo, Yslai, pelo apoio, sugestões e confiança depositada.

Aos colegas da Pós-Graduação, Aderson, Cristina, Denailson, Erlani, Everardes, Fabiano, Joelma, Maurício, Renan, Ricardo, pelo apoio e convivência.

Ao grande amigo e colega de trabalho Ubiratan Oliveira Souza, pela ajuda incondicional, pela amizade e pelos momentos de descontração.

Aos estagiários do grupo de pesquisa: Anderson, Ângela, Bismark, Gabriel, Kelly, Lucas, Marcelo, Mateus e Vandearley, que voluntariamente ajudaram na execução do experimento.

Aos alunos do Mestrado Profissional de Produção Vegetal no Semiárido, Varley e Cleiton pela colaboração.

À FAPESB pela concessão da bolsa de estudos.

Aos demais amigos e colegas do curso de Pós-Graduação em Agronomia da UESB, pela receptividade e boa convivência.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste sonho.

Santos, Leandro Gonçalves

Acúmulo de nutrientes e produtividade de sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem / Leandro Gonçalves dos Santos, 2016.

xxf.:

Orientadora: Vera Lucia Divan Baldani

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Vitória da Conquista, 2016

Inclui referências.

1. Inoculante. 2. Fixação biológica. 3. Gramíneas

I. Baldani, Vera Lucia Divan. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

CCD:



## RESUMO

SANTOS, L. G. **Acúmulo de nutrientes e produtividade de sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem.** Vitória da Conquista: UESB, 2016. 107p. (Tese – Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia)<sup>1</sup>.

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é uma monocotiledônea anual pertencente à família Poaceae e que apresenta grande potencial para produção de grãos e forragem. Sua boa tolerância ao estresse hídrico torna esta planta uma boa opção de cultivo para regiões de clima semiárido. O nitrogênio, é dentre os macronutrientes, o elemento mais requerido por esta cultura e também um dos fatores que mais onera o custo de produção pelo seu suprimento através da fertilização. O sorgo é uma planta que pode ser colonizado por diversas bactérias diazotróficas e com isso ter seu rendimento melhorado pela fixação biológica de nitrogênio. Objetivou-se neste estudo avaliar o acúmulo de nutrientes e a produtividade do sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem. O experimento foi realizado no Instituto Federal Baiano – campus Guanambi, região sudoeste do Estado da Bahia, no período de março de 2012 a janeiro de 2015. A primeira etapa do estudo consistiu na obtenção do substrato para inoculação a partir de resíduos da indústria algodoeira e da avicultura utilizando a técnica da compostagem. A segunda etapa constou do beneficiamento e da caracterização físico-química dos substratos obtidos anteriormente. A terceira etapa consistiu em avaliar a capacidade de o substrato manter a sobrevivência das bactérias nele inoculadas. A quarta e última etapa consistiu em avaliar o efeito do inoculante produzido a partir destes substratos no rendimento de sorgo silageiro em condições de campo e de casa de vegetação. Os resultados analíticos demonstraram que os substratos obtidos possuem características físico-químicas semelhantes ao da turfa que é o substrato tradicionalmente utilizado como veículo de inoculação. Os substratos avaliados conseguiram manter a sobrevivência das bactérias na concentração de  $10^8$  células  $g^{-1}$  por até 30 dias. O efeito da inoculação de *Azospirillum brasiliense* e *Herbaspirillum seropedicae* nos substratos produzidos foram superiores aos da turfa para todas as variáveis estudadas.

**Palavras-chave:** Inoculante, Fixação biológica, Gramíneas.

---

<sup>1</sup>Orientador: Vera Lucia Divan Baldani, D.Sc., EMBRAPA e Coorientador:  
Joilson Silva Ferreira, D.Sc., UESB.



## ABSTRACT

SANTOS, L. G. **Acúmulo de nutrientes e produtividade de sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem.** Vitória da Conquista: UESB, 2016. 107p. (Tese Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia)<sup>1</sup>.

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é uma monocotiledônea anual pertencente à família Poaceae e que apresenta grande potencial para produção de grãos e forragem. Sua boa tolerância ao estresse hídrico torna esta planta uma boa opção de cultivo para regiões de clima semiárido. O nitrogênio, é dentre os macronutrientes, o elemento mais requerido por esta cultura e também um dos fatores que mais onera o custo de produção pelo seu suprimento através da fertilização. O sorgo é uma planta que pode ser colonizado por diversas bactérias diazotróficas e com isso ter seu rendimento melhorado pela fixação biológica de nitrogênio. Objetivou-se neste estudo avaliar o acúmulo de nutrientes e a produtividade do sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem. O experimento foi realizado no Instituto Federal Baiano — campus Guanambi, região sudoeste do Estado da Bahia, no período de março de 2012 a janeiro de 2015. A primeira etapa do estudo consistiu na obtenção do substrato para inoculação a partir de resíduos da indústria algodoeira e da avicultura utilizando a técnica da compostagem. A segunda etapa constou do beneficiamento e da caracterização físico-química dos substratos obtidos anteriormente. A terceira etapa consistiu em avaliar a capacidade de o substrato manter a sobrevivência das bactérias nele inoculadas. A quarta e última etapa consistiu em avaliar o efeito do inoculante produzido a partir destes substratos no rendimento de sorgo silageiro em condições de campo e de casa de vegetação. Os resultados analíticos demonstraram que os substratos obtidos possuem características físico-químicas semelhantes ao da turfa que é o substrato tradicionalmente utilizado como veículo de inoculação. Os substratos avaliados conseguiram manter a sobrevivência das bactérias na concentração de  $10^8$  células  $g^{-1}$  por até 30 dias. O efeito da inoculação de *Azospirillum brasiliense* e *Herbaspirillum seropedicae* nos substratos produzidos foram superiores aos da turfa para todas as variáveis estudadas.

**Palavras-chave:** Inoculante, Fixação biológica, Gramíneas.

---

<sup>1</sup>Orientador: Vera Lucia Divan Baldani, D.Sc., EMBRAPA e Coorientador:  
Joilson Silva Ferreira, D.Sc., UESB.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitação, umidade relativa do ar e temperaturas máxima, média e mínima observadas durante o ciclo da cultura.....00
- Figura 2. Sobrevivência das bactérias no substrato a base de resíduos de algodão. \*\* =  $P < 0,01$ . IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.....00
- Figura 3. Sobrevivência das bactérias no substrato a base de resíduos de pequi. \*\* =  $P < 0,01$ . IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.....00
- Figura 4. Sobrevivência das bactérias no substrato a base de turfa. \*\* =  $P < 0,01$ . IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.....00
- Figura 5. Rendimento de massa verde da parte aérea do sorgo silageiro ( $\text{g planta}^{-1}$ ) em função da interação entre doses de nitrogênio, bactéria e substrato de inoculação.....00
- Figura 6. Rendimento de massa seca da parte aérea do sorgo silageiro ( $\text{g planta}^{-1}$ ) em função da interação entre doses de nitrogênio, bactéria e substrato de inoculação.....00
- Figura 7. Teor de nitrogênio na parte aérea do sorgo silageiro ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) em função da interação entre doses de nitrogênio, bactéria e substrato de inoculação. ....00
- Figura 8. Rendimento de massa verde da parte aérea do sorgo silageiro ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em função da interação entre doses de nitrogênio, bactéria e substrato de inoculação.....00
- Figura 9. Rendimento de massa seca da parte aérea do sorgo silageiro ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em função da interação entre doses de nitrogênio, bactéria e substrato de inoculação.....00

Figura 10.	Teor de nitrogênio na parte aérea do sorgo silageiro ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) em função da interação entre doses de nitrogênio, bactéria e substrato de inoculação. .....	00
Figura 11.	Pilhas de compostagem na área experimental.....	01
Figura 12.	Peneirando material compostado.....	01
Figura 13.	Resíduo processado e peneirado .....	01
Figura 14.	Resíduo processado e peneirado .....	01
Figura 15.	Determinação de condutividade elétrica para resíduos do pequi.....	01
Figura 16.	Determinação de condutividade elétrica para resíduos do pequi.....	01
Figura 17.	Vista aérea do setor de agricultura e experimentos do If baiano campus Guanambi-BA.....	01
Figura 18.	Vista aérea da área de implantação do experimento .....	01
Figura 19.	Delimitação da área experimental.....	01
Figura 20.	Etapa de determinação da capacidade de retenção de água dos substratos .....	01
Figura 21.	Obtenção do estrato para determinação de condutividade elétrica dos resíduos do algodão.....	01
Figura 22.	Determinação do pH em água dos substratos.....	01
Figura 23.	Vedação de embalagens com substratos.....	01
Figura 24.	Multiplicação de bactérias em meio DYG'S.....	01

Figura 25.	Substrato inoculado com bactéria.....	01
Figura 26.	Homogeneização do substrato inoculado em sementes de sorgo silageiro.....	01
Figura 27.	Contagem em meios JNFB e NFB.....	01
Figura 28.	Contagem em meios JNFB e NFB.....	01
Figura 29.	Instalação do sistema de irrigação na área experimental.....	01
Figura 30.	Sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotréficas após 12 dias da semeadura.....	01
Figura 31.	Sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotréficas após 30 dias da semeadura.....	01
Figura 32.	Sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotréficas após 30 dias da semeadura.....	01
Figura 33.	Sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas após 40 dias semeadura.....	01
Figura 34.	Vista aérea do sorgo silageiro após 50 dias da semeadura.....	01
Figura 35.	Sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em casa de vegetação.....	01

Figura 36. Sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em casa de vegetação.....01

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Teor de Macro e micronutrientes nos diferentes resíduos utilizados. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014..... 01
- Tabela 2. Proporção dos resíduos e a respectiva relação C/N na formulação dos diferentes tratamentos. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.  
..... 01
- Tabela 3. Caracterização quantitativa dos tratamentos estudados ao final da compostagem. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014..... 01
- Tabela 4. Caracterização físico-química dos diferentes compostos orgânicos produzidos e analisados. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.  
..... 01
- Tabela 5. Caracterização química dos diferentes compostos orgânicos produzidos e analisados. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014..... 01
- Tabela 6. Teor de macronutrientes nos diferentes tratamentos. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014..... 01
- Tabela 7. Teor de micronutrientes nos diferentes tratamentos. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014..... 01
- Tabela 8. Teor de metais pesados nos diferentes tratamentos. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014..... 01
- Tabela 9. Distribuição do tamanho de partículas nos diferentes tratamentos IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014..... 01
- Tabela 10. Resumo da análise de variância e respectiva significância para contagem de bactérias diazotróficas inoculadas nos diferentes substratos avaliados. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014..... 01

Tabela 11. Resumo da análise de variância e respectiva significância para massa verde de parte aérea (MV), massa seca de parte aérea (MS), e dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014..... 01

Tabela 12. Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) referente a variável massa verde de parte aérea (MV) em  $g\ planta^{-1}$  para o desdobramento da interação dupla entre os fatores avaliados em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.  
..... 01

Tabela 13. Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) referente a variável massa seca da parte aérea (MS) em  $g\ planta^{-1}$  para o desdobramento da interação tripla entre os fatores avaliados em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem..... 01

Tabela 14. Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) referente a variável teor de nitrogênio na parte aérea (N) em  $g\ Kg^{-1}$  para o desdobramento da interação tripla entre os fatores avaliados em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem..... 01

Tabela 15. Número de bactérias diazotróficas crescidas em meio JNFb e NFb, presentes nas raízes, colmos e folhas do sorgo aos 30 dias após semeadura, inoculado com estirpes de Z94 (*H. seropedicae*) e sp245 (*A. brasiliense*) em inoculante a base de turfa e de resíduos de algodão..... 01

Tabela 16. Resumo da análise de variância e respectiva significância para massa verde de parte aérea (MV), massa seca de parte aérea (MS), e dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem..... 01

Tabela 17. Teste de médias referente a variável massa verde de parte aérea (MV) em  $Mg\ ha^{-1}$  para o desdobramento da interação tripla entre os fatores avaliados em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem..... 01



Tabela 18. Teste de médias referente a variável massa seca de parte aérea (MS) em Mg ha<sup>-1</sup> referente ao desdobramento da interação tripla entre os fatores avaliados em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem..... 01

Tabela 19. Teste de médias referente a variável teor de nitrogênio (N) na parte aérea em g kg<sup>-1</sup> referente ao desdobramento da interação tripla entre os fatores avaliados em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem..... 01

Tabela 20. Número de bactérias diazotróficas crescidas em meio JNFb e NFb, presentes nas raízes, colmos e folhas do sorgo aos 60 dias após semeadura, inoculado com estirpes de Z94 (*H. seropedicae*) e sp245 (*A. brasiliense*) em inoculante a base de turfa, de resíduos de algodão e de pequi..... 01

Tabela 21. Vista da área experimental..... 01



## SUMÁRIO

### 1 INTRODUÇÃO

### 2 REFERENCIAL TEÓRICO

- 2.1 A cultura do sorgo
- 2.2 Importância do nitrogênio na cultura do sorgo
- 2.3 Fixação biológica de nitrogênio atmosférico
- 2.4 Resíduos orgânicos e compostagem
- 2.5 Produção de inoculantes

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

- 3.1 Local do Experimento
- 3.2 Produção e caracterização do substrato inoculante
- 3.3 Bactérias utilizadas
- 3.4 Sobrevivência das bactérias no inoculante produzido
- 3.5 Semente utilizada e inoculação
- 3.6 Avaliação do sorgo silageiro em condições de casa de vegetação
- 3.7 Avaliação do sorgo silageiro em condições de campo
- 3.8 Contagem de bactérias na planta
- 3.9 Análise de nutrientes na planta
- 3.10 Análises estatísticas

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

- 4.1 Produção e caracterização do substrato inoculante
- 4.2 Sobrevivência das bactérias no inoculante
- 4.3 Avaliação do sorgo silageiro em condições de casa de vegetação
- 4.4 Avaliação do sorgo silageiro em condições de campo

### 5 CONCLUSÕES

### 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## 1. INTRODUÇÃO

O sorgo é uma gramínea que se apresenta como grande alternativa para diversas regiões dentre elas o semiárido, pois sua rusticidade proporciona tolerância ao déficit hídrico e produtividade satisfatória em solos de com condições desfavoráveis. Condições estas que não seriam toleradas pela maioria dos cereais. Além disso, a planta possui grande versatilidade podendo ser utilizada para produção de combustível e na alimentação humana e animal.

Em Guanambi, o cultivo do sorgo é uma das principais alternativas para alimentação do rebanho bovino no período de estiagem, não apenas pela menor disponibilidade hídrica, mas também pelo volume de massa verde economicamente compensadora.

O nitrogênio, é dentre os macronutrientes, o elemento mais requerido por esta cultura e também um dos fatores que mais onera o custo de produção pelo seu suprimento através da fertilização. O sorgo é uma planta que pode ser colonizado por diversas bactérias diazotróficas e com isso ter seu rendimento melhorado pela fixação biológica de nitrogênio.

A fixação biológica de nitrogênio atmosférico ocorre naturalmente pela associação de bactérias diazotróficas com as plantas e apresenta-se como uma grande alternativa para reduzir a aplicação de fertilizante nitrogenado ou mesmo a melhoria da absorção deste.

Para que a fixação biológica ocorra com maior eficiência em sistemas produtivos, se torna necessário a utilização de inoculantes que mantenham a viabilidade das bactérias até o momento do uso.

No Brasil grande parte dos inoculantes comerciais é produzido a base de turfa, que é um material geológico com elevado teor de matéria orgânica, rico em nutrientes, baixo teor de cloretos, isento de areia e necessita de um longo período de formação cujo sua exploração é extrativista. Conseqüentemente, sua

renovação é difícil, sua disponibilidade é pequena e restrita a alguns países, frequentemente é importada, sua exploração requer criteriosas licenças ambientais e está sujeito a se tornar escasso.

A baixa qualidade da turfa nacional e os altos custos da turfa importada faz com que haja uma demanda por um substrato que seja de fácil aquisição/produção, baixo custo e adequado para garantir a sobrevivência, em grande quantidade, dos microrganismos inoculados até o momento de seu uso.

Diversos são os tipos de resíduos que embora causem problemas ambientais, possuem elevado potencial de aproveitamento como adubo orgânico, condicionador do solo, substratos para plantas ou inoculação. O setor agroindustrial assim como o agropecuário, geram grandes quantidades de resíduos que possuem valor agregado devido a sua característica orgânica podem ser tratado e aproveitado, evitando problemas ambientais com o descarte inadequado.

O processo de industrialização do algodão produz um resíduo composto pela casca (pericarpo), da maçã quando verde ou capulho quando seco, e de pequenos fragmentos de fibra que não foram aproveitados pelas máquinas. Este resíduo que em algumas regiões é popularmente conhecido como casquinha do algodão, se não for manejado adequadamente torna-se um grande poluente ambiental, em especial pelo particulado de tamanho reduzido e presença de fibras.

Poucas são as referências sobre os trabalhos relacionados à utilização de composto orgânico de esterco de aves para a obtenção de um veículo de inoculação para microrganismos fixadores de nitrogênio e/ou promotores de crescimento vegetal e sua utilização na cultura do sorgo, o que justifica ainda mais a importância para este trabalho com perfil inovador e tecnológico, pautado na sustentabilidade ambiental.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A cultura do Sorgo**

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é uma monocotiledônea anual pertencente à família Poaceae e que apresenta grande potencial para produção de grãos e forragem. Evidências apontam a África oriental como centro de origem desta cultura e estima-se que sua dispersão pelo mundo ocorreu pelos nativos africanos (RIBAS, 2008).

De acordo com Duarte (2010), no início do século XX o sorgo foi introduzido no Brasil e desde então sempre foi cultivado como um produto marginal. Entretanto, na década atual houve um aumento de 20,9% na área cultivada e 115,4% de incremento na produção, segundo dados do IBGE (2010).

Por ser tolerante a condições de estresse hídrico, esta cultura apresenta-se como grande atrativo para plantio em regiões de clima semiárido por ser tolerante a condições de estresse hídrico (ANDRADE e outros 2011). Segundo a FAO (2012), atualmente o sorgo é o quinto cereal mais produzido no mundo obtendo uma produção estimada em 60,2 milhões de toneladas na safra 2011.

O sorgo forrageiro é um híbrido interespecífico, resultante do cruzamento entre *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*, muito utilizado na alimentação animal por apresentar grande produção de massa verde, capacidade de rebrota, valor nutricional e resistência em suportar melhor os cortes e pastejos sucessivos (RODRIGUES e SILVA, 2011).

### **2.2 Importância do nitrogênio na cultura do sorgo**

O nitrogênio é o macronutriente mais requerido pelas culturas, em especial o sorgo, por ser o mais limitante à produção. Este elemento é

fundamental na composição de moléculas vitais, como aminoácidos, proteínas, enzimas e de clorofila, tendo relação direta com a expansão foliar, a elevação da taxa fotossintética, o crescimento, o desenvolvimento e a produção da cultura (OKUMURA e outros, 2011).

Sendo uma das culturas mais versátil e mais eficiente, tanto do ponto de vista fotossintético, como no tempo de maturação, a expressão deste potencial produtivo é muito pequena, principalmente quando não suprida suas exigências nutricionais (FONSECA e outros, 2008).

É possível obter produções satisfatórias de sorgo mesmo em solos de baixa fertilidade, o que demonstra rusticidade da cultura (Ribas, 2008), contudo, seu potencial é melhor expressado sob níveis adequados de fertilidade. A deficiência de nitrogênio no sorgo resulta inicialmente em clorose nas folhas mais velhas que logo evoluem para as folhas mais novas (SANTI e outros 2006). Também são relatados por Coelho e outros (2002), como sintomas o porte reduzido de plantas, menor área foliar, colmos finos e redução no teor de nitrogênio em todas as partes da planta, que de modo geral comprometem o teor de proteína na silagem de sorgo.

Apesar desta gramínea apresentar boa resposta produtiva à aplicação de nitrogênio, o uso inadequado deste insumo tem sido um dos grandes problemas da agricultura brasileira (Santos, 2010), como a contaminação de cursos de água pelo acúmulo de nitrato e pelo aumento da concentração de gases de efeito estufa.

### **2.3 Fixação biológica de nitrogênio atmosférico**

O nitrogênio é o elemento mais abundante em nossa atmosfera, contudo este nutriente é o mais escasso no solo em formas prontamente metabolizáveis pelas plantas (PEREIRA e outros, 2015).

Ainda de acordo com Pereira e outros (2015), a utilização de microrganismos, que através de simbiose beneficiam as plantas com o nitrogênio atmosférico fixado, já é uma prática muito comum na agricultura para o cultivo de plantas leguminosas, em especial a soja. Nos últimos anos, inúmeras pesquisas têm relatado a interação de bactérias diazotróficas com plantas da família das Poaceae, sendo, portanto capazes de promover o crescimento da planta e a fixação biológica de nitrogênio (FBN) (VOGEL e outros, 2014).

