

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

**DISSERTAÇÃO**

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DA ALFACE  
(*LACTUCA SATIVA*) INOCULADA COM *AZOSPIRILLUM*  
*BRASILIENSE* ESTIRPE SP. 245**

**ELDER DIAS NOGUEIRA**

**2019**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA  
ORGÂNICA- PPGA0**

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DA ALFACE  
(*LACTUCA SATIVA*) INOCULADA COM *AZOSPIRILLUM*  
*BRASILIENSE* ESTIRPE SP. 245**

**ELDER DIAS NOGUEIRA**

*Sob a orientação do Professor*  
**Dr. João Sebastião de Paula Araújo**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura Orgânica**, no Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica.

Seropédica, RJ  
Maio de 2019

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N778a Nogueira, Elder Dias, 1983-  
Avaliação de parâmetros de crescimento da alface  
(Lactuca sativa) inoculada com Azospirillum  
Brasiliense estirpe sp. 245 / Elder Dias Nogueira. -  
Seropédica, 2019.  
75 f.

Orientador: João Sebastião de Paula Araújo.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, Pós-Graduação em Agricultura  
Orgânica, 2019.

1. 1. Sistema orgânico. 2. Azospirillum. 3. Alface  
(lactuca sativa.) . I. Araújo, João Sebastião de  
Paula , 1969-, orient. II Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro. Pós-Graduação em Agricultura Orgânica  
III. Título.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior –Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 “This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) –Finance Code 001”.

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA - PPGAO**

**Elder Dias Nogueira**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura Orgânica**, no Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica.

Dissertação Aprovada em: 30/05/2019

---

João Sebastião de Paula Araújo  
(Orientador) Dr., UFRRJ

---

Norma Gouvêa Rumjanek  
Dra<sup>o</sup>., EMBRAPA-AGROBIOLOGIA

---

Débora Alves Gonzaga da Silva Ballesteiro Pereira  
Dsc.

**Dedico esta dissertação aos meus pais *Aroaldo e Adelize*, aos meus irmãos *Edilea, Ronaldo e Danilo*, a minha companheira *Sanni*, as minhas sobrinhas *Estela e Elisa*, a meu cunhado *Jeferson* e aos meus avós agricultores (*in memoriam*).**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao “Homem” mais inteligente que já habitou entre nós e a tudo que ele nos ofereceu: a graça de ser luz e vida!

Ao Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica da UFRRJ, EMBRAPA AGROBIOLOGIA, PESAGRO e FAZENDINHA AGROECOLÓGICA pela grande oportunidade de aprender mais sobre Agricultura Orgânica.

Aos meus avôs paternos (*in memoriam*) João Nogueira e Joana Patrícia e aos maternos (*in memoriam*), mãe Maria e papai João por tudo que me ensinaram.

Aos meus pais Aroaldo e Adelize. Painho, por ter despertado em mim o desejo pelo conhecimento. Mainha, por ter mostrado o quanto o amor e a fé são poderosos. Ambos por terem me dado uma família maravilhosa que é o pilar da minha vida e, terem ensinado, através da vivência, o que de fato é importante nessa jornada.

À minha amada Sanni, companheira de planos e sonhos, obrigado pelo amor, carinho e apoio constantes.

Aos meus queridos irmãos: Edilea, Ronaldo e Danilo, pela torcida, proteção, carinho e, principalmente, pelo amor que compartilhamos.

Às minhas amadas sobrinhas Estela e Elisa.

A todos os membros da minha família. Aos meus tios e tias, primos e primas, meu cunhado Jeferson, que compartilharam das minhas alegrias e torceram por novas conquistas.

Ao amigo irmão que o futebol me deu, Etinho “o Sergipe” e sua família pelo carinho, ensinamentos e apoio constante nas idas ao Rio.

Ao meu orientador, João Sebastião de Paula Araújo, pelas ideias e conhecimentos compartilhados. Mas, principalmente, por sua grande paciência. Valeu grande mestre.

Ao Prof. Dr. Marcos C. V. Barreto, pela inspiração e conhecimento compartilhado.

À seu Lelé pelo conhecimento compartilhado e pela grande ajuda na elaboração do trabalho.

A Idamar (Laboratório de Remediação de Solos - UFS) pela grande ajuda.

À todos colegas do PPGAO, em especial Danilo, Ivanildo e Evelyn, pela convivência saudável e compartilhamento de ideias durante o curso.

À minha amiga Natália Ferreira, pela grande ajuda na elaboração do trabalho.

Ao Msc. João Aguilar, pela grande contribuição.

À todos os agricultores e agricultoras que compartilharam seus ensinamentos, sobretudo aqueles que acreditam e produzem alimentos ecologicamente corretos.

**Enfim, agradeço a todas as pessoas envolvidas no processo de elaboração deste trabalho.**

**Muito obrigado!!!**

## RESUMO

NOGUEIRA, Elder Dias. **Avaliação de parâmetros de crescimento da alface (*lactuca sativa*) inoculada com *Azospirillum brasiliense* estirpe sp. 245**. 2019. 75p. Dissertação (Mestrado Profissional em Agricultura Orgânica, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

O cultivo da alface (*lactuca sativa*) é muito comum em todo o país, sendo uma importante fonte de renda para o agricultor familiar. A olericultura em Sergipe vem alcançando aumento na produção, sendo Itabaiana um dos principais municípios produtores. Tal município está inserido no Território Agreste central do Estado de Sergipe, onde exerce forte influência nos municípios vizinhos. Entretanto, ainda predomina no município de Itabaiana e região práticas agrícolas como o cultivo intensivo do solo, monocultura e uso frequente de agrotóxicos, muitas vezes desconsiderando fatores socioambientais. Diante desse contexto, este trabalho objetivou avaliar parâmetros de crescimento da alface inoculada ou não inoculada com *Azospirillum brasiliense* estirpe sp. 245, numa área comercial de um agricultor da Associação dos Produtores Orgânicos do Agreste. Os parâmetros avaliados foram: volume de raiz (VR), peso de raiz (PR), diâmetro da parte aérea (DPA), matéria fresca total (MFT), matéria seca total (MST), comprimento da raiz (CR), teor de nitrogênio na parte aérea (TN) e altura da parte aérea (APA). Foram realizados dois experimentos entre os meses de outubro de 2018 a fevereiro de 2019. O experimento 1 teve início em 29/10/2018 e foi encerrado em 12/01/2019. Na primeira etapa foi avaliada parâmetros de crescimento da alface crespa em condições de campo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições, segundo um modelo fatorial, 2 x 2, ou seja, com dois substratos diferentes (um comercial e o outro elaborado pelo produtor) e a presença ou ausência do inoculante à base de *Azospirillum brasiliense* estirpe sp. 245. Cada canteiro apresentou 5,2 m de comprimento por 0,7 de largura, sendo que as parcelas foram constituídas com 1,3 m de comprimento, por 0,7 m de largura, onde possibilitou o plantio de 10 mudas em cada parcela e 40 por canteiro, sendo que o inoculante à base de *Azospirillum brasiliense* estirpe sp. 245 teve influência positiva em praticamente todos os parâmetros analisados. Já o experimento 2 teve início em 14/01/2019 e foi encerrado em 04/02/2019. As mudas foram produzidas utilizando-se bandeja plástica de 200 células, com 2 tipos de substrato: substrato orgânico comercial (SOC) na primeira metade da bandeja e substrato orgânico produzido na propriedade (SOP) na outra metade. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com oito tratamentos, segundo um modelo fatorial, 2 x 2 x 2, ou seja, com dois substratos diferentes, a presença ou ausência do inoculante e os dois grupos de alface (crespa e americana). Na segunda parte foi avaliado alguns parâmetros da fase de mudas, observando que o efeito de todos os tratamentos utilizados sobre a variável MFT é similar. Entretanto na variável APA ocorreu efeito significativo dos tratamentos onde houve a inoculação à base de *A. brasiliense* estirpe sp. 245.

**Palavras-chave:** Sistema orgânico, *Azospirillum*, Alface (*lactuca sativa*).

## ABSTRACT

NOGUEIRA, Elder Dias. **Evaluation of growth parameters of lettuce (*lactuca sativa*) inoculated strain *Azospirillum brasiliense* sp. 245.** 2019. 75p. Dissertation (Professional Master's in Organic Agriculture, Post-Graduate Program in Organic Agriculture). Institute of Agronomy, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

The cultivation of lettuce (*lactuca sativa*) is very common throughout the country, being an important source of income, mainly in family agriculture. The vegetable industry in Sergipe in recent years has been increasing production, contributing to the balance of supply and demand in the domestic market, with Itabaiana being one of the main producing municipalities. This municipality is inserted in the Central Agreste Territory of the State of Sergipe, where it exerts a strong influence in the neighboring municipalities. However, agricultural practices such as intensive cultivation of the soil, monoculture and frequent use of pesticides still predominate in the municipality of Itabaiana and region, often disregarding socioenvironmental factors. The objective of this work was to evaluate lettuce growth parameters from the inoculation or non-inoculation of the *Azospirillum brasiliense* strain sp. 245 in a commercial area of a farmer of the Agreste-ASPOAGRE Association of Organic Producers. The parameters evaluated were: root volume (VR), shoot diameter (DPA), total fresh matter (MFT), total dry matter (MST), root length (CR), nitrogen content in shoot and shoot height (APA). Two experiments were carried out between October 2018 and February 2019. Experiment 1 started on 29/10/2018 and ended on 12/01/2019. In the first stage, growth parameters of curly lettuce were evaluated under field conditions. The experimental design was a randomized block design with four treatments and four replications, according to a factorial model, 2 x 2, that is, with two different substrates (one commercial and the other prepared by the producer) and the presence or absence of the inoculant based on the sp. strain 245 of *A. brasiliense*. Each plot was 5.2 m long by 0.7 m wide, and the plots consisted of 1.3 m long, 0.7 m wide, where it allowed the planting of 10 seedlings in each plot and 40 per plot, and the inoculant based on the *Azospirillum brasiliense* strain sp. 245 had a positive influence on practically all parameters analyzed. Experiment 2 began on 01/14/2019 and was terminated on 02/02/2019. The seedlings were produced using a 200-cell plastic tray with two substrate types: commercial organic substrate (SOC) in the first half of the tray and organic substrate produced in the other half (SOP). The experimental design was a completely randomized (DIC), with eight treatments, according to a factorial model, 2 x 2 x 2, that is, with two different substrates, the presence or absence of the inoculant with the *Azospirillum brasiliense* strain sp. 245 and the two groups of lettuce (crisp and American). In the second part, some parameters of the seedling stage were evaluated, observing that the effect of all the treatments used on the MFT variable is similar. However in the APA variable there was a significant effect of the treatments where the inoculation was based on the *Azospirillum brasiliense* strain sp. 245.

**Key words:** Organic system, *Azospirillum*, Lettuce (*lactuca sativa*)

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1a:** Variação da precipitação durante o período de condução dos experimentos nos meses de novembro de 2018 a janeiro de 2019. .... 14
- Figura 1b:** Variação da temperatura durante o período de condução dos experimentos nos meses de novembro de 2018 a janeiro de 2019. .... 15
- Figura 2:** Localização da unidade de produção (experimento) Areia Branca – SE, 2019.(Fonte: Google Earth, 2019). .... 15
- Figura 3:** Detalhes da área experimental. Nota: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação. .... 16
- Figura 4:** Sequência de inoculação de *A. brasiliense* sp 245 em sementes de alface: **a)** material utilizado para inoculação respectivamente da esquerda para direita: melado de cana, inoculante (10,0 mL); **b)** sementes de alface crespa Cristina; **c)** preparo da semente **d)** inoculação das sementes. .... 17
- Figura 5:** Repetição da inoculação com de *Azospirillum brasiliense* a estirpe sp 245 (esquerda) e vista geral da área experimental no momento do transplântio (direita). .... 18
- Figura 6:** Realização da colheita aos 49 dias após transplântio.. .... 19
- Figura 7:** Exemplo da avaliação do parâmetro Matéria Seca da Parte Aérea-MSPA no Laboratório de Solos da UFS. .... 19
- Figura 8:** Medição do volume de raiz com auxílio de uma proveta. .... 20
- Figura 9:** Alface do grupo americana e grupo crespa após 12 dias **(a)** e 20 dias após transplântio **(b)**. .... 21
- Figura 10:** Médias da variável massa fresca da parte aérea (MFPA) segundo os respectivos tratamentos utilizados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação. .... 25
- Figura 11:** Médias da variável massa seca da parte aérea (MSPA) segundo os respectivos tratamentos utilizados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação. .... 27

**Figura 12:** Médias da variável DC segundo os respectivos tratamentos utilizados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação. .... 30

**Figura 13:** Médias da variável CR segundo os respectivos tratamentos utilizados-experimento1: Nota: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D -alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.. .... 32

**Figura 14:** Gráfico de barras para as médias da variável (PFR) segundo os respectivos tratamentos utilizados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação..... 35

**Figura 15:** Médias da variável volume de raiz-(VR) segundo os respectivos tratamentos utilizados -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.. .... 37

**Figura 16:** Médias da variável TN segundo os respectivos tratamentos utilizados. – experimento 1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação ..... 39

**Figura 17:** Gráfico de barras para as médias da variável APA segundo os respectivos tratamentos utilizados. Nota: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação; E - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial com inoculação; F - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial sem inoculação; G- sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; e H - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação (H). .... 45

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1:** Medidas descritivas para a variável massa fresca da parte érea (MFPA)-experimento1: segundo os tratamentos aplicados: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação..... 23

**Tabela 2:** Teste de Kruskal-Wallis para a variável massa fresca da parte érea (MFPA) -experimento1..... 23

**Tabela 3:** Teste de Dunn variável massa fresca da parte érea (MFPA) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.. ..... 24

**Tabela 4:** Medidas descritivas para a variável massa seca da parte aérea (MSPA) segundo os tratamentos aplicados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação ..... 25

**Tabela 5:** Teste de Kruskal-Wallis, variável massa seca da parte aérea (MSPA) realizados para os tratamentos e blocos-experimento1..... 26

**Tabela 6:** Teste de Dunn. variável massa seca da parte aérea (MSPA) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação. .... 26

**Tabela 7:** Medidas descritivas variável diâmetro da cabeça (DC) segundo os tratamentos aplicados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação ..... 28

**Tabela 8:** Teste de Kruskal-Wallis variável diâmetro da cabeça (DC) -experimento1..... 28

**Tabela 9:** Teste de Dunn variável diâmetro da cabeça (DC) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação. .... 29

**Tabela 10:** Medidas descritivas para a variável comprimento de raiz (CR) segundo os tratamentos aplicados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação..... 30

**Tabela 11:** Teste de Kruskal-Wallis variável comprimento de raiz -experimento1..... 31

**Tabela 12:** Teste de Dunn variável comprimento de raiz (CR) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.. ..... 31

**Tabela 13:** Medidas descritivas para a variável peso fresco de raiz (PFR), segundo os tratamentos aplicados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação..... 33

**Tabela 14:** Teste de Kruskal-Wallis. para a variável peso fresco de raiz (PFR) - experimento1..... 33

**Tabela 15:** Teste de Dunn variável peso fresco de raiz (PFR) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação. .... 34

**Tabela 16:** Medidas descritivas para a variável volume de raiz-(VR) segundo os tratamentos aplicados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação. .... 35

**Tabela 17:** Teste de Kruskal-Wallis variável volume de raiz-(VR)..... 36

**Tabela 18:** Teste de Dunn variável volume de raiz-(VR) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação..... 38

**Tabela 19:** Medidas descritivas para a variável teor de nitrogênio na parte aérea (TN) segundo os tratamentos aplicados -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação;

C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação..... 38

**Tabela 20:** Teste de Kruskal-Wallis variável teor de nitrogênio na parte aérea (TN) - experimento1 ..... 39

**Tabela 21:** Teste de Dunn variável teor de nitrogênio na parte aérea (TN) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação..... 41

**Tabela 22:** Medidas descritivas para a variável massa fresca (MF) segundo os tratamentos aplicados-experimento 2: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação; E - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial com inoculação; F - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial sem inoculação; G- sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; e H - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação (H)... ..... 41

**Tabela 23:** Teste de Kruskal-Wallis para a variável massa fresca (MF)-experimento 2..... 41

**Tabela 24:** Medidas descritivas para a variável APA segundo os tratamentos aplicados experimento 2: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação; E - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial com inoculação; F - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial sem inoculação; G- sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; e H - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação (H)..... 42

**Tabela 25:** Teste de Kruskal-Wallis a variável APA experimento 2..... 42

**Tabela 26:** Teste de Dunn Teste de Dunn variável APA-experimento 2: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação; E - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial com inoculação; F - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial sem inoculação; G- sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; e H - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação (H)..... 43

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.</b> .....	<b>1</b>
1.2 Objetivo Geral. ....	2
1.3 Objetivo Específico. ....	2
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.</b> .....	<b>3</b>
2.1 A cultura da alface.....	3
2.2 Importância econômica e social . ....	4
2.3 Produções de hortaliças no Estado de Sergipe e em especial, Município de Itabaiana .....	5
2.4 Bactérias diazotróficas e fixação biológica do nitrogênio.....	7
2.5 Bactérias promotoras de crescimento vegetal. ....	8
2.6 O gênero <i>Azospirillum</i> como agente promotor de crescimento de plantas.....	10
2.7 O uso de inoculante contendo <i>Azospirillum</i> .....	13
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.</b> .....	<b>14</b>
3.1 Caracterização do local de estudo. ....	14
3.2 Experimento 1-Produção comercial. ....	15
3.2.1 Produção de mudas de alface.....	17
3.2.2 Preparo do solo.....	18
3.2.3. Plantio das mudas de alface no campo . ....	18
3.2.4. Adubação e tratos culturais .....	18
3.2.5 Colheita e parâmetros avaliados.....	19
3.2.5.1 Diâmetro da Cabeça.....	20
3.2.5.2 Massa Fresca da Raiz. ....	20
3.2.5.3 Volume de raiz.....	20
3.2.5.4 Comprimento de raiz. ....	20
3.2.5.5 Massa Fresca da Parte Aérea.....	20
3.2.5.6 Massa Seca da Parte Aérea.....	20
3.2.5.7 Teor de nitrogênio da Parte Aérea.....	21
3.3 Experimento 2-Fase de mudas.....	21
3.3.1 Altura de parte aérea.....	21
3.3.2 Massa Fresca da Parte Aérea.....	22
3.3.3 Massa Seca da Parte Aérea.....	22

3.4 Análise estatística. ....	22
3.5 Indicadores de Produção.....	22
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO. ....</b>	<b>23</b>
4.1 Efeito da inoculação de sementes de alface com de <i>Azospirillum brasiliense</i> estirpe sp. 245 na produção comercial de alface após 47 dias de transplântio (experimento1). ....	23
4.1.1 Variável Massa Fresca da Parte Aérea-MFPA. ....	23
4.1.2 Variável Massa Seca da Parte Aérea-MSPA. ....	25
4.1.3 Variável Diâmetro da Cabeça-DC. ....	28
4.1.4 Variável Comprimento de Raiz-CR. ....	30
4.1.5 Variável Peso Fresco de Raiz-PFR. ....	33
4.1.6 Variável Volume de Raiz-VR. ....	35
4.1.7 Variável Teor de Nitrogênio na Parte Aérea-TN. ....	38
4.2 Efeito da inoculação de sementes de alface com <i>Azospirillum brasiliense</i> estirpe sp. 245 na produção de mudas de alface após 25 dias de semeadura (experimento 2). ....	41
4.2.1 Variável Massa Fresca-MF. ....	41
4.2.2 Variável APA. ....	57
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>46</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....</b>	<b>47</b>
<b>7 ANEXOS. ....</b>	<b>59</b>
7.1 Análise de solo da área onde foi cultivada a alface .....	59
7.1 Análise de solo da área onde foi cultivada a alface .....	60

# 1 INTRODUÇÃO

A produção de alface (*Lactuca sativa* L.) é uma importante fonte de renda, principalmente na agricultura familiar. A olericultura em Sergipe nos últimos anos vem alcançando aumento na produção, contribuindo assim para o equilíbrio da oferta e demanda no mercado interno, sendo Itabaiana um dos principais municípios produtores. Tal município está inserido no Território Agreste Central Sergipano, sendo um dos principais destaques também na produção de alface.

Não obstante, predomina na região práticas agrícolas baseadas nas técnicas da agricultura convencional, muitas vezes sem considerar os fatores socioambientais. Lança-se mão de uma gama de produtos fitossanitários o que de certa forma facilita a produção. No entanto, o uso indiscriminado desses produtos tem contribuído para a seleção de patógenos resistentes aos fungicidas, causado poluição ambiental, gerando risco à saúde humana e animal (PRITHIVIRAJ et al., 1997; STADNIK; TALAMINI, 2004; ANVISA, 2005). Nota-se, com isso, consequências econômicas, ambientais e sociais dessas práticas e a necessidade de técnicas mais sustentáveis de produção de alimentos.