Os microrganismos que realizam a FBN possuem a capacidade de reduzir o N-atmosférico ( $N_2$ ) a amônia ( $NH_3^+$ ) pela quebra da tríplice ligação entre os átomos de N pela enzima nitrogenase, com elevado consumo de energia na forma de ATP (SANGOI e outros 2015).

De acordo com Santos (2010), a fixação biológica do nitrogênio atmosférico que ocorre naturalmente pela associação de bactérias diazotróficas com alguns vegetais, apresenta-se como uma grande alternativa para reduzir a aplicação de fertilizante nitrogenado ou mesmo a melhoria da absorção deste. Ainda segundo este autor, além da fixação biológica, o efeito promotor de crescimento e outros benefícios proporcionados pelas bactérias diazotróficas, exercem papel importante na redução de custos e por atenuar as agressões ao meio ambiente.

A FBN é dentre as formas de suprimento de N, a mais eficiente e sustentável, principalmente quando comparada ao uso fertilizante nitrogenado que pode representar de 15 a 20 % dos custos variáveis da lavoura (DEBRUIN e BUTZEN, 2014).

Outro mecanismo proposto para explicar a eficiência das bactérias diazotróficas além da FBN, é a hipótese de que estas possuem habilidade de produzir ou metabolizar fitormônios como auxinas, giberilinas e citocininas, etileno, ácido abscísico, óxido nítrico e poliaminas, as quais proporcionam o crescimento radicular (PINTO JUNIOR e outros, 2012; CASSÁN e outros,



2014) e conseqüentemente maior absorção de água e nutrientes, tornando a planta mais vigorosa e produtiva (HUNGRIA, 2011).

#### **2.4 Resíduos orgânicos e compostagem**

O crescimento do agronegócio brasileiro nos últimos anos, o colocou em posição de destaque no desenvolvimento do país. Por outro lado, os significativos avanços no desempenho do agronegócio implicaram no aumento do consumo de insumos e da geração de resíduos nas atividades agropecuária e agroindustrial (ROSA e outros 2011).

Ainda de acordo com Rosa e outros (2011), os resíduos podem representar perda de biomassa e de nutrientes, além de aumentar o potencial poluidor associado à disposição inadequada que, além da poluição de solos e corpos hídricos, acarreta problemas de saúde pública.

De acordo com Oliveira e outros (2005), do total de lixo produzido por dia no país cerca de 76% são depositados a céu aberto em lixões, 13% são depositados em aterros controlados, 10% em usinas de reciclagem e 0,1% são incinerados. Do total do lixo urbano, 60% são formados por resíduos orgânicos que podem ser transformados em excelentes fontes de nutrientes para as plantas.

A geração de resíduos sólidos atualmente é uma das principais demandas ambientais em todo planeta. Segundo Barros Júnior e outros (2002), o crescimento da população e o desenvolvimento no setor industrial e agropecuário, associados ao sistema capitalista, vêm contribuindo para o aumento do uso dos recursos naturais e conseqüentemente geração de resíduos. Na maioria das vezes, esses resíduos são devolvidos ao meio ambiente de forma inadequada proporcionando a contaminação do solo e das águas, causando prejuízos ambientais, sociais e econômicos.

Segundo a União Brasileira de Avicultura, em 2011 a produção nacional de carne de frango chegou a 13 058 milhões de toneladas, em um crescimento de 6,8 % em relação a 2010 (UBABEF, 2012). A avicultura brasileira atual tem elevado sua preocupação para a produção de dejetos devido às novas tecnologias de instalação que dão a este setor a possibilidade do aumento do número de aves alojadas e conseqüente aumento na produção de dejetos (AUGUSTO, 2005).

Além de poluição, o descarte inadequado dos dejetos animais acarreta a perda de seu apreciável potencial energético e fertilizante, quando reciclados (AUGUSTO, 2005). De acordo com Moreng e Alves (1990) são gerados por dia cerca de 12 000 Mg de esterco para cada lote de 100 000 galinhas poedeiras. Para Paiva (2005), a produção de dejetos de galinhas poedeiras é de aproximadamente  $120 \text{ g ave}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ .

Mesmo com todo avanço tecnológico da atualidade, esse desenvolvimento não é sustentável o que torna necessário dar um tratamento e destino final dos resíduos gerados, sendo desta forma a técnica da compostagem a alternativa mais indicada para se buscar sistemas agrícolas sustentáveis.

A compostagem é um processo de transformação de resíduos orgânicos em fertilizantes orgânicos humificados (BARBOSA, 2009). Em linhas gerais, consiste no aproveitamento de matérias-primas que contenham um balanço de relação carbono/nitrogênio favorável ao metabolismo dos organismos que vão efetuar sua biodigestão.

De acordo com Oliveira e outros (2005) o composto orgânico, que é resultante da transformação de diferentes tipos de resíduos orgânicos, ao ser adicionado ao solo, melhora as suas características físicas, químicas e biológicas. Além disso, ao se aproveitar os resíduos orgânicos pelo processo de compostagem, reduzem-se a quantidade dos mesmos que seriam depositados em aterros ou até mesmo em céu aberto, o que proporciona a melhoria das condições ambientais e da saúde da população.

Durante todo o processo de compostagem ocorre produção de calor e desprendimento, principalmente, de gás carbônico e vapor de água. A biodecomposição ocorre por meio de população diversificada de microrganismos envolvendo duas fases distintas, uma de degradação ativa (termofílica) e outra de maturação ou cura. Na fase de degradação ativa, a temperatura deve ser controlada na faixa de 45 °C a 65 °C. Na fase de maturação ou cura, na qual ocorre a humificação da matéria orgânica previamente estabilizada na primeira fase, a temperatura deve permanecer na faixa mesofílica, ou seja, menor que 45 °C (ADLER, 1991).

De acordo com Maia e outros (2003), durante a compostagem diferentes microrganismos, como fungos, bactérias e actinomicetos, atuam de forma agrupada em diferentes faixas de temperatura. Os mesófilos atuam em temperaturas ótimas entre 25 °C e 45 °C, enquanto que os termófilos se desenvolvem melhor em temperaturas entre 50 °C e 60 °C.

Pereira Neto (1989) conceitua a compostagem como sendo um processo aeróbico controlado, desenvolvido por uma colônia mista de microrganismos, a qual é realizada em duas fases distintas: a primeira, quando ocorrem reações bioquímicas de oxidação intensas predominantemente termofílicas, a segunda, ou fase de maturação, quando ocorre o processo de humificação. O período de compostagem varia de acordo com o processo a ser utilizado e do tipo de material a ser compostado. Comumente varia de 25 a 35 dias para a primeira fase e de 30 a 60 dias para a segunda fase.

Dentre as várias tecnologias agrícolas existentes, a compostagem constitui numa alternativa ambientalmente viável de pequeno custo para as empresas geradoras de resíduos orgânicos e de grande valia para reciclagem desses resíduos gerados na produção de diversos produtos. Essa metodologia poderá contribuir de forma efetiva para a diminuição de resíduos produzidos por uma empresa, o que é de grande representação sócio-ambiental, estando

consequentemente em conformidade com a legislação em evidência que determina as mesmas em dar um destino final aos seus resíduos produzidos (INÁCIO e MILLER, 2009).

O aproveitamento agrícola de resíduos torna-se importante por reduzir a pressão sobre a exploração dos recursos naturais utilizados para a elaboração de fertilizantes e os custos decorrentes dos insumos agrícolas no sistema produtivo (MARQUES e outros 2007). Por outro lado, estudos científicos tem comprovado a eficácia desses resíduos aplicados ao solo sob diferentes cultivos, sobre tudo como fonte de matéria orgânica e melhorando seus atributos químicos e físicos (Trannin e outros 2007), incentivando ainda mais seu aproveitamento.

Apesar dos estudos existentes sobre a técnica da compostagem, verifica-se a necessidade de pesquisas mais detalhadas sobre a melhoria deste processo, principalmente no que se refere à diversidade dos microrganismos presentes, a fim de se obter compostos com melhor qualidade a ser adicionado ao solo. De acordo com Smith e Paul (1990) o entendimento dos processos microbianos é importante para o conhecimento da ciclagem de nutrientes e da dinâmica da matéria orgânica.

Durante o processo de compostagem é muito difícil a identificação de todos os microrganismos presentes, devido às modificações do meio que por sua vez acabam por interferir diretamente nas espécies envolvidas. A fase em que se encontra o processo de compostagem é determinada pela predominância de espécies de microrganismos e de sua atividade metabólica (MILLER, 1992).

Por se tratar de um processo de atividade microbiológica, sua eficiência estará relacionada diretamente com a presença de condições favoráveis como a temperatura, aeração, o pH, o tipo de composto orgânico existente, a relação carbono/nitrogênio (C/N) e granulometria do material (BIDONE, 2001).

Para Mondini e outros (2004), a velocidade do processo de decomposição do composto é determinado principalmente pela sua microbiota,

na qual produz a maior parte das modificações químicas e físicas do material. De acordo com Inácio e Miller (2009), o processo inicial da compostagem e por toda fase mesofílica é compreendido pela ação mais ativa de bactérias. Os actinomicetos atuam na degradação de substratos orgânicos mais complexos. Os fungos atuam na fase mais avançada do processo e se desenvolvem melhor quando a umidade é menor, sendo em sua maioria mesófilos.

## **2.5 Produção de inoculantes**

A produção de inoculantes no Brasil teve início em 1956 no Rio Grande do Sul, contudo, a expansão dessa produção se deu na década de 70 com a expansão da cultura da soja na região Sul e no Cerrado (FREIRE e outros, 1968). A turfa é o veículo de inoculação mais utilizado pela indústria de inoculantes, sendo este substrato frequentemente importado devido a sua melhor qualidade e maior disponibilidade em relação a turfa nacional (BUCHER e REIS, 2008).

No mercado nacional a disponibilidade de inoculantes é bem diversificada, podendo o mesmo ser encontrado na forma líquida, turfosa, géis e liofilizados. Segundo Brockwell (1995), inoculantes a base de turfa esterilizada são preferidos, pois podem apresentar até 100 vezes mais bactérias do que a turfa não esterilizada.

A busca por substratos e também a adição de compostos como uma nova opção para inoculação de bactérias diazotróficas é relatada por diversos trabalhos de pesquisa, dentre eles os citados por Ferreira e outros (2003) e Lorda e outros (2007).

Ferreira e outros (2010), trabalhando com estirpes de *Herbaspirillum* e *Burkholderia* em diferentes turfas encontraram sobrevivência de  $10^8$  células  $g^{-1}$  até 110 dias. Também trabalhando com estas bactérias, Guimarães e outros

(2013) relataram a viabilidade de sobrevivência acima de  $10^8$  células  $g^{-1}$  por 180 dias de estirpes em inoculante turfoso com adição de molibdênio.

No atual contexto em que se buscam produtos ambientalmente sustentáveis, atóxicos, biodegradáveis e obtidos de fontes renováveis, a indústria de polímeros tem investido na pesquisa com o objetivo de avaliar a eficiência de composições poliméricas possíveis de serem utilizadas como veículo inoculante como pode ser observado em Junior (2006), Silva e outros (2009) e Silva Junior e outros (2012).

Estudos para verificar a viabilidade de utilização de compostos orgânicos provenientes de resíduos são pouco frequentes, proporcionando uma lacuna a ser pesquisada. Souza e outros (2010), relatam a presença de fungos do gênero *Trichoderma* no processo de compostagem de resíduos de uma agroindústria conserveira. De acordo com Melo e Costa (2005), trata-se de um microrganismo não patogênico, é saprófita e hiperparasita, produz enzimas extracelulares e antibióticos, além de ser utilizado no controle biológico.

Fracchia e outros (2006), avaliando composto orgânico encontrou como predominante, comunidades bacterianas do filo Firmicute e Actinobacteria, que se caracterizam por formar esporos termo tolerantes que permitem sobreviver à fase termofílica. Dentre os microrganismos do filo Firmicutes os *Bacillus* foram os mais encontrados, enquanto que no filo Actinobacteria o gênero mais comum foram os *Streptomyces*, importantes na fase de maturação do composto. Bactérias do filo Firmicutes também foram predominantes na maioria dos compostos orgânicos (VAZ-MOREIRA e outros 2008).

Said-Pullicino e outros (2007) e Adams e Frostic (2008), afirmam que ainda são pouco conhecidos a sucessão microbiológica, o envolvimento de comunidades e suas atividades durante as fases específicas, durante o processo de compostagem. Portanto conhecer melhor as características físico-químicas do composto orgânico, assim como a diversidade microbiana, permitirá o

desenvolvimento de estudos voltados a produção de veículo inoculante ou ainda de fertilizantes orgânicos enriquecidos biologicamente a partir desses resíduos.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local do experimento**

Os experimentos foram realizados entre os anos de 2012 e 2016 em condições laboratoriais, de casa de vegetação e de campo, em áreas experimentais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Guanambi (IFBAIANO), Estado da Bahia. O município está localizado na Região Sudoeste da Bahia e faz parte da Micro Região da Serra Geral, situado a 528 m de altitude, coordenadas 14°13' S; 42°46' W. De acordo com a classificação de Köppen, o clima está na transição entre Aw e BSw''h', semiárido quente e seco. De acordo com a série histórica a pluviosidade média anual é de 680 mm e a temperatura média anual é de 25,6°C.

#### **3.2 Produção e caracterização de substrato inoculante**

O experimento foi realizado no interior de um galpão de alvenaria e cobertura com telhas cerâmicas.

A temperatura e a umidade relativa do ar no interior do galpão onde se realizou este experimento foram obtidas com o aparelho Termo-higrômetro modelo 7663.02.0.00 da marca Incoterm®. A temperatura e a umidade relativa média ocorrida no período deste estudo foram de 30,2 °C e 51,2 %, respectivamente. Ressalta-se que as medidas de temperatura e de umidade relativa foram realizadas sempre às 13h00min.

Inicialmente foram realizadas análises para determinação de características químicas e físicas dos resíduos utilizados. A umidade presente nos resíduos brutos foi determinada em estufa a 105 °C, sendo 7,5% na casca de algodão e 13,9% no esterco de aves. Os teores de macro e micronutrientes dos resíduos utilizados foram determinados no Laboratório de Solos da UFV, por meio de digestão nitroperclórica. Em seguida utilizou-se os extratos para determinação de S e P por colorimetria, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Zn e Mn foram quantificados em aparelho de absorção atômica, Na e K em fotômetro de chama e o N total pelo método de Kjeldahl.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram elaborados através das diferentes proporções dos componentes, esterco de galinha poedeira (EG) e casca de algodão (CA), perfazendo um total de 30 kg em base seca, sendo eles:

T1=0%CA + 100%EG

T2= 10%CA + 90%EG

T3= 20%CA + 80%EG

T4= 30%CA + 70%EG

T5= 40%CA + 60%EG

T6= 50%CA + 50%EG

As pilhas de compostagem foram dispostas em formato cônico e distribuídas aleatoriamente no galpão perfazendo cada unidade experimental. A cada três dias eram coletadas amostras para determinação do teor de umidade e tomadas a temperatura de cada pilha de compostagem com termômetro digital portátil modelo TH-075 da marca Instrutherm®.

A umidade da pilha de compostagem era mantida sempre em torno de 45% com a adição de água, calculada com base em seu teor anteriormente coletado, e em seguida as mesmas eram reviradas objetivando a homogeneização, controle da temperatura e aeração para manutenção da



atividade microbiana. Para obtenção do teor de umidade as amostras coletadas eram pesadas em balança analítica, seca em estufa a 105°C por 24 horas e novamente pesadas.

Ao final do período de compostagem o substrato obtido foi pesado, peneirado e determinado o teor de umidade e o percentual de redução pela diferença entre as massas inicial e final. Amostras dos diferentes tratamentos foram coletadas e trituradas em moinho de facas tipo Wiley e em seguida encaminhadas para realização de análises físico-químicas. A determinação da umidade atual (UA), da densidade seca (DS), da capacidade de retenção de água a 10 cm (CRA<sub>10</sub>), do potencial de hidrogênio (pH) e da condutividade elétrica (CE), seguiram metodologias específicas descritas na Instrução Normativa n°17, de 21 de maio de 2007, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2007) que aprova os métodos analíticos oficiais para análise de substratos e condicionadores de solos.

A umidade atual foi determinada levando-se uma alíquota de 100 g da amostra à estufa (65 °C ± 5,0 °C) até obtenção de massa constante. A densidade úmida foi obtida pelo método da autocompactação utilizando proveta plástica transparente e graduada de 500 mL, de maneira que a proveta era preenchida com o substrato na umidade atual até a marca de 300 mL e deixando-a cair de uma altura de 10 cm sob sua própria massa por dez vezes consecutivas.

A capacidade de retenção de água foi quantificada após saturação e cessada a drenagem, quando submetida à tensão de 10 cm de coluna de água (0,98 kPa). O pH foi determinado em suspensão de extrato 1:5 (v/v) obtido em agitador tipo Wagner após uma hora em agitação a 40 rpm. Em seguida esta suspensão foi passada em papel filtro (faixa branca) descartando-se os primeiros 10 mL. Após uma hora de extração do filtrado, procedeu-se a leitura da condutividade elétrica (CE).

Para determinação do carbono orgânico (%CO) uma amostra foi seca em estufa a 105°C e posteriormente calcinada em mufla a 450°C ±10°C durante 8 horas, onde obteve-se o teor de matéria orgânica (%MO), em seguida utilizou-se da fórmula:  $\%CO = \%MO/2$  (Zucconi e De Bertoldi, 1987). O teor de nitrogênio total foi determinado pela metodologia de Kjeldahl usando o método do microdestilador e o nitrogênio inorgânico ( $NH_4^+ + NO_3^-$ ) foram determinados pelo método da destilação por arraste a vapor, ambos descrito em Silva (2009).

### **3.3 Bactérias utilizadas**

As estirpes de bactérias utilizadas foram a sp245 pertencente ao gênero *Azospirillum* e a ZAE 94 (BR111417) pertencente ao gênero *Herbaspirillum*, ambas provenientes da Embrapa Agrobiologia. Estas bactérias foram previamente multiplicadas em tubos de ensaio contendo meio Dygs, com agitação a 100 rpm, a 30 °C e por 24 h. Em seguida, essas bactérias crescidas foram riscadas em placas com meio NFb 3x e JNFb (DÖBEREINER e outros, 1995) para verificação da pureza. Depois de verificada a pureza, multiplicou-se as estipes em meio Dygs para em seguida serem utilizadas no preparo dos inoculantes.

### **3.4 Sobrevivência das bactérias no inoculante produzido.**

Para avaliação da sobrevivência das bactérias, inicialmente, o substrato selecionado após a produção e caracterização foi colocado em sacos de polipropileno. Em seguida, estes sacos foram vedados em lacradora de embalagens e esterilizados por duas vezes em autoclave a 120 °C por 20 min, mantendo um intervalo de 24 h entre cada esterilização.

Uma suspensão bacteriana contendo  $7,5 \times 10^9$  células mL<sup>-1</sup> de cada estirpe de bactéria foi inoculada com auxílio de uma seringa esterilizada, nos sacos contendo 35 g de substrato previamente beneficiado (moído, esterilizado e pH ajustado). Após a inoculação, os sacos contendo o inoculante foram mantidos a 30 °C por um período de 24 h em câmara B.O.D. e em seguida estocado em condições refrigeradas a 7 °C para avaliação da viabilidade das células bacterianas. A contagem do número mais provável (NMP) de células contidas nos inoculantes após seu preparo foi de  $4,5 \times 10^9$  Ufc g<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições, amostragem no tempo e esquema fatorial 3x2, sendo três substratos (a base de turfa, de resíduo de algodão e de pequi) e duas estirpes de bactérias.

A avaliação da sobrevivência das bactérias inoculadas nos substratos foi realizada pelo método do NMP, utilizando a tabela de McCrady (DÖBEREINER e outros, 1995).

A cada 15 dias após inoculação, 1 g da amostra do substrato inoculante foi colocado em agitação a 100 rpm por 20 min em tubo de ensaio contendo 9 mL de solução salina, seguida de diluição seriada até  $10^{-9}$ , transferindo-se 1 mL da suspensão de cada diluição para tubos de ensaio contendo 9 mL de solução salina. Para cada uma das diluições, alíquotas de 0,1 mL foram inoculadas em triplicata em frascos de vidro (tipo penicilina) contendo 6 mL de meio semissólido livre de N, sendo o meio JNFb para bactéria *Herbaspirillum seropedicae* e o meio NFb para a bactéria *Azospirillum brasiliense*.

Estes frascos foram então incubados em câmaras de crescimento a 30°C  $\pm$ 4°C por até sete dias, sendo considerados positivos para contagem aqueles que desenvolveram uma película aerotóxica típica próxima da superfície do meio.

### **3.5 Semente utilizada e inoculação**

Para a realização dos ensaios em condições de campo e de casa de vegetação, utilizou-se o sorgo híbrido “Volumax” da Agrocere, linha Silageiro, de porte alto e ciclo semiprecoce. A semente utilizada apresentou as seguintes características: pureza de 98 %, germinação mínima de 80 %, categoria S1 e safra de produção 2014/2015. A inoculação das sementes ocorreu 24 h antes da semeadura utilizando uma proporção de 35 g de inoculante para 10 kg de sementes e solução açucarada a 10 % como aderente, sendo a secagem feita a sombra.