Na agricultura orgânica, o solo é visto como um organismo vivo que deve ser protegido e alimentado, por isso o manejo orgânico privilegia práticas que garantam um fornecimento constante de matéria orgânica. Isso é fundamental para a construção da fertilidade do solo em seu sentido mais amplo, ou seja, maneja-se o solo estimulando as atividades biológicas para que cresçam plantas bem nutridas e forneçam alimentos balanceados e saudáveis. Procura-se priorizar o uso de recursos naturais renováveis, localmente disponíveis, diminuindo a dependência do produtor por insumos externos e poupando recursos naturais não renováveis.

Para a adequada produção da alface em sistema orgânico deve-se preparar o ambiente de cultivo o mais propício possível para a planta. Sabe-se que o desenvolvimento da alface é bastante influenciado pelas condições ambientais, sobretudo, a temperatura do ar. Por ser uma espécie originária de clima temperado, a cultura apresenta dificuldades de adaptação em locais de temperatura e luminosidade elevadas, o que dificulta seu crescimento e impede a expressão do potencial genético da espécie (BEZERRA NETO et al., 2005).

A agricultura orgânica vem tomando impulso a cada ano pela necessidade crescente de práticas de agricultura menos impactantes e um público consumidor exigente, que gradativamente toma conhecimento da triste realidade do uso indiscriminado de agrotóxicos, fertilizantes solúveis e todas suas consequências.

Na região de Itabaiana, o cultivo de alface é realizado o ano inteiro, sendo altamente importante para a economia da região, principalmente para os agricultores familiares. Isto fundamenta necessidades cada vez mais vigentes em pesquisas, que explorem possibilidades/alternativas de desenvolvimento local, de forma mais harmônica e sustentável possível e dentro da realidade atual, a qual está inserida. A pesquisa em agricultura orgânica é urgente, frente ao crescimento do mercado e da demanda dos consumidores. Ressalta-se que é imprescindível que haja uma consonância entre o setor científico, agricultores e processadores para a geração de conhecimentos úteis e aplicáveis (MELO et. al., 2017).

Assim, é de fundamental importância à busca de alternativas para possibilitar a produção de alface de qualidade durante todo o ano, visando o desenvolvimento de tecnologias mais sustentáveis para a agricultura nacional, principalmente para o agricultor familiar, como por exemplo, o uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal do gênero *Azospirillum*, vislumbrando assim possibilidades de manejos menos impactantes à região.

As bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) são capazes de solubilizar fosfato, atuar como antagônicas a espécies patogênicas e produzir hormônios vegetais, como as auxinas, contribuindo para o crescimento das plantas. Entretanto, ainda há poucos estudos avaliando os efeitos das bactérias promotoras de crescimento vegetal, como as do gênero *Azospirillum* na região.

O presente trabalho baseia-se na hipótese de que sementes de alface quando inoculadas com *Azospirillum brasiliense* estirpe sp.245 incrementam o crescimento vegetal e o seu desenvolvimento da cultura. Seu objetivo geral é avaliar alguns parâmetros de crescimento da cultura inoculada com esta estirpe em uma área de produção orgânica comercial de um agricultor da Associação dos Produtores Orgânicos do Agreste-ASPOAGRE. Além disso, tem por objetivos específicos avaliar os efeitos da inoculação das sementes de alface com a bactéria diazotrófica quanto aos parâmetros: altura da parte aérea, massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea, até estar apta para o cultivo, bem como, contribuir para o sistema de produção orgânico de alface em Sergipe, incorporando a inoculação de sementes com a bactéria promotora de crescimento de vegetal, visando obter uma tecnologia que contribua com resultados positivos para a cultura.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea anual pertencente à família Asteraceae (Compositae), que é uma das maiores famílias e apresenta diversas plantas com flores (BOO et al., 2011). É uma espécie autógama (MOHEBODINI et al., 2011), com folhas que podem ser lisas ou crespas, e presas a um caule curto e não ramificado (PENTEADO, 2010) que podem ou não formar cabeça. Também existem alfaces com folhas roxas (devido à presença do pigmento antocianina) ou folhas bem recortadas, dependendo da cultivar (SALA & COSTA, 2012).

É originária de regiões de clima temperado, sul da Europa e Ásia Ocidental (FILGUEIRA, 2008). Sua inflorescência possui de 10 a 25 flores ou floretes, sendo formada por uma panícula contendo vários botões florais denominados capítulos. Cada florete apresenta uma única pétala amarela, envolvida por brácteas imbricadas que vão formar o involúcro. O ovário é unilocular contendo um único óvulo. À medida que o estilete se alonga e atravessa o tubo formado pelos estames, ocorre a polinização e ao mesmo tempo a antese. Tal processo ocorre pela manhã, garantindo dessa forma a autofecundação e a autogamia por meio da cleistogamia (RYDER, 1986; KRÍSTKOVÁ et al., 2008).

As raízes dessa hortaliça são do tipo pivotante, quando conduzidas em sistema de transplantio, apresentam ramificações finas e curtas, penetrando apenas os primeiros 25 cm de solo (FILGUEIRA, 2008), sendo a maior parte encontrada na faixa de 0-20 cm de profundidade. Entretanto, quando semeadas diretamente nos canteiros podem atingir até 60 cm de profundidade.

A alface é um dos alimentos com maiores teores de água (ROGER, 2010). É considerada uma importante fonte de vitaminas e sais minerais para a população, destacando-se seu elevado teor de vitamina A, além de conter vitaminas B1 e B2, vitaminas C, cálcio e ferro (FERNANDES et al., 2002). Embora não sendo uma das melhores fontes de vitaminas, sais minerais e outros constituintes, seu baixo valor calórico e reduzidos teores de lipídios a credencia para todas as dietas, sendo ainda de fácil digestão (KATAYAMA, 1993; OHSE, 1999). Com a modernização da agricultura, tornou-se mais fácil a produção da alface nas diversas regiões, mas ainda persistem fortes limitações. A maior parte das cultivares comercializadas é sensível ao calor, o que resulta na emissão da haste floral precocemente (FILHO et al., 2009). O seu cultivo apresenta limitações, principalmente em virtude da sensibilidade às condições adversas de temperatura e umidade (GOMES et al., 2005).

Devido à alta perecibilidade da alface, têm-se procurado produzir alface praticamente em todas as regiões brasileiras, durante o ano todo, com o objetivo de ofertar produto de qualidade diariamente ao consumidor. Em vista disso, cultivares desenvolvidas e adaptadas para condições climáticas diferentes, principalmente quanto à temperatura, umidade e fotoperíodo, tem sido utilizado em todas as regiões brasileiras, levando à ocorrência de problemas que podem comprometer a produção, reduzir a qualidade do produto comercializado e comprometer a renda do produtor (GOMES, 2014).

O fotoperíodo, ou comprimento do dia, é importante para o bom desenvolvimento da planta. A alface exige dias curtos no seu crescimento vegetativo. Enquanto, dias longos são exigidos para emitir o pendão floral e as inflorescências (PENTEADO, 2010).

As temperaturas ideais para produção de folhas e cabeças de qualidade se situam em torno de 12 e 22°C (COCK et al., 2002; FILGUEIRA, 2012), sendo que temperaturas

superiores a 22°C favorecem o florescimento precoce, antecipando a colheita (Mota et al., 2003). Diante disso, a alface deve ser colhida antes do início do pendramento ou emissão do pendão floral, momento em que as folhas começam a apresentar um sabor amargo característico. O pendramento precoce provoca o alongamento do caule, reduz o número de folhas, afeta a formação da cabeça comercial e estimula a produção de látex, o que torna o sabor da folha amargo (SOUZA et al, 2008; COCK et al., 2002), resultando na colheita de plantas ainda pequenas, não expressando portanto o seu máximo potencial genético (Santana et al., 2005). Além disso, por apresentar alta perecibilidade, deve ser cultivada próximo dos centros consumidores para facilitar o rápido escoamento da produção.

De acordo com Silva et al.(2008), a qualidade das características agronômicas da cultura da alface depende de condições edafoclimáticas que podem ser favoráveis ou desfavoráveis, sendo favoráveis ambientes com temperaturas amenas ou baixas, solos com boa estrutura física e ricos em nutrientes, devido à planta ser muito exigente em água. Porém, devem ser evitados solos encharcados e impermeáveis (PENTEADO, 2010). Outro fator relevante para o adequado desenvolvimento da cultura e obtenção de plantas com características desejáveis é que o solo possua textura média (BATISTA et al., 2012; OLFATI et al., 2011) e rico em matéria orgânica. (CARPINSKI, et al., 2013). A melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo pode ser obtida com o acréscimo de doses crescentes de compostos orgânicos (SOUZA et al., 2005).

A existência de várias cultivares de alface no mercado de sementes no Brasil, aliado aos frequentes lançamentos e introdução de novas cultivares, faz com que seja necessário a avaliação desses materiais em diversos locais e ambientes de cultivo (SANCHEZ, 2007). Nesse sentido, a escolha de cultivares apropriada a uma região e ao plantio em diferentes épocas do ano auxilia na condução da cultura, principalmente se estiver associada a uma ou mais características importantes, como o rendimento, tolerância a desordens fisiológicas e fitossanitárias em cultivares que formam cabeça (MACIEIRA, 2011).

## **2.2 Importância econômica e social**

A alface (*Lactuca sativa* L) é a hortaliça folhosa mais importante no mundo e a mais comercializada no Brasil, sendo consumida, principalmente, in natura, na forma de saladas (SALA & COSTA, 2012, SANTI et al., 2013) e constitui-se na espécie mais popular dentre aquelas em que as folhas são consumidas cruas e ainda frescas (COMETTI et al., 2004).

É uma cultura que possui ciclo curto, o que possibilita diversas colheitas durante um mesmo ano. Esse dinamismo produtivo traz benefícios do ponto de vista social e econômico, já que pode gerar renda ao longo de todo o ano, levando a sustentabilidade do sistema de produção. De acordo com Ziech et al. (2014), o cultivo de alface apresenta grande retorno econômico por área cultivada, alternativa para os pequenos produtores, haja vista não haver demanda por grandes áreas, visto que possibilita obtenção de elevada produção por hectare, o que faz com que seja uma atividade bastante adequada ao agricultor familiar (OLIVEIRA, 2012).

A alface é a hortaliça folhosa de maior importância no Brasil, ocorrendo em praticamente todas as regiões do país (CARVALHO FILHO et al., 2009), sendo indispensável na composição das saladas dos brasileiros tanto pelo sabor, quanto pelo baixo custo (COMETTI et al., 2004). Estima-se que sejam cultivados anualmente aproximadamente 35 mil hectares (SOUZA et al., 2014). Os dados preliminares do censo agropecuário de 2017 indicam que a produção nacional de alface é de aproximadamente 908.186 toneladas por ano (IBGE, 2018)

O seu cultivo é feito de forma intensiva e é geralmente realizada pela agricultura familiar, sendo desta forma responsável pela geração de cinco empregos diretos por hectare (COSTA & SALA, 2005). No estado de Sergipe é uma das hortaliças mais produzidas, com produção de 5.557 toneladas no ano de 2017 (IBGE, 2018), sendo Itabaiana o principal município produtor.

Atualmente no Brasil, a alface de maior importância econômica é a crespa, tendo preferência de 70% no mercado brasileiro, seguida pela americana (15%), lisa (10%) e romana (SUINAGA et al., 2013). Por outro lado, uma pesquisa de mercado realizada sobre o consumo das hortaliças folhosas em Aracaju-SE, verificou que a alface americana representa o grupo mais consumido (42%), seguida do grupo crespa (36%). Sendo assim, os dois grupos de alface preferidos pela população da capital sergipana (SOUZA, 2010).

### **2.3 Produções de hortaliças no Estado de Sergipe e em especial, Município de Itabaiana**

Diante da crescente preocupação com o meio ambiente e a qualidade de vida da população mundial, têm se verificado um aumento na demanda por produtos saudáveis e a preocupação em desenvolver sistemas de produção agrícola onde estes visem à conservação do solo, aporte de nutrientes de fontes renováveis, com alicerce em resíduos orgânicos localmente disponíveis (LINHARES et al., 2009).

Nos últimos anos, a expansão da agricultura e do mercado de orgânicos tem sido expressiva no Brasil (MOOZ e SILVA, 2014; COSTA et al., 2017). Alimentos frescos e processados com matérias-primas oriundas de sistemas orgânicos vêm sendo procurados principalmente devido a aspectos relacionados à saúde, segurança alimentar, ética, superioridade nutricional e meio ambiente (LIMA et al., 2011; DIAS et al., 2015).

O crescimento da agricultura orgânica ocorre principalmente devido ao fato da agricultura convencional ser baseada na utilização intensiva de produtos químicos e também à maior conscientização dos consumidores quanto a respeito dos efeitos adversos que os resíduos de produtos químicos podem causar a saúde. Contudo o mercado de produtos orgânicos apresenta dificuldades como a baixa escala de produção e ainda a necessidade de pagamento da certificação, fiscalização e assistência técnica, que diferentemente do sistema convencional, representam custos adicionais aos produtores (DAROLT, 2014).

Na atualidade, o consumo de produtos orgânicos tem se caracterizado como um segmento diferenciado de mercado, no qual a segurança alimentar, aliada ao não uso de agrotóxicos constituem fatores que influenciam na decisão do consumidor, quando da opção de consumo, de forma que se vem crescendo a conscientização da sociedade em relação à importância dos produtos oriundos da agricultura orgânica (SANTOS et al., 2012).

O número de produtores e as áreas destinadas ao cultivo orgânico têm sido crescentes nos últimos anos. Somente no biênio 2014-2015, a quantidade de agricultores em sistemas orgânicos cresceu mais de 50% e a área já alcança mais de 750 mil hectares de produção e quase seis milhões de hectares quando se considera o montante oriundo de extrativismo (BRASIL, 2016). Os principais produtos cultivados consistem em hortaliças, cana-de-açúcar, arroz, café, castanha do Brasil, cacau, açaí, guaraná, palmito, mel, sucos, ovos e laticínios (BRASIL, 2015).

Conforme relatado por Silva (2011), embora a agricultura orgânica tem ganhado cada vez mais adeptos em Sergipe, ainda predomina no município de Itabaiana e região práticas agrícolas baseadas nas técnicas da agricultura convencional, buscando o aumento de produção sem considerar os fatores socioambientais. Nota-se, com isso, consequências econômicas, ambientais e sociais dessas práticas e a necessidade de técnicas mais sustentáveis de produção

de alimentos. Em trabalho realizado por Souza (2011), para verificar as principais práticas adotadas nos sistemas orgânico e convencional na mesorregião do Agreste sergipano, verificou-se que enquanto no sistema orgânico de produção há uma predileção pela agrobiodiversidade, em contrapartida, no sistema convencional são adotadas práticas como a monocultura, cultivo intensivo do solo, mecanização e uso frequente de agrotóxicos, buscando abastecer as redes de supermercado mais representativas do estado de Sergipe.

O fato é que em Sergipe o consumo de orgânicos ainda é privilégio restrito na sociedade, tendo em vista o custo elevado dos produtos e da falta de incentivos e investimentos em infraestrutura que viabilize a produção e o consumo numa maior escala. A produção orgânica está condicionada à pequena produção familiar, mas paradoxalmente beneficia uma camada um tanto mais privilegiada da sociedade (AMADOR, 2011).

Deste modo, percebe-se a relevância da organização dos produtores em grupos, cooperativas ou associações ao negociar coletivamente com o governo os apoios necessários para desenvolver o mercado local de produtos orgânicos, visando atender à população, bem como planejar novas medidas de acesso ao mercado, frente aos alimentos produzidos pelo sistema convencional de produção.

Em vista disso, foi criada em 2000, a Associação dos Produtores Orgânicos do Agreste de Sergipe (ASPOAGRE), que trabalha com diversos produtos orgânicos, tanto de origem animal quanto vegetal. Esta associação possuía 18 associados certificados pelo Instituto Biodinâmico (IBD), a qual dispõe de notório reconhecimento nacional pelo trabalho de certificação dos produtos orgânicos.

Atualmente, através desta são colocados à disposição da sociedade produtos como: alface (*Lactuca sativa*), coentro (*Coriandrum sativum*), quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.), cebolinha (*Allium schoenoprasum*), beterraba (*Beta vulgaris*), cenoura (*Dacus carota*), pimentão (*Capsicum annuum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), batata doce (*Ipomoea batatas* L.), inhame (*Dioscorea spp.*), macaxeira (*Manihot esculenta* Crantz.), brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck), mostarda (*Brassica juncea* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*), banana (*Musa spp.*), manga (*Mangifera indica* L.), laranja (*Citrus spp.*), lima (*Citrus spp.*), tangerina (*Citrus spp.*), abacate (*Persea americana*), entre outros, produzidos em sistema orgânico de produção agropecuária (MEDEIROS et al., 2010).

Nas propriedades dos associados, dentre as principais práticas agroecológicas observadas estão: uso de composto orgânico; biofertilizante; rotação de culturas; pousio do solo; uso de quebra-vento e cerca viva; cobertura morta; consorciamento; além da opção, quando necessário, por defensivos alternativos.

Vale destacar que a torta de mamona é o principal adubo orgânico utilizado pelos associados da ASPOAGRE, na região de Itabaiana. A torta de mamona é o principal subproduto da extração de óleo, tendo altos teores de nitrogênio, potássio e fósforo (COSTA et al., 2004; ZUCHI et al., 2010).

Outras importantes práticas recomendadas para sistemas orgânicos de produção agropecuária como a adubação verde, de forma isolada ou em coquetéis (misturas) tendem a contribuir favoravelmente para um aumento da biodiversidade (ALTIERI et al., 2007; PRIMAVESI, 1984; CORREA et al., 2014), assim como os microrganismos eficazes e as bactérias promotoras de crescimento vegetal. Todavia, apesar de serem práticas bastante discutidas e incentivadas no manejo orgânico, não são observadas pelos associados em questão.

## 2.4 Bactérias diazotróficas e fixação biológica do nitrogênio

A FBN é o processo por meio do qual o nitrogênio presente na atmosfera ( $N_2$ ) é fixado por grupos de microrganismos diazotróficos para ser posteriormente aproveitado na nutrição das plantas (MENDES et al., 2010). Tem sido de grande interesse de pesquisas, por se tratar de um processo biológico que ocorre na natureza, sendo realizado por um grupo restrito de bactérias diazotróficas (DÖBEREINER et al., 1995).

Os custos econômico-ambientais gerados pela fertilização nitrogenada têm incrementado o interesse em tecnologias que diminuam a aplicação de fertilizantes minerais, como por exemplo, a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (LOZADA et al., 2018).

O elevado preço dos fertilizantes nitrogenados onera a produção vegetal e também a produção animal baseada no pasto. Além disso, ocorrem impactos oriundos das aplicações, muitas vezes desordenadas, dos adubos nitrogenados, como por exemplo, a poluição dos recursos hídricos e da atmosfera causados pelo uso inadequado desses fertilizantes. Uma das formas de tentar minimizá-los seria a disponibilização do nitrogênio atmosférico por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN) realizada por bactérias diazotróficas, as quais desempenham papel importante na agricultura, pois reduzem o custo de produção das culturas (GUIMARÃES et al., 2013).

É importante salientar que tal dificuldade não se insere apenas na agricultura convencional. Adubos orgânicos oriundos de resíduos de origem vegetal, como a torta de mamona, são comercializados por preços elevados, muitas vezes influenciando de maneira significativa às relações custo/ benefício e, por decorrência, o retorno financeiro da atividade agrícola. Exemplo disso é que os custos destinados aos insumos relacionados à nutrição e fertilidade do solo para a produção de alface em sistema orgânico está em torno de 50% (MIGUEL et al., 2010).

A inoculação com bactérias promotoras de crescimento vegetal e fixadoras de nitrogênio pode ser uma alternativa para redução desses gastos (AGUIRRE et al., 2018). Ademais, a FBN possibilita o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável com aumento na qualidade dos produtos e diminuição dos danos ao meio ambiente.

O nitrogênio é o elemento mais abundante encontrado na atmosfera. Cerca de 98% se encontra na forma orgânica ( $N_2$ ), a qual não é assimilável pelas plantas. Já no solo, ele se encontra em escassez, por volta de 2%, nas formas inorgânicas de íons de amônio ( $NH_4^+$ ) e íons de nitrato ( $NO_3^-$ ), as quais são passíveis de serem metabolizadas pelas plantas (MALAVOLTA, 2006).