### **3.6 Avaliação do sorgo em condições de casa de vegetação**

O delineamento experimental utilizado nesta etapa foi inteiramente casualizado com quatro repetições e esquema fatorial com tratamento adicional [(2x2x4)+1], envolvendo dois substratos inoculantes (turfa e resíduo de algodão), duas bactérias [*Herbaspirillum seropedicae* (estirpe Z94) e *Azospirillum brasiliense* (estirpe sp245)] e quatro doses de nitrogênio (0; 40; 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), e uma testemunha absoluta sem adição de inoculante, bactéria e dose de nitrogênio [0,0,0].

As parcelas experimentais foram compostas de vasos plásticos com capacidade para 2 L, onde o substrato utilizado foi a mistura de areia lavada e vermiculita na proporção de 1:1, esterilizado em autoclave por duas vezes com intervalo de 24 h entre as autoclavagens. Foram colocadas cinco sementes por vaso, porém mantendo-se apenas uma planta após sua emergência que ocorreu aos quatro dias após a semeadura.

O suprimento de água e nutrientes foi realizado utilizando solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950), modificada apenas para os teores de nitrogênio de modo a simular os tratamentos (0; 40; 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N). As

soluções nutritivas foram preparadas separadamente, tiveram o pH ajustado para 6,0 e apresentaram uma condutividade elétrica variando entre 1664 e 1718  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nos primeiros sete dias após a semeadura, a irrigação foi feita com a solução nutritiva a 25% de sua concentração normal. Diariamente a solução nutritiva foi aplicada nos vasos e quando necessário adicionou-se água para manter os recipientes com umidade próxima à capacidade de vaso.

Aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos, coletou-se os dados referente ao rendimento de massa verde, massa seca e os teores de N, P e K da parte aérea da planta. As plantas coletadas foram pesadas ainda verde e depois colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Depois de seca, as plantas foram novamente pesadas e determinou-se a massa seca.

### **3.7 Avaliação do sorgo em condições de campo**

O delineamento experimental utilizado nesta etapa foi em blocos casualizados com quatro repetições e esquema fatorial com tratamento adicional [(2x3x4)+1], envolvendo duas bactérias [*Herbaspirillum seropedicae* (estirpe Z94) e *Azospirillum brasiliense* (estirpe sp245)], três substratos inoculantes (turfa, resíduo de pequi e resíduo de algodão), três doses de nitrogênio (0; 40; 80 e 120  $\text{kg ha}^{-1}$ ), e uma testemunha sem adição de inoculante, bactéria e dose de nitrogênio [0,0,0].

As parcelas experimentais foram compostas de quatro linhas de cultivo com 3,0 m de comprimento e espaçadas a 0,7 m, sendo considerada como parcela útil apenas as duas linhas centrais. A densidade populacional utilizada foi de 25 plantas por metro linear (250 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ).

Antes da implantação do experimento, amostras foram coletadas para análise química do solo, que apresentou as seguintes características:  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})=$

6,0; P-Mehlich= 7 mg dm<sup>-3</sup>; MO= 7 g dm<sup>-3</sup> ; V%= 74; e os valores em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>= 1,3; K<sup>+</sup>= 0,24; Na<sup>+</sup>= 0,36; Ca<sup>2+</sup>= 1,7; Mg<sup>2+</sup>= 1,5; SB= 3,8 e CTC= 5,1. A análise física desse solo indicou 660, 140 e 200 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente, sendo a textura classificada como franco-argilo-arenosa. Com base neste resultado, recomendou-se a adubação com 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com base no Manual de Adubação e Calagem para Minas Gerais (RIBEIRO e outros, 1999). O suprimento de fósforo foi feito com a aplicação do adubo MAP no sulco de semeadura abaixo e ao lado da semente, e de potássio com o adubo KCl em cobertura 15 dias após semeadura. O suprimento de nitrogênio ocorreu de acordo com os tratamentos estudados na forma de Ureia, parcelado em três aplicações aos 15, 30 e 45 dias após semeadura. O preparo do solo foi convencional com grade aradora.

O cultivo do sorgo ocorreu sob sistema irrigado por fita gotejadora gotejamento com gotejadores autocompensantes espaçados a cada 0,5 m. A lâmina total via irrigação foi de 300 mm e via precipitação de 165,20 mm durante o ciclo da cultura. Informações relacionadas a umidade relativa do ar, precipitação e temperatura máxima, média e mínima durante a realização deste estudo, encontram-se na figura 1.

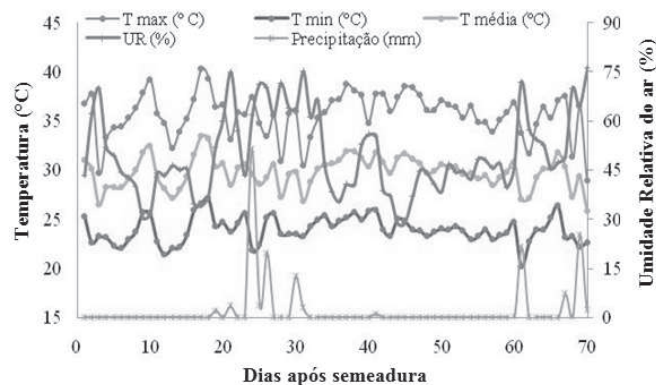


Figura 1: Precipitação, umidade relativa do ar e temperaturas máxima, média e mínima observadas durante o ciclo da cultura.

Aos 15 dias após a semeadura, realizou-se a primeira adubação de cobertura, a capina com enxada e o desbaste das plantas de modo a manter o número de plantas na densidade esperada. A colheita do sorgo ocorreu aos 90 dias após a semeadura, sendo avaliadas as seguintes variáveis: massa verde de parte aérea (MV), massa seca (MS) e os teores de N, P e K na planta. Para determinação da massa verde, coletaram-se as plantas presentes em um metro linear das duas linhas centrais da parcela útil e fez-se a pesagem ainda em campo. Amostras de plantas foram levadas para o laboratório pesadas em balança analítica, seguido de secagem em estufa a 65 °C e posterior pesagem para obtenção do teor de umidade (%U). De posse do teor de umidade determinou-se a matéria seca utilizando a fórmula:  $MS=(MV - \%U)/100$ .

### **3.9 Contagem de bactérias na planta**

Em razão da impossibilidade operacional e logística para realizar a contagem de bactérias na planta em todos os tratamentos avaliados, selecionou-se apenas os tratamentos onde não houve a aplicação de nitrogênio e a testemunha absoluta.

Dois plantas de cada tratamento selecionado foram encaminhadas para o laboratório e fracionadas em raiz, colmo e folha. Essas amostras foram lavadas em água corrente e entre uma amostra e outra realizava-se a assepsia dos instrumentos utilizados com álcool 70%.

O método utilizado para contagem de bactérias diazotróficas foi o Número mais provável (NMP) já descrito anteriormente. Pesou-se 10 g de cada subamostra de planta coletada no campo, triturando em seguida com 90 mL de solução salina em liquidificador. Após trituração em liquidificador, essas

amostras foram colocadas em agitação a 100 rpm por 20 min, antes de proceder com a diluição seriada.

Para cada uma das diluições, alíquotas de 0,1 mL foram inoculadas em triplicata em frascos de vidro (tipo penicilina) contendo 6 mL de meio semissólido livre de N, sendo o meio JNFb para os tratamentos que foram inoculados com *Herbaspirillum seropedicae* e o meio NFb para os tratamentos inoculados com *Azospirillum brasiliense*.

Estes frascos foram então incubados em câmaras de crescimento a 30°C ±4°C por até sete dias, sendo considerados positivos para contagem aqueles que desenvolveram uma película aerotóxica típica próxima da superfície do meio.

### **3.10 Análise de nutrientes na planta**

As amostras da parte aérea da planta após coletadas, foram secadas, trituradas em moinho de facas tipo Wiley e levadas para digestão úmida com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para posterior quantificação dos teores de N, P e K. A determinação de N, P e K seguiu o protocolo descrito em Tedesco e outros (1995), sendo o N pelo método de Kjeldahl, o P pelo amarelo de vanadato em espectrofotômetro e o K em fotômetro de chamas.

### **3.11 Análises estatísticas**

Todos os dados obtidos para este estudo foram checados quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. As variáveis sem distribuição normal sofreram transformação de Box e Cox (1964).

As análises de variância, teste de médias e análise de regressão para os dados obtidos na etapa de produção e caracterização do substrato e na etapa de



avaliação da sobrevivência de bactérias foram realizadas utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Para os dados referente aos experimentos de campo e em estufa, foram submetidos à análise de variância realizado através do Programa e Ambiente Estatístico R 3.2.1 (R Core Team, 2015) pelo pacote 'ExpDes' (Ferreira e outros, 2015) com a função 'fat3.ad.crd'.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Produção e caracterização do substrato inoculante

Os resultados das análises químicas para determinação de macro e micronutrientes nos resíduos utilizados para compor os tratamentos estão dispostos na tabela 1. Como já era esperado, verifica-se que o teor de nutrientes no esterco de galinha poedeira é maior que na casca de algodão, com exceção apenas para o carbono, assim como também foi observado por Seoudi (2013) avaliando estes dois tipos de resíduos. Sabe-se que a composição química do esterco de galinhas poedeira pode variar em função da característica genética da ave e também da alimentação, porém, Oustani e outros (2015) também encontrou valores semelhantes na composição de macro e micronutrientes neste resíduo.

Tabela 1. Teor de Macro e micronutrientes nos diferentes resíduos utilizados. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

RESÍDUO	C	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- dag kg <sup>-1</sup> -----						
CA	53,50	1,50	0,10	1,64	1,29	0,23	0,29
EG	34,60	3,82	2,10	2,90	10,13	0,63	0,65
	Cu	Fe	Zn	Mn	B	C/N	
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----						
CA		6,25	1.253	24,05	47,80	30,60	35,7
EG		55,00	2.308	357,00	353,80	44,59	9,1

CA= casca de algodão e EG= esterco de galinha poedeira.

As proporções dos resíduos nos tratamentos estudados (tabela 2) apresentaram relação C/N variando entre 9,1 a 16,6 estando estes valores dentro

da faixa relatada por vários estudos (KIEHL, 2004; ZHU, 2007; Benito e outros, 2006), dessa forma não sendo críticos.

Tabela 2. Proporção dos resíduos e a respectiva relação C/N na formulação dos diferentes tratamentos. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

RESÍDUO	TRATAMENTOS					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
CA	0%	10%	20%	30%	40%	50%
EG	100%	90%	80%	70%	60%	50%
C/N	9,1	10,2	11,4	12,9	14,6	16,6

CA= casca de algodão e EG= esterco de galinha poedeira.

A atividade microbiana sobre a matéria orgânica do composto resulta em perdas acentuadas de C orgânico desprendido para atmosfera na forma de CO<sub>2</sub> reduzindo, portanto, o volume do composto final em até 1/3 do volume inicial (INÁCIO e MILLER, 2009). Na tabela 3 observa-se que os tratamentos T5 e T6 sofreram maior redução de 44% e 38%, respectivamente, entre a massa inicial e final quando comparado aos demais.

Tabela 3. Caracterização quantitativa dos tratamentos estudados ao final da compostagem. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

VARIÁVEL	TRATAMENTOS					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
MSI (kg)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
MSF (kg)	14,6	14,6	15,0	14,7	17,3	18,5
RED %	51	51	50	51	44	38
UMID %	19	20	21	22	27	28

MSI= Matéria seca inicial. MSF= Matéria seca final. RED= redução. UMI= umidade. T1= 0%CA+100%EG. T2= 10%CA+90%EG. T3= 20%CA+80%EG. T4= 30%CA+70%EG. T5= 40%CA+60%EG. T6= 50%CA+50%EG.

A explicação para esta menor redução está em virtude da maior proporção de casca de algodão no composto, o que eleva a relação C/N

dificultando a decomposição pelos microrganismos. Seoudi (2013), em estudo para acelerar a compostagem de resíduos de algodão, observou redução da massa seca inicial variando entre 37% e 49%, de maneira que onde foi observado o menor percentual de redução não houve adição de microrganismos externos e o maior percentual de redução foi conseguido com adição de *Phanerochaete chrysosporium* e *Azotobacter chroococcum*.

Silva e outros (2011), estudando a caracterização de compostos de resíduos orgânicos, observaram reduções máximas de 49% da massa úmida inicial e de 34% da massa seca inicial, resultados estes inferiores aos observados no presente trabalho. Por outro lado, essa perda no volume é responsável pela concentração dos demais elementos, ocasionando maiores teores de nutrientes, dentre eles o nitrogênio (Lima e outros, 2009), fator de interesse para manutenção e viabilidade de microrganismos. Ao final do processo de compostagem, o teor de umidade nos substratos variou entre 19% e 29%, sendo os maiores valores observados nos tratamentos com maior proporção de casca de algodão.

Na tabela 4 estão dispostos os resultados das características físico-químicas, realizadas após a obtenção dos substratos. O percentual médio da umidade atual foi de 2,43 %, sendo o maior valor observado no tratamento T6, correspondendo a 3,36%. Os tratamentos T1, T2 e T5 não diferiram entre si, mas diferiram entre os demais tratamentos, apresentando o menor percentual de umidade, 2,24%, 1,79% e 2,13%, respectivamente. Possivelmente a razão para o maior teor de umidade está relacionado a maior proporção de casca de algodão resulta em maior presença de compostos orgânicos de carga negativa e maior retenção de água.

A densidade volumétrica é resultante da relação entre a massa e o volume total de uma amostra (FERMINO e KÄMPF, 2012). A determinação deste parâmetro se torna importante na interpretação de outras características como

porosidade, espaço de aeração, disponibilidade de água, além da salinidade e teor de nutrientes. As densidades úmida e seca apresentaram tendência de redução a medida em que elevou a proporção de casca de algodão e reduziu a proporção de esterco de galinha poedeira. O tratamento T1 apresentou a maior densidade ( $1337,2 \text{ kg m}^{-3}$ ) e o T6 a menor densidade ( $561,4 \text{ kg m}^{-3}$ ), sendo o valor médio  $773,3 \text{ kg m}^{-3}$ .

Tabela 4. Caracterização físico-química dos diferentes compostos orgânicos produzidos e analisados. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

TRATAMENTO	UA %	DU ----- $\text{kg m}^{-3}$ -----	DS -----	CRA <sub>10</sub> %	pH	CE $\text{mS cm}^{-1}$
<b>Turfa</b>	1,04	1149,5	1137,6	-	2,90	5,40
<b>T1</b>	2,24 c	1337,2a	1307,3a	45,1 c	7,91 a	35,90 a
<b>T2</b>	1,79 c	807,5 b	793,1 b	46,6 c	7,90 a	14,80 b
<b>T3</b>	2,61 b	690,0 c	672,0 c	53,3 b	7,78 b	12,19 d
<b>T4</b>	2,48 b	678,8 c	662,7 c	53,5 b	7,50 c	12,79 c
<b>T5</b>	2,13 c	677,1 c	662,1 c	54,3 b	7,21 c	12,72 c
<b>T6</b>	3,36 a	561,4 d	542,7 d	56,0 a	7,18 c	10,28 e
<b>Pr&gt;Fc</b>	**	**	**	**	**	**
<b>Media</b>	2,43	792,0	773,3	51,5	7,58	16,45
<b>CV(%)</b>	13,60	3,78	3,88	1,98	1,11	2,06

UA= umidade atual a 65°C. DU= densidade úmida. DS= Densidade seca. CRA10= Capacidade de retenção de água a 0,98 kPa. pH= extrato aquoso 1:5. CE= condutividade elétrica em extrato 1:5. T1= 0%CA+100%EG. T2= 10%CA+90%EG. T3= 20%CA+80%EG. T4= 30%CA+70%EG. T5= 40%CA+60%EG. T6= 50%CA+50%EG. \*\*  $p < 0,01$  pelo teste de F. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

A capacidade de retenção de água (CRA<sub>10</sub>) refere-se a quantidade máxima de água retida no substrato produzido após ser submetido a uma tensão de 10 cm de coluna de água (0,98 kPa). Este parâmetro possui estreita relação entre a densidade e o tamanho das partículas, sendo que a redução no valor destes parâmetros elevam a CRA<sub>10</sub>. Observa-se que os tratamentos T1 e T2 apresentaram os menores valores de CRA<sub>10</sub>, 45,1% e 46,6%, respectivamente,

diferindo estatisticamente dos demais, porém não diferindo entre si. O tratamento T6 apresentou maior  $CRA_{10}$ , correspondente a 56%, diferindo estatisticamente dos demais.

Dentre as características químicas de materiais orgânicos, substratos e condicionadores aplicados ao solo, o valor de pH é muito importante, visto que valores muito baixos ou altos podem promover a indisponibilidade de nutrientes ou causar toxicidade por micronutrientes em algumas plantas (Bailey e outros, 2013). Deste modo, valores de pH entre 6,0 e 7,0 ocorre adequada disponibilidade de nutrientes (Schmitz e outros, 2002) e proporciona condições ideais para o desenvolvimento de microrganismos. Diante do exposto verifica-se na tabela 4 que os tratamentos analisados demonstraram valor médio de pH igual a 7,58 enquanto que a turfa utilizada como referência apresenta  $pH = 6,22$ . Neste caso seria dispensável a correção do pH do substrato, ao contrário da turfa bruta onde se torna necessário elevar o pH com adição de  $CaCO_3$ . Observa-se que houve uma variação decrescente no valor do pH de 7,91 a 7,18 entre os tratamentos e foi resultante da redução da quantidade de esterco de galinha poedeira na proporção do substrato.

Além da disponibilidade de nutrientes, o pH e os níveis de cátions trocáveis podem influenciar no crescimento dos microrganismos no substrato. De acordo com Brady e Weil (2013) altas concentrações de cálcio e pH quase neutro proporcionam ao solo maior quantidade e diversidade na população bacteriana. Já em condições de baixo pH os fungos se tornam dominantes na população microbiana. Ferreira et al. (2010) selecionando inoculantes a base de turfa contendo bactérias diazotróficas, tiveram de elevar o pH da turfa para 6,0 através da adição de  $CaCO_3$  de maneira a proporcionar condições para manter a viabilidade e sobrevivência de *Herbaspirillum seropedica*, *Burkholderia* sp. e *Azospirillum brasiliense*. Guimarães e outros (2013), estudando a viabilidade do inoculante turfoso produzido com bactérias associativas e molibdênio, elevaram

o pH da turfa para 7,0, com adição de  $\text{CaCO}_3$ , de maneira a garantir um meio propício ao crescimento dos microrganismos estudados.

A condutividade elétrica (CE) de forma geral apresentou uma redução no valor com a redução do esterco de frango na composição do substrato. O tratamento T1 apresentou a maior CE ( $35,90 \text{ mS cm}^{-1}$ ) enquanto que o menor valor de CE ( $10,28 \text{ mS cm}^{-1}$ ) foi observado no tratamento com maior proporção de casca de algodão (T6), diferindo dos demais. Ao comparar a CE dos substratos obtidos com a da turfa, verifica-se que o valor dos mesmos chegam a ser aproximadamente entre 2 e 8 vezes superior, muito possivelmente em razão de maior presença de cátions básicos. A CE e o pH apresentaram comportamento semelhante, reduzindo a medida em que a proporção de casca de algodão aumentava e o esterco de galinha poedeira diminuía. Quanto mais alcalino o pH supõe-se que a presença de cátions básicos seja maior, o que contribui para elevação da CE, e isso foi comprovado na análise dos resíduos já descritos anteriormente na tabela 1.

Os dados apresentados na tabela 5 mostram a variação dos parâmetros químicos analisados nos diferentes substratos obtidos. Nota-se que o teor de carbono orgânico (CO) torna-se crescente a medida em que se eleva a proporção de casca de algodão variando de 26,98% a 30,86%. Seoudi (2013), observou uma variação no teor de CO entre 30,65% e 36,06% em substratos obtidos por compostagem de resíduos de algodão com esterco de galinha ou inoculado com diferente microrganismos decompositores. A elevação no teor de CO provavelmente decorreu do acréscimo de compostos lignocelulósicos, ricos em carbono, naturalmente presente neste tipo de resíduo (SHI e outros, 2006; YU e outros, 2007).

O teor de nitrogênio total (N-total) não apresentou variação entre os tratamentos, sendo o valor médio observado de 2,89%. Avaliando a compostagem de resíduos da indústria algodoeira com esterco de ovelhas

Albanell e outros (1988), também não encontrou variação no teor de N-total ao longo de sua avaliação, sendo 2,19% o valor médio de N-total, após doze semanas de compostagem. Os valores observados para o teor de N-total foram próximos aos encontrados por Seoudi (2013), avaliando a inoculação de *Phanerochaete* e *Azotobacter* em substrato obtido por compostagem de resíduos de algodão.