Conforme citado por Kerbauy (2004), uma possibilidade para tornar o N atmosférico disponível para as culturas agrícolas é a fixação biológica. Apenas alguns organismos procariontes como as bactérias, cianobactérias e actinomicetos, possuidores do complexo enzimático denominado nitrogenase (ARAÚJO et al., 2015) são capazes de efetuar este processo. Em virtude do sistema enzimático, torna-se possível realizar tal processo à temperatura biológica e a 0,8 atm de  $N_2$ . Esses microrganismos diazotróficos são capazes de reduzir o N atmosférico ( $N_2$ ) a amônia ( $NH_3$ ) pela quebra da ligação tríplice do N pela enzima nitrogenase, com alto consumo de energia na forma de ATP. Após a reação de redução, a amônia é rapidamente convertida a amônio ( $NH_4^+$ ), que é assimilado pela célula vegetal sob a forma de glutamina. A FBN é complexa e depende da expressão de um conjunto de genes que codificam as proteínas envolvidas no processo (REIS E TEIXEIRA, 2005).

A importância e a necessidade do nitrogênio para as plantas estão fundamentadas pelo fato desse nutriente ser um dos componentes principais de moléculas vitais como ácidos

nucléicos, proteínas, enzimas importantes nas vias metabólicas (NOVOA; LOOMIS, 1981; OKUMURA et. al., 2011) e, da molécula de clorofila, a qual é responsável pela fotossíntese, cuja produção de fotoassimilados é de fundamental importância para a manutenção e desenvolvimento celular (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Por outro lado, o consumo de adubos nitrogenados tem crescido nas últimas décadas, sendo que no primeiro semestre de 2017, 2.576 mil toneladas de adubos químicos nitrogenados foram utilizados nas lavouras, um volume 79% maior que o mesmo período do ano anterior, que foi de 3647 mil toneladas. Isso ocorreu em virtude do aumento da demanda de adubação em cobertura na safrinha de milho e trigo nas regiões Centro-Oeste e Sul (IPNI, 2017).

Nesse sentido, surge a necessidade de se incorporar, à atividade agrícola, novas tecnologias que visem à racionalização do uso de fertilizantes nitrogenados (DARTORA et al., 2013). Planos estratégicos como o de Agricultura de Baixo Carbono, que contempla a FBN por bactérias promotoras de crescimento em um dos seus programas (Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura, 2012), assim como, a realização de mais estudos envolvendo a FBN, bactérias diazotróficas e culturas de interesse econômico, são importantes para o desenvolvimento, no Brasil, de uma agricultura de menor impacto e mais sustentável (GÍRIO et.al., 2015).

## **2.5 Bactérias promotoras de crescimento vegetal**

As bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) correspondem a um grupo de microrganismos benéficos às plantas que possuem a capacidade de colonizar a rizosfera, superfície das raízes, filosfera e tecidos internos das plantas (DAVISON, 1988; KLOEPPER et al., 1989).

As BPCV são pertencentes a diferentes espécies e que, por meio de mecanismos diversos, são capazes de realizar a fixação biológica de nitrogênio (HUERGO et al., 2008), aumentar a atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas (CASSÁN et al., 2008), solubilizar fosfato (RODRIGUEZ et al., 2004), produzir hormônios vegetais, como as auxinas (ácido indol-3-acético, AIA), giberelinas, citocininas (LIN et al., 2012; SANTI et al., 2013), etileno (STRZELCZYK et al., 1994) e uma variedade de outras moléculas (PERRIG et al., 2007), além de atuarem como agente de controle biológico de patógenos (CORREA et al., 2008), contribuindo para o crescimento das plantas (MOREIRA et al., 2010).

A rizosfera é a zona de contato entre solo e raízes, onde ambos são mutuamente influenciados. Esta região apresenta alta diversidade de organismos, constituindo-se um ecossistema complexo e de importante atividade microbiana (COMPANT et al., 2010; HINSINGER; MARSCHNER, 2006). Bactérias, fungos, oomicetos, nematoides, protozoários, algas, vírus, artrópodes e archaea são exemplos de organismos encontrados nesse ambiente e, a relação entre as plantas e estes organismos tem sido descrita como microbioma. Nessa relação, parte significativa dos organismos utiliza-se de substâncias oriundas das plantas e também podem oferecer substâncias de interesse da mesma, numa teia alimentar complexa (GRAÇAS et al., 2015).

Os organismos da rizosfera são geralmente estudados devido aos seus efeitos benéficos no crescimento e sanidade das plantas. Estes são classificados como: bactérias fixadoras de nitrogênio, fungos micorrízicos, bactérias promotoras de crescimento vegetal

(BPCV), organismos de controle biológico, fungos micoparasíticos e protozoários (MENDES; GARBEVA; RAAIJMARKERS, 2013).

Em geral, acredita-se que as BPCV, por uma combinação de todos esses mecanismos citados anteriormente, beneficiam o crescimento radicular e, conseqüentemente, o desenvolvimento mais eficiente das culturas de interesse agrícola (DOBBELAERE et al., 2003). Segundo Graças et al. (2015), há um grande número de trabalhos que comprovam o incremento de crescimento proporcionado pelas bactérias promotoras de crescimento de plantas, principalmente em leguminosas e gramíneas.

Também denominadas como diazotróficas ou fixadoras de N<sub>2</sub>, essas bactérias se associam a diversas espécies de plantas em diferentes graus de especificidade, levando à classificação como bactérias associativas, endofíticas ou simbióticas. Em termos agrícolas, a maior contribuição do processo de fixação biológica do N<sub>2</sub> ocorre pela associação simbiótica de plantas da família Leguminosae (=Fabaceae) com bactérias pertencentes a diversos gêneros e que são denominadas, de modo popular e coletivo, como rizóbios. A simbiose com essas bactérias pode ser facilmente identificada, pois estruturas altamente especializadas, chamadas nódulos, são formadas nas raízes das leguminosas, especificamente para o processo de fixação biológica. A evolução da simbiose entre rizóbios e leguminosas data de milhões de anos, por isso, as taxas mais elevadas de fixação biológica são verificadas nessa categoria de simbiose. Como exemplo, no caso da soja (*Glycine max* (L.) Merr.), taxas superiores a 300 kg de N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> são observadas no Brasil, conseguindo suprir totalmente as necessidades da planta (Hungria et al., 2007).

No caso das bactérias endofíticas (ex.: *Herbaspirillum seropedicae*, *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Klebsiella* sp., *Azoarcus* sp.) ou associativas (ex.: *Azospirillum* sp., *Azotobacter* spp.), o mesmo complexo nitrogenase realiza a conversão do N<sub>2</sub> da atmosfera em amônia. Contudo, ao contrário das bactérias simbióticas, bactérias associativas excretam somente uma parte do nitrogênio fixado diretamente para a planta associada. Posteriormente, a mineralização das bactérias pode contribuir com aportes adicionais de nitrogênio para as plantas (HUNGRIA et al., 2011). Desse modo, a FBN realizada por bactérias associativas não é tão eficiente quanto a realizada por bactérias nodulíferas em leguminosas, no entanto exerce papel importante nos ecossistemas, podendo contribuir entre 20 a 30% de N via FBN em culturas como: milho, arroz, sorgo e cana de açúcar (MOREIRA et al., 2013).

Os estudos sobre FBN estão trazendo novas perspectivas a cada dia. Entre as diversas espécies de bactérias diazotróficas pode-se destacar: os gêneros *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Eusifer*, *Mesorhizobium* e *Rhizobium*, associando-se com leguminosas; os gêneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Bacillus*, *Herbaspirillum* e *Gluconacetobacter*, associando-se às culturas de milho, arroz, trigo, grama batatais e cana-de-açúcar (VARGAS & HUNGRIA, 1997; RESENDE et al., 2003; KERBAUY, 2004). Além disso, alguns organismos de vida livre também são capazes de realizar a FBN. São exemplos de microrganismos autotróficos: *Thiobacillus ferrooxidans*, *Rhodospirillum rubrum*, *Gloeothece*, *Oscillatoria*, *Plectonema*, *Anabaena* e *Nostoc*. E ainda microrganismos heterotróficos como *Clostridium pasteurianum*, *Klebsiella pneumoniae* e *Azotobacter vinelandi* (HUNGRIA et al., 2001).

Um dos grandes desafios na pesquisa com FBN é a expansão para outras plantas não leguminosas (DOBEREINER, 1997), como gramíneas, frutíferas, olerícolas, mesmo com a descoberta de bactérias que infectam para além do ambiente da rizosfera. É importante destacar que os efeitos benéficos proporcionados pelas BPCV às plantas não é somente devido à FBN (CAVALLET et al., 2000), mas também a produção de fitormônios como a

auxina, citocininas, giberelinas, etileno, aumento da atividade da nitrato redutase e controle biológico de fitopatogenos (BASHAN & BASHAN, 2010) são considerados como um conjunto de mecanismos, fornecidos por essas bactérias, que estimulam o crescimento e desenvolvimento vegetal.

Sugere-se que mais de 80% das bactérias isoladas da rizosfera são aptas a produzir o ácido 3-indol acético (AIA), um hormônio vegetal requerido em baixas concentrações que promove a proliferação e alongamento das raízes pela divisão e multiplicação celular e, conseqüentemente, facilitando a absorção de água e nutrientes do solo (LEINHOS; VACEK, 1994; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Alguns gêneros de BPCV, como *Azospirillum*, favorecem o crescimento vegetal, principalmente pela síntese de auxinas (SANTI et al., 2013). Nesse sentido, os microrganismos exercem grande importância para o desenvolvimento dos vegetais por meio da produção de diversos compostos, como o AIA, que é uma auxina (FLORENTINO et al., 2017).

O AIA age na regulação do crescimento vegetal, podendo ser sintetizado em tecidos vegetais que apresentam alta taxa de crescimento, como nos meristemas apicais, folhas jovens, frutos e sementes em desenvolvimento (TAIZ E ZEIGER, 2009). Por esse motivo a produção de AIA tem sido amplamente explorada pela pesquisa (MOREIRA et al., 2010; SABINO et al., 2012; CASSÁN et al., 2014).

O AIA produzido por essas bactérias pode aumentar o comprimento e o número de pelos radiculares, aumentando a área de exploração das raízes e, desse modo, possibilitando maior absorção de água, nutrientes e uma maior tolerância às condições de baixa umidade do solo (RYAN et al., 2008; MOREIRA et al., 2010; CASSÁN et al., 2014), favorecendo assim o desenvolvimento vegetal, sobretudo em plantas que possuem o sistema radicular superficial, como a alface (FILGUEIRA, 2008).

A relação entre a planta hospedeira e a comunidade de bactérias que a colonizam é influenciada pelo genótipo, estágio de crescimento, tipo de tecido e fisiologia da planta, práticas agrícolas, além de condições ambientais como temperatura, oferta de água e nutrientes. Pode ainda diferir dependendo da espécie, do cultivar, e até mesmo entre espécies transgênicas e suas respectivas progenitoras. A evolução da relação entre a planta com as bactérias pode contribuir de diferentes formas na sanidade e desenvolvimento da planta (POLESI, 2010).

Por outro lado, a adubação pode ser mais bem aproveitada com utilização de bioestimulantes que permitem maior absorção pela planta dos nutrientes presentes nos compostos orgânicos e no solo (MEIRELLES et. al., 2017). Nesse seguimento das BPCV, as Bactérias diazotróficas têm grande potencial como bioestimulantes, pois apresentam fitormônios que estimulam o crescimento e desenvolvimento vegetal (BALDOTTO et al., 2010; ENDERS & STRADER, 2015).

## **2.6 O gênero *Azospirillum* como agente promotor de crescimento de plantas**

As espécies do gênero *Azospirillum* são  $\alpha$ -proteobactérias de vida livre, mas podem se comportar como associativas, habitando a rizosfera e espaços intercelulares de não leguminosas. Além de converter nitrogênio atmosférico em assimilável pela planta, bactérias do gênero *Azospirillum* também são capazes de solubilizar fosfato, produzir hormônios vegetais, atuar como antagônicas a espécies patogênicas e, por esse motivo, também são consideradas promotoras de crescimento vegetal, sendo no universo das BPCV o gênero mais

estudado. Nota-se isso, devido, sobretudo, a sua utilização como inoculantes, comercializados no Brasil com recomendação para gramíneas como o milho e trigo (HUNGRIA et al., 2011). A sua capacidade de promover o crescimento e desenvolvimento vegetal através da produção de fitormônios, FBN e inibição de patógenos, favorece o rendimento de várias espécies de interesse agrícola (BASHAN et al., 2004), assim como a pouca sensibilidade às variações de temperatura e ocorrência em todos os tipos de solo e clima (ARAÚJO, 2008) estimulam ainda mais estudos sobre esse gênero de bactéria. Seu potencial tem sido investigado também para manejo e recuperação ambiental (BASHAN & HOLGUIN, 1998; COMPANT et al., 2010; BASHAN et al., 2012), sendo que o Brasil possui uma longa tradição em pesquisa com *Azospirillum* (ex: Döbereiner et al., 1976) e, hoje, está entre as lideranças mundiais em pesquisa básica com essas bactérias.

As bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* são organismos fixadores de nitrogênio do grupo das associativas, que são aquelas que fixam apenas parte do N requerido pela planta (MOREIRA et al., 2013), podendo viver em associação com a rizosfera, ou ainda, alojar-se dentro dos tecidos das raízes. São gram-negativas, possuem forma de bastonetes uniflagelados e apresentam boa mobilidade no solo (STEENHOUDT; VANDERLEYDEN, 2000).

Conforme citado por Roscoe e Miranda (2013), essas bactérias são capazes de romper a tripla ligação do N<sub>2</sub> atmosférico e reduzi-lo à amônia, favorecer o desenvolvimento das raízes e da parte aérea, incrementar a absorção de água e minerais, plantas com maior tolerância a estresses abióticos, tais como salinidade e seca, além de, associadas às plantas, podem reduzir a necessidade de fertilizantes nitrogenados. Entretanto, em alguns ensaios conduzidos no Brasil (HUNGRIA et al., 2011), o aumento da produtividade devido à inoculação com *Azospirillum* foi correlacionado não só com o aumento do N, mas também com outros nutrientes, como o P e K, fato também relatado em outros países conforme observado nos trabalhos de Bashan & Holguin (1997), Steenhoudt & Vanderleyden (2000) e Bashan et al. (2010). Nesse aspecto, baseado no fato de que há vários mecanismos envolvidos no crescimento de plantas pelo *Azospirillum*, o resultado observado no crescimento vegetal pode vir da atuação de um ou da interação de vários desses (BASHAN & BASHAN, 2010), podendo ainda variar de acordo com a espécie, a estirpe e das condições ambientais.

Por outro lado, o principal efeito do *Azospirillum* parece estar ligado ao aumento do crescimento radicular que, em condições favoráveis, beneficia a absorção de água e nutrientes, influenciando positivamente na produtividade (LIN et al., 1983). De acordo com El-Sayed et al., 2015, o *Azospirillum* provoca maior laterilização radicular e abundância de pelos absorventes. A maior superfície radicular culmina em maior volume de exploração de água e nutrientes no solo. Provavelmente pelo maior crescimento radicular e melhor nutrição das plantas, também há vários relatos de maior tolerância a agentes patogênicos de plantas (Correa et al., 2008).

Segundo Kaneko et al., (2010), atualmente 16 espécies do gênero *Azospirillum* estão caracterizadas. Dentre as espécies mais estudadas do gênero *Azospirillum* destacam-se o *A. brasilense*, o *A. lipoferum*, o *A. amazonense* e o *A. irakense* (REIS JUNIOR, 2007).

Um dos principais mecanismos propostos para explicar a promoção do crescimento vegetal em plantas inoculadas com *Azospirillum* está ligado à sua capacidade de produzir e metabolizar compostos reguladores de crescimento vegetal, além da FBN (OKON & LABANDERA-GONZÁLES, 1994). A produção de fitohormônios como auxinas, giberelinas e citocinas é uma característica peculiar dessas bactérias (DOBBELAERE; VANDERLEYDEN; OKON, 2003; DALLA SANTA et al., 2004).

Na literatura existem vários estudos confirmando que *Azospirillum* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas (HUNGRIA et al., 2011), contribuindo assim para melhorar as variáveis de produção em diversas eculturas, com destaque para as gramíneas. Com relação à *Azospirillum brasilense*, isso ocorre pela produção ou metabolização por parte do de compostos de sinalização química que alteram o alongamento e conformação das raízes, formação de pelos radiculares ocasionando um aumento no volume de solo explorado pela planta, incrementando de forma indireta a captura de recursos vegetais existentes no solo. Esses processos fisiológicos são regulados pelos hormônios vegetais produzidos (OLIVEIRA, 2015).

Diversos trabalhos têm documentado o sucesso da utilização de *Azospirillum* na inoculação de plantas de arroz, trigo, milho (CANGAHUALA-INOCENTE et al., 2013; CASSÁN et al., 2001; HUNGRIA, 2011; FERREIRA et al., 2013), gengibre (DASH et al., 2010), soja (COTE et al., 2010), tomate (FAVERO et al., 2008), girassol (AKBARI et al., 2011), alface (LAI et al., 2008), cevada (ZAWOSNIK et al., 2011), aveia (SANTA et al., 2008), mandioca (THULER et al., 2003), feijão e gergelim (SHAKERI et al., 2016).

Na cultura do milho, a inoculação com *Azospirillum brasilense* tem apresentado incrementos de produtividade (BRACCINI et al., 2012). Em experimentos realizados por Hungria (2011), onde foi utilizado *Azospirillum*, foram obtidos aumentos de 31 e 26% na produtividade de grãos para as culturas do trigo e milho, respectivamente, todavia, houve fornecimento de parte do nitrogênio requerido pela planta pelo fertilizante mineral. Contudo, o sucesso da inoculação pode estar diretamente relacionado à especificidade da interação entre a bactéria e os genótipos das plantas, assim como fatores relacionados ao ambiente (HUNGRIA, 2011; BRACCINI et al., 2012).

Em um estudo elaborado por Lai et al. (2008), foram testados em casa de vegetação, a interação entre *Azospirillum rugosum*, dejetos suínos (doses de 0, 25, 45 e 50 kg de N ha<sup>-1</sup>) e fertilizantes químicos, em alface. Os autores verificaram maior crescimento da planta, aumento na produção de massa e acumulação de nutrientes conforme aumentaram a dose de dejetos. Nos tratamentos em que adicionaram esterco suíno, o rendimento da produção e a absorção de nutrientes foram potencializados. Destacaram, ainda, que o uso de bactérias diazotróficas é benéfico e deve-se estudar mais a interação fertilizante x bactéria.

O *Azospirillum brasilense* confere maior tolerância da alface à viroses do grupo Tosopovirus, principal agente causador da morte de plantas e o uso de *A. brasilense* associado à enraizador atenua os efeitos da larva-minadora em menores doses de N em cobertura (LIMA et al., 2017).

Para Alfonso, Leyva e Hernández (2005), a eficácia agrobiológica do *Azospirillum brasilense* está estabelecida pelo alto índice populacional na rizosfera de plantas de tomate inoculadas, como responsável pelo aumento positivo no crescimento e estado nutricional das plantas de tomate, bem como o rendimento agrícola da cultura.

Em um estudo realizado por Bubanz; Ramos; Betemps (2017), utilizou-se a associação de *Azospirillum brasilense* com silício na produção de morango, sendo observado maiores valores de número médio de frutos por planta, massa fresca dos frutos por planta e massa fresca dos frutos comerciais, características desejáveis em frutos comerciais, pois representam maior rentabilidade por área de cultivo ao produtor.

Barassi et al. (2008), em uma revisão de trabalhos sobre as respostas fisiológicas induzidas por *Azospirillum*, relatam a melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa, maior altura de plantas. Bashan

et al. (2006) relatam incremento em vários pigmentos fotossintéticos, tais como clorofila a, b, e pigmentos fotoprotetivos auxiliares, como violaxantina, zeaxantina, aeroxantina, luteína, neoxantina e beta-caroteno, que resultariam em plantas mais verdes e sem estresse hídrico.

Assim como na adubação nitrogenada, as respostas à inoculação dependem da variedade utilizada (SCHULTZ et al., 2012; URQUIAGA et al., 2012) e costumam ser mais frequentes em solos de média e baixa fertilidade (Oliveira et al., 2006; Gosal et al., 2012). Outra questão importante é que a inoculação com *Azospirillum brasilense* pode reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados entre 20% e 50% e os resultados podem ser superiores, principalmente quando adubos orgânicos são incorporados juntos (BASHAN; HOLGUIN AND BASHAN, 2004).