Tabela 5. Caracterização química dos diferentes compostos orgânicos produzidos e analisados. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

TRATAMENTO	CO	N	C/N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	----- % -----			----- mg kg <sup>-1</sup> -----	
<b>Turfa</b>	47,82	1,73	27,64	2713,90	47,20
<b>T1</b>	26,98 e	2,97 a	9,10 c	802,37 b	342,19 b
<b>T2</b>	27,73 d	2,81 a	9,87 b	1191,75 a	601,78 a
<b>T3</b>	29,52 c	2,90 a	10,19 a	837,77 b	47,20 c
<b>T4</b>	29,76 c	2,89 a	10,43 a	731,57 b	47,20 c
<b>T5</b>	30,07 b	2,87 a	10,37 a	460,18 c	47,20 c
<b>T6</b>	30,86 a	2,94 a	10,49 a	507,28 c	47,20 c
<b>Pr&gt;Fc</b>	**	ns	**	**	**
<b>Media</b>	29,15	2,89	10,08	755,17	188,79
<b>CV(%)</b>	0,87	2,72	2,28	8,07	13,82

T1= 0%CA+100%EG. T2= 10%CA+90%EG. T3= 20%CA+80%EG. T4= 30%CA+70%EG. T5= 40%CA+60%EG. T6= 50%CA+50%EG. \*\* p<0,01 pelo teste de F. ns= não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

A relação C/N entre os tratamentos avaliados variou entre 9,10 (T1) e 10,49 (T6), sendo o valor médio 10,08. Os tratamentos T3, T4, T5 e T6 não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram dos demais. Comparado com a turfa que é um veículo inoculante amplamente utilizado, verifica-se que o valor da relação C/N dos substratos obtidos pode ser aumentado com adição de mais casca de algodão ou redução de esterco de galinha poedeira, na proporção dos mesmos. Contudo, a utilização de substratos com relação C/N acima de 30 pode



resultar num veículo inoculante com menor capacidade de manter a viabilidade e sobrevivência de microrganismos em razão da baixa disponibilidade de N, visto que este é essencial para o crescimento e reprodução do microrganismo (VALENTE e outros, 2009).

O amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) é a forma dominante de nitrogênio no esterco de frango (OVIEDO-RONDON, 2008), sendo esta a principal razão para estar presente em maior concentração nos tratamentos onde a proporção deste resíduo é maior. O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) está presente no esterco de frango, contudo em menor proporção e mais facilmente pode ser perdido por lixiviação devido a sua forma iônica. A concentração de  $\text{NH}_4^+$  variou entre 507,28 e 1191,75  $\text{mg kg}^{-1}$ , sendo o valor médio observado de 755,17  $\text{mg kg}^{-1}$ . Em comparação a turfa, a concentração de  $\text{NH}_4^+$  nos tratamentos avaliados foi bem inferior o que sugere que estes substratos alcançaram maior estado de maturidade. Outra razão é que em pH elevado e em condições de umidade ocorre a conversão de  $\text{NH}_4^+$  em amônia ( $\text{NH}_3^+$ ), sendo este perdido na forma de gás. Os tratamentos T2 e T1 apresentaram a maior concentração de  $\text{NO}_3^-$ , 601,78 e 342,19  $\text{mg kg}^{-1}$ , diferindo entre si e dos demais tratamentos.

Melo e outros (2008), caracterizando a matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas, também observaram que os teores de  $\text{NH}_4^+$  foram superiores aos de  $\text{NO}_3^-$  em esterco de galinha, sendo os valores 608,00 e 58,00  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente. Os teores de nitrogênio inorgânico são úteis para indicar o grau de decomposição destes resíduos, sendo que com maior grau de maturação há tendência de diminuição do  $\text{NH}_4^+$  e elevação de  $\text{NO}_3^-$ , devido a ação de bactérias nitrificantes (SANCHES-MONEDERO e outros, 2001)

Na tabela 6, estão expostos os teores de macronutrientes presentes nos diferentes substratos obtidos e também na turfa utilizada como referência. Nota-se que o exceto para o S, o teor médio para os nutrientes P, K, Ca e Mg foram superiores ao substrato referência. Assim como foi observado por Silveira e

outros (2013), os teores de macro e micronutrientes reduziram com o incremento de carbono na composição do substrato, com exceção de Fe e B (tabela 6 e 7).

Tabela 6. Teor de macronutrientes nos diferentes tratamentos. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

TRATAMENTO	P	K	dag kg <sup>-1</sup>		
			Ca	Mg	S
<b>Turfa</b>	0,06	0,29	0,78	0,16	2,14
<b>T1</b>	3,25	2,94	13,45	1,24	1,18
<b>T2</b>	2,53	2,91	11,87	1,02	0,75
<b>T3</b>	2,92	2,52	10,76	0,87	1,29
<b>T4</b>	2,27	2,94	9,62	0,82	1,01
<b>T5</b>	1,99	2,58	9,40	0,80	1,05
<b>T6</b>	1,69	1,41	7,93	0,75	0,94
<b>Média</b>	2,44	2,55	10,50	0,92	1,03

T1= 0%CA+100%EG. T2= 10%CA+90%EG. T3= 20%CA+80%EG. T4= 30%CA+70%EG. T5= 40%CA+60%EG. T6= 50%CA+50%EG.

Tabela 7. Teor de micronutrientes nos diferentes tratamentos. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

TRATAMENTO	Cu	Fe	mg kg <sup>-1</sup>		
			Zn	Mn	B
<b>Turfa</b>	28,65	10.891,00	605,50	338,55	20,26
<b>T1</b>	50,10	7.610,00	706,00	438,55	34,85
<b>T2</b>	49,40	9.336,50	658,00	426,65	35,20
<b>T3</b>	43,00	8.950,50	592,50	411,25	36,27
<b>T4</b>	50,65	9.108,50	528,00	424,35	31,70
<b>T5</b>	42,05	12.136,50	595,50	379,85	31,70
<b>T6</b>	38,15	10.605,50	606,50	438,30	38,98
<b>Média</b>	45,55	9.624,58	614,33	419,83	34,11

T1= 0%CA+100%EG. T2= 10%CA+90%EG. T3= 20%CA+80%EG. T4= 30%CA+70%EG. T5= 40%CA+60%EG. T6= 50%CA+50%EG.

Para o teor de metais pesados, observa-se na tabela 8 que a turfa apresentou menor teor de Ni e Cr. Contudo, o teor médio de Pb nos substratos produzidos foram menores do que os encontrados na turfa.

Tabela 8. Teor de metais pesados nos diferentes tratamentos. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

TRATAMENTO	Ni	Pb	Cr
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----		
<b>Turfa</b>	10,25	4,80	31,45
<b>T1</b>	23,45	3,30	62,65
<b>T2</b>	46,05	0,50	110,75
<b>T3</b>	48,10	2,20	121,65
<b>T4</b>	68,70	3,75	186,85
<b>T5</b>	92,40	6,60	238,70
<b>T6</b>	44,40	5,80	116,70
<b>Média</b>	53,85	3,69	139,55

T1= 0%CA+100%EG. T2= 10%CA+90%EG. T3= 20%CA+80%EG. T4= 30%CA+70%EG. T5= 40%CA+60%EG. T6= 50%CA+50%EG.

Conhecer a distribuição do tamanho das partículas num determinado substrato, possibilita sua manipulação adequada e afetam diretamente o balanço entre o conteúdo de água e o ar para determinadas condições de umidade (VALENTE e outros, 2009). Na Tabela 9 pode se verificar que o maior percentual médio de partículas (31%) encontra-se entre 500 e 250 µm de diâmetro, e foi observado no tratamento de maior proporção de casca de algodão (T6) que estatisticamente não diferiu do tratamento T4. Comparativamente, a turfa utilizada como referência possui 70,9 % das partículas com diâmetro entre 250 e 106 µm.

Handreck (1983), estudando as dimensões de partículas e as propriedades físicas de composto orgânico, concluiu que partículas entre 100 e

500 µm exerceram uma maior influencia sobre a porosidade e a retenção de água no composto, permitindo uma melhor taxa de umidade e uma adequada aeração.

Tabela 9: Distribuição do tamanho de partículas nos diferentes tratamentos IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

TRATAMENTO	>850	850>500	500>250	250>106	<106 µm
	µm	µm	µm	µm	
	----- % -----				
<b>Turfa</b>	-	-	8,0	70,9	20,1
<b>T1</b>	4,1 a	26,5 a	28,8 b	18,1 c	22,6 a
<b>T2</b>	3,0 b	22,9 b	29,9 b	20,4 b	23,7 a
<b>T3</b>	4,8 a	25,3 a	29,5 b	19,4 c	21,1 a
<b>T4</b>	3,1 b	22,6 b	31,0 a	21,1 b	22,3 a
<b>T5</b>	3,5 b	20,2 b	29,6 b	22,3 a	24,5 a
<b>T6</b>	3,3 b	21,1 b	31,0 a	22,4 a	22,3 a
<b>Pr&gt;Fc</b>	**	**	**	**	**
<b>Media</b>	3,7	23,1	30,0	20,6	22,7
<b>CV(%)</b>	17,14	8,35	2,57	4,87	9,47

T1= 0%CA+100%EG. T2= 10%CA+90%EG. T3= 20%CA+80%EG. T4= 30%CA+70%EG. T5= 40%CA+60%EG. T6= 50%CA+50%EG. \*\* p<0,01 pelo teste de F. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Embora o esterco de galinha poedeira seja mais rico em nutrientes, a elevação do percentual de casca de algodão proporcionou um substrato com características desejáveis, tais como: redução na densidade, o que facilita sua comercialização e transporte; elevação da capacidade de retenção de água; elevação no teor de carbono orgânico que é fonte de energia para os microrganismos; reduziu o pH para um valor mais próximo da neutralidade; reduziu a condutividade elétrica, que tem relação direta com a presença de cátions básicos e conseqüentemente reduz o potencial osmótico.

#### 4.2 Avaliação da sobrevivência das bactérias no inoculante

A análise de variância para avaliação da sobrevivência de bactérias nos diferentes substratos estudados não demonstrou efeito significativo para o fator bactéria de forma isolada, contudo sua interação com o fator tempo de armazenamento, demonstrou significância para tanto para o substrato de resíduos de algodão quanto o de pequi (tabela 10).

Tabela 10: Resumo da análise de variância e respectiva significância para contagem de bactérias diazotróficas inoculadas nos diferentes substratos avaliados. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

FV	GL	QM		
		ALG	PEQ	TUR
Bactéria (B)	1	0,125 <sup>ns</sup>	0,099 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>
Tempo (T)	6	77,10 <sup>**</sup>	72,97 <sup>**</sup>	80,32 <sup>**</sup>
B vs T	6	0,228 <sup>**</sup>	0,238 <sup>**</sup>	0,070 <sup>ns</sup>
Resíduo	28	0,063	0,062	0,062
Média		5,73	5,81	5,69
CV %		4,39	4,29	4,37

ALG = algodão; PEQ = pequi; TUR = Turfa. \*\* p<0,01 pelo teste de F. ns= não significativo

De forma geral o comportamento das bactérias nos diferentes substratos foi semelhante e a contagem do número de células bacterianas presentes nestes foi decrescente ao longo dos dias de armazenamento tanto para *A. brasiliense* quanto para *H. seropedicae*, como pode ser observado nas figuras 1, 2 e 3.

Somente aos 90 dias de armazenamento, houve diferença significativa para a contagem entre as bactérias avaliadas, para os substratos de resíduos de algodão e de pequi. Entretanto, o número de células viáveis após os 30 dias nos inoculantes preparados com *A. brasiliense* (sp245) e *H. seropedicae* (ZAE94) nos diferentes substratos, apresentaram valores de NMP abaixo de  $10^8$  células g<sup>-1</sup>.

De acordo com a Lei nº 86.955 de 18 de fevereiro de 1982, os inoculantes comerciais que proporcionem a fixação biológica de nitrogênio

devem apresentar no mínimo  $10^8$  células  $g^{-1}$  no momento do uso e que sua viabilidade seja mantida por um período mínimo de 180 dias.

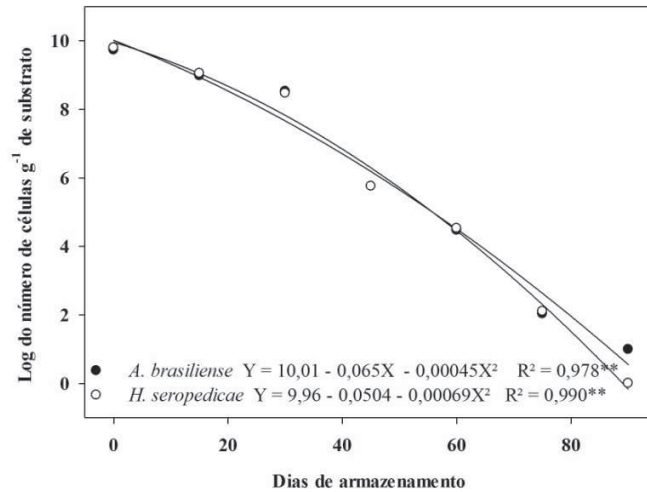


Figura 2: Sobrevivência das bactérias no substrato a base de resíduos de algodão. \*\* =  $P < 0,01$ . IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

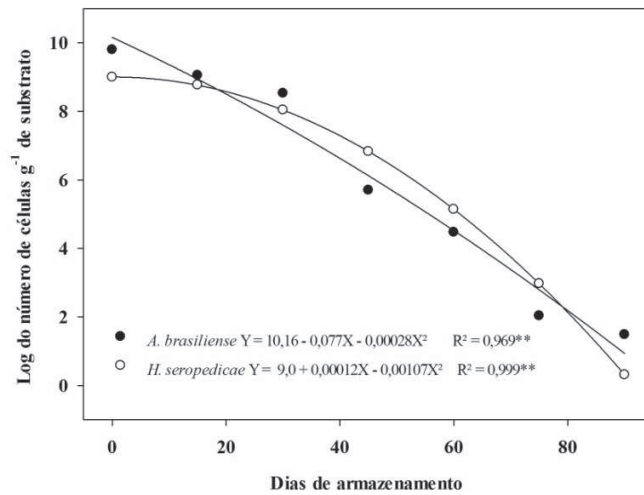


Figura 3: Sobrevivência das bactérias no substrato a base de resíduos de pequi. \*\* =  $P < 0,01$ . IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

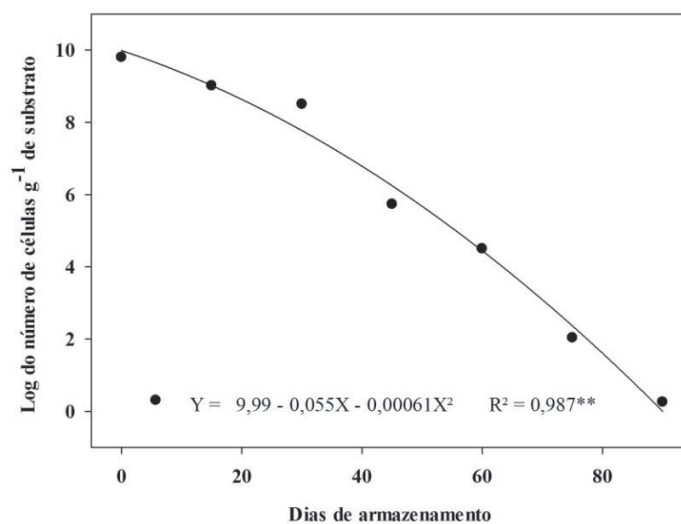


Figura 4: Sobrevivência das bactérias no substrato a base de turfa. \*\* =  $P < 0,01$ . IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

Apesar de os substratos obtidos a partir de resíduos de algodão e de pequi terem apresentado, características físico-químicas semelhantes e em alguns casos superiores ao da turfa utilizada como referência, os inoculantes produzidos só atenderam a legislação quanto a sobrevivência das bactérias nos primeiros 30 dias de armazenamento.

Ferreira e outros (2010), selecionando inoculantes a base de turfa com bactérias diazotróficas conseguiram manter a sobrevivência em  $10^8$  células  $g^{-1}$  de inoculante por 110 dias de armazenamento.

Guimarães e outros (2013), estudando a viabilidade de inoculante turfoso com bactérias associativas, mostraram que com a adição de molibdênio o inoculante foi possível elevar de 110 para 180 dias a manutenção da viabilidade com  $10^8$  células  $g^{-1}$  de inoculante.

Embora a legislação brasileira exija a viabilidade de  $10^8$  células  $g^{-1}$  de inoculante por 180 dias de armazenamento, e os estudos demonstrem a capacidade de atender esta exigência para produção inoculantes para o uso em leguminosas. Torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas voltadas a produção de inoculantes para uso em gramíneas. Desta maneira, os resultados deste e de novos estudos podem servir de subsídio para reduzir o tempo mínimo de sobrevivência da bactéria diazotrófica no inoculante para gramíneas, já que se trata de gêneros diferentes dos utilizados em leguminosas, como já foi evidenciado por Ferreira e outros (2010), Ferreira e outros (2003) e Guimarães e outros (2013).

Os resultados obtidos neste trabalho, evidenciaram a necessidade de avaliar mais detalhadamente os fatores diretamente relacionados com o armazenamento do inoculante e que podem influenciar na sobrevivência das bactérias, como a umidade, a temperatura e o tipo de embalagem. Por se tratar do desenvolvimento de um produto de inovação tecnológica, no qual esta se buscando o registro de patente, estas variáveis assim como adição de molibdênio, serão avaliadas com a finalidade de maximizar a sobrevivência das bactérias na concentração e no tempo mínimo de armazenamento como prevê a legislação brasileira.

### **4.3 Avaliação do sorgo silageiro em experimento de casa de vegetação**

#### **4.3.1 Rendimento de massa verde da parte aérea ( $g\ planta^{-1}$ )**

A análise de variância demonstrou efeito significativo para alguns fatores estudados de forma isolada e em interação, como pode ser observado na Tabela 11. A interação tripla entre os fatores estudados proporcionou efeito significativo, a 5 % de probabilidade para as variáveis MV, MS e teor de N, e



efeito não significativo para o teor de P e de K. Entretanto, a interação entre o tratamento adicional (testemunha absoluta) e a combinação de todos os fatoriais, revelou efeito significativo para o teor K na planta.

O contraste entre o tratamento adicional e o fatorial estudado, permite visualizar com maior clareza que a combinação dos tratamentos avaliados proporcionaram um incremento quando comparado a testemunha absoluta, que em termos percentuais equivalem a 114 % na MV, 143,9 % na MS, 64,1 % no teor de N e 20 % no teor de P. Sugere-se que boa parte desta contribuição está relacionada às bactérias, pois estas, além da fixação biológica de nitrogênio possuem também efeito promotor de crescimento vegetal, principalmente pela síntese de auxinas (SANTI e outros, 2013).

Tabela 11: Resumo da análise de variância e respectiva significância para massa verde de parte aérea (MV), massa seca de parte aérea (MS), e dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

FV	GL	Quadrado Médio				
		MV	MS	N	P	K
Substrato (S)	1	3463,32**	241,80**	141,31**	0,22 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
Bactéria (B)	1	768,67**	55,13**	29,84**	0,49 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>
Dose (D)	3	17714,01**	1024,57**	1598,84**	1,33 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>
S vs B	1	4,41 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	2,29 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
S vs D	3	334,77**	38,36**	8,62**	0,07 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>
B vs D	3	66,50**	12,92**	2,93 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>
S vs B vs D	3	18,06 <sup>ns</sup>	1,03**	1,58 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Adicional vs Fatorial	1	10791,90**	434,81**	745,97**	2,10**	0,15 <sup>ns</sup>
Residuo	51	8,68	0,28	1,14	0,18	1,14
Total	67	1042,85	59,36	86,76	0,25	0,93
Média		----- g planta <sup>-1</sup> -----			----- g Kg <sup>-1</sup> -----	
Adicional		46,95 b	7,47 b	21,95 b	1,75 b	12,07 a
Fatorial		100,49 a	18,22 a	36,03 a	2,10 a	12,27 a

\*\* e \* significante pelo teste de F a 1% e 5% probabilidade respectivamente; ns não significativo.

Na tabela 12 verifica-se que houve diferença pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) entre os substratos e entre as bactérias em interação com as doses de N. Para a interação entre o substrato e as doses de N, a maior produtividade de MV ( $155,54 \text{ g planta}^{-1}$ ) foi obtida com o substrato de resíduo de algodão e  $120 \text{ Kg ha}^{-1}$  de N. Para interação entre as bactérias e as doses de N, o maior rendimento de MV ( $147,71$ ) foi obtido com a inoculação de *A. brasiliense* e  $120 \text{ Kg ha}^{-1}$  de N.

As plantas inoculadas com *A. brasiliense* mostraram incremento de 37,1 %, 96,7 %, 137,2 % e 214,6 % na massa verde da parte aérea, respectivamente para as doses, 0, 40, 80 e  $120 \text{ Kg ha}^{-1}$  de N, quando comparado ao tratamento controle. Entretanto, a inoculação com *H. seropedicae* proporcionou incremento de 29,6 %, 81,5 %, 127,7 % e 187,8 %, quando comparado ao tratamento controle para o rendimento de massa verde.

Tabela 12: Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) referente a variável massa verde de parte aérea (MV) em  $\text{g planta}^{-1}$  para o desdobramento da interação dupla entre os fatores avaliados em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem. IFBAIANO, Guanambi-BA, 2014.

Dose de N $\text{Kg ha}^{-1}$	Substrato	
	Algodão	Turfa
0	66,82 aD	58,41 bD
40	94,87 aC	82,67 bC
80	114,15 aB	104,14 bB
120	155,54 aA	127,30 bA
	Bactéria	
	<i>Azospirillum brasiliense</i>	<i>Herbaspirillum seropedicae</i>
0	64,36 aD	60,87 bD
40	92,36 aC	85,20 bC
80	111,38 aB	106,90 bB
120	147,71 aA	135,12 bA

Letras minúsculas nas linhas diferenciam os substratos/bactérias e maiúsculas nas colunas diferenciam as doses.

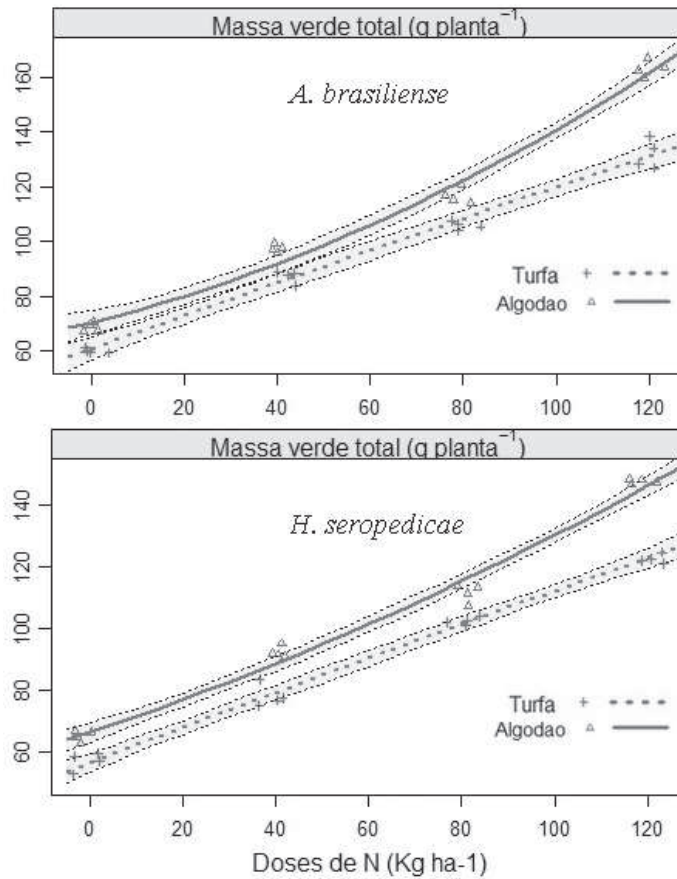


Figura 5: Rendimento de massa verde da parte aérea do sorgo silageiro (g planta<sup>-1</sup>) em função da interação entre doses de nitrogênio, bactéria e substrato de inoculação.

As bactérias em estudo se ajustaram a um modelo de regressão linear para o rendimento de massa verde da parte aérea quando inoculadas em substrato a base de turfa, e ajuste a um modelo de regressão quadrático quando inoculadas no substrato a base de resíduos de algodão (figura 5). De modo geral, o efeito da inoculação é crescente a medida que se elevam as doses de N, para

ambas bactérias e substratos utilizados, contudo, sendo o efeito de *A. brasiliense* mais pronunciado.

Avaliando a inoculação via foliar de *A. brasiliense* em milho verde, Domingues Neto e outros (2013), obtiveram incremento de 18 % na massa verde da parte aérea quando comparado ao tratamento sem inoculação.

Resultados positivos sobre o efeito da interação entre a inoculação de bactérias diazotróficas e doses de nitrogênio também foram observados por Viana e outros (2015), que relataram incrementos na massa verde de plantas de arroz variando entre 32 e 55 %.

#### 4.3.2 **Rendimento de massa seca da parte aérea (g planta<sup>-1</sup>)**

O teste de médias para o desdobramento da interação tripla para a variável massa seca da parte aérea (tabela 13), demonstra que existe diferença significativa entre as bactérias e os substratos de inoculação, em interação com as doses de N. Neste caso, a inoculação de *A. brasiliense* no substrato de algodão, e com a adubação de 120 Kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou o maior rendimento de massa seca de parte aérea, 35,82 g planta<sup>-1</sup>.

As plantas inoculadas com *A. brasiliense* mostraram incremento de 65,6 %, 105,7 %, 182 % e 379,5 % na massa seca da parte aérea, respectivamente para as doses, 0, 40, 80 e 120 Kg ha<sup>-1</sup> de N, quando comparado ao tratamento controle. Entretanto, a inoculação com *H. seropedicae* proporcionou incremento de 58,2 %, 93 %, 167,3 % e 307,6 %, quando comparado ao tratamento controle para o rendimento de massa seca.

Tabela 13: Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) referente a variável massa seca da parte aérea (MS) em  $\text{g planta}^{-1}$  para o desdobramento da interação tripla entre os fatores avaliados em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem.

Dose de N $\text{Kg ha}^{-1}$	Substrato	
	Algodão	Turfa
<i>Azospirillum brasiliense</i>		
0	<b>12,37 aD</b>	9,17 bD
40	15,37 aC	14,17 bC
80	21,07 aB	18,55 bB
120	35,82 aA	26,65 bA
<i>Herbaspirillum seropedicae</i>		
0	<b>11,82 aD</b>	8,40 bD
40	14,42 aC	13,40 bC
80	19,97 aB	16,87 bB
120	30,45 aA	23,00 bA

Letras minúsculas nas linhas diferenciam os substratos e maiúsculas nas colunas diferenciam as doses. Destaque em negrito diferencia o efeito entre as bactérias para cada dose e substrato correspondente.

Na figura 6 observa-se que os dados para o rendimento de massa seca da parte aérea de plantas inoculadas com *A. brasiliense* e *H. seropedicae* nos substratos a base de turfa e de resíduo de algodão se ajustaram a um modelo quadrático de regressão com tendência crescente a medida que se elevam as doses de N. Percebe-se pela inclinação da curva, que o efeito da inoculação para as duas bactérias são semelhantes e é mais pronunciado em altas doses de N.

Domingues Neto e outros (2014), avaliando a influência de *A. brasiliense* em aveia preta, obtiveram incremento de 602,7 % no rendimento de massa seca da parte aérea, comparando o tratamento inoculado ao não inoculado. Maiores rendimentos proporcionados pela inoculação de *A. brasiliense* também foram relatadas por outros autores como Nakao e outros (2011), com inoculação via foliar em plantas de sorgo granífero. Kappes e outros (2013), na cultura do milho com inoculação via semente, também relataram maiores rendimentos.

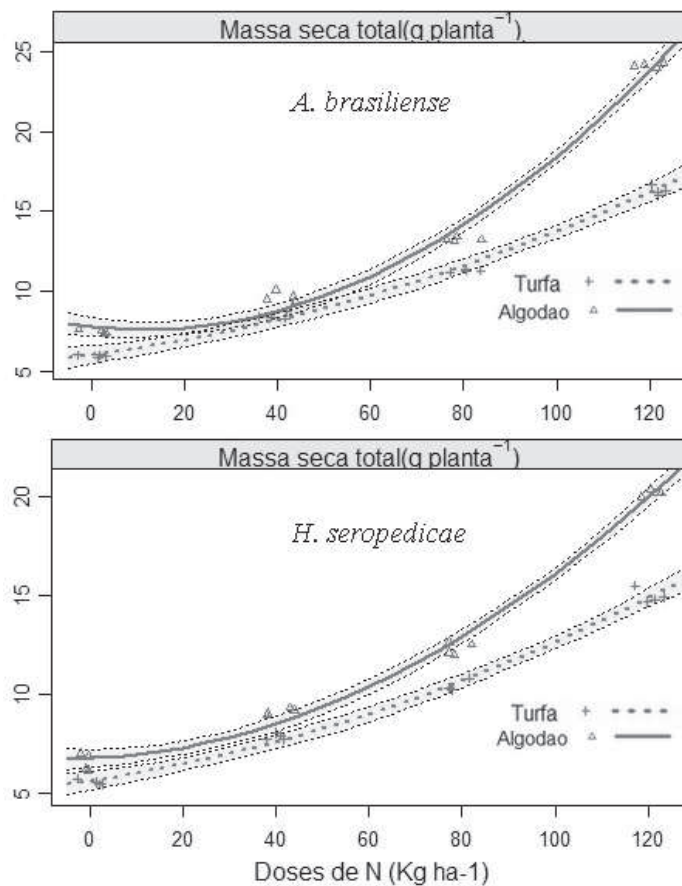


Figura 6: Rendimento de massa seca da parte aérea do sorgo silageiro ( $\text{g planta}^{-1}$ ) em função da interação entre doses de nitrogênio, bactéria e substrato de inoculação.

Dartora e outros (2013), avaliando a inoculação combinada de estirpes *A. brasiliense* com *H. seropedicae*, obtiveram 12 % de incremento no rendimento de massa seca em plantas de milho na fase reprodutiva, em relação ao tratamento controle. Incrementos de 53 % no rendimento de massa seca de plantas de milho híbrido, também foram observados por Quadros e outros

(2009), avaliando a associação da inoculação com *Azospirillum* e adubação nitrogenada.

#### 4.3.3 Teor de nitrogênio na parte aérea (g Kg<sup>-1</sup>)

O teor de nitrogênio na planta é uma variável importante a ser avaliada pois além de indicar se os teores encontram-se adequados para o seu bom desenvolvimento, também tem relação direta com o teor de proteína que é um dos indicadores de qualidade da forragem na alimentação animal.

Verificou-se interação significativa entre os fatores substrato e doses, de modo que maiores doses de N, resultam em maior teor deste nutriente na planta, conforme pode ser observado na tabela 14. O maior teor de N (50,84 g Kg<sup>-1</sup>) foi obtido com aplicação de 120 Kg ha<sup>-1</sup> e a utilização do substrato de resíduo de algodão.

Tabela 14: Teste de Tukey (p<0,05) referente a variável teor de nitrogênio na parte aérea (N) em g Kg<sup>-1</sup> para o desdobramento da interação tripla entre os fatores avaliados em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem.

Dose de N Kg ha <sup>-1</sup>	Substrato	
	Algodão	Turfa
0	25,52 aD	24,27 bD
40	33,52 aC	30,69 bC
80	40,16 aB	37,20 bB
120	50,84 aA	46,00 bA

Letras minúsculas nas linhas diferenciam os substratos e maiúsculas nas colunas diferenciam as doses.

Avaliando o efeito da inoculação de sementes de arroz com *A. brasiliense* Rodrigues e outros (2015), também não observaram diferença significativa para o teor de N na parte aérea entre os tratamentos inoculados ou

não. Na cultura do milho, Pereira e outros (2015), encontraram teor de N nas folhas variando entre 31,01 e 41,13 g Kg<sup>-1</sup> estudando o efeito de diferentes formas de inoculação de *A. brasiliense* na presença e ausência de adubação nitrogenada. Santos e outros (2015), obtiveram 44,3 % de aumento no teor de nitrogênio em plantas de milho, inoculadas com *H. seropedicae* e adubadas com 60 Kg ha<sup>-1</sup> de N.

A análise de regressão para o teor de N na planta em função da interação entre as doses de N e os substratos, demonstrou efeito linear como pode ser observado na figura 7. O comportamento da reta foi semelhante para ambos substratos, sendo que o teor de N na planta foi crescente com a elevação das doses de N porém com ligeira superioridade para o de resíduos de algodão.

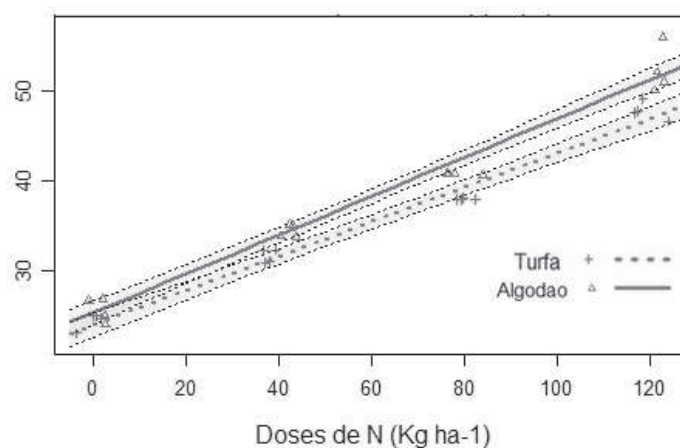


Figura 7: Teor de nitrogênio na parte aérea do sorgo silageiro (g Kg<sup>-1</sup>) em função da interação entre doses de nitrogênio, bactéria e substrato de inoculação.

#### 4.3.4 Contagem de bactérias na planta

Após quantificação do número de bactérias pelo método do NMP em meio semissólido específico, verificou-se a presença de bactérias diazotróficas



nas amostras coletadas, incluindo a testemunha absoluta em que não houve inoculação.

O número de bactérias diazotróficas presentes nas plantas de sorgo e quantificadas nos meios de cultura semissólido JNFb e NFb aos 30 dias após semeadura, revelou a formação da película característica o que indica a presença da bactéria, porém as mesmas não foram caracterizadas.

Dentre as diferentes partes avaliadas, observou-se que a maior população de bactérias foi encontrada nas raízes, seguida do colmo e das folhas. A maior contagem de bactérias foi observada no meio NFb, nas raízes de sorgo em que a inoculação foi em substrato a base de turfa (Tabela 15).

Os resultados obtidos neste estudo, concordam com Viana e outros (2015) e Brasil e outros (2005), que obtiveram isolados em meio NFb em maior concentração nas raízes de plantas do que na parte aérea. No entanto, resultados divergentes foram observados por Rodrigues e outros (2006), que obtiveram maior população de bactérias isoladas em meio JNFb a partir da parte aérea na cultura do arroz.

Tabela 15: Número de bactérias diazotróficas crescidas em meio JNFb e NFb, presentes nas raízes, colmos e folhas do sorgo aos 30 dias após semeadura, inoculado com estirpes de Z94 (*H. seropedicae*) e sp245 (*A. brasiliense*) em inoculante a base de turfa e de resíduos de algodão.

Tratamento*	Meio	Raiz	Colmo	Folha
		----- Ufc g <sup>-1</sup> -----		
<b>Inoculante de Turfa</b>	JNFb	7,5x10 <sup>4</sup>	4,5x10 <sup>2</sup>	4,5x10 <sup>2</sup>
	NFb	2,5x10 <sup>5</sup>	7,5x10 <sup>3</sup>	7,5x10 <sup>3</sup>
<b>Inoculante de Algodão Sem</b>	JNFb	1,5x10 <sup>4</sup>	9,5x10 <sup>3</sup>	1,5x10 <sup>3</sup>
	NFb	4,5x10 <sup>4</sup>	2,0x10 <sup>3</sup>	9,5x10 <sup>2</sup>
<b>inoculante</b>	JNFb	2,5x10 <sup>4</sup>	4,5x10 <sup>2</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>
	NFb	2,0x10 <sup>5</sup>	9,5x10 <sup>2</sup>	2,0x10 <sup>3</sup>

\*Tratamentos sem adição de fonte nitrogenada.

O fato de o cultivo das plantas ter sido realizado em vasos com substrato estéril de areia lavada e vermiculita, e ter sido identificado a presença de bactérias fixadoras no tratamento controle, que por sua vez não foi inoculado, sugere que possa ter ocorrido contaminação por estes microrganismos. Possivelmente essa contaminação possa ter ocorrido pelo atrito entre as folhas de plantas vizinhas no interior da estufa que foram inoculadas, pelo respingo de água da chuva, pelo manuseio com os vasos, via água de irrigação ou por já estarem presentes no interior da semente. Segundo Döbereiner e outros (1993), aberturas estomáticas podem ser porta de entrada para microrganismos endofíticos. Para Azevedo (1998), alguns microrganismos endofíticos são transmitidos via sementes.

#### **4.4 Avaliação do sorgo silageiro em experimento de campo**

##### **4.4.1 Rendimento de massa verde da parte aérea ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )**

A análise de variância demonstrou efeito significativo para alguns fatores estudados de forma isolada e em interação, como pode ser observado na Tabela 16. A interação tripla entre os fatores estudados proporcionou efeito significativo, a 5 % de probabilidade para as variáveis MV, MS e teor de N, e efeito não significativo para o teor de P e de K.

A interação entre o tratamento adicional (testemunha absoluta) e a combinação de todos os fatoriais, revelou também o efeito significativo para o teores K na análise de variância. Esse contraste permite visualizar com maior clareza que a combinação dos tratamentos estudados proporcionaram um valor médio superior quando comparado a testemunha absoluta, que em termos percentuais equivalem a um incremento de 35 % na MV, 22 % na MS, 34 % no teor de N e 68 % no teor de K.

Tabela 16: Resumo da análise de variância e respectiva significância para massa verde de parte aérea (MV), massa seca de parte aérea (MS), e dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem.

FV	GL	Quadrado Médio				
		MV <sup>1</sup>	MS <sup>2</sup>	N <sup>3</sup>	P	K
<b>Substrato (S)</b>	2	0,366 <sup>ns</sup>	0,00008 <sup>ns</sup>	0,114 <sup>**</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	1,287 <sup>ns</sup>
<b>Bactéria (B)</b>	1	0,029 <sup>ns</sup>	0,00007 <sup>ns</sup>	0,039 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	1,550 <sup>ns</sup>
<b>Dose (D)</b>	3	41,211 <sup>ns</sup>	0,00687 <sup>ns</sup>	4,942 <sup>ns</sup>	0,025 <sup>ns</sup>	0,187 <sup>ns</sup>
<b>S vs B</b>	2	1,380 <sup>**</sup>	0,00011 <sup>ns</sup>	0,099 <sup>**</sup>	0,036 <sup>ns</sup>	0,372 <sup>ns</sup>
<b>S vs D</b>	6	0,603 <sup>**</sup>	0,00025 <sup>**</sup>	0,039 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	0,634 <sup>ns</sup>
<b>B vs D</b>	3	1,439 <sup>**</sup>	0,00024 <sup>**</sup>	0,077 <sup>*</sup>	0,045 <sup>ns</sup>	0,286 <sup>ns</sup>
<b>S vs B vs D</b>	6	1,077 <sup>**</sup>	0,00024 <sup>**</sup>	0,099 <sup>**</sup>	0,055 <sup>ns</sup>	1,538 <sup>ns</sup>
<b>Adicional vs Fatorial</b>	1	17,508 <sup>**</sup>	0,00383 <sup>**</sup>	13,431 <sup>**</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	53,520 <sup>**</sup>
<b>Resíduo</b>	75	0,150	0,00006	0,0201	0,032	2,467
<b>Total</b>	99	1,720	0,00033	0,3160	0,031	3,615
<b>Média</b>		-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		----- g Kg <sup>-1</sup> -----		
<b>Adicional</b>		60,24 b	9,25 b	31,93 b	2,18 a	9,25 b
<b>Fatorial</b>		81,36 a	12,44 a	38,75 a	2,20 a	15,58 a

\*\* e \* significante pelo teste de F a 1% e 5% probabilidade respectivamente; ns não significativo.

<sup>1</sup>Dados transformados [Box-Cox: ( $\wedge$ -1,21)\*1000] . <sup>2</sup>Dados transformados [Box-Cox: ( $\wedge$ -0,9)].

<sup>3</sup>Dados transformados [Box-Cox: ( $\wedge$ -5)\*100000000].

Na tabela 17 verifica-se que a maior produtividade de MV (114,89 Mg ha<sup>-1</sup>) foi obtida com a inoculação da bactéria *H. seropedicae* em substrato a base de pequi interagindo com a adubação de 80 Kg ha<sup>-1</sup> de N. Contudo, para essa mesma dose de N, não houve diferença pelo teste de Tukey (P<0,05) para a inoculação desta bactéria nos substratos utilizados.

Na ausência da adubação nitrogenada, ao comparar o efeito da inoculação das bactérias no substrato a base de pequi, verificou-se que o efeito de *A. brasiliense* foi superior em 29,4 % ao efeito de *H. seropedicae* no rendimento de MV. Na dose de 40 Kg ha<sup>-1</sup> de N, com substrato a base de turfa o efeito da inoculação de *A. brasiliense* foi superior a *H. seropedicae* em 9 %,

contudo sem diferenciar dos demais substratos pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) para essa mesma dose de N.

Tabela 17: Teste de médias referente a variável massa verde de parte aérea (MV) em  $\text{Mg ha}^{-1}$  para o desdobramento da interação tripla entre os fatores avaliados em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem.