Nesse sentido, ao realizar inoculação com o *Azospirillum*, espera-se que ocorra indução de respostas fisiológicas no vegetal (Hungria, 2011) interessantes do ponto de vista agrônomo, como por exemplo: maior produção de raízes para explorar camadas mais profundas do solo, maior suprimento de água e sais minerais, atenuação de estresses ambientais e o controle biológico direto e indireto de inúmeros fitopatógenos (BASHAN & BASHAN, 2010). Dessa maneira teremos culturas mais resistentes ao estresse hídrico e vigorosas. Adicionalmente podem expressar maior produtividade.

## **2.7 O uso do inoculante contendo *Azospirillum***

A utilização das bactérias na forma de inoculantes biológicos é uma das tecnologias eficientes em complementar e, em algumas ocasiões, substituir métodos tradicionais de adubação com fertilizantes nitrogenados ou pelo menos levar à diminuição da quantidade aplicada desses insumos em ambientes de produção agrícola (HUNGRIA et al., 2011).

O inoculante é um produto que contém microrganismos com ação benéfica para o desenvolvimento das plantas (XAVIER, RUMJANEK e GUEDES, 2005). A prática da inoculação com estirpes selecionadas de *Azospirillum* sp. fornece uma contribuição direta para o acréscimo do rendimento das culturas, além de uma maior eficácia no uso de recursos de produção com benefícios prolongados para o ambiente (CASSÁN E DIAZ-ZORITA, 2016).

O processo de inoculação com *Azospirillum* pode ser realizado com a aplicação do produto sólido (como turfa) ou líquido, nas sementes. Por se tratar de um processo que envolve organismos vivos, é necessário respeitar as temperaturas adequadas (entre 15 e 35 °C) e evitar a exposição ao sol, pois as bactérias são sensíveis ao calor. Outra questão importante é que não se deve realizar a inoculação juntamente com a aplicação de agrotóxicos (ROBERTO; SILVA; LOBATO, 2010). O inoculante contém bactérias vivas, sensíveis ao calor, deficiência hídrica e agrotóxicos. Para inoculantes à base de *Azospirillum* a legislação exige uma concentração mínima de 10<sup>8</sup> células g<sup>-1</sup> ou mL<sup>-1</sup> de inoculante (HUNGRIA, 2011).

Dentre as vantagens do uso dos inoculantes contendo cepas selecionadas de *Azospirillum brasilense* estão: aumento da produtividade da cultura; preservação da microflora e a microfauna do solo; redução do custo de produção; menor poluição ambiental que resulta da produção e utilização de fertilizantes nitrogenados, bem como pela redução na emissão de gases de efeito estufa; e recuperação dos solos de baixa fertilidade (HUNGRIA et al., 2011).

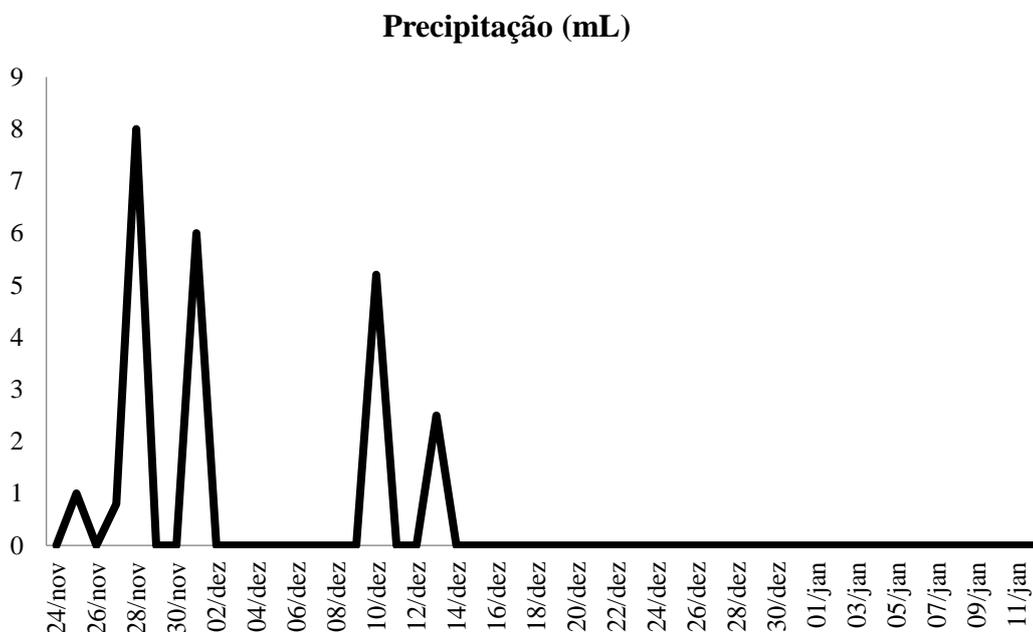
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização do local de estudo

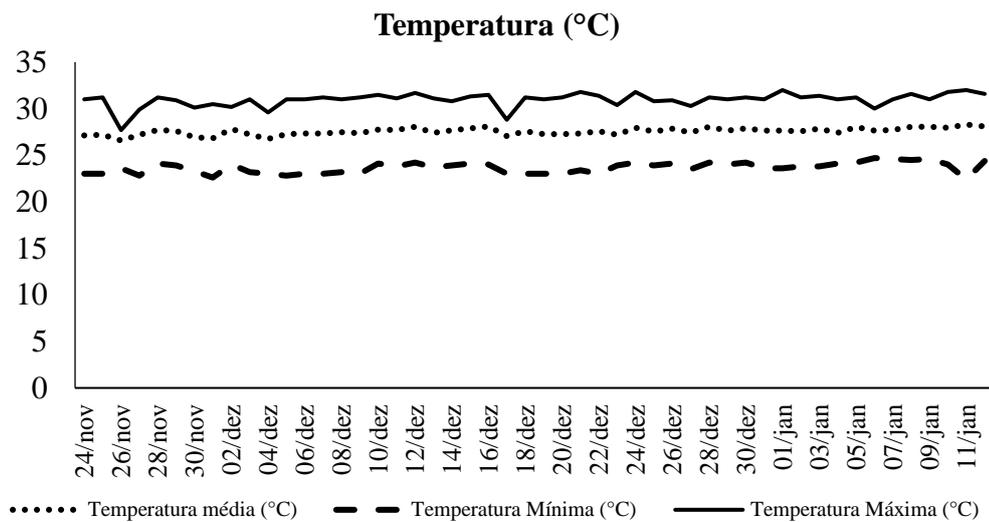
O município de Itabaiana possui um território de 336,685 Km<sup>2</sup> e uma população de com aproximadamente 94 mil habitantes, essas características o tornam um dos dez municípios mais populosos do Estado. Deste total, mais de 70 % residem na zona urbana, sendo sua densidade demográfica de 281,26 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2018). A sede do município está situada a 188,00 metros acima do nível do mar, estando este posicionado na área central do Estado, sendo considerado pleno centro geodésico, constituindo limites com Frei Paulo, Ribeirópolis e Moita Bonita ao norte; Campo do Brito e Areia Branca ao sul; Campo do Brito e Macambira a oeste e a leste com os municípios de Malhador e Areia Branca.

Distante cerca de 54,0 quilômetros da capital, Itabaiana apresenta posição geográfica privilegiada, por estar em uma área de transição entre o litoral e o sertão sergipano, o que contribui para torná-lo uma referência no agreste do Estado, podendo apresentar condições favoráveis ao desenvolvimento da atividade olerícola.

O clima característico da região é do tipo As' - clima tropical com verão seco e moderado excedente hídrico no inverno, segundo a classificação de Köppen. De acordo com Dantas et al. (2010), a precipitação pluvial média anual concentra-se na faixa entre 1.100 a 1.300 mm e evapotranspiração anual média é de 800 mm. O período chuvoso ocorre entre março a agosto, e o período seco apresenta-se com déficit hídrico ocorrendo entre os meses de setembro e fevereiro. A precipitação e temperatura média durante o período avaliado foi obtida na base de dados do INMET (**Figura 1a e 1b**).



**Figura 1a.** Variação da precipitação durante o período de condução dos experimentos nos meses de novembro de 2018 a janeiro de 2019.



**Figura 1b.** Variação da temperatura durante o período de condução dos experimentos nos meses de novembro de 2018 a janeiro de 2019

### 3.2 Experimento 1-Produção comercial

A instalação e condução do experimento foram realizados no sítio Senhora Santana, no povoado Junco (Figura 2), localizado entre os municípios de Itabaiana e Areia Branca, com a seguinte coordenada geográfica: 06°77'2.82" L e 88°06'9.57" N.



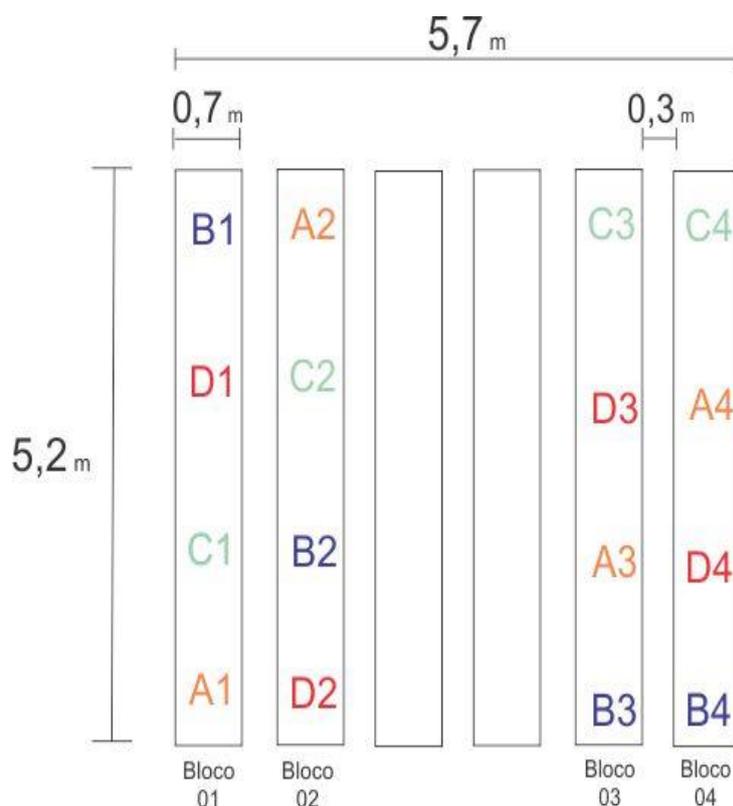
**Figura 2:** Localização da unidade de produção (experimento) Areia Branca – SE, 2019.(Fonte: Google Earth, 2019).

A Unidade de Produção é participante da Associação de Produtores Orgânicos do Agreste (ASPROAGRE) e certificada pelo Instituto Biodinâmico. Há mais de 30 anos são desenvolvidas práticas agroecológicas para o cultivo comercial de olerícolas na propriedade.

A área escolhida para o plantio e condução do experimento é cultivada periodicamente pelo agricultor com hortaliças diversas através de manejo orgânico do solo, pousio, correções da acidez do solo, cercas vivas, adubações orgânicas com torta de mamona e compostagem, além da utilização de fosfato natural de rocha.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. O experimento foi instalado segundo um modelo fatorial, 2 x 2, ou seja, com dois substratos diferentes (substrato comercial e o substrato elaborado pelo produtor) e a presença ou ausência do inoculante *Azospirillum brasilense* sp. 245. Cada canteiro apresenta 5,2 m de comprimento por 0,7 de largura, sendo que as parcelas foram constituídas com 1,3 m de comprimento, por 0,7 m de largura, onde possibilitou o plantio de 10 mudas em cada parcela e 40 por canteiro (**Figura 3**).

Os 4 tratamentos avaliados foram: sementes de alface do grupo crespa, Cultivar Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação (A); sementes de alface do grupo crespa, Cultivar Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação (B); sementes de alface do grupo crespa, Cultivar Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação (C); e sementes de alface do grupo crespa, Cultivar Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação (D).



**Figura 3:** Detalhes da área experimental. Nota: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

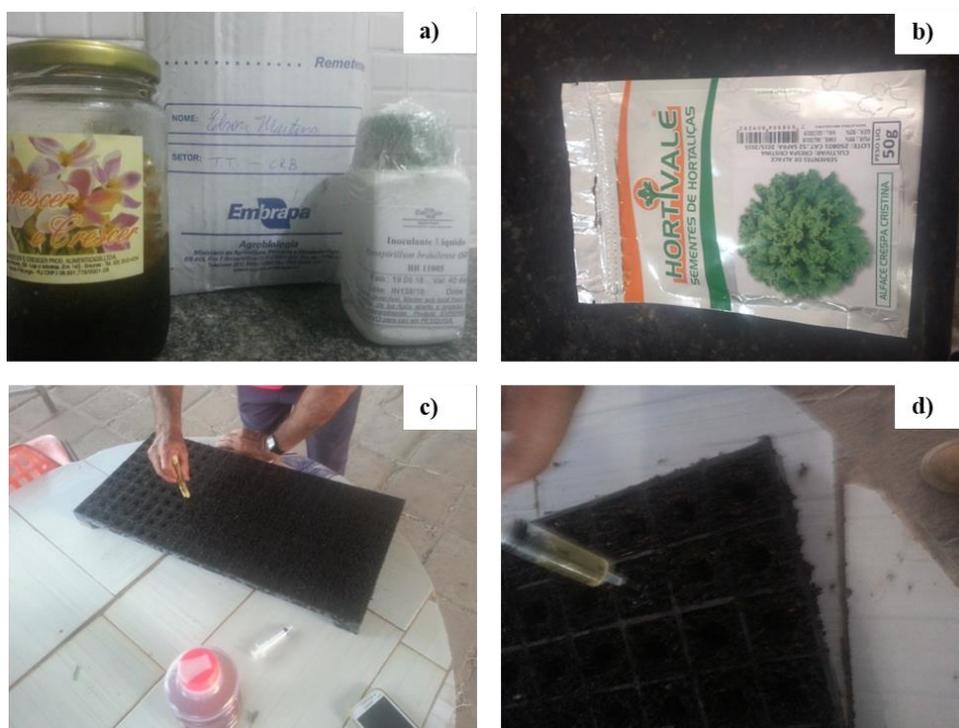
### 3.2.1 Produção de mudas de alface

As mudas foram produzidas utilizando-se bandeja plástica de 200 células, com 2 tipos de substrato: substrato orgânico comercial (SOC) na primeira metade da bandeja e substrato orgânico produzido na propriedade (SOP) na outra metade. As sementes de alface utilizadas foram do grupo crespa, Cultivar Cristina, as quais foram semeadas em 29 de outubro de 2018. As sementes foram inoculadas ou não com a estirpe de *A. brasiliense* sp. 245, seguindo o seguinte protocolo: em uma panela de 5,0 L foi adicionado 1,0 L de água com 100,0 mL de melado de cana.

Esta mistura foi aquecida num fogão, durante 10 (dez) minutos, até a completa dissolução do melado, ficando em repouso até que a temperatura chegasse a aproximadamente 25–30°C. Em seguida adicionou-se à mistura 10 mL de inoculante líquido contendo a estirpe *A. brasiliense* sp. 245, o qual foi produzido no Laboratório de Bioprocessos da EMBRAPA AGROBIOLOGIA, localizada no município de Seropédica, Rio de Janeiro.

Com o auxílio de uma colher higienizada com álcool 70% e logo após enxuta com papel toalha, mexeu-se a mistura contendo o inoculante durante 60 (sessenta) segundos a cada intervalo de 3 (três) horas, de modo que fosse formado algumas bolhas na superfície do líquido. Tal procedimento foi realizado para ativar a bactéria e repetido por mais 7 (sete) vezes. Logo em seguida foi realizada a inoculação das sementes de alface.

Do inoculante preparado, foi retirado com o auxílio de uma seringa de 5 mL, 1 mL da mistura para cada célula contendo sementes de alface para os tratamentos A e C. Nos tratamentos B e D foi acrescido 1 mL da mistura água mais melado, preparada em outra panela de 5 L e na mesma proporção citada anteriormente, para cada célula contendo alface, não inoculado (**Figura 4**).



**Figura 4:** Sequência de inoculação de *A. brasiliense* sp 245 em sementes de alface: **a)** material utilizado para inoculação respectivamente da esquerda para direita: melado de cana, inoculante (10,0 mL); **b)** sementes de alface crespa Cristina; **c)** preparo da sementeira **d)** inoculação das sementes.

A variedade utilizada é resistente ao pendoamento precoce e adaptada às condições ambientais da região de Itabaiana, sendo recomendada para cultivo o ano todo, especialmente no inverno. As mudas foram transplantadas em 24 de novembro de 2018. O cultivo de alface foi realizado em condições de campo.

### 3.2.2 Preparo do solo

O preparo do solo foi realizado com auxílio de enxada manual, procedendo-se, primeiramente a limpeza ou roçagem e, em seguida, a confecção dos canteiros nas dimensões de 5,2 m de comprimento por 0,70 m de largura em área reservada para o experimento.

### 3.2.3. Plantio das mudas de alface no campo

O transplantio das mudas de alface foi realizado em 24 de novembro de 2018, aos 26 dias após a semeadura, ocasião em que as mesmas se apresentavam aptas para irem a campo, logo após o preparo do solo e a adubação com os compostos orgânicos. É importante destacar que antes do transplantio houve a repetição da inoculação nos mesmos moldes da anterior na semeadura (**Figura 5**). Posteriormente à implantação, o experimento foi conduzido e manejado com as práticas usuais do agricultor, sendo, portanto, uma pesquisa participativa.



**Figura 5:** Repetição da inoculação com de *Azospirillum brasilense* a estirpe sp 245 (esquerda) e vista geral da área experimental no momento do transplantio (direita).

### 3.2.4 Adubação e tratos culturais

Em relação ao manejo e controle de ervas espontâneas foi realizada a cada semana uma capina manual. Foi realizada uma adubação com 15 dias após o transplantio das mudas com 70g de torta de mamona por planta e outra com 30 dias contendo a mesma dose.

A irrigação da lavoura foi conforme a necessidade da cultura e as condições climáticas durante o período de cultivo. Não houve necessidade de controles fitossanitários.

### 3.2.5 Colheita e parâmetros avaliados

A colheita foi realizada em 12 de janeiro de 2019, aos 49 dias após o transplante, ocasião em que as plantas apresentavam vigor e bom desenvolvimento vegetativo, de acordo com o mercado de orgânicos e os padrões de comercialização no estado de Sergipe (Figura 6). Para fazer as avaliações dos parâmetros, foi adotada como parcela útil 5 plantas das 10 de cada parcela, através de sorteio, descartando assim as restantes.



**Figura 6.** Realização da colheita aos 49 dias após transplanteio.

Logo após a colheita, as plantas foram levadas para o Laboratório de Remediação de Solos do Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe. No laboratório ocorreu a completa higienização das, sobretudo as raízes com água corrente e o descarte das folhas em processo de senescência (**Figura 7**). Após a medição de cada parâmetro, as plantas foram colocadas em recipiente adequado para cada situação e em seguida colocado na estufa com circulação de ar forçada a 65°C até o peso constante. Esta última etapa, tem por objetivo avaliar a biomassa seca e o teor de nitrogênio da parte aérea.



**Figura 7.** Exemplo da avaliação do parâmetro Matéria Seca da Parte Aérea-MSPA no Laboratório de Solos da UFS.

### 3.2.5.1 Diâmetro da Cabeça

Foi medida nas margens da planta com o auxílio de uma régua graduada

### 3.2.5.2 Massa Fresca da Raiz

As raízes, depois de lavadas, foram pesadas em balança digital, acondicionadas em saco de papel e, em seguida, levadas à geladeira a 4<sup>o</sup>C, onde foram mantidas até o momento da avaliação do volume.

### 3.2.5.3 Volume de raiz

Com auxílio de uma proveta graduada em 100 mL foi medido o volume do sistema radicular, obtido pelo método do deslocamento de água em proveta (**Figura 8**).



**Figura 8:** Medição do volume de raiz com auxílio de uma proveta.

### 3.2.5.4 Comprimento de raiz

O comprimento de raiz foi determinado de uma extremidade a outra com auxílio de uma régua graduada.

### 3.2.5.5 Massa Fresca da Parte Aérea

Após ser higienizada foi realizada a pesagem da parte aérea em balança digital, com resultado expresso em g/planta.