Dose de N $\text{Kg ha}^{-1}$	Algodão	Substrato	
		Pequi	Turfa
<i>A. brasiliense</i> (sp245)			
0	63,94 aC	<b>69,25 aC</b>	65,73 aC
40	75,03 aB	77,20 aB	<b>80,34 aB</b>
80	99,84 aA	<b>96,23 aA</b>	95,27 aA
120	95,9 aA	98,08 aA	89,00 aAB
<i>H. seropedicae</i> (Z94)			
0	64,15 aC	<b>53,51 bD</b>	69,70 aB
40	75,58 aB	74,84 aC	<b>73,57 aB</b>
80	110,68 aA	<b>114,89 aA</b>	106,76 aA
120	104,56 aA	89,57 bB	94,85 abA

Letras minúsculas nas linhas diferenciam os substratos e maiúsculas nas colunas diferenciam as doses. Destaques em negrito diferenciam o efeito entre as bactérias para cada dose e substrato correspondente.

O rendimento de massa verde da parte aérea da planta melhor se ajustou ao modelo de regressão quadrático para interação entre as doses de N e demais fatores avaliados (figura 8). Incrementos de forma crescente até a dose máxima de N foram observados para todos os fatoriais, exceto para *Herbaspirillum* em substrato a base de pequi e *Azospirillum* em substrato a base de turfa. Para a *H. seropedicae* inoculada em substrato a base de pequi o máximo rendimento de massa verde ( $229,94 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) foi obtido com a adubação de  $88,1 \text{ Kg ha}^{-1}$  de N, enquanto que para *A. brasiliense* inoculado em substrato a base de turfa o máximo rendimento de massa verde ( $200,58 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) foi obtido com a adubação de  $91,6 \text{ Kg ha}^{-1}$  de N.

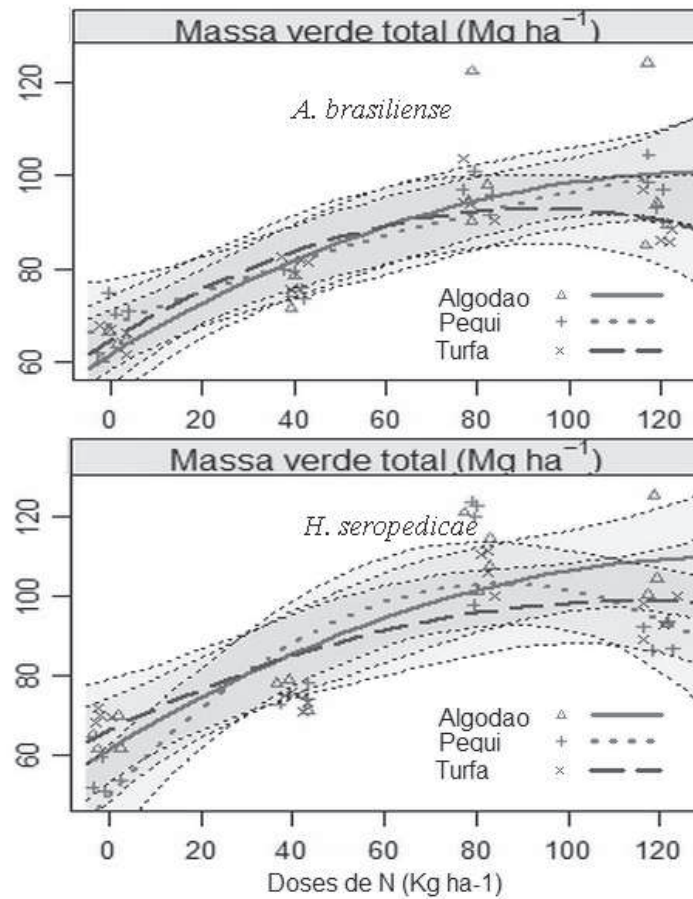


Figura 8: Rendimento de massa verde da parte aérea do sorgo silageiro (Mg ha<sup>-1</sup>) em função da interação entre doses de nitrogênio, bactéria e substrato de inoculação.

As plantas inoculadas e sem adubação nitrogenada mostraram incremento de 6,9 % no rendimento de massa verde da parte aérea em relação ao controle. Porém, quando adubadas 80 Kg ha<sup>-1</sup> de N, os inoculantes estudados proporcionaram incremento de 72,6 % em relação ao controle. Esse resultado

indica a necessidade de um aporte inicial de N no solo para que haja eficiência da inoculação.

Os resultados obtidos para produção de massa verde da parte aérea neste estudo foram superiores aos observados por Ubert e Soligo (2015), que avaliando a associação de *A. brasiliense* a doses de nitrogênio em sorgo silageiro, não encontraram efeito significativo para o uso do inoculante e obtiveram rendimento de 40,78 Mg ha<sup>-1</sup> de massa verde com aplicação de 192 Kg ha<sup>-1</sup>.

Tavian e outros (2014), avaliando a adubação nitrogenada obtiveram máxima produção de massa verde de parte aérea (72 Mg ha<sup>-1</sup>) com a aplicação de 140 Kg ha<sup>-1</sup>, resultado este 60 % inferior aos obtidos neste estudo com a interação entre *H. seropedicae* inoculado em substrato de pequi e 80 Kg ha<sup>-1</sup> de N.

#### 4.4.2 Rendimento de massa seca da parte aérea (Mg ha<sup>-1</sup>)

A maior produtividade de massa seca (17,33 Mg ha<sup>-1</sup>) foi observada na interação entre a inoculação de *H. seropedicae* em substrato a base de pequi e dose de 80 Kg ha<sup>-1</sup> de N, conforme tabela 18. Contudo, não diferiu pelo teste de Tukey (p<0,05) entre os demais substratos inoculados com a mesma bactéria e mesma dose de N. Ao comparar o efeito da inoculação das bactérias no substrato a base de pequi, verificou-se que na ausência da adubação nitrogenada o efeito de *A. brasiliense* foi superior em 27,4 % ao efeito de *H. seropedicae* no rendimento de MS, contudo sem diferenciar dos demais substratos pelo teste de Tukey (P<0,05) para essa mesma dose de N.

As plantas inoculadas e sem adubação nitrogenada mostraram incremento de 10,5 % no rendimento de massa seca da parte aérea em relação ao controle. Porém, quando adubadas 80 Kg ha<sup>-1</sup> de N, os inoculantes estudados

proporcionaram incremento de 65,3 % em relação ao controle. Resultado semelhante foi observado por Guimarães e outros (2010), que relataram incremento de 12 % na matéria seca de plantas de arroz inoculadas com *H. seropedicae* em relação ao tratamento controle.

Na cultura do arroz, Viana e outros (2015) obtiveram incrementos de até 50,8 % no rendimento de massa seca da parte aérea, sob a interação da inoculação com *H. seropedicae* e doses de nitrogênio. Avaliando a inoculação de *A. brasiliense* na cultura do milho, Mazzuchelli e outros (2014), obtiveram incremento de 21,9 % quando comparado ao tratamentos controle sem inoculação.

Tabela 18: Teste de médias referente a variável massa seca de parte aérea (MS) em Mg ha<sup>-1</sup> referente ao desdobramento da interação tripla entre os fatores avaliados em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem.

Doses de N Kg ha <sup>-1</sup>	Algodão	Substrato Pequi	Turfa
<i>A. brasiliense</i> (sp245)			
0	10,24 aB	<b>10,75 aB</b>	10,52 aC
40	11,61 aB	12,23 aAB	11,92 aBC
80	15,21 aA	<b>14,14 aA</b>	14,29 aA
120	14,52 aA	14,31 aA	13,44 aBA
<i>H. seropedicae</i> (Z94)			
0	10,34 aB	<b>8,44 bC</b>	11,06 aB
40	11,27 aB	11,59 aB	11,37 aB
80	16,20 aA	<b>17,33 aA</b>	14,58 aA
120	15,15 aA	13,52 abB	12,64 bAB

Letras minúsculas nas linhas diferenciam os substratos e maiúsculas nas colunas diferenciam as doses. Destaques em negrito diferenciam o efeito entre as bactérias para cada dose e substrato correspondente.

O rendimento de massa seca da parte aérea da planta melhor se ajustou ao modelo de regressão quadrático para interação entre as doses de N e demais fatores avaliados (figura 9). Incrementos de forma crescente até a dose máxima

de N foram observados para a interação entre *A. brasiliense* inoculado em substrato a base de resíduos de algodão e de pequi, e entre *H. seropedicae* inoculado em substrato a base de resíduos de algodão.

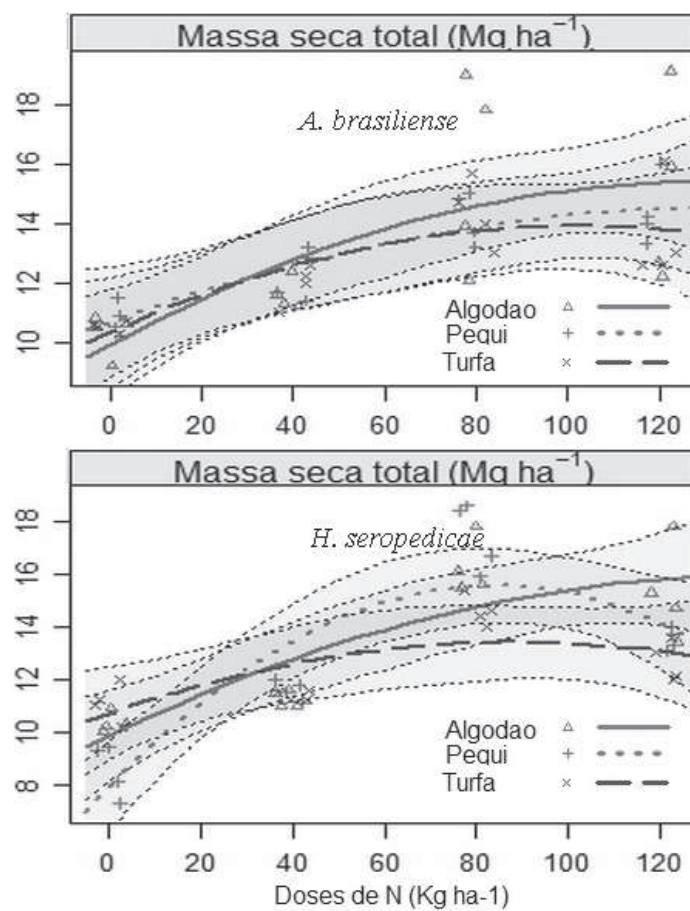


Figura 9: Rendimento de massa seca da parte aérea do sorgo silageiro (Mg ha<sup>-1</sup>) em função da interação entre doses de nitrogênio, bactéria e substrato de inoculação.

Para a *H. seropedicae* inoculada em substrato a base de pequi o máximo rendimento de massa seca (13,26 Mg ha<sup>-1</sup>) foi obtido com a adubação de 86,7



Kg ha<sup>-1</sup> de N. Para a *H. seropedicae* inoculada em substrato a base de turfa o máximo rendimento de massa seca (11,40 Mg ha<sup>-1</sup>) foi obtido com a adubação de 92,5 Kg ha<sup>-1</sup> de N. Para *A. brasiliense* inoculado em substrato a base de turfa o máximo rendimento de massa seca (11,82 Mg ha<sup>-1</sup>) foi obtido com a adubação de 99,1 Kg ha<sup>-1</sup> de N.

#### 4.4.3 Teor de nitrogênio na parte aérea (g Kg<sup>-1</sup>)

As plantas inoculadas e sem adubação nitrogenada mostraram incremento de 11,4 % no teor de nitrogênio na parte aérea em relação ao controle. Porém, quando adubadas 80 Kg ha<sup>-1</sup> de N, os inoculantes estudados proporcionaram incremento de 28,9 % em relação ao controle, como pode ser observado na tabela 19. Resultado semelhante foi observado por Guimarães e outros (2010), que relataram incremento de 28 % no acúmulo de nitrogênio em plantas de arroz inoculadas com *H. seropedicae* em relação ao tratamento controle.

Tabela 19: Teste de médias referente a variável teor de nitrogênio (N) na parte aérea em g kg<sup>-1</sup> referente ao desdobramento da interação tripla entre os fatores avaliados em sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas em substrato obtido por compostagem.

Doses de N Kg ha <sup>-1</sup>	Algodão	Substrato	
		Pequi	Turfa
<i>A. brasiliense</i> (sp245)			
0	35,17 aD	35,33 aC	35,87 aB
40	38,33 abC	<b>37,17 bB</b>	<b>39,11 aA</b>
80	40,85 aB	<b>43,60 bA</b>	40,53 aA
120	44,07 aA	<b>44,79 aA</b>	41,20 bA
<i>H. seropedicae</i> (Z94)			
0	35,98 aC	35,87 aB	35,17 aC
40	39,60 aB	<b>39,22 aA</b>	<b>37,02 bB</b>
80	40,77 aAB	<b>41,23 aA</b>	39,86 aA

120

42,27 aA

**40,77 aA**

40,78aA

Letras minúsculas nas linhas diferenciam os substratos e maiúsculas nas colunas diferenciam as doses. Destaques em negrito diferenciam o efeito entre as bactérias para cada dose e substrato correspondente.

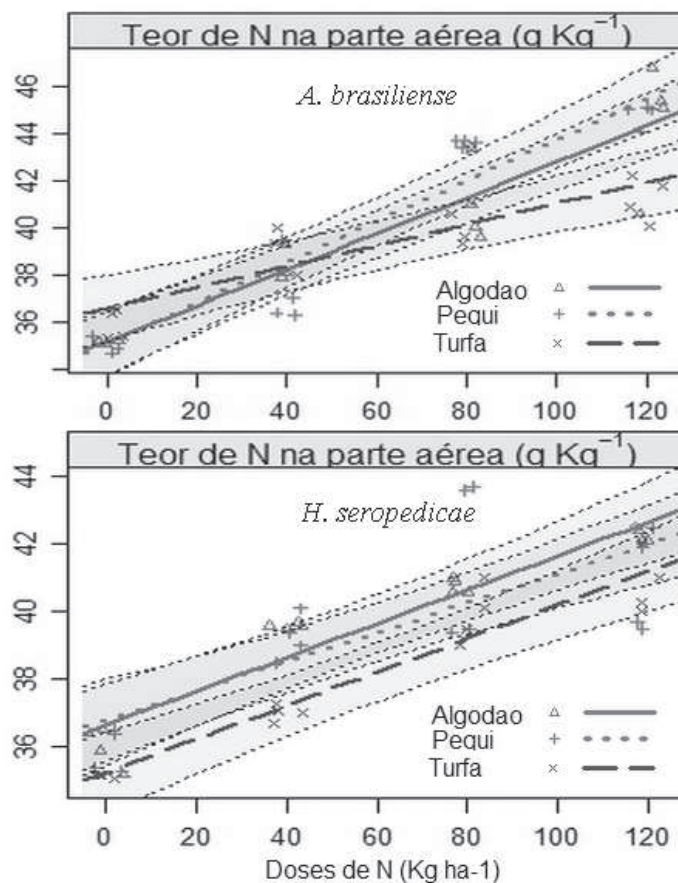


Figura 10: Teor de nitrogênio na parte aérea do sorgo silageiro ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) em função da interação entre doses de nitrogênio, bactéria e substrato de inoculação.

A variável teor de nitrogênio na parte aérea da planta melhor se ajustou ao modelo de regressão linear para interação entre as doses de N e demais fatores avaliados (figura 10). Incrementos de forma crescente até a dose máxima de N foram observados para todas as interações estudadas, sendo que a

inoculação de *A. brasiliense* em substrato a base de resíduos de pequi foi a responsável pelo maior teor de N observado na planta.

#### 4.4.4 Contagem de bactérias na planta

O número de bactérias diazotróficas presentes nas plantas de sorgo quantificado pelo método do NMP nos meios de cultura semissólido JNFb e NFb aos 60 dias após semeadura, revelou a formação da película característica o que indica a presença da bactéria, entretanto, não foi realizado a caracterização das mesmas.

Tabela 20: Número de bactérias diazotróficas crescidas em meio JNFb e NFb, presentes nas raízes, colmos e folhas do sorgo aos 60 dias após semeadura, inoculado com estirpes de Z94 (*H. seropedicae*) e sp245 (*A. brasiliense*) em inoculante a base de turfa, de resíduos de algodão e de pequi.

Tratamento*	Meio	Raiz			Colmo			Folha		
		----- Ufc g <sup>-1</sup> -----								
<b>Inoculante de Turfa</b>	JNFb	7,5x10 <sup>2</sup>	4,5x10 <sup>2</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	7,5x10 <sup>2</sup>	4,5x10 <sup>2</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	7,5x10 <sup>2</sup>	4,5x10 <sup>2</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>
	NFb	1,1x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	3,0x10 <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	3,0x10 <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	3,0x10 <sup>2</sup>
<b>Inoculante de Algodão</b>	JNFb	3,0x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	3,0x10 <sup>2</sup>	3,0x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	3,0x10 <sup>2</sup>	3,0x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	3,0x10 <sup>2</sup>
	NFb	4,5x10 <sup>4</sup>	2,5x10 <sup>3</sup>	1,5x10 <sup>4</sup>	4,5x10 <sup>4</sup>	2,5x10 <sup>3</sup>	1,5x10 <sup>4</sup>	4,5x10 <sup>4</sup>	2,5x10 <sup>3</sup>	1,5x10 <sup>4</sup>
<b>Inoculante de Pequi</b>	JNFb	7,5x10 <sup>2</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	7,5x10 <sup>2</sup>	7,5x10 <sup>2</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	7,5x10 <sup>2</sup>	7,5x10 <sup>2</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	7,5x10 <sup>2</sup>
	NFb	2,0x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	1,5x10 <sup>5</sup>	2,0x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	1,5x10 <sup>5</sup>	2,0x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	1,5x10 <sup>5</sup>
<b>Sem inoculante</b>	JNFb	1,5x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	1,5x10 <sup>4</sup>	1,5x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	1,5x10 <sup>4</sup>	1,5x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	1,5x10 <sup>4</sup>
	NFb	9,5x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	1,5x10 <sup>3</sup>	9,5x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	1,5x10 <sup>3</sup>	9,5x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	1,5x10 <sup>3</sup>

\*Tratamentos sem adição de fonte nitrogenada.

Em cada tratamento, ao particionar a planta, observa-se que a população de bactérias foi superior nas raízes, seguida do colmo e das folhas. A maior contagem de bactérias foi encontrada no meio NFb, nas folhas de sorgo em que a inoculação foi em substrato de pequi (Tabela 20). Esses resultados concordam

com Rodrigues e outros (2006), que obtiveram maior população de bactérias isoladas em meio JNFb a partir da parte aérea na cultura do arroz. Viana e outros (2015) e Brasil e outros (2005), obtiveram isolados em meio NFb em maior concentração nas raízes do que na parte aérea, no entanto, estes resultados foram observados na cultura do arroz.

Dentre as hipóteses para justificar os resultados expressivos da inoculação, sugere-se que além da fixação biológica de nitrogênio proporcionada pela bactéria, estas possuem também efeito promotor de crescimento vegetal, principalmente pela produção de sideróforos, e reguladores de crescimento como auxinas, citocininas e giberilinas (Lin e outros, 2012; Santi e outros, 2013), pela capacidade de solubilizar fosfatos e zinco (Estrada e outros, 2013).

## 5. CONCLUSÕES

Os substratos obtidos apresentam potencial de utilização como veículo inoculante, podendo ser uma alternativa a turfa.

O teor de N-total não apresentou variação entre os substratos estudados.

A elevação da proporção de esterco de galinha poedeira no substrato resulta em elevação do pH e da CE.

Os inoculantes avaliados não conseguiram manter a sobrevivência das bactérias na concentração adequada pelo período mínimo de 180 dias como exige a legislação brasileira.

Inoculado em substrato de pequi e em ausência de adubação nitrogenada, o efeito de *A. brasiliense* foi superior ao de *H. seropedicae* para o rendimento de massa verde e seca do sorgo silageiro.

Em condições de casa de vegetação, o efeito combinado de todos os fatores em relação ao tratamento controle proporcionou incremento médio entre as variáveis analisadas de 85,5 %.

Em condições de casa de vegetação os rendimentos obtidos para a inoculação de *A. brasiliense* em substrato a base de resíduos de algodão foram superiores aos de *H. seropedicae* em todas variáveis avaliadas.

Em condições de campo, o efeito combinado de todos os fatores em relação ao tratamento controle proporcionou incremento médio entre as variáveis analisadas de 39,8 %.

Em condições de campo os rendimentos obtidos para a inoculação de *H. seropedicae* em substrato a base de resíduos de pequi foram superiores aos de *A. brasiliense* para todas variáveis avaliadas, exceto para o teor de N na planta.

Os substratos inoculantes a base de resíduos de pequi e de algodão apresentaram comportamento similar e/ou superior ao turfa em todos os parâmetros avaliados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, J.D.W.; FROSTICK, L.E. Investigating microbial activities in compost using mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation as an experimental system. **Bioresource Technology**, v.99, n.5, p.1097-1102, 2008.

ADLER, R. O Lixo nosso de cada dia. Publicado no **Jornal do Brasil**, Julho de 1991.

ALBANELL, E.; PLAIXATS, J.; CABRERO, T. Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia fetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. **Biology and Fertility of Soils** 6(3):266-269. 1988.

ANDRADE, A.R.S; MACHADO, C.B.; VILELA, E.L.; CAMÊLO, D.L.; SILVA, L.C.C. Desenvolvimento da cultura do sorgo em um Latossolo Amarelo submetido à adubação orgânica. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.4, n.2, p.137-144, 2011.

AUGUSTO, K.V.Z. Manejo de dejetos em granjas de postura comercial. **Avicultura Industrial**. v.97, n.05, 2005.

AZEVEDO, J. L. Microrganismos Endofíticos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Org.). Ecologia Microbiana. 1ª ed. Jaguariuna: EMBRAPA-CNPMA, 1998, p.69-96.

BAILEY, D. A.; NELSON, P. V.; FONTENO, W.C. Substrates pH and water quality. Disponível em <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/plugs/ph.pdf>> (Acessado em Jul 2013).

BARBOSA, C. A. **Manual de adubação orgânica**. Editora Agrojuris: Viçosa, Brasil. 2009.

BARROS JÚNIOR, C.; TAVARES, C.R.G.; BARROS, S.T.D. Modelos de gestão integrada de **resíduos sólidos urbanos – estudo para o município de Maringá, estado do Paraná**. **Acta Scientiarum Technology**. Maringá, v.25, n.1, p.17-25, 2003.

BENITO, M.; MASAGUER, A.; MOLINER, A.; ANTONIO, R. Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. **Bioresource Technology** 97(16):2071-2076, 2006.

BIDONE, F.R.A. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais:** eliminação e valorização. Rio de Janeiro: ABES. Projeto PROSAB, 2001. 217p.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of Royal Statistical Society**, v.26, n.2, 211-252, 1964.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman: Porto Alegre, Brasil. 2013.

BRASIL. 2007. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 17 de 21/05/2007. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos e revoga a Instrução Normativa nº46, de 12 de setembro de 2006. Disponível em <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=detalharAtosArvore&tipo=INM&numeroAto=00000017&seqAto=000&valorAno=2007&orgao=SDA/MAPA&codTipo=&desItem=&desItemFim=&nomeTitulo=codigos#>> (Acessado em Jan 2015).

BRASIL. 2010. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS e dá outras providências. Available at [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). (accessed June 2013).

BRASIL, M.S.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. Occurrence and diversity of diazotrophic bacteria associated to forage grasses of the Pantanal in the state of Mato Grosso do Sul. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, 29:179-190, 2005.

BROCKWELL, J. Manipulation of rhizobia microflora for improving legume productivity and soil fertility: a critical assessment. **Plant and Soil**, v.174, p.143-180, 1995.

BUCHER, C.A.; REIS, V.M. BUCHER, C.A.; REIS, V.M. **Biofertilizante contendo bactérias diazotróficas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. 17p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 247).

CASSÁN, J.; VANDERLEYDEN, J.; SPAEPEN, S. Physiological and Agronomical Aspects of Phytohormone Production by Model Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Belonging to the Genus *Azospirillum*. **Journal Plant Growth Regulation**, v.33, p. 440-459, 2014.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAN, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P.M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 24p. (Arquivo do Agrônomo 14)

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.10, p1023-1029, 2013

DEBRUIN, J.; BUTZEN, S. Nitrogen uptake in corn. Johnston, IA [USA]: DuPont Pioneer; 2014. (Crop Insights, 24/4). Disponível em: <<https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/n-uptake-corn/>>. Acesso em set 2015.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas**. EmbrapaSPI, Brasília, 1995.60 p.

DÖBEREINER, J.; REIS, V. M.; PAULA, M. A.; OLIVARES, F. Endophytic diazotrophic in sugar cane, cereals and tuber plants. In: PALACIOS, R.; MORA, J.; NEWTON, W. F. ed, **New horizons in nitrogen fixation**. 1993, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993, p.671-676.

DOMINGUES NETO, F. J.; YOSHIMI, F. K.; GARCIA, R. D.; DOMINGUES, M. C. S. Influência de *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento vegetativo, produção de forragem e acúmulo de massa seca da aveia preta. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.2013-2019, 2014.

DOMINGUES NETO, F. J.; YOSHIMI, F. K.; GARCIA, R. D.; MIYAMOTO, Y. R.; DOMINGUES, M. C. S. Desenvolvimento e produtividade do milho verde safrinha em resposta à aplicação foliar com *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p.1030-1040, 2013.

DUARTE, J. O. Mercado e comercialização: a produção do sorgo granífero no Brasil. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2).

ESTRADA, G. A.; BALDANI, V. L. D.; OLIVEIRA, D. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. Selection of phosphate-solubilizing diazotrophic *Herbaspirillum* and *Burkholderia* strains and their effect on rice crop yield and nutrient uptake. **Plant and Soil**, v.369, p.115-129, 2013.



FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Coarse Grains. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/010/ai466e/ai466e04.htm>>. Acessado em 28 de dezembro de 2012.

FERMINO, M. H.; KÄMPF, A. N. Densidade de substratos dependendo dos métodos de análise e níveis de umidade. **Horticultura Brasileira** 30(1):75-79, 2012.

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

FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. (2015) **ExpDes**: Experimental Designs package. R package version 1.1.2. Disponível em <<http://CRAN.R-project.org/package=ExpDes>>. Acessado em jan 2016.

FERREIRA, J. S.; SABINO, D. C. C.; GUIMARÃES, S. L.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. Seleção de veículos para o preparo de inoculante com bactérias diazotróficas para arroz inundado. **Agronomia** 37(2):06-12, 2003.

FERREIRA, J. S.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. Seleção de inoculantes à base de turfa contendo bactérias diazotróficas em duas variedades de arroz. **Acta Scientiarum Agronomy** 32(1):179-185, 2010.

FONSECA, I. M.; PRADO, R. M.; ALVES, A. U.; GONDIM, A. R. O. Crescimento e nutrição de sorgo (cv. BRS 304) em solução nutritiva. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, n.2, p.113-124, 2008.

FRACCHIA, L.; DORHMANN, A.B.; MARTINOTTI, M.G.; TEBBE, C.C. Bacterial diversity in a finished compost and vermicompost: differences revealed by cultivation-independent analyses of PCR-amplified 16S rRNA genes. **Appl Microbiol Biotechnol**, 71: 942-952, 2006.

FREIRE, J. R. J.; RHOR, T. G.; OLIVEIRA, P. J.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. Trabalhos em rizobiologia no Rio Grande do Sul. In: Reunião Latino Americana sobre Inoculantes para Leguminosas, 4. **Anais...** Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, p.19-24, 1968.

GUIMARÃES, S. L.; BALDANI, V. L. D.; JACOB-NETO, J. Viabilidade do inoculante turfoso produzido com bactérias associativas e molibdênio. **Revista Ciência Agronômica** 44(1): 10-15, 2013.

GUIMARÃES, S. L.; CAMPOS, D. T. S.; BALDANI, V. L. D.; JACOB-NETO, J. Bactérias diazotróficas e adubação nitrogenada em cultivares de arroz. **Revista Caatinga**, v.23, n.4, p.32-39, 2010.

HANDRECK, K. A. Particle size and the physical properties of growing media for containers. **Communications in Soil Science & Plant Analysis** 14(3):209-222, 1983.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 347p., 1950.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Embrapa Soja: 2011. 36p. (Documentos - Embrapa Soja, 325).

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Embrapa, Brasília, Brasil, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Agrícola Municipal. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 de dezembro de 2012.

JUNIOR, P.I.F. **Composições poliméricas a base de carboximetilcelulose (CMC) e amido como veículos de inoculação de rizóbio em leguminosa**. 2006. 43p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. Inoculação de sementes com bactérias diazotróficas e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.2, p.527-538, 2013.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, Brasil. 2004.

LIMA, C. C.; GOMES, T. C. A.; BRITO, L. M. Concentração de nutrientes em compostos orgânicos influenciados pela adição de pós de rochas silicatadas. In: Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos. Vitória, Espírito Santo, Brasil. 08-09 October. Incaper, Vitória, Espírito Santo, Brasil. 2009.

LIN, L.; LI, Z.; HU, C.; ZHANG, X.; CHANG, S.; YANG, L.; LI, Y.; AN, Q. Plant growth-promoting nitrogen-fixing enterobacteria are in association with sugarcane plants growing in Guangxi, China. **Microbes and Environments**, v.27, p.391-398, 2012.

LORDA, G.; BRECCIA, J. D.; BARBEITO, V.; PAGLIERO, F.; BOERIS, S.; CASTAÑO, C.; PORDOMINGO, A.; ALTOLAGUIRRE, F.; PASTOR, M. D. Peat-based inoculum of *Bradyrhizobium japonicum* and *Sinorhizobium fredii* supplemented with xanthan gum. **World Journal Microbiology Biotechnology** 23:01-05, 2007.

MAIA, C.M.B.F.; BUDZIAK, C.R.; PAIXÃO, R.E.; MANGRICH, A.S. **Compostagem de Resíduos Florestais: um guia para produção de húmus através da reciclagem e aproveitamento de resíduos florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 28p. (Embrapa Florestas. Documentos, 87).

MARQUES, M. O.; BELLINGIERI, P. A.; MARQUES, T. A.; NOGUEIRA, T. A. R. Qualidade e produtividade da cana-de-açúcar cultivada em solo com doses crescentes de lodo de esgoto. **Bioscience Journal** 23(2):111-122, 2007.

MAZZUCHELLI, R. C. L.; SOSSAI, B. F.; ARAUJO, F. F. Inoculação de *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasiliense* na cultura do milho. **Colloquium Agrariae**, v.10, n.2, p.40-47, 2014.

MELO, I.S.; COSTA, F.G. **Desenvolvimento de uma formulação granulada a base de *Trichoderma harzianum* para controle de fitopatógenos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. (Comunicado Técnico 31 – Embrapa Meio Ambiente).

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 32:101-110, 2008.

MILLER, F.C.. Composting as a process based on the control of ecologically selective factors. In: MEETING, F.B. **Soil Microb. Ecol**, 18: 515-543. 1992.

MONDINI, C.; FORNASIER F.; SINICCO, T. **Enzymatic Activity as a parameter for the characterization of the composting process**. *Soil Biology and Biochemistry*. 36: 1587-1594. 2004.

MORENG, R.E.; ALVES, J.S. **Ciência e produção de aves** – aquecimento, criação, alojamento, equipamentos e produção de aves. Editora Roca. 1990. p.143-178.

NAKAO, A. H.; SOUZA, M. F. P.; DICKMANN, L.; CENTENO, D. C.; RODRIGUES, R. A. F. Resposta do sorgo granífero à aplicação de diferentes doses e épocas de inoculante (*Azospirillum brasiliense*) via foliar. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.2702-2714, 2014.

OKUMURA, R. S.; TAKAHASHI, H. W.; SANTOS, D. G. C.; LOBATO, A. K. S.; MARIANO, D. C.; MARQUES, O. J.; SILVA, M. H. L.; OLIVEIRA NETO, C. F.; LIMA JUNIOR, J. A. Influence of different nitrogen levels on growth and production parameters in maize plants. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.9, n.3, p.510-514, 2011.

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M.; NETO, M. T. C. **Compostagem caseira de lixo orgânico doméstico**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2005. 6p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 76).

OUSTANI, M.; HALILAT, M. M.; CHENCHOUNI, H. Effect of poultry manure on the yield and nutrients uptake of potato under saline conditions of arid regions. **Emirates Journal of Food and Agriculture** 27(1):106-120, 2015.

OVIDO-RONDÓN, E. O. Technologies to mitigate the environmental impact of broiler production. **Revista Brasileira de Zootecnia** 37(SPE):239-252, 2008.

PEREIRA, L. M.; PEREIRA, E. M.; REVOLTI, L. T. M.; ZINGARETTI, S. M.; MÔRO, G. V. Seed quality, chlorophyll content index and leaf nitrogen levels in maize inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.3, p.630-637, 2015.

PEREIRA NETO, J.T. Conceitos Modernos de Compostagem. **Engenharia Sanitária**, v.28, n.3, p.104-109.1989.

PINTO JUNIOR, A. S.; GUIMARÃES, V. F.; RODRIGUES, L. F. O. S.; OFFEMANN, L. C.; COSTA, A. C. P. R.; SILVA, M. B.; DRANSKI, J. A. L.; BANDEIRA, K. B.; PEDROSA, F. O.; SOUZA, E. M. Resposta a inoculação de estirpes de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho na região Oeste do Paraná. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29. **Anais...** Água de Lindóia, p. 282-288, 2012.

QUADROS, P. D. Inoculação de *Azospirillum spp.* em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 62p. Dissertação Mestrado

RIBAS, P. M. Cultivo do sorgo. 2008. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo/importancia.htm>>. Acessado em: 29 de dezembro de 2010.

R CORE TEAM (2015) **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em <<http://www.R-project.org/>>. Acessado em jun 2015.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G, ALVAREZ, V. H. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. 359p.

RODRIGUES, L. S.; BALDANI, V. L. D.; REIS, V. M.; BALDANI, J. I. Diversity of endophytic diazotrophic bacteria of the genus *Herbaspirillum* and *Burkholderia* in wetland rice. **Pesquisa Agropec. Bras.**, v.41, p.275-284.

RODRIGUES, M.; ARF, O.; GARCIA, N. F. S.; PORTUGAL, J. R.; BARBIERI, M. K. F. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas irrigados por aspersão. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, p.21, p.1234-1241, 2015

RODRIGUES, L.R.; SILVA, P.R.F. (Org.) **Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul: Safras 2011/2012 e 2012/2013**. Porto Alegre: Fepagro, 2011. 140p.

ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. Valorização de resíduos da agroindústria. In: Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, 2. **Anais...** Foz do Iguaçu, p.98-105, 2011.

SAID-PULLICINO, D.; ERRIQUENS, F.G.; GIGLIOTTI, G. Changes in the chemical characteristics of water-extractable organic matter during composting in their influence on compost stability and maturity. **Bioresource Technology**. 98(9): 1822-1831, 2007.

SANCHES-MONEDERO, M. A., ROIG, A.; CEGERRA, J.; BERNAL, M. P. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system

and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. **Bioresource Technology** 78:301-308, 2001.

SANGOI, L.; SILVA, L. M. M.; MOTA, M. R.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N. M.; GIORDANI, W.; SCHENATTO, D. E. Desempenho agrônomo do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum sp.* e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:1141-1150, 2015.

SANTI, A.; CAMARGOS, S. L.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; SCARAMUZZA, J. F. Deficiências de macronutrientes em sorgo. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.30, n.2, p.228-232, 2006.

SANTI, C.; BOGUSZ, D.; FRANCHE, C. Biological nitrogen fixation in non-legume plants. **Annals of Botany**, v.111, p.743-767, 2013.

SANTOS, C.L.R. **Efeito da inoculação de bactérias diazotróficas em sorgo granífero, forrageiro e sacarino**. 2010. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Rio de Janeiro.

SANTOS, J. S.; VIANA, T. O.; JESUS, C. M.; BALDANI, V. L. D.; FERREIRA, J. S. Inoculation and isolation of plant growth-promoting bacteria in maize grown in Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, v.39, p-78-85, 2015.

SCHMITZ, J. A. K., SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. L. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural** 32:937-944, 2002.

SEOUDI, O. A. Enhancement of cotton stalks composting with certain microbial inoculations. **Journal of Advanced Laboratory Research in Biology** 4(1):26-35, 2013.

SHI, J. G.; ZENG, G. M.; YUAN, X. Z.; DAI, F.; LIU, J.; WU, X. H. The stimulative effects of surfactants on composting of waste rich in cellulose. **World Journal of Microbiology and Biotechnology** 22: 1121–1127, 2006.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, Brasil. 2009.

SILVA JUNIOR, E.B.; JUNIOR, P.I.F.; OLIVEIRA, P.J.; RUMJANEK, N.G.; BODDEY, R.M.; XAVIER, G.R. Eficiência agronômica de nova formulação de inoculante rizobiano para feijão-caupi. **Pesq. agropec. bras.**, v.47, n.1, p.138-141, 2012.

SILVA, M. F.; OLIVEIRA, P.J.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G.; REIS, V.M. Inoculantes formulados com polímeros e bactérias endofíticas para a cultura da cana-de-açúcar. **Pesq. agropec. bras.**, v.4, n.11, p.1437-1443, 2009

SILVA, V. M. D.; RIBEIRO, P. H.; TEIXEIRA, A. F. R. Caracterização de compostos orgânicos em propriedade de base familiar: aspectos qualitativos, quantitativos e econômicos. **Current Agricultural Science and Technology** 17(3):405-409, 2011.

SILVEIRA, S. V.; FIALHO, F. B.; SCHWARZ, S. F.; SOUZA, P. V. D. Combinação entre turfa vermelha e areia na obtenção de substrato-inóculo do fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*. **Ciência Rural** 43(3):419-425, 2013.

SMITH, J.L.; PAUL, E.A. **The significance of soil microbial biomass estimations**. In: BOLLOG, J.M.; STOTZKY, G. (Eds.). Soil, 6: 357-396. 1990.

SOUZA, A.L.K.; RUFATTO, L.; COSTA, V.B.; RUFATTO, A.R.; SIMÕES, F. Compostagem com aeração forçada como alternativa de aproveitamento dos resíduos gerados pela agroindústria conserveira. **Revista Brasileira de Agrociência**. Pelotas, v.16, n.1-4, p.69-75, 2010.

TAVIAN, A. F.; FREITAS, D. S.; GONÇALVES, B. C. C.; MARTINS, F. A. G.; JARDIM, C. A.; FRANCO, C. F. Adubação nitrogenada no desenvolvimento do sorgo forrageiro. **Ciência & Tecnologia**, v.6, p.33-37, suplemento, 2014.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1995. 118 p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).

UBABEF, União Brasileira de Avicultura. **Relatório Anual 2011**. 57p. 2012.

UBERT, I. P.; SOLIGO, S. C. Associação de *Azospirillum brasiliense* a doses de nitrogênio na cultura do sorgo silageiro. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.21, p.220-229, 2015.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM JR, S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia** 58:59-85, 2009.

VAZ-MOREIRA, I.; SILVA, M.E.; MANAIA, C.M.; NUNES, O.C. Diversity of bacterial isolates from commercial and homemade composts. **Microb Ecol.** 55(4):714-722, 2008.

VIANA, T.O.; SANTOS, J. S.; MANFREDI, C.; MOREIRA, R. V. S.; BALDANI, V. L. D.; FERREIRA, J. S. Isolation and inoculation of diazotrophic bacteria in rice (*Oryza sativa* L.) grown in Vitoria da Conquista - BA. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.29, p.2847-2854, 2015.

VOGEL, G. F.; MARTINKOSKI, L.; RUZICKI, M. Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em poáceas forrageiras: Importâncias e resultados. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.10, n.1, p.01-06, 2014.

YU, H. Y.; ZENG, G. M.; HUANG, H. L.; XI, X. M.; WANG, R. Y.; HUANG, D. L.; HUANG, G. H.; LI, J. B. Microbial community succession and lignocellulose degradation during agricultural waste composting. **Biodegradation** 18:793–802, 2007.

ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. **Bioresource Technology** 98:9-13, 2007.

ZUCCONI, F.; BRETOLDI, M. DE. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. p.30-50 In: BERTOLDI, M.; FERRANTI, M. P.; L'HERMITE, P.; ZUCCONI, F. (eds.) Compost: production, quality and use. Elsevier Applied Science Publishers. 1987.