### 3.2.5.6 Massa Seca da Parte Aérea

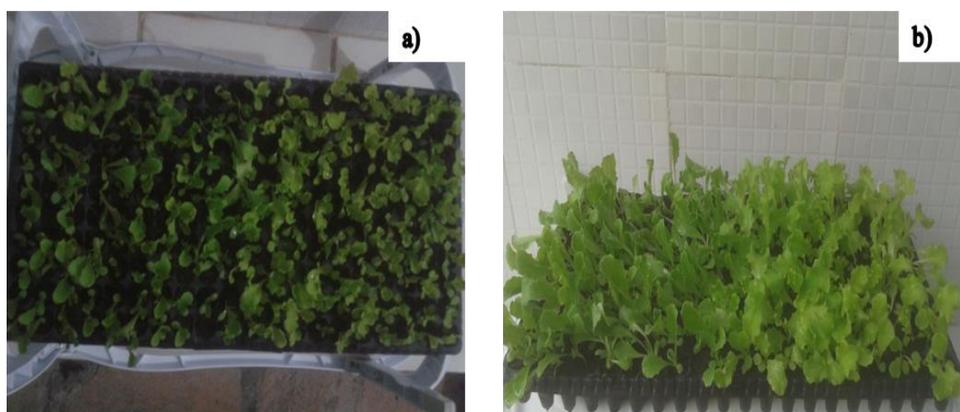
A parte aérea foi seca separadamente em estufa à 65<sup>o</sup>C até o peso constante. Posteriormente, determinou-se a massa seca por meio de pesagem em balança digital.

### 3.2.5.7 Teor de nitrogênio da Parte Aérea

As amostras secas da parte aérea foram moídas e, posteriormente, analisadas quanto ao teor de nitrogênio (N) presente na parte aérea. Para a determinação do teor de N, foi utilizada metodologia descrita por Embrapa (2005).

### 3.3 Experimento 2-Fase de mudas

O experimento 2 foi realizado de forma semelhante ao experimento 1 no que diz respeito à produção de mudas, sendo semeadas no dia 14 de janeiro de 2019. Ou seja, as mudas foram produzidas utilizando-se bandeja plástica de 200 células, com 2 tipos de substrato: substrato orgânico comercial (SOC) na primeira metade da bandeja e substrato orgânico produzido na propriedade (SOP) na outra metade. A única diferença é que foi acrescentada mais uma variável: a alface grupo americana, cultivar Irene (**Figura 9a e b**).



**Figura 9** : Alface do grupo americana e grupo crespa após 12 dias (a) e 20 dias após transplantio (b).

Desse modo, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com oito tratamentos. O experimento foi instalado segundo um modelo fatorial,  $2 \times 2 \times 2$ , ou seja, com dois substratos diferentes (substrato comercial e o substrato elaborado pelo produtor), a presença ou ausência do inoculante *A. brasilense* sp 245 e os dois grupos de alface (crespa e americana).

Os 8 tratamentos avaliados foram: sementes de alface do grupo crespa, Cultivar Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação (A); sementes de alface do grupo crespa, Cultivar Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação (B); sementes de alface do grupo crespa, Cultivar Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação (C); sementes de alface do grupo crespa, Cultivar Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação (D); sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial agrovida com inoculação (E); sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial agrovida sem inoculação (F); sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação (G); e sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação (H).

As mudas de alface foram retiradas em 4 de fevereiro de 2019, aos 22 dias após a semeadura, ocasião em que as mesmas se apresentavam aptas para irem a campo, sendo então levadas para o laboratório de Remediação de Solos do Departamento de Engenharia

Agronômica da Universidade Federal de Sergipe, onde ocorreu a medição dos parâmetros seguintes: altura da parte aérea, massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea.

### **3.3.1 Altura de parte aérea**

Foi mensurada com o auxílio de uma régua graduada em cm, tomando-se a medida da distância entre o colo e o ápice da plântula.

### **3.3.2 Massa Fresca da Parte Aérea**

Após ser higienizada foi realizada a pesagem da parte aérea em balança digital, com resultado expresso em g/planta

### **3.3.3 Massa Seca da Parte Aérea**

A parte aérea foi seca separadamente em estufa à 65°C até o peso constante. Posteriormente, determinou-se a massa seca por meio de pesagem em balança digital.

## **3.4 Análise estatística**

Os valores dos parâmetros foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa estatístico R (2016) e as médias comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis para verificar a existência de efeito estatisticamente significativo dos tratamentos.

## **3.5 Indicadores de Produção**

Durante as pesquisas, foram feitas observações da percepção do produtor, relativas à adoção da tecnologia avaliada no presente trabalho de pesquisa, quanto ao impacto na produção e a facilidade de aplicação da prática na unidade de produção, o que se mostrou factível.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Efeito da inoculação de sementes de alface com de *A. brasiliense* estirpe sp. 245 na produção comercial de alface após 47 dias de transplântio (experimento1)

#### 4.1.1 Variável Massa Fresca da Parte Aérea-MFPA

Os resultados observados entre os tratamentos avaliados com a MFPA foram superiores para as plantas que foram inoculadas com a estirpe *A. brasiliense* sp 245. Os resultados são apresentados na **Tabela 1**.

**Tabela 1:** Medidas descritivas para a variável massa fresca da parte érea (MFPA)-experimento1: segundo os tratamentos aplicados: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

Tratamentos	Média	Desvio Padrão
A	417.42	99.86
B	257.26	119.25
C	419.45	100.72
D	265.65	154.17

Os resultados apresentados na Tabela 1, de modo descritivo, demonstram que a variável MFPA apresenta o maior valor médio quando aplicado o tratamento C e o menor quando aplicado o tratamento B. Além disso, é possível perceber uma variação nos valores dos desvios padrão de acordo com a mudança dos tratamentos aplicados.

Para a variável MFPA, realizou-se o teste de Kruskal-Wallis para os tratamentos e para os blocos, com o intuito de verificar se os tratamentos utilizados bem como os blocos considerados. Os resultados apresentaram efeitos estatisticamente significativos sobre a variável MFPA. Os resultados são apresentados na **Tabela 2**.

**Tabela 2:** Teste de Kruskal-Wallis para a variável massa fresca da parte érea (MFPA) -experimento1:

Fontes de Variação	Estatística	P
Tratamentos	23.657	0.000 *
Blocos	8.603	0.035 *

Valores *p* acompanhados de “\*”, significam a existência de efeito estatisticamente significativo da respectiva fonte de variação

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, podemos extrair as seguintes interpretações:

- Existem efeitos significativos dos tratamentos utilizados sobre a variável MFPA, isto é, pelo menos um par de tratamentos difere estatisticamente entre si com relação ao efeito aplicado sobre a variável.
- Existem efeito significativo dos blocos considerados sobre a variável MFPA, isto é, é válido considerar que os diferentes blocos considerados causam efeitos distintos sobre a variável.

Após o teste de Kruskal-Wallis, tendo em vista o efeito significativo dos tratamentos, foi realizado o teste de Dunn para saber quais os tratamentos que diferem estatisticamente entre si com relação ao efeito atribuído sobre a variável MFPA. Os resultados seguem na **Tabela 3**.

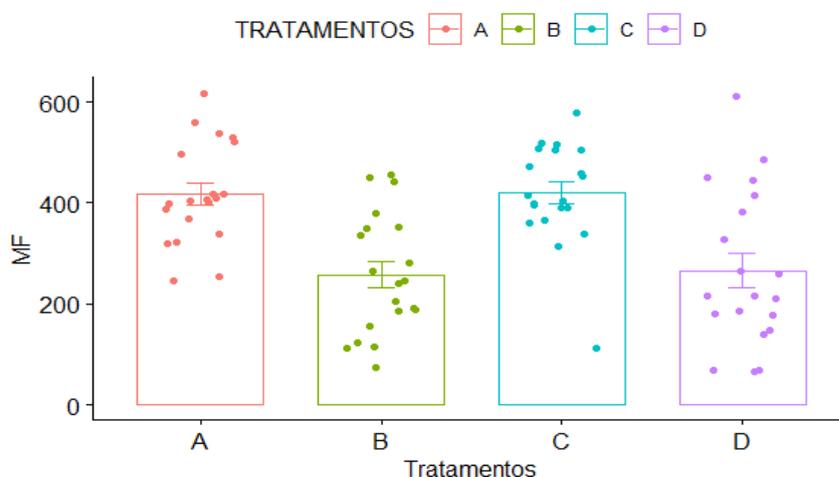
**Tabela 3:** Teste de Dunn variável massa fresca da parte aérea (MFPA) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

<b>Pares</b>	<b>Diferença entre médias</b>	<b>P</b>
A – B	160.17	0.001*
A – C	-2.02	-0.461
B – C	-162.19	0.001*
A – D	151.78	0.001*
B – D	-8.39	-0.467
C – D	153.80	0.001*

A partir dos resultados apresentados na Tabela 3, podemos extrair as seguintes informações:

- Os tratamentos A e B diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável MFPA tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento A do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos B e C diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável MFPA tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos A e D diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável MFPA tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento A do que quando aplicado o tratamento D.
- Os tratamentos C e D diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável MFPA tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento D.

A seguir, é apresentado um gráfico de barras (**Figura 10**) comparando as médias da variável MF segundo os respectivos tratamentos aplicados.



**Figura 10:** Médias da variável massa fresca da parte aérea (MFPA) segundo os respectivos tratamentos utilizados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

Observando a Figura 10, temos que os tratamentos que mais surtem efeito no aumento dos valores da variável MFPA são os tratamentos C e A.

#### 4.1.2 Variável Massa Seca da Parte Aérea-MSPA

Considerando os resultados apresentados na **Tabela 4**, de modo descritivo, podemos perceber que a variável MSPA apresenta o maior valor médio quando aplicado o tratamento C e o menor quando aplicado o tratamento B. Além disso, é possível perceber uma variação moderada nos valores dos desvios padrão de acordo com a mudança dos tratamentos aplicados.

**Tabela 4:** Medidas descritivas para a variável massa seca da parte aérea (MSPA) segundo os tratamentos aplicados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação

Tratamentos	Média	Desvio Padrão
A	22.79	5.60
B	17.75	7.26
C	24.30	7.26
D	18.24	10.02

Considerando a variável MS, foi feito o teste de Kruskal-Wallis para os tratamentos e para os blocos, isso com o intuito de verificar se os tratamentos utilizados bem como os blocos considerados têm efeito estatisticamente significativo sobre a variável MS. Os resultados são apresentados na **Tabela 5**.

**Tabela 5:** Teste de Kruskal-Wallis, variável massa seca da parte aérea (MSPA) realizados para os tratamentos e blocos-experimento1:

<b>Fontes de Variação</b>	<b>Estatística <i>P</i></b>	
Tratamentos	15.779	0.001 *
Blocos	5.195	0.158

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5, podemos extrair as seguintes interpretações:

- Existe efeito significativo dos tratamentos utilizados sobre a variável MSPA, isto é, pelo menos um par de tratamentos difere estatisticamente entre si com relação ao efeito aplicado sobre a variável.
- Não existe efeito significativo dos blocos considerados sobre a variável MSPA, isto é, os diferentes blocos considerados causam efeitos similares sobre a variável.

Após o teste de Kruskal-Wallis, tendo em vista o efeito significativo dos tratamentos, foi realizado o teste de Dunn para saber quais os tratamentos que diferem estatisticamente entre si com relação ao efeito atribuído sobre a variável MSPA. Os resultados seguem na **Tabela 6**.

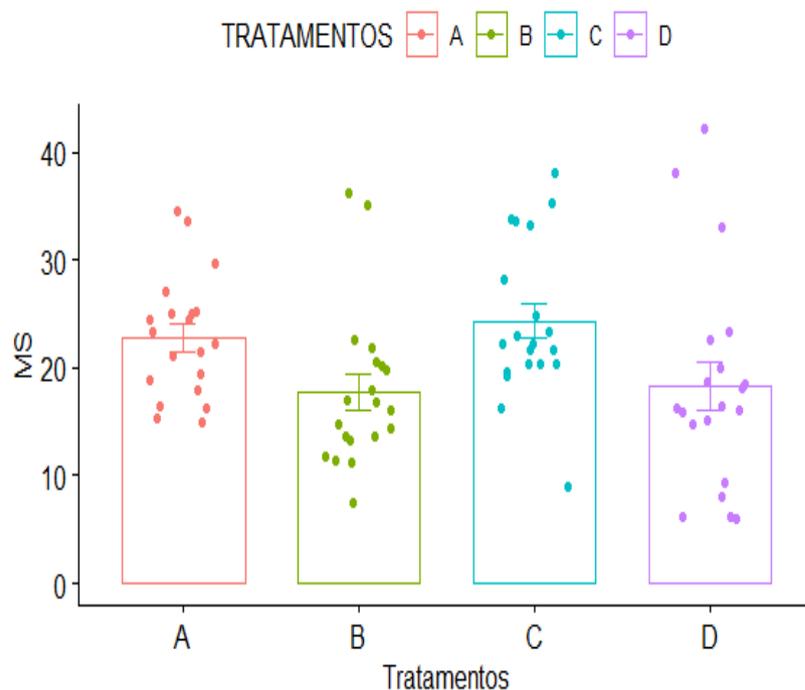
**Tabela 6:** Teste de Dunn. variável massa seca da parte aérea (MSPA) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

<b>Pares</b>	<b>Diferença entre médias</b>	<b><i>P</i></b>
A – B	5.04	0.007 *
A – C	-1.51	0.394
B – C	-6.55	0.005 *
A – D	4.55	0.011 *
B – D	-0.49	0.410
C – D	6.06	0.006 *

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 6, podemos extrair as seguintes interpretações:

- Os tratamentos A e B diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável MSPA tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento A do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos B e C diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável MSPA tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos A e D diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável MSPA tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento A do que quando aplicado o tratamento D.
- Os tratamentos C e D diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável MSPA tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento D.

A seguir, é apresentado na **Figura 11** um gráfico de barras comparando as médias da variável MS segundo os respectivos tratamentos aplicados.



**Figura 11:** Médias da variável massa seca da parte aérea (MSPA) segundo os respectivos tratamentos utilizados-experimento1: A – alfaca Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alfaca Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alfaca Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alfaca Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

Observando a Figura 11, temos que os tratamentos que mais surtem efeito no aumento dos valores da variável MSPA são os tratamentos C e A.

#### 4.1.3 Variável Diâmetro da Cabeça-DC

De acordo com os resultados apresentados na **Tabela 7**, podemos perceber que a variável DC apresenta o maior valor médio quando aplicado o tratamento A e o menor quando aplicado o tratamento D. Além disso, é possível perceber uma variação bem pequena nos valores dos desvios padrão de acordo com a mudança dos tratamentos aplicados.

**Tabela 7:** Medidas descritivas variável diâmetro da cabeça (DC) segundo os tratamentos aplicados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação

<b>Tratamentos</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
A	32.60	3.68
B	28.05	3.05
C	31.80	3.38
D	27.40	4.51

Considerando a variável DC, foi feito o teste de Kruskal-Wallis para os tratamentos e para os blocos, isso com o intuito de verificar se os tratamentos utilizados bem como os blocos considerados têm efeito estatisticamente significativo sobre a variável DC. Os resultados são apresentados na **Tabela 8**.

**Tabela 8:** Teste de Kruskal-Wallis variável diâmetro da cabeça (DC) -experimento1:

<b>Fontes de Variação</b>	<b>Estatística</b>	<b>P</b>
Tratamentos	24.385	0.000 *
Blocos	5.700	0.127

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 8, podemos extrair as seguintes interpretações:

- Existe efeito significativo dos tratamentos utilizados sobre a variável DC, isto é, pelo menos um par de tratamentos difere estatisticamente entre si com relação ao efeito aplicado sobre a variável DC.
- Não existe efeito significativo dos blocos considerados sobre a variável DC, isto é, os diferentes blocos considerados causam efeitos similares sobre a variável DC.

Após o teste de Kruskal-Wallis, tendo em vista o efeito significativo dos tratamentos, foi realizado o teste de Dunn para saber quais os tratamentos que diferem estatisticamente entre si com relação ao efeito atribuído sobre a variável DC. Os resultados seguem na **Tabela 9**.

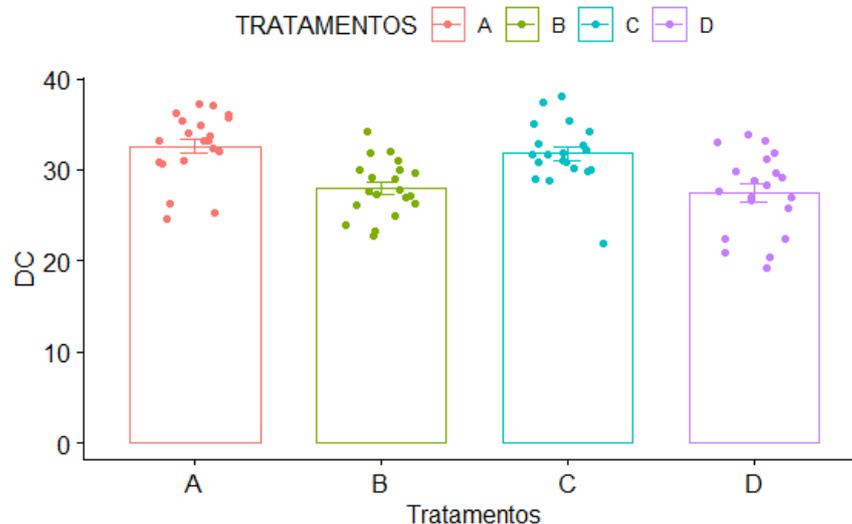
**Tabela 9:** Teste de Dunn variável diâmetro da cabeça (DC) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

<b>Pares</b>	<b>Diferença entre médias</b>	<b><i>p</i></b>
A – B	4.55	0.000 *
A – C	0.80	0.276
B – C	-3.75	0.002 *
A – D	5.20	0.000 *
B – D	0.65	0.497
C – D	4.40	0.002 *

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 9, podemos extrair as seguintes interpretações:

- Os tratamentos A e B diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável DC tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento A do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos B e C diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável DC tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos A e D diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável DC tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento A do que quando aplicado o tratamento D.
- Os tratamentos C e D diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável DC tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento D.

A seguir, é apresentado um gráfico de barras (**Figura 12**) comparando as médias da variável DC segundo os respectivos tratamentos aplicados.



**Figura 12:** Médias da variável DC segundo os respectivos tratamentos utilizados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

Observando a Figura 12, temos que os tratamentos que mais surtem efeito no aumento dos valores da variável DC são os tratamentos A e C.

#### 4.1.4 Variável Comprimento de Raiz-CR

Considerando os resultados apresentados na **Tabela 10**, de modo descritivo, podemos perceber que a variável CR apresenta o maior valor médio quando aplicado o tratamento C e o menor quando aplicado o tratamento B. Além disso, é possível perceber uma variação muito pequena nos valores dos desvios padrão de acordo com a mudança dos tratamentos aplicados.

**Tabela 10:** Medidas descritivas para a variável comprimento de raiz (CR) segundo os tratamentos aplicados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

Tratamentos	Média	Desvio Padrão
A	19.85	2.46
B	18.05	2.48
C	21.95	2.68
D	18.55	2.67

Considerando a variável CR, foi feito o teste de Kruskal-Wallis para os tratamentos e para os blocos, isso com o intuito de verificar se os tratamentos utilizados bem como os blocos considerados têm efeito estatisticamente significativo sobre a variável CR. Os resultados são apresentados na **Tabela 11**.

**Tabela 11:** Teste de Kruskal-Wallis variável comprimento de raiz -experimento1:

<b>Fontes de Variação</b>	<b>Estatística <i>p</i></b>	
Tratamentos	21.074	0.000 *
Blocos	2.172	0.537

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 11, podemos extrair as seguintes informações:

- Existe efeito significativo dos tratamentos utilizados sobre a variável CR, isto é, pelo menos um par de tratamentos difere estatisticamente entre si com relação ao efeito aplicado sobre a variável CR.
- Não existe efeito significativo dos blocos considerados sobre a variável CR, isto é, os diferentes blocos considerados causam efeitos similares sobre a variável CR.

Foi realizado o teste de Dunn para saber quais os tratamentos que diferem estatisticamente entre si com relação ao efeito atribuído sobre a variável CR. Os resultados seguem na **Tabela 12**.

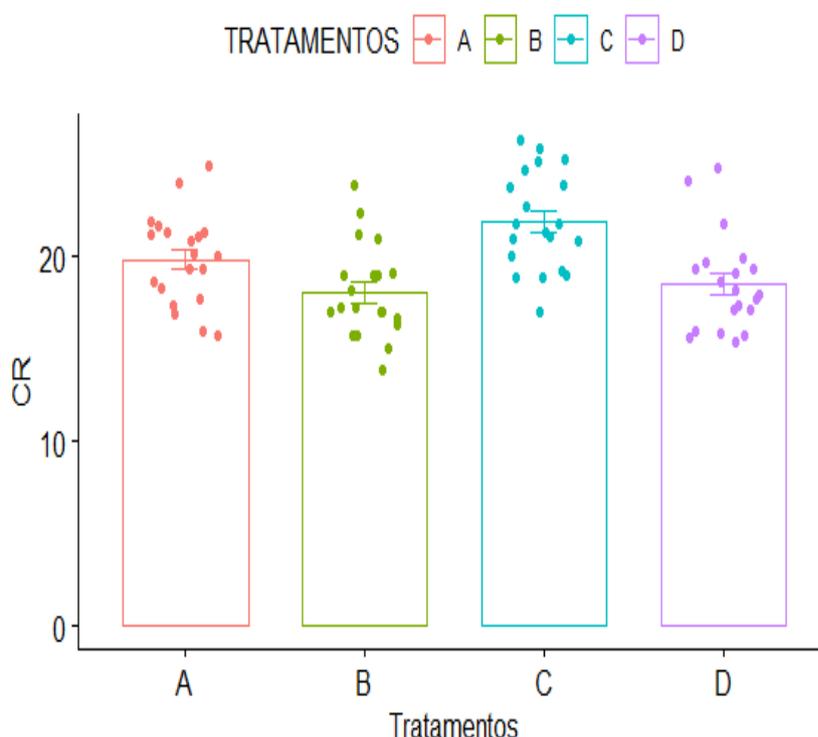
**Tabela 12:** Teste de Dunn variável comprimento de raiz (CR) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

<b>Pares</b>	<b>Diferença entre médias</b>	<b><i>p</i></b>
A – B	1.80	0.034 *
A – C	-2.10	0.033 *
B – C	-3.90	0.000 *
A – D	1.30	0.058
B – D	-0.50	0.324
C – D	3.40	0.000 *

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 12, podemos extrair as seguintes interpretações:

- Os tratamentos A e B diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável CR tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento A do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos A e C diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável CR tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento A.
- Os tratamentos B e C diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável CR tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos C e D diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável CR tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento D.

A seguir, é apresentado um gráfico de barras (**Figura 13**) comparando as médias da variável CR segundo os respectivos tratamentos aplicados



**Figura 13:** Médias da variável CR segundo os respectivos tratamentos utilizados-experimento1: Nota: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D -alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

Observando a Figura 13, temos que o tratamento que mais surte efeito no aumento dos valores da variável CR é o tratamento C

#### 4.1.5 Variável Peso Fresco de Raiz-PFR

Podemos perceber que a variável PFR, a partir dos resultados apresentados na **Tabela 13**, apresenta o maior valor médio quando aplicado o tratamento A e o menor quando aplicado o tratamento D. Além disso, é possível perceber uma variação muito pequena nos valores dos desvios padrão de acordo com a mudança dos tratamentos aplicados.

**Tabela 13:** Medidas descritivas para a variável peso fresco de raiz (PFR), segundo os tratamentos aplicados-experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

Tratamentos	Média	Desvio Padrão
A	23.71	7.00
B	15.55	6.78
C	22.84	5.58
D	15.43	7.05

Considerando a variável PFR, o teste de Kruskal-Wallis mostra que há efeito significativo nos tratamentos utilizados bem como nos blocos. Os resultados são apresentados na **Tabela 14**.

**Tabela 14:** Teste de Kruskal-Wallis. para a variável peso fresco de raiz (PFR) -experimento1:

Fontes de Variação	Estatística	<i>P</i>
Tratamentos	22.581	0.000 *
Blocos	16.543	0.001 *

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 14, podemos extrair as seguintes interpretações:

- Existe efeito significativo dos tratamentos utilizados sobre a variável PFR, isto é, pelo menos um par de tratamentos difere estatisticamente entre si com relação ao efeito aplicado sobre a variável PFR.
- Existe efeito significativo dos blocos considerados sobre a variável PFR, isto é, é válido considerar que os diferentes blocos considerados causam efeitos distintos sobre a variável PFR.

Após o teste de Kruskal-Wallis, tendo em vista o efeito significativo dos tratamentos, foi realizado o teste de Dunn para saber quais os tratamentos que diferem estatisticamente entre si com relação ao efeito atribuído sobre a variável PFR. Os resultados seguem na **Tabela 15**.

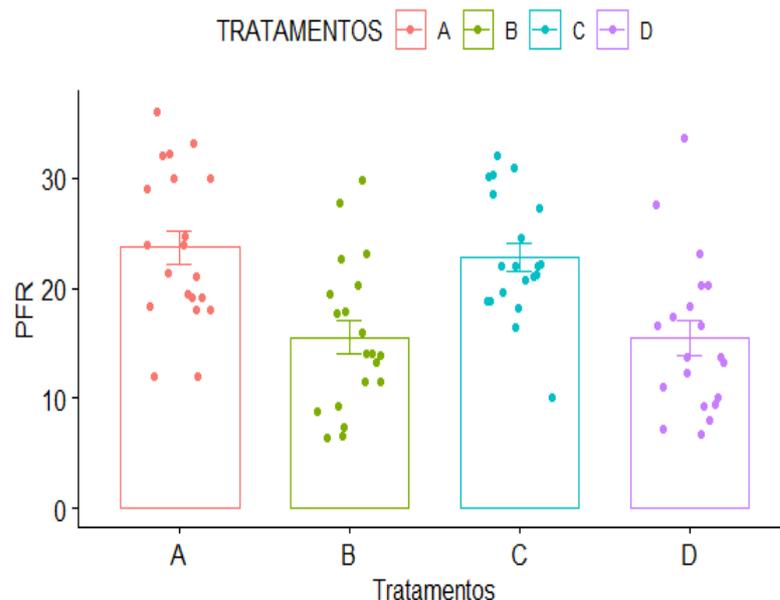
**Tabela 15:** Teste de Dunn variável peso fresco de raiz (PFR) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

<b>Pares</b>	<b>Diferença entre médias</b>	<b>P</b>
A – B	8.16	0.001 *
A – C	0.86	0.543
B – C	-7.30	0.001 *
A – D	8.28	0.002 *
B – D	0.12	0.455
C – D	7.42	0.001 *

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 15, podemos extrair as seguintes interpretações:

- Os tratamentos A e B diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável PFR tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento A do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos B e C diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável PFR tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos A e D diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável PFR tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento A do que quando aplicado o tratamento D.
- Os tratamentos C e D diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável PFR tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento D.
- 

A seguir, é apresentado na **Figura 14** um gráfico de barras comparando as médias da variável PFR segundo os respectivos tratamentos aplicados.



**Figura 14:** Gráfico de barras para as médias da variável (PFR) segundo os respectivos tratamentos utilizados-experimento1: A – alfaca Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alfaca Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alfaca Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alfaca Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

Observando atentamente a Figura 14, temos que os tratamentos que mais surtem efeito no aumento dos valores da variável MF são os tratamentos A e C.

#### 4.1.6 Variável Volume de Raiz-VR

Conforme os resultados apresentados na **Tabela 16**, podemos perceber que a variável VR apresenta o maior valor médio quando aplicado o tratamento C e o menor quando aplicado o tratamento D. Além disso, é possível perceber uma variação moderada nos valores dos desvios padrão de acordo com a mudança dos tratamentos aplicados.

**Tabela 16:** Medidas descritivas para a variável volume de raiz-(VR) segundo os tratamentos aplicados-experimento1: A – alfaca Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alfaca Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alfaca Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alfaca Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

Tratamentos	Média	Desvio Padrão
A	17.70	3.74
B	12.80	5.75
C	18.19	5.46
D	12.65	6.52

Considerando a variável VR, foi feito o teste de Kruskal-Wallis para os tratamentos e para os blocos, isso com o intuito de verificar se os tratamentos utilizados bem como os blocos considerados têm efeito estatisticamente significativo sobre a variável VR. Os resultados são apresentados na **Tabela 17**.

**Tabela 17:** Teste de Kruskal-Wallis variável volume de raiz-(VR).

<b>Fontes de Variação</b>	<b>Estatística</b>	<b>P</b>
Tratamentos	16.738	0.001 *
Blocos	12.065	0.007 *

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 17, podemos extrair as seguintes interpretações:

- Existe efeito significativo dos tratamentos utilizados sobre a variável VR, isto é, pelo menos um par de tratamentos difere estatisticamente entre si com relação ao efeito aplicado sobre a variável VR.
- Existe efeito significativo dos blocos considerados sobre a variável VR, isto é, é válido considerar que os diferentes blocos considerados causam efeitos distintos sobre a variável VR.

Após o teste de Kruskal-Wallis, tendo em vista o efeito significativo dos tratamentos, foi realizado o teste de Dunn para saber quais os tratamentos que diferem estatisticamente entre si com relação ao efeito atribuído sobre a variável VR. Os resultados seguem na **Tabela 18**.

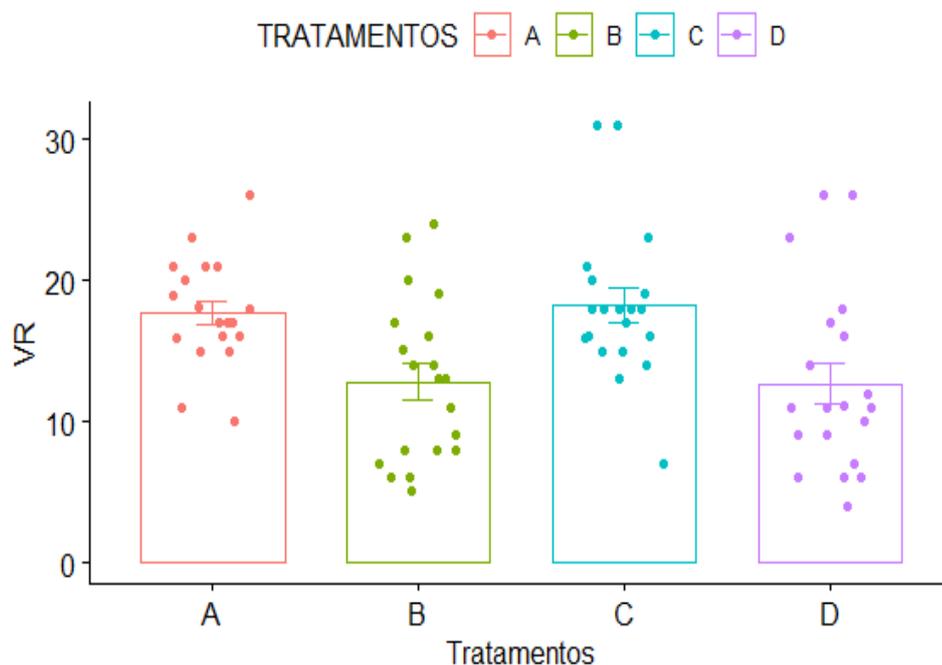
**Tabela 18:** Teste de Dunn variável volume de raiz-(VR) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

<b>Pares</b>	<b>Diferença entre médias</b>	<b>P</b>
A – B	4.90	0.005 *
A – C	-0.49	0.486
B – C	-5.39	0.004 *
A – D	5.05	0.009 *
B – D	0.15	0.532
C – D	5.54	0.005 *

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 18, podemos extrair as seguintes interpretações:

- Os tratamentos A e B diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável VR tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento A do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos B e C diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável VR tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos A e D diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável VR tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento A do que quando aplicado o tratamento D.
- Os tratamentos C e D diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável VR tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento D.

A seguir, é apresentado um gráfico de barras (**Figura 15**) comparando as médias da variável VR segundo os respectivos tratamentos aplicados.



**Figura 15:** Médias da variável volume de raiz-(VR) segundo os respectivos tratamentos utilizados - experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

Observando a Figura 15, temos que os tratamentos que mais surtem efeito no aumento dos valores da variável VR são os tratamentos C e A.

#### 4.1.6 Variável Teor de Nitrogênio na Parte Aérea-TN

Considerando os resultados apresentados na Tabela 19, de modo descritivo, podemos perceber que a variável TN apresenta o maior valor médio quando aplicado o tratamento C e o menor quando aplicado o tratamento B. Além disso, é possível perceber uma variação moderada nos valores dos desvios padrão de acordo com a mudança dos tratamentos aplicados. Os resultados são apresentados na **Tabela 19**.

**Tabela 19:** Medidas descritivas para a variável teor de nitrogênio na parte aérea (TN) segundo os tratamentos aplicados -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

Tratamentos	Média	Desvio Padrão
A	28.92	4.96
B	28.18	2.09
C	29.83	4.08
D	28.81	2.07

Considerando os resultados apresentados na Tabela 19, podemos perceber que a variável TN apresenta o maior valor médio quando aplicado o tratamento C e o menor quando aplicado o tratamento B. Além disso, é possível perceber uma variação moderada nos valores dos desvios padrão de acordo com a mudança dos tratamentos aplicados.

Considerando a variável TN, foi feito o teste de Kruskal-Wallis para os tratamentos e para os blocos, isso com o intuito de verificar se os tratamentos utilizados bem como os blocos considerados têm efeito estatisticamente significativo sobre a variável TN. Os resultados são apresentados na **Tabela 20**.

**Tabela 20:** Teste de Kruskal-Wallis variável teor de nitrogênio na parte aérea (TN) -experimento1:

Fontes de Variação	Estatística	P
Tratamentos	9.785	0.020 *
Blocos	2.943	0.400

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 20, podemos extrair as seguintes interpretações:

- Existe efeito significativo dos tratamentos utilizados sobre a variável TN, isto é, pelo menos um par de tratamentos difere estatisticamente entre si com relação ao efeito aplicado sobre a variável TN.
- Não existe efeito significativo dos blocos considerados sobre a variável TN, isto é, os diferentes blocos considerados causam efeitos similares sobre a variável TN.

Foi realizado o teste de Dunn para saber quais os tratamentos que diferem estatisticamente entre si com relação ao efeito atribuído sobre a variável TN. Os resultados seguem na **Tabela 21**.

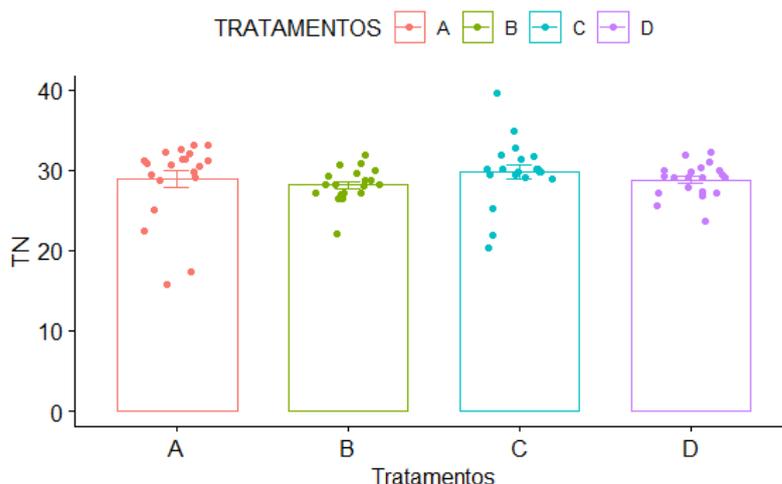
**Tabela 21:** Teste de Dunn variável teor de nitrogênio na parte aérea (TN) -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

Pares	Diferença entre médias	P
A – B	0.73	0.024 *
A – C	-0.91	0.441
B – C	-1.65	0.018 *
A – D	0.11	0.090
B – D	-0.62	0.202
C – D	1.02	0.091

A partir dos resultados apresentados na Tabela 21, podemos extrair as seguintes interpretações:

- Os tratamentos A e B diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável TN tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento A do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos B e C diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável TN tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento C do que quando aplicado o tratamento B.
- 

A seguir, é apresentado na Figura 16 um gráfico de barras comparando as médias da variável TN segundo os respectivos tratamentos aplicados.



**Figura 16:** Médias da variável TN segundo os respectivos tratamentos utilizados. -experimento1: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação.

Observando a Figura 16, temos que os tratamentos que mais surtem efeito no aumento dos valores da variável TN são os tratamentos C e A.

Deste modo, os resultados observados entre os tratamentos avaliados com a MFPA, MSPA, PFR, VR, DC, CR e TN são superiores para as plantas que foram inoculadas com a estirpe Sp245. Conforme citado por HADAS & OKON (1987), um dos efeitos característicos das plantas que são inoculadas com *Azospirillum* é o incremento do comprimento da parte aérea e o seu volume de raízes e, por consequência, maior volume e peso do seu sistema radicular e o aumento da sua fisiologia da produção. Embora este mecanismo ainda precisa ser melhor esclarecido para explicar o crescimento vegetal associado a esta bactéria.

A diferença das médias para os parâmetros acima mostraram que o uso da bactéria sp 245 *A. brasiliense* teve ação positiva no crescimento das plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por Alfonso, Leyva e Hernández (2005), que mostraram a eficácia agrobiológica do *Azospirillum brasiliense* está estabelecida pelo alto índice populacional na rizosfera de plantas de tomate inoculadas, como responsável pelo aumento positivo no crescimento das plantas, bem como o rendimento agrícola da cultura.

A aplicação de inoculante contendo *A. brasiliense* melhorou o crescimento e a produção de matéria seca das cultivares tomate Gaúcho Melhorado e San Marzano. Os maiores valores de altura de planta, diâmetro de caule, comprimento da raiz, volume radicular, índice relativo de clorofila e matéria seca da parte aérea e das raízes são obtidos com a dose de 4 a 6 mL/kg de inoculante, permitindo inferir que a maximização do crescimento da planta e da produção de frutos de tomate com a aplicação de inoculante contendo *A. brasiliense* pode ser obtida com o uso de, aproximadamente, 5,0 mL kg<sup>-1</sup> de sementes para as cultivares de tomate (LIMA et al., 2018).

Além disso, o acúmulo de massa durante o desenvolvimento das plantas pode ter influência na fixação de nitrogênio por esta estirpe bacteriana, associado ao potencial de promoção de crescimento promovido pela mesma associada ao uso do fertilizante torta de mamona. De acordo com Holguin and Bashan (2004), a inoculação com *Azospirillum brasiliense* pode apresentar resultados superiores, principalmente quando adubos orgânicos são incorporados juntos. Por outro lado, em estudo realizado por Spaepen et al. (2009), mostra que a FBN não tenha um papel tão importante quanto se achava para o crescimento vegetal em áreas onde existem cultivos extensivos de alguns cereais e também algumas olerícolas cultivadas em ambiente protegido.

Em um estudo elaborado por Lai et al. (2008), foram testados em casa de vegetação, a interação entre *Azospirillum rugosum*, dejetos suínos (doses de 0, 25, 45 e 50 kg de N ha<sup>-1</sup>) e fertilizantes químicos, em alface. Os autores verificaram maior crescimento da planta, aumento na produção de massa e acumulação de nutrientes conforme aumentaram a dose de dejetos. Nos tratamentos em que adicionaram esterco suíno, o rendimento da produção e a absorção de nutrientes foram potencializados. Destacaram, ainda, que o uso de bactérias diazotróficas é benéfico e deve-se estudar mais a interação fertilizante x bactéria.

## 4.2 Efeito da inoculação de sementes de alface com *Azospirillum brasilense* estirpe sp.245 na produção de mudas de alface após 25 dias de semeadura (experimento 2)

### 4.2.1 Variável Massa Fresca-MF

Considerando os resultados apresentados na Tabela 1, de modo descritivo, podemos perceber que a variável MF apresenta o maior valor médio quando aplicado o tratamento A e o menor quando aplicado o tratamento B. Além disso, é possível perceber uma variação moderada nos valores dos desvios padrão de acordo com a mudança dos tratamentos aplicados, isso levando em consideração a escala numérica das observações. Os resultados são apresentados na **Tabela 22**.

**Tabela 22:** Medidas descritivas para a variável massa fresca (MF) segundo os tratamentos aplicados-experimento 2: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação; E - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial com inoculação; F - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial sem inoculação; G- sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; e H - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação (H).

Tratamentos	Média	Desvio Padrão
A	0.95	0.27
B	0.73	0.14
C	0.89	0.23
D	0.84	0.11
E	0.76	0.13
F	0.74	0.20
G	0.88	0.13
H	0.80	0.16

Considerando a variável MF, foi feito o teste de Kruskal-Wallis para os, isso com o intuito de verificar se os tratamentos utilizados têm efeito estatisticamente significativo sobre a variável MF. Os resultados são apresentados na **Tabela 23**. OBS: Valores *p* acompanhados de “\*”, significam a existência de efeito estatisticamente significativo da respectiva fonte de variação.

**Tabela 23:** Teste de Kruskal-Wallis para a variável massa fresca (MF)-experimento 2.

Fontes de Variação	Estatística	<i>P</i>
Tratamentos	9.583	0.213

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 23, podemos concluir que os tratamentos adotados não diferem estatisticamente entre si, isto é, o efeito de todos os tratamentos utilizados sobre a variável MF é similar. OBS: Tendo em vista o resultado do teste de Kruskal-Wallis, de onde concluímos que os efeitos dos tratamentos sobre a variável MF são similares, não há a necessidade de prosseguir a análise de comparação entre os pares de tratamentos por meio do teste de Dunn.