Tabela 21: Avaliação de sorgo silageiro em condições de casa de vegetação

Variável	Interação	Equação	R	Pr>Fc
N	Algodão	$Y = 25,13 + 0,206X$	0,991	**
N	Turfa	$Y = 23,28 + 0,179X$	0,994	**
MST	Algodão x <i>A. brasiliense</i>	$Y = 12,69 - 0,0302X + 0,0018X^2$	0,994	**
MST	Algodão x <i>H. seropedicae</i>	$Y = 11,92 + 0,0059X + 0,0012X^2$	0,999	**
MST	Turfa x <i>A. brasiliense</i>	$Y = 8,62 + 0,142X$	0,980	**
MST	Turfa x <i>H. seropedicae</i>	$Y = 8,33 + 0,118X$	0,989	**
MVT	Algodão x <i>A. brasiliense</i>	$Y = 6,74 + 0,049X - 0,00003X^2$	0,994	*
MVT	Algodão x <i>H. seropedicae</i>	$Y = 6,39 + 0,056X - 0,00012X^2$	0,998	**
MVT	Turfa x <i>A. brasiliense</i>	$Y = 6,21 + 0,056X - 0,00014X^2$	0,999	**
MVT	Turfa x <i>H. seropedicae</i>	$Y = 5,85 + 0,055X - 0,00013X^2$	0,993	**

Tabela 22: Avaliação de sorgo silageiro em condições de campo

Variável	Interação	Equação	R	Pr>Fc
N	Algodão x <i>Azospirillum</i>	$Y = 1,75 - 0,010X$	0,957	**
N	Algodão x <i>H. seropedicae</i>	$Y = 1,51 - 0,007X$	0,854	**
N	Pequi x <i>Azospirillum</i>	$Y = 1,79 - 0,011X$	0,926	**
N	Pequi x <i>H. seropedicae</i>	$Y = 1,52 - 0,006X$	0,762	**
N	Turfa x <i>Azospirillum</i>	$Y = 1,54 - 0,007X$	0,836	**
N	Turfa x <i>H. seropedicae</i>	$Y = 1,80 - 0,008X$	0,948	**
MST	Algodão x <i>Azospirillum</i>	$Y = 0,125 - 0,00063X + 0,00000264X^2$	0,920	*
MST	Algodão x <i>H. seropedicae</i>	$Y = 0,125 - 0,00061X + 0,00000222X^2$	0,852	*
MST	Pequi x <i>Azospirillum</i>	$Y = 0,118 - 0,00045X + 0,00000186X^2$	0,986	*
MST	Pequi x <i>H. seropedicae</i>	$Y = 0,149 - 0,00151X + 0,00000870X^2$	0,953	**
MST	Turfa x <i>Azospirillum</i>	$Y = 0,121 - 0,00055X + 0,00000280X^2$	0,938	*
MST	Turfa x <i>H. seropedicae</i>	$Y = 0,118 - 0,00044X + 0,00000236X^2$	0,624	*
MVT	Algodão x <i>Azospirillum</i>	$Y = 6,64 - 0,048X + 0,00021X^2$	0,951	**
MVT	Algodão x <i>H. seropedicae</i>	$Y = 6,66 - 0,053X - 0,00022X^2$	0,932	**
MVT	Pequi x <i>Azospirillum</i>	$Y = 6,36 - 0,045X + 0,00027X^2$	0,989	**
MVT	Pequi x <i>H. seropedicae</i>	$Y = 6,09 - 0,036X + 0,00014X^2$	0,776	**
MVT	Turfa x <i>Azospirillum</i>	$Y = 6,01 - 0,030X + 0,00009X^2$	0,956	**
MVT	Turfa x <i>H. seropedicae</i>	$Y = 8,24 - 0,106X + 0,0006X^2$	0,970	**

**ANEXOS. Meios utilizados para o crescimento das bactérias diazotróficas.**

**MEIO NFB (3X) (DÖBEREINER, 1995)**

Ácido málico		5 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	sol. 10%	5 mL
Mg SO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	sol. 10%	2 mL
NaCl	sol. 10%	1 mL
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	sol. 1%	2 mL
FeEDTA	sol. 1,4%	4 mL
Azul de bromatimol, solução 0,5% em 0,2 N de KOH		6 mL
Solução de micronutriente para meio de cultura		2 mL
Vitamina para meio de cultura		1 mL
KOH		4,5 g
Água destilada		1000 mL

Observações:

Ajusta o pH para 6,5.

Para meio sólido adicionar 50 mg de extrato de levedura e 15 g de agar.

Para meio semi-sólido adicionar 1,6 g de agar.

**MEIO JNFB (DÖBEREINER, 1995)**

Ácido málico		5 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	sol. 10%	6 mL
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	sol. 10%	8 mL
Mg SO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	sol. 10%	2 mL
NaCl	sol. 10%	1 mL
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	sol. 1%	2 mL
FeEDTA	sol. 1,4%	4 mL
Azul de bomatimol, solução 0,5% em 0,2 N de KOH		2 mL
Solução de micronutriente para meio de cultura		2 mL
Vitamina para meio de cultura		1mL
KOH		4,5g
Extrato de levedura		20 mg
Água destilada		1000 mL

**Observações:**

Ajusta o pH para 5,8.

Para meio solido adicionar 17 g de agar.

Para meio semi-sólido adicionar 1,8 g de agar.

Para meio semi-sólido não adicionar extrato de levedura.

**MEIO DYG'S** (Modificado de RODIGUES NETO, 1986).

Glicose	2,0 g
Ácido málico	2,0 g
Peptona bacteriológica	1,5g
Extrato de levedura	2,0 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,5 g
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,5 g
Ácido glutâmico	1,5 g
Água destilada	1000 mL

Observações:

pH 6,0 para *Herbaspirillum*.

pH 5,5 para *Burkholderia*

**SOLUÇÃO SALINA (BALDANI, 1980)**

$K_2HPO_4$	sol. 10%	1,0 mL
$MgSO_4$	sol. 10%	0,5 mL
NaCl	sol. 10%	0,2 mL
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	sol. 1%	0,5 mL
FeEDTA	sol. 1,64%	1,0 mL
Solução de micronutrientes para meio de cultura		0,5 mL
Água destilada		1000 mL

Ajustar o pH para 6,5 com solução de ácido sulfúrico 5%.



**Figuras 11:** Pilhas de compostagem na área experimental



**Figuras 12:** Peneirando material compostado.

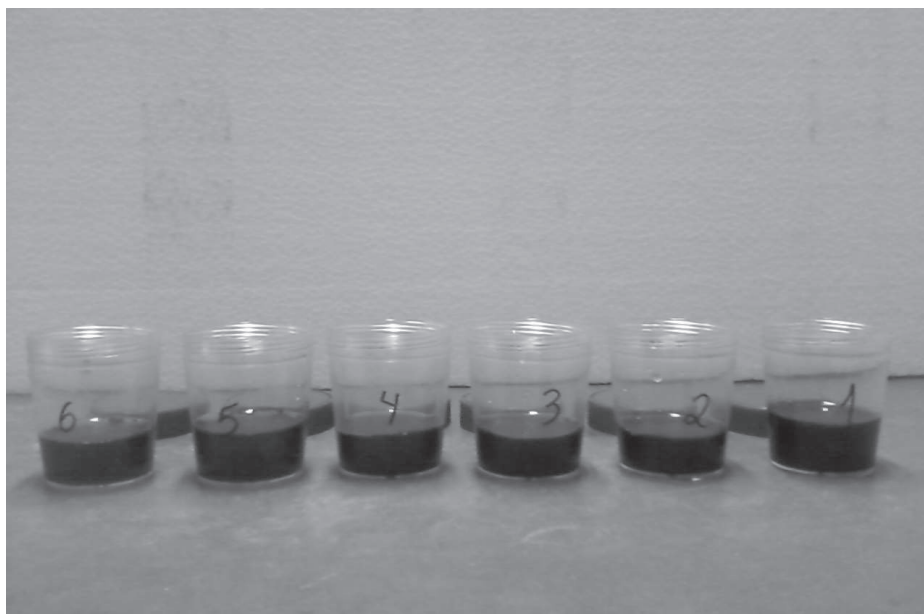


**Figuras 13:** processado e peneirado.

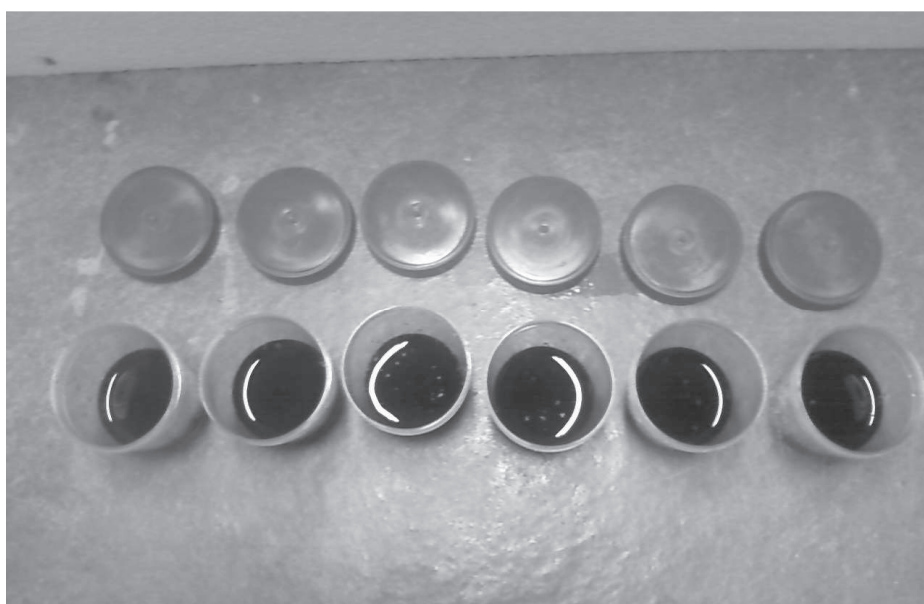


**Figuras 14:** Resíduo processado e peneirado.





**Figuras 15:** Determinação de condutividade elétrica para resíduos do pequi.



**Figuras 16:** Determinação de condutividade elétrica para resíduos do pequi.



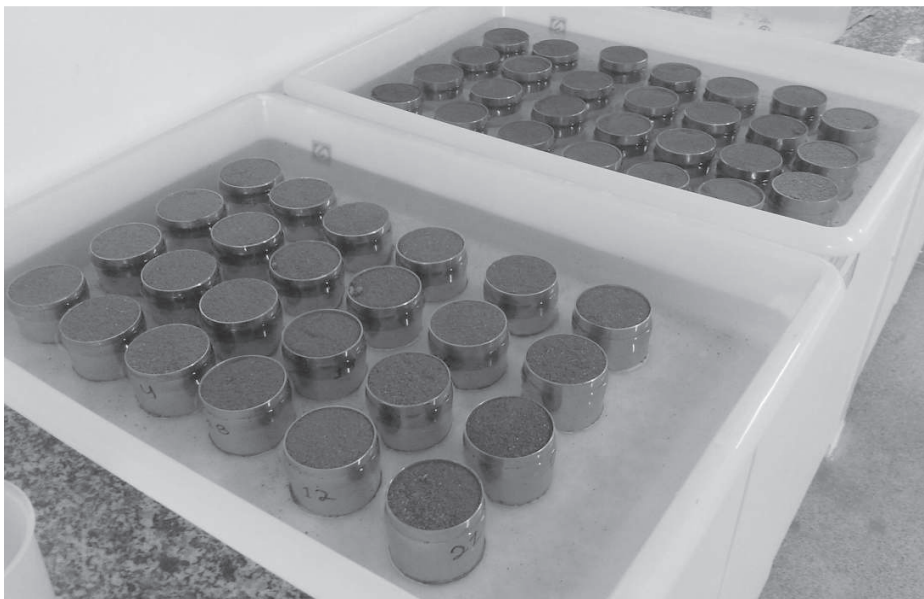
**Figuras 17:** Vista aérea do setor de agricultura e experimentos do If baiano campus Guanambi-BA.



**Figura 18:** Vista aérea da área de implatação do experimento.



**Figuras 19:** Delimitação da área experimental.



**Figuras 20:** Etapa de determinação da capacidade de retenção de água dos substratos.



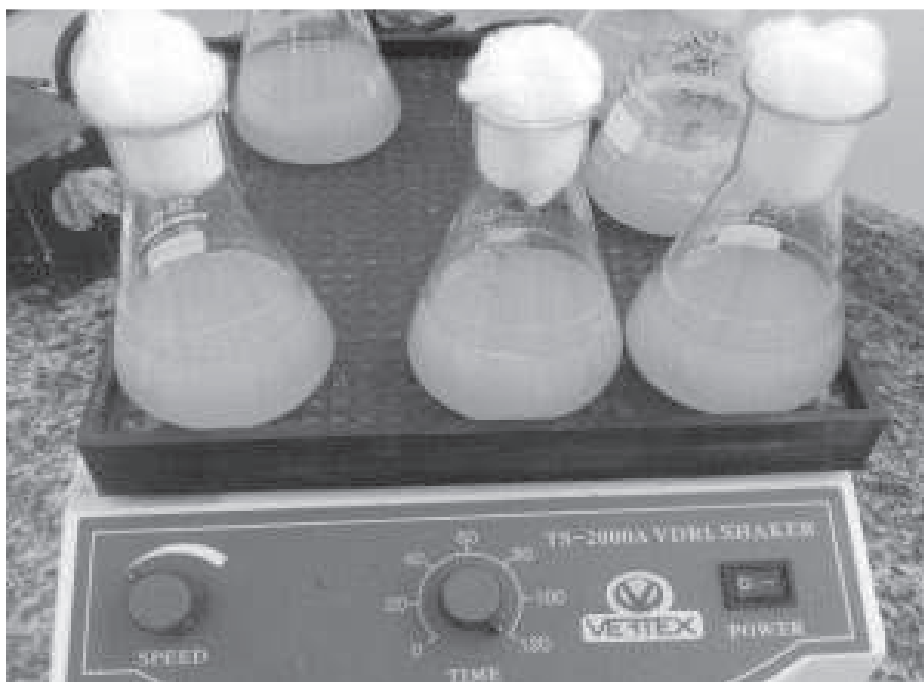
**Figuras 21:** Obtenção do extrato para determinação de condutividade elétrica dos resíduos do algodão.



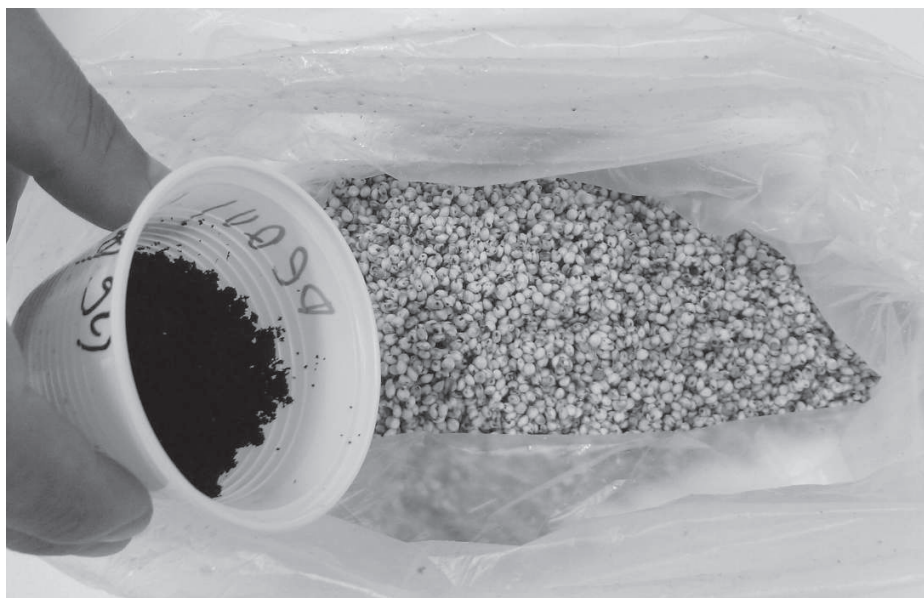
**Figura 22:** Determinação do pH em água dos substratos.



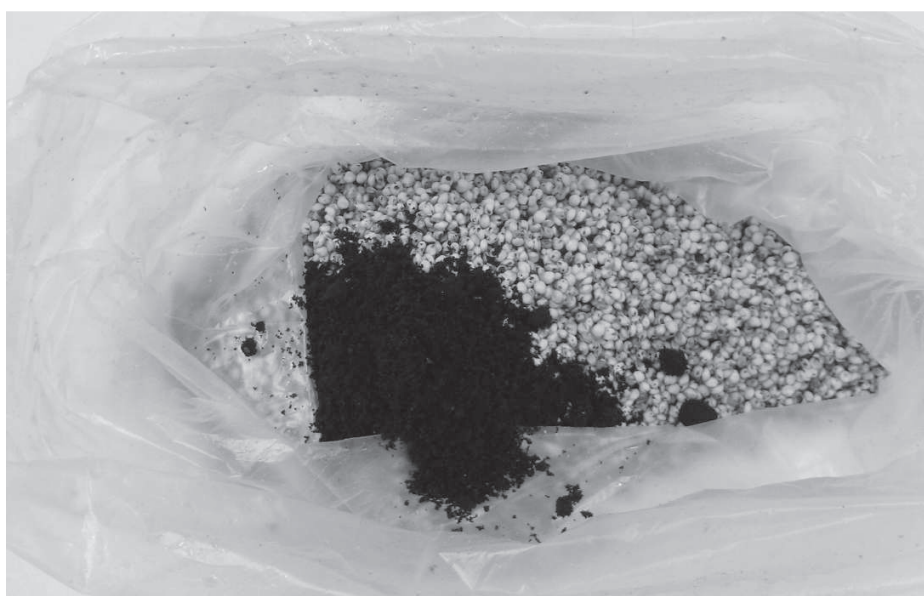
**Figuras 23:** Vedação de embalagens com substratos.



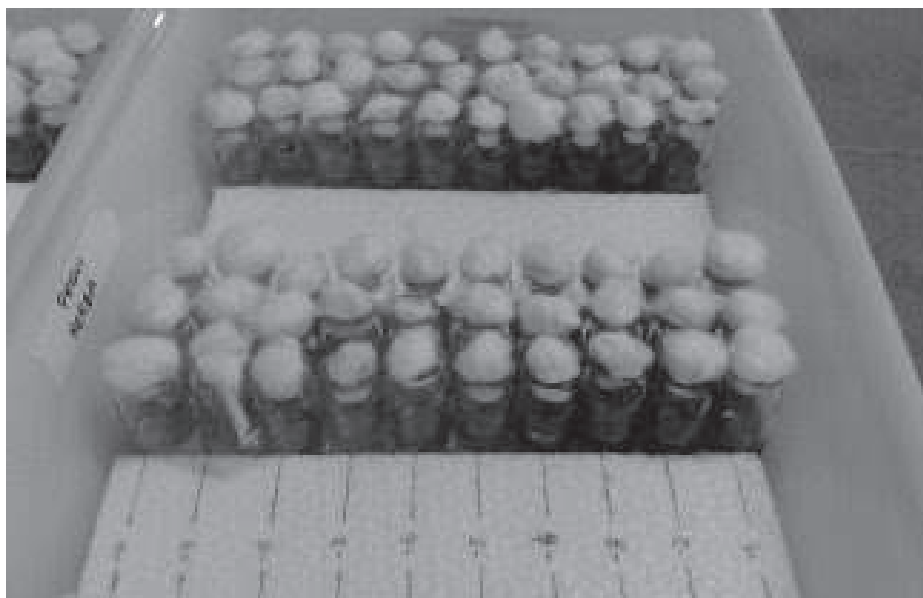
**Figura 24:** Multiplicação de bactérias em meio DYG'S.



**Figuras 25:** Substrato inoculado com bactéria.



**Figura 26:** Homogeneização do substrato inoculado em sementes de sorgo silageiro.



**Figuras 27 :** Contagem em meios JNFB e NFB.



**Figuras 28:** Contagem em meios JNFB e NFB.



**Figuras 29.** Instalação do sistema de irrigação na área experimental.



**Figuras 30:** Sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas após 12 dias da semeadura.





**Figuras 31:** Sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotréficas após 30 dias da semeadura.



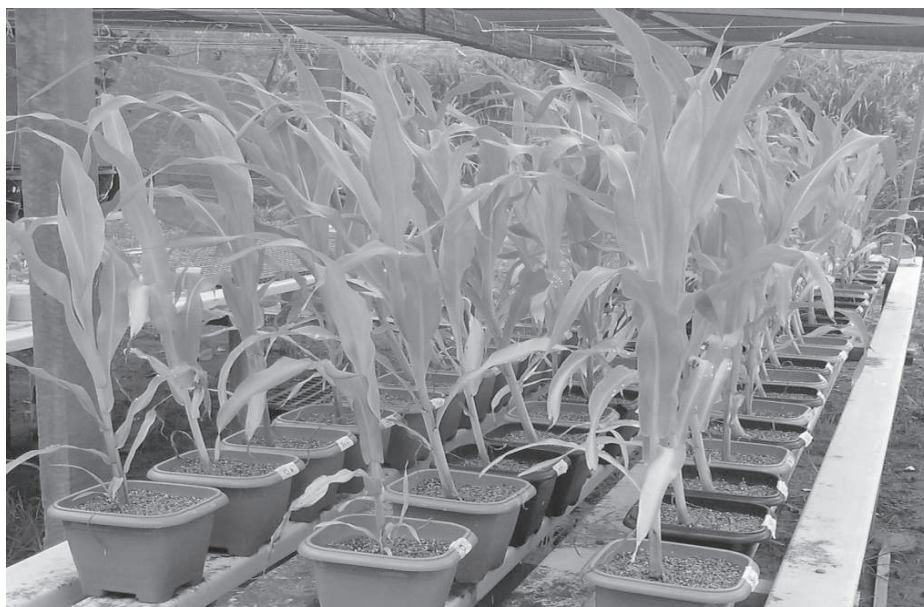
**Figuras 32:** Sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotréficas após 30 dias da semeadura.



**Figuras 33:** Sorgo silageiro inoculado com bactérias diazotróficas após 40 dias da sementeira.



**Figuras 34:** Vista aérea do sorgo silageiro após 50 dias da sementeira.



**Figuras 35:** Sorgo silageiro inoculado com bacterias diazotróficas em casa de vegetação.



**Figuras 36:** Sorgo silageiro inoculado com bacterias diazotróficas em casa de vegetação.