#### 4.2.2 Variável APA

Considerando os resultados apresentados na **Tabela 24**, podemos perceber que a variável APA apresenta o maior valor médio quando aplicado o tratamento G e o menor quando aplicado o tratamento F. Além disso, é possível perceber uma variação pequena nos valores dos desvios padrão de acordo com a mudança dos tratamentos aplicados.

**Tabela 24:** Medidas descritivas para a variável APA segundo os tratamentos aplicados experimento 2: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação; E - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial com inoculação; F - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial sem inoculação; G- sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; e H - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação (H).

Tratamentos	Média	Desvio Padrão
A	12.63	1.69
B	10.88	1.25
C	12.00	2.93
D	12.50	1.07
E	12.38	1.19
F	10.13	1.73
G	13.13	0.83
H	10.63	1.77

Considerando a variável APA, foi feito o teste de Kruskal-Wallis para os tratamentos, isso com o intuito de verificar se os tratamentos utilizados têm efeito estatisticamente significativo sobre a variável APA. Os resultados são apresentados na **Tabela 25**.

**Tabela 25:** Teste de Kruskal-Wallis a variável APA experimento 2.

Fontes de Variação	Estatística	<i>p</i>
Tratamentos	19.434	0.007 *

Valores *p* acompanhados de “\*”, significam a existência de efeito estatisticamente significativo da respectiva fonte de variação.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, temos que existe efeito significativo dos tratamentos utilizados sobre a variável APA, isto é, pelo menos um par de

tratamentos difere estatisticamente entre si com relação ao efeito aplicado sobre a variável APA.

Após o teste de Kruskal-Wallis, tendo em vista o efeito significativo dos tratamentos, foi realizado o teste de Dunn para saber quais os tratamentos que diferem estatisticamente entre si com relação ao efeito atribuído sobre a variável APA. Os resultados seguem na **Tabela 26**.

**Tabela 26:** Teste de Dunn Teste de Dunn variável APA-experimento 2: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação; E - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial com inoculação; F - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial sem inoculação; G- sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; e H - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação (H).

Pares	Diferença entre médias	Pares
A – B	1.75	0.070
A – C	0.63	0.448
B – C	-1.13	0.106
A – D	0.13	0.486
B – D	-1.63	0.076
C – D	-0.50	0.465
A – E	0.25	0.473
B – E	-1.50	0.083
C – E	-0.38	0.478
D – E	0.13	0.471
A – F	2.50	0.043 *
B – F	0.75	0.433
C – F	1.88	0.065
D – F	2.38	0.048 *
E – F	2.25	0.055
A – G	-0.50	0.384
B – G	-2.25	0.038 *
C – G	-1.13	0.251
D – G	-0.63	0.346
E – G	-0.75	0.312
F – G	-3.00	0.023 *
A – H	2.00	0.069
B – H	0.25	0.457
C – H	1.38	0.090
D – H	1.88	0.065
E – H	1.75	0.071
F – H	-0.50	0.444
G – H	2.50	0.041 *

**OBS:** Valores  $p$  acompanhados de “\*” significam a existência de diferença estatisticamente significativa entre o respectivo par de tratamentos.

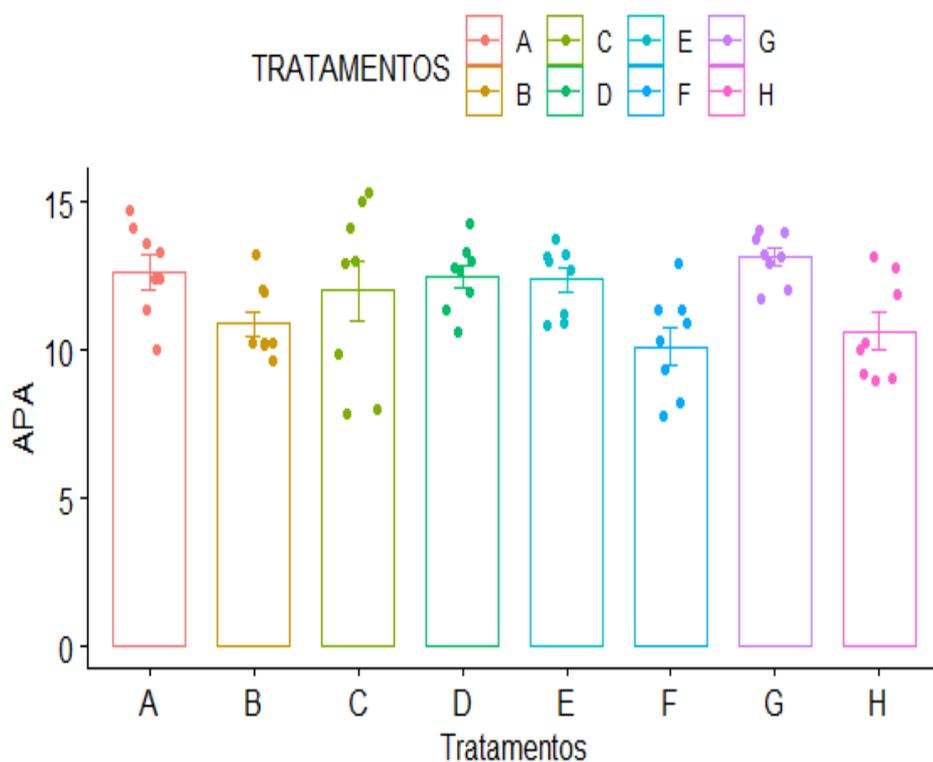
De acordo com os resultados apresentados na Tabela 26 podemos extrair as seguintes interpretações:

- Os tratamentos A e F diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável APA tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento A do que quando aplicado o tratamento F.
- Os tratamentos D e F diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável APA tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento D do que quando aplicado o tratamento F.
- Os tratamentos B e G diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável APA tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento G do que quando aplicado o tratamento B.
- Os tratamentos F e G diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável APA tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento G do que quando aplicado o tratamento F.
- Os tratamentos G e H diferem estatisticamente entre si, de modo que os valores para a variável APA tendem a ser maiores quando aplicado o tratamento G do que quando aplicado o tratamento H.

Resultados importantes obtidos por meio da inoculação com bactérias diazotróficas produtoras de AIA foram observados em plântulas e mudas de alface (Schlindwein et al., 2008; Flores-Félix et al., 2013; López et al., 2014; Kozusny-Andreani e Andreani Junior, 2014), mudas de tomate (Szilagyi-Zechhin et al., 2015), plântulas de arroz (Sabino et al., 2012) e no crescimento do abacaxizeiro durante a aclimatização (Baldoto et al., 2010).

Aguilar (2016), realizou experimento onde inoculou a estirpe Sp245 de *Azospirillum brasiliense* em plântulas de *Limonium sinuatum*. Nesse estudo, verificou o incremento dos parâmetros: massa fresca, aumento do tamanho da parte aérea, do volume radicular, além de aumento na taxa de germinação de sementes.

A seguir, é apresentado na Figura 17 um gráfico de barras comparando as médias da variável APA segundo os respectivos tratamentos aplicados.



**Figura 17:** Gráfico de barras para as médias da variável APA segundo os respectivos tratamentos utilizados. Nota: A – alface Cristina + substrato orgânico comercial com inoculação; B - alface Cristina + substrato orgânico comercial sem inoculação; C – alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; D - alface Cristina + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação; E - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial com inoculação; F - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico comercial sem inoculação; G- sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade com inoculação; e H - sementes de alface do grupo americana, Cultivar Irene + substrato orgânico produzido na propriedade sem inoculação (H).

Na **Figura 17**, podemos observar que os tratamentos que mais surtem efeito no aumento dos valores da variável APA são os tratamentos G e A.

## 5 CONCLUSÕES

1. No experimento 1, a inoculação da estirpe sp 245 de *A. brasilense* teve influência positiva no crescimento das plantas de alface, fato este ratificado pelo teste estatístico e também pela análise visual;
2. Percebe-se ainda no experimento 1, que a inoculação das plantas de alface com sp 245 de *A. brasilense* incrementou massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, assim como, houve aumento no diâmetro da cabeça, peso fresco da raiz e do volume radicular;
3. No experimento 2, o efeito de todos os tratamentos utilizados sobre a variável MF é similar. Entretanto na variável APA houve efeito significativo dos tratamentos utilizados, sendo que o tratamento G apresenta o maior valor médio quando aplicado e o menor quando aplicado o tratamento F;
4. Estes resultados abrem alternativas para buscar novas formas, concentrações e quantidade de aplicações, não apenas em alface, assim como em outras espécies olerícolas;
5. O experimento instiga o uso da estirpe sp 245 de *A. brasilense* em novos estudos em propriedades de agricultura familiar buscando contribuir para a agrobiodiversidade em unidades de produção orgânica da região de Itabaiana, visando à melhoria da renda familiar no meio rural;
6. A co-inoculação das sementes de alface com a estirpe sp 245 de *A. brasilense* influenciou positivamente o rendimento da cultura, sob as condições em que o estudo foi conduzido.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Brasil. Controlando agrotóxicos nos alimentos: o trabalho desenvolvido pela ANVISA, com as vigilâncias sanitárias dos Estados do AC, ES, GO, MG, MS, PA, PE, PR, RJ, RS, SC, SP, TO, a FIOCRUZ/INCQS e os laboratórios IAL/SP, IOM/FUNED, LACEN/PR e ITEPE/PE. Relatório de atividades 2001-2004. Brasília: ANVISA, 2005.

AGUIRRE, P. F. OLIVO, C. J.; RODRIGUES, P. F.; FALK, D. R. ; ADAMS, C. B. and SCHIAFINO H. P. Forage yield of Coastcross-1 pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Acta Sci., Anim. Sci.* [online]. 2018, vol.40. Epub 15-Fev-2018. ISSN 1806-2636.

AKBARI, P.. GHALAVAND, A. ; MODARRES SANAVY, A.M. AND M. AGHA ALIKHANI. The effect of biofertilizers, nitrogen fertilizer and farmyard manure on grain yield and seed quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Agricultural Technology**, Theran, Vol. 7(1): 173-184. 2011.

ALFONSO, E. T.; LEYVA, A.; HERNÁNDEZ, A. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). **Revista Colombiana de Biotecnología**, Bogotá, v. 7, n. 2, p.47-54, 2005

ALTIERI, M.. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável 4.ed. – Porto Alegre : Editora da UFRGS, 2004.

ALTIERI, A.M. PONTI, L.;NICHOLLS,C.I. Melhorando o manejo de pragas através da saúde do solo: direcionando uma estratégia de manejo do habitat do solo. In: Controle Biológico de pragas através do manejo de agroecossistemas. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria da Agricultura Familiar, 2007. P. 17-31.

ARAÚJO, S. C. Realidade e perspectivas para o uso de *Azospirillum* na cultura do milho. **Revista informações agronômicas**, Piracicaba, n. 122, p. 4-6, 2008

ARAÚJO, E.O. ; MARTINS, M. R. ; MERCANTE, F. M. ; VITORINO, A. C. T. ; URQUIAGA, S. S. . Effect of nitrogen fertilization associated with diazotrophic bacteria inoculation on nitrogen use efficiency and its biological fixation by corn determined using <sup>15</sup>N. **African Journal of Microbiology Research** , v. 9, p. 643-650, 2015.

BARASSI, C.A.; SUELDO, R.J.; CREUS, C.M.; CARROZZI, L.E.; CASANOVAS, W.M.; PEREYRA, M.A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.49-59

BALDOTTO, L.E.B.; BALDOTTO, M.A.; GIRO, V.B.; CANELLAS, .LP.; OLIVARES, F.L. & BRESSAN-SMITH, R. (2010) Growth promotion of pineapple ‘Vitória’ by humic acids and *Burkholderia* spp. during acclimatization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:1593- 1600.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G; DE-BASHAN, L.E. 2004. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v.50, p. 521-577.

BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. Chapter two-how the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth-a critical assessment. **Advances in agronomy**, v. 108, p.77-136, 2010.

BATISTA, M.A.V.; VIERIA, L.A.; SOUSA, J.P.; FREITAS, J.D.B.; NETO, F.B. Efeito de diferentes fontes de adubação sobre a produção de alface no município de Iguatu-CE. **Revista Caatinga**, v.25, n.3, p.8-11, 2012.

BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R. C. C.; NEGREIROS, M. Z.; ROCHA, R. H. C.; QUEIROGA, R. C. F. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p.189-192, 2005.

BOO, H.; HEO, B.; GORINSTEIN, S.; CHON, S. Positive effects of temperature and growth conditions on enzymatic and antioxidant status in lettuce plants. **Plant Science**, v.4, n.181, p.479-484, 2011.

BRACCINI, A.L.; DAN L.G.M.; PICCINI, G.G. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense*, associated with the use of bioregulators in maize. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, p.58-64, 201

BRASIL. 2015. Número de produtores orgânicos cresce 51,7% em um ano. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/03/em-um-ano-total-de-produtoresorganicos-cresce-51>.

BUBANZ, H. C. S.; RAMOS, R. F.; BETEMPS, D. L. Crescimento e produção de morangueiro através do uso de *Trichoderma*, *Clonostachys rosea*, *Azospirillum* e da incorporação de silício. Anais da Jic - Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica, Universidade Federal da Fronteira Sul, v. 1, n. 7, p.1-4, 2016.

CAMPOS DE MELO, A. P.; MARCAL FERNANDES, P.; SILVA-NETO, C. M. e SELEGUINI, A. Solanáceas em sistema orgânico no Brasil: tomate, batata e *physalis*. **Scientia Agropecuaria** [online]. 2017, vol.8, n.3, pp.279-290. ISSN 2077-9917.

CANGAHUALA-INOCENTE, G. C. ; AMARAL. F. P. DO; FALEIRO, A. C.; HUERGO, L. F.; ARISE, A. C. M. Identification of six differentially accumulated proteins of *Zea mays* seedlings (DKB240 variety) inoculated with *Azospirillum brasilense* strain FP2. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 58, p. 45-50, 2013.

CARPINSKI, M.; SANTOS, R.F.; ROSA, H.A.; BASSEGIO, D.; SILVEIRA, L. DA e TOMASSONI, F. Sensibilidade da alface americana (*Lactuca sativa*) sob nível freático. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.2, n.4, p. 55-64, 2013

CARVALHO FILHO JLS, GOMES LAA & MALUF WR (2009) Tolerância ao florescimento precoce e características comerciais de progênies F4 de alface do cruzamento Regina 71 x Salinas 88. **Acta Scientiarum**. Agronomy, 31:37-42

CASSÁN, F. ; BOTTINI, R.; SCHNEIDER, G.; PICCOLI, P . *Azospirillum brasilense* and *Azospirillum lipoferum* Hydrolyze Conjugates of GA20 and Metabolize the Resultant Aglycones to GA1 in Seedlings of Rice Dwarf Mutants. **Plant Physiology**, Washington, v. 125, p. 2053-2058, 2001.

CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.61-86.

CASSÁN F., J. VANDERLEYDEN E S. SPAEPEN. 2014. Physiological and agronomical aspects of phytohormone production by model plantbacteria-promoting rhizo-bacteria (PGPR) belonging to the genus *Azospirillum*. **J Plant Growth Regul.** 33(2), 440-59. Doi: 10.1007/s00344-013-9362-4

CASSÁN, F.; DIAZ-ZORITA, M. *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. **Soil Biology And Biochemistry**, v. 103, p.117-130, 2016.

CAVALLET, L. E. et al. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2000.

COCK WRS; AMARAL JUNIOR AT; BRESSAN-SMITH RE; MONNERAT PH. 2002. Biometrical analysis of phosphorus use efficiency in lettuce cultivars adapted to high temperatures. **Euphytica** 126: 299-308

COMETTI, NN; MATIAS, GCS; ZONTA, E; MARY, W; FERNANDES, MS. Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. **Horticultura Brasileira** 22. 2004. p. 748-753.

COMPANT, S.; CLÉMENT, C.; SESSITSCH, A. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 5, p. 669-678, 2010.

CORREA, A. L.; ABOUD, A. C. DE S.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR, L. A. DE S.; RIBEIRO, R. DE L. D. Adubação verde com crotalária consorciada ao minimilho antecedendo a couve-folha sob manejo orgânico. **Rev. Ceres** [online]. 2014, vol.61, n.6, pp.956-963. ISSN 0034-737X.

CORREA, O.S.; ROMERO, A.M.; SORIA, M.A.; DE ESTRADA, M. *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.87-95.

COSTA, C. P.; SALA, F. C. A evolução da alfaticultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, 2005. (Artigo de capa).

COSTA, F. X.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; FREIRE, R. M. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. 2004. Avaliação de teores químicos na torta de mamona. **Revista de Biologia e Ciências da Terra** 4: 7p

COSTA, M.B.B.; SOUZA, M.; JÚNIOR, V.M.; COMIN, J.J.; LOVATO, P.E. 2017. Agroecology development in Brazil between 1970 and 2015. **Agroecology and Sustainable Food Systems** 41: 276-295. 2017.

COTE, R. E.; GAMA, R. M. R.; REYES, G. T.; SEGOVIA, A. O.; HUANTE, P. Azospirillum lipoferum strain AZm5 containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase improves early growth of tomato seedlings under nitrogen deficiency. **Plant and Soil**, Crawley, v. 337, n. 1, P. 65-70, 2010

DANTAS, T. V. P. et al. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea das Areias Brancas do Parque Nacional Serra de Itabaiana/Sergipe, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 575-588, 2010.

DAROLT, M.R. O papel do consumidor no mercado de produtos orgânicos. **Agroecologia hoje**, ano II, n. 7, p. 8- 9, 2001.

DARTORA, J.; GUIMARAES, V. F.; MARINI, D. AND SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com Azospirillum brasilense e Herbaspirillum seropedicae na cultura do milho. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** 2013, vol.17, n.10, pp.1023-1029. ISSN 1415-4366.

DAVISON, J. Plant beneficial bacteria. **Bio/Technology**, v.6, p.282-286, 1988.

DIAS, V.V.; SCHULTZ, G.; SCHUSTER, M.S.; TALAMINI, E.; RÉVILLION, J.P. 2015. O mercado de alimentos orgânicos: um panorama quantitativo e qualitativo das publicações internacionais. **Ambiente & Sociedade XVIII**: 161-182.

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

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V.L.; REIS, V.M. Endophytic occurrence of diazotrophic bacteria in non-leguminous crops. In: FENDRIK, I.; DEL GALLO, M.; VANDERLEYDEN, 335 J.; ZAMOROCZY, M. de (Ed.). Azospirillum VI and related microorganisms. Berlin: Springer, 1995. p.3-14.

EL-SAYED, S.F.; HASSAN, H.A.; EL-MOGY, M.M. 2015. Impact of Bio and Organic Fertilizers on potato yield, quality and tuber weight loss after harvest. **Potato Research** 58: 67-81

EMBRAPA. Manual de laboratórios: solo, água, nutrição, animal e alimentos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 334p.

Enders, T.A. & Strader, L.C. (2015) Auxin activity: Past, present, and future. **American Journal of Botany**, 102:180-196.

FAVERO, C. M.; CREUS, C.M.; SIMONTACCHI, M.; PUNTARULO, S.; LAMATTINA, L. Aerobic nitric oxide production by Azospirillum brasilense Sp245 and its influence on root architecture in tomato. **Mol Plant Microbe Interact**, Columbia, v. 21, n. 7, p. 1001-1009, 2008.

FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONSECA, M. C. M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface em hidropônia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.

FERREIRA, A. S.; PIRES, R.R.; RABELO, P.G.; OLIVEIRA, R.C.; LUZ, J.M.Q.; BRITO, C.H.; Implications of *Azospirillum brasilense* inoculation and nutrient addition on maize in soils of the Brazilian Cerrado under greenhouse and field conditions. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 72, p. 103-108, 2013.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008. 421p.

FILHO, J.L.S.C.; GOMES, L.A.A.; MALUF, W.R. Tolerância ao florescimento precoce e características comerciais de progênies F4 de alface do cruzamento Regina 71 x Salinas 88. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.1, p.37-42, 2009.

FLORENTINO, L. A.; SILVA, A. B.; LANDGRAF, P. R. C. and SOUZA, F. R.C.. Inoculação de bactérias produtoras de ácido 3-indol acético em plantas de alface ( *Lactuca sativa* L.). **rev.colomb.cienc.hortic.** [online]. 2017, vol.11, n.1, pp.89-96. ISSN 2011-2173. <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5780>.

GIRIO, L. A. DA S.; DIAS, F. L. F.; REIS, V. M. R.; URQUIAGA, S.; N. SCHULTZ, S.; BOLONHEZI, D. e MUTTON, M.A. Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pré-brotadas. **Pesq. agropec. bras.** [online]. 2015, vol.50, n.1, pp.33-43. ISSN 0100-204X.

GOMES, L. A. A. Tecnologias para produção de alface em clima quente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 53. Palmas. Palestras... Brasília: ABH, 2014.

GOMES, T. M.; BOTREL, T. A.; MODOLO, V. A.; OLIVEIRA, R. F. Aplicação de CO<sub>2</sub> via água de irrigação na cultura da alface. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 316-319, 2005.

GOSAL, S.K.; KALIA, A.; UPPAL, S.K.; KUMAR, R.; WALIA, S.S.; SINGH, K.; SINGH, H. Assessing the benefits of *Azotobacter* bacterization in sugarcane: a field appraisal. **Sugar Tech**, v.14, p.61-67, 2012. DOI: 10.1007/s12355-011-0131-z.

GRAÇAS, J. P.; RIBEIRO, C. COELHO, F.A.A.; CARVALHO, M.E.A.; CASTRO, P.R. DE C. Microrganismos estimulantes na agricultura. Série Produtor Rural - nº 59. Piracicaba: Esalq, 2015.

GUIMARÃES, S.L.; BALDANI, V.L.D.; JACOB-NETO, J. Viabilidade do inoculante turfoso produzido com bactérias associativas e molibdênio. **Rev. Ciênc. Agron.**, v.44, p.10-15, 2013.

HINSINGER, P.; MARSCHNER, P. Rhizosphere: perspectives and challenges; a tribute to Lorenz Hiltner. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 283, p. vii-viii, 2006.

HUERGO, L.F.; MONTEIRO, R.A.; BONATTO, A.C.; RIGO, L.U.; STEFFENS, M.B.R.; CRUZ, L.M.; CHUBATSU, L.S.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, 2008. p.17-35.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. (Embrapa Soja. Documentos, 283). (ISSN 1516- 781X; N 283).

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Embrapa Soja, 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuário 2018 – resultados preliminares. Rio de Janeiro, IBGE: 2018. Disponível em : <[http:// https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6619](http://https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6619)> Acesso: 28 jan. 2019

IPNI - International Plant Nutrition Institute. Fertilizantes. Disponível em: <<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>>. Acesso em: 7 fev. 2019.

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal. Anais...Piracicaba: POTAFOS, 1993. cap.4, p.141-148.

KANEKO, T.; MINAMISAWA, K.; ISAWA, T.; NAKATSUKASA, H.; MITSUI, H.; KAWAHARADA, Y.; NAKAMURA, Y.; WATANABE, A.; KAWASHIMA, K.; ONO, A.; SHIMIZU, Y.; TAKAHASHI, C.; MINAMI, C.; FUJISHIRO, T.; KOHARA, M.; KATOH, M.; NAKASAKI, N.; NAKAYAMA, S.; YAMADA, M. TABATA, S.; SATO, S. Complete genomic structure of the cultivated rice endophyte *Azospirillum* sp. B510. **Dna. Res**, V. 17, n. 1, p 37-50, 2010

Kerbauy, G. B. (Org.) Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 452 p., 2004.

KLOEPPER, J.W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R.M. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. **Trends in Biotechnology**. v.7, p.39-43, 1989.

KŘÍSTKOVÁ, E.; DOLEŽALOVÁ, I.; LEBEDA, A.; VINTER, V.; NOVOTNÁ, A. Description of morphological characters of lettuce (*Lactuca sativa* L.) genetic resources. **Hort Science**, v.35, n.3, p.113-129, 2008.

LAI, W. A.; REKHA, P. D.; ARUN, A. B.; YOUNG, C. C. Effect of mineral fertilizer, pig manure, and *Azospirillum rugosum* on growth and nutrient contents of *Lactuca sativa* L. **Biological Fertilizer Soils**, Taichung, v. 45, n. 2, p. 155–164, 2008.

LEINHOS, V.; VACEK, O. Biosynthesis of auxins by phosphate-solubilizing rhizobacteria from wheat and rye. **Microbiology Research**, Pavia, v. 149, p. 31-35, 1994.

LIMA, A. A.; VENTUROSU, L. R. ; AZEVEDO SILVA, B. A.; GOMES, A. F.; SCHIMIDT, O. Eficiência da inoculação de *Azospirillum brasilense* associado com enraizador no crescimento e na produção de alface. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n. 2, p.233-240, 2017.

LIMA, N. S. A.; VOGEL, G. F.; FEY, R. Rates of application of *Azospirillum brasilense* in tomato crop. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 4, p. 81-87, out./dez. 2018. ISSN 2358-6303.

LIMA, P.A.L.; BRUNINI, M.A.; KANESIRO, L.A.; KANESIRO, J.C.; MACIEL JÚNIOR, V.A.; COLOMBO, R.B. 2011. Perfil do consumidor de produtos orgânicos na cidade de São Joaquim da Barra - São Paulo. **Nucleus** 8: 67-80.

LIN, S.; NJAA, L.R.; EGGUM, B. O.; SHEN, H. Chemical and biological evaluation of silk worm chrysalid protein. **Journal of. Sciences of Food and Agriculture**, v. 34, n. 8, 1983, p. 896-899.

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. DOI: 10.1264/jsme2.ME11275.

LINHARES, P. C. F. et al. Influência da jirirana em cobertura como adubação verde sobre o desempenho agrônômico da alface. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 65 - 69, 2009.

LOZADA, J. A. R. SILVEIRA, K. C.; SILVA, L. J. DA; BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Selection of diazotrophic bacteria isolated from wastewater treatment plant sludge at a poultry slaughterhouse for their effect on maize plants. **Rev. Ceres [online]**. 2018, vol.65, n.1, pp.85-92. ISSN 0034-737X.

MACIEIRA, G. A. A. Competição de cultivares de alface romana no outono e primavera no município de Boa Esperança - MG. 2011. 39f . Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Editora Ceres, 2006. 631p.

MEDEIROS R. D. DE; SANTANA F. S. DE; LIMA NETO J. F. Caracterização dos sistemas de produção: Horticultura orgânica no município de Areia Branca - SE e Produção de leite orgânico no município de Nossa Senhora da Glória – SE. **Scientia Plena**. v.6, n.11, p.01-05 nov. 2010.

MEIRELLES, A. F. M.; BALDOTTO, M. A. e BALDOTTO, L. E. B. Produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.) em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias diazotróficas, em condições de campo. **Rev. Ceres [online]**. 2017, vol.64, n.5, pp.553-556. ISSN 0034-737X.

MENDES, I. C.; REIS, F. B. J. & CUNHA, M. H. 2010.20 Perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio. Planaltina: Embrapa cerrados.

MENDES, R.; GARBEVA, P.; RAAIJMARKERS, J.M. The rizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. **Federation of European Microbiological Societies**, Oxford, v. 37, p. 634-663, 2013

MIGUEL, F.B., R.K. GRIZOTTO E R.P.B. FURLANETO. 2010. Custo de produção de alface em sistema de cultivo orgânico. **Pesqui. Tecnol.** 7(2), 1-6.

MOOZ, E.D.; SILVA, M.V. 2014. Cenário mundial e nacional da produção de alimentos orgânicos. **Journal Brazilian Society Food Nutritional** 39: 99-112.

MOREIRA, F.M.S., K. SILVA, R.S.A. NÓBREGA e F. CARVALHO. 2010. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae** 1(2), 74-99.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R. S. A., CARVALHO, F. Bactérias associativas fixadoras de nitrogênio. In: O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. Lavras, Ed. UFLA, 2013. p. 343-350

MOTA JH; YURI JE; FREITAS SAC; RODRIGUES JUNIOR JC; RESENDE GM; SOUZA RJ. 2003. Avaliação de cultivares de alface americana durante o verão em Santana da Vargem, MG. **Horticultura Brasileira** 21: 234-237

NOVOA, R.; LOOMIS, R.S. Nitrogen and plant production. **Plant and Soil**, The Hague, v.58, p.177-204, 1981

OHSE, S. Rendimento, composição centesimal e teores de nitrato e vitamina em alface sob hidroponia. 1999. 103f. Tese (doutorado em produção vegetal) - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Universidade São Paulo. Piracicaba. 1999.

OKON, Y. & LABANDERA-GONZÁLEZ, C. 1994. Agronomic applications of Azospirillum: an evaluation of 20 years of worldwide field inoculation. **Soil Biol. Biochem.** 26:1591-1601.

OKUMURA, R.S.; TAKAHASHI, H.W.; SANTOS, D.G.C. et al. Influence of different nitrogen levels on growth and production parameters in maize plants. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v.9, p.3-4, p.510-514, 2011.

OLFATI, J.; SAADATIAN, M.; PEYVAST, G.; MALAKOUTI, S.; KIANI, A.; POORABDOLLAH, M. Effect of Harvesting Date on Yield and Quality of Lettuce. **Advances in Environmental Biology**, v.5, n.7, p.1647-1650, 2011.

OLIVEIRA, Demétrios José de Albuquerque. Análise metabolômica e de metabólitos orgânicos voláteis em plantas de cana-de-açúcar em associação com microrganismos diazotróficos. 2015. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

OLIVEIRA, A.L.M. de; CANUTO, E. de L.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M.; BALDANI, J.I. Yield of micropropagated sugarcane varieties in different soil types following inoculation with diazotrophic bacteria. **Plant and Soil**, v.284, p.23-32, 2006. DOI: 10.1007/s11104-006-0025-0.

OLIVEIRA, M. S. Caracterização de famílias F3 de alface americana quanto à resistência o míldio e aos nematóides das galhas e aspectos comerciais. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG

PENTEADO, S. R. Cultivo Ecológico de Hortaliças. Campinas-SP. 2010 - 288p.

PERRIG, D.; BOIERO, L.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; CASSÁN, F.; LUNA, V. Plant growth promoting compounds produced by two agronomically important strains of Azospirillum brasilense, and their implications for inoculant formulation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.75, p.1143-1150, 2007.

Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2012. 173p

POLESI, N. P. E. Investigação da microbióta endofítica onipresente em microplantas "axênicas" .2010. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Esalq, Piracicaba, 2010.

PRIMAVESI, A.M. Manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais. 8 ed. São Paulo. Nobel, 1984

PRITHIVIRAJ, B.; SINGH, U.P.; MANICKAM, M.; SRIVASTAVA, J.S.; RAY, A.B. Antifungal activity of bergenin, a constituent of *Flueggea microcarpa*. **Plant Pathology**, v.46, n.2, p.224-228, 1997

R Development Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0,

REIS, V. M., TEIXEIRA, K. R. S. Fixação biológica do nitrogênio - Estado da arte. In: Aquino AM, Assis RL, editores. Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2005. p.350-68.

REIS JUNIOR, V.M. Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22 p. 598 (Documentos, 232)

RESENDE, A. S.; XAVIER, R. P; QUESADA, D. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Use of green manures in increasing inputs of biologically fixed nitrogen to sugar cane. **Biology and Fertility of soils**, Berlin, v. 37, p. 215-220, 2003b

ROBERTO, V. M. O.; SILVA, C. D.; LOBATO, P. N. Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28, 2010, Goiânia - GO. Anais... Goiânia: EMBRAPA, 2010, 1 CD-ROM.

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

ROGER, J.P. El poder medicinal de los alimentos. **Casa Publicadora Brasileira**, 2006. 272 p.

ROSCOE, R.; MIRANDA, R.A.S. Fixação Biológica de Nitrogênio e Promoção de Crescimento em Milho Safrinha. In: ROSCOE, R.; LOURENÇÃO, A.L.F.; GRIGOLLI, J.F.J. et al. (Eds.) Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno 2013. Curitiba: **Midiograf**, 2013. p. 38-44.

RYAN R.P., K. GERMAINE, A. FRANKS, D.J. RYAN E D.N. DOWLING. 2008. Bacterial endophytes: recent developments and applications. **FEMS Microbiol. Lett.** 278(1), 1-9. Doi: 10.1111/j.1574-6968.2007.00918.x

RYDER, E. Lettuce breeding. In: BASSETT, M.J. (Ed.). **Breeding Vegetable crop**. Gainesville: AVI Publishing Company, INC, v.1, 1986. p.433-474.

SABINO, D.C.C., J.S. FERREIRA, S.L. GUIMARÃES E V.L.D. BALDA-NI. 2012. Bactérias diazotróficas como promotoras do desenvolvimento inicial de plântulas de arroz. **Enciclopédia Biosfera** 8(15), 2337- 2345

SALA, FC; COSTA, CP. Retrospectiva e tendência da alfaceicultura brasileira. **Horticultura Brasileira** 30. 2012. P. 187-194.

SANCHEZ, S. V. Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP). 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal-SP

SANTA, O. R. D.; SANTA, H. S. D.; FERNÁNDES, R.; MICHELENA, G.; RONZELLI JUNIOR, P.; SOCCOL, C. R. Influence of Azospirillum sp. inoculation in wheat, barley and oats. **Ambiência**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 197-207, 2008

SANTANA CVS; ALMEIDA AC; FRANÇA FS; TURCO SHN; DANTAS BF; ARAGÃO CA. 2005. Influência do sombreamento na produção de alface nas condições climáticas do semi-árido nordestino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45. Resumos... Fortaleza: SOB (CD-ROM).

SANTI, A; SCARAMUZZA, WLMP; NEUHAUS, A; DALLACORT, R; KRAUSE, W; TIEPPO, RC. Desempenho agrônômico de alface americana fertilizada com torta de filtro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** 31. 2013. p. 338-343.

SANTI, C.; BOGUSZ, D.; FRANCHE, C. Biological nitrogen fixation in non-legume plants. **Annals of Botany**, v.111, p.743-767, 2013. DOI: 10.1093/aob/mct048.

SANTOS, J.O. SANTOS, R.S.M. BORGES, M.G.B. FERREIRA, R.T.F.V. SALGADO, A.B. SEGUNDO, O.A.S. A Evolução da Agricultura Orgânica. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental-RBGA** (Pombal – PB – Brasil) v.6, n.1, p. 35 – 41. 2012.

SANTOS, C. O. (Re)configurações territoriais da produção orgânica do Agreste Central de Sergipe à luz das potencialidades ambientais. São Cristóvão, 2016. 180 f. Tese (doutorado em Geografia) –Universidade Federal de Sergipe, 2016.

SCHULTZ, N.; MORAIS, R.F. de; SILVA, J.A. da; BAPTISTA, R.B.; OLIVEIRA, R.P.; LEITE, J.M.; PEREIRA, W.; CARNEIRO JÚNIOR, J. de B.; ALVES, B.J.R.; BALDANI, J.I.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M. Avaliação agrônômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.261-268, 2012. DOI: 10.1590/S0100-204X2012000200015.

SHAKERI , E.; MODARRES-SANAVYB, S. A. M.; DEHAGHIC, M. A.; TABATABAEID, S. A. & MORADI-GHAHDERIJANIE, M. Improvement of yield, yield components and oil quality in sesame ( *Sesamum indicum* L.) by N-fixing bacteria fertilizers and urea. **Archives of Agronomy and Soil Science**, V. 62, N. 4, P. 547-560, 2016

SILVA, R.R.; GOMES, L.A.A.; MONTEIRO, A.B.; MALUF, W.R.; FILHO, J.L.S.C.; MASSAROTO, J.A. Linhagens de alface-crespa para o verão resistentes ao *Meloidogyne javanica* e ao vírus mosaico-da-alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.10, p.1349-1356, 2008.

SILVA, S. A. Caracterização da produção de alface e seleção de genótipos adaptados no município de Itabaiana, Sergipe. 58f. Dissertação, Mestrado em Agroecossistemas – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 2011.

SILVA, L. C. S. A atividade olerícola em Itabaiana-Sergipe. Disponível em <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiagraria/24.pdf>. Acessado em 22/12/2018

SOUZA MCM; RESENDE LV; MENEZES D; LOGES V; SOUTE TA; SANTOS VF. Variabilidade genética para características agrônômicas em progênies de alface tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira** 26. 2008.p. 354-358.

SOUSA, T. P. de; SOUZA NETO, E. P.; SILVEIRA, L. R. de S.; SANTOS FILHO, E. F. DOS; MARACAJÁ, P. B. Produção de alface (*Lactuca sativa* L.), em função de diferentes concentrações e tipos de biofertilizantes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 168–172, 2014.

SOUZA, A. L. G. Efeito dos sistemas de produção orgânico e convencional na qualidade nutricional de alface dos grupos lisa, crespa e americana. 80 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012.

SOUZA, J.F. Alterações bioquímicas e fisiológicas de salada mista minimamente processada composta por alface americana, alface roxa e acelga. 2010. 127 p. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de alimentos). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2010.

SOUZA, P.A.; NEGREIROS, M.Z.; MENEZES, J.B.; BEZERRA NETO, F.; SOUZA, G.L.F.M.; CARNEIRO, C.R; QUEIROGA, R.C.F. Características químicas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n.3, p. 754-757, jul set.2005.

SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J. & OKON, O. 2009. Plant growth-promoting actions of rizobacteria. **Advances in Botanical Research**, v.51, n.2, p.283-320.

STADNIK, M.J.; TALAMINI, V. Manejo ecológico de doenças de plantas. Florianópolis: UFSC, 2004. 293p

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. Azospirillum, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **FEMS Microbiology Reviews**, v.24, p.487-506, 2000.

STRZELCZYK, E.; KAMPER, M.; LI, C. Cytocinin-like-substances and ethylene production by Azospirillum in media with different carbon sources. **Microbiological Research**, v.149, p.55-60, 1994.

SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. da S. Métodos de avaliação do florescimento precoce e identificação de fontes de tolerância ao calor em cultivares de alface do grupo varietal crespa. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2013. 4 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 89).

TAIZ, L.; ZEIGER, T. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

THULER, D. S.; FLOH, E. I.; HANDRO, W.; BARBOSA, H. R. Plant growth regulators and amino acids released by *Azospirillum* sp. in chemically defined media. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 37, p. 174-178, 2003.

URQUIAGA, S.; XAVIER, R.P.; MORAIS, R.F. de; BATISTA, R.B.; SCHULTZ, N.; LEITE, J.M.; SÁ, J.M. e; BARBOSA, K.P.; RESENDE, A.S. de; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Evidence from field nitrogen balance and <sup>15</sup>N natural abundance data for the contribution of biological N<sub>2</sub> fixation to Brazilian sugarcane varieties. **Plant and Soil**, v.356, p.5-21, 2012. DOI: 10.1007/s11104-011-1016-3

Vargas, M. A. T.; Hungria, M. Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina, DF: EMBRAPAC-CPAC, 524p., 1997.

XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; GUEDES, R. E. Inoculante. 2005. Disponível em: <Agencia EMBRAPA de informação tecnológica>. Acesso em: 5 fev. 2019.

ZAWOZNIK, M. S. ; AMENEIROS, M. ; BENAVIDES, M. P.; VÁZQUEZ, S.; GROPPA, M. D. Response to saline stress and aquaporin expression in *Azospirillum*-inoculated barley seedlings. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 90, n. 4, 2011, p. 1389b.

ZIECH, A. R. D., CONCEIÇÃO, P. C., LUCHESE, A. V., PAULUS, D., ZIECH, M. F. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande – PB, 2014.

ZUCHI, J; BEVILAQUA, GAPA; ZANUNCIO, JC; MARQUES, RLL. 2010. Rendimento de grãos de trigo e triticale com utilização de torta de mamona. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 128. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 18p.

## 7. ANEXOS

### 7.1- Análise de solo da área onde foi cultivada a alface



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA - DEA  
LABORATÓRIO DE REMEDIAÇÃO DO SOLO - LRS

### RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO

Amostra	pH	M.O.	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	K	Na	CTC	SB	P	K	Na	V	PST
		%	cmol.dm <sup>-3</sup>								mg.dm <sup>-3</sup>			%		
Solo-Camada0-20	6,02	1,7	9,56	5,00	4,57	0,00						147,38	44,73			0,00

---

Prof. Dr. Airon José da Silva  
Responsável pelo Laboratório

## 7.2- Análise do substrato orgânico comercial Agrovida (SOC) utilizado no experimento



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA - DEA  
LABORATÓRIO DE REMEDIAÇÃO DO SOLO - LRS

### RESULTADOS DA ANÁLISE DOS SUBSTRATOS

Amostra	Nitrogênio	Fósforo	pH	CE
	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>		mS/cm
Substrato Comercial	12,59	5,11	7,96	5,89
Substrato orgânico do produtor	14,06	7,41	7,14	5,18

---

Prof. Dr. Airon José da Silva

Responsável pelo Laboratório