



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**ANA JANAINA OLIVEIRA RODRIGUES**

**BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM MUDAS**  
**MICROPROPAGADAS DE BANANEIRA cv. PRATA CATARINA IRRIGADAS COM**  
**ÁGUA SALINA**

**FORTALEZA**

**2020**

ANA JANAINA OLIVEIRA RODRIGUES

BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM MUDAS MICROPROPAGADAS  
DE BANANEIRA cv. PRATA CATARINA IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia agrícola. Área de concentração: Irrigação e drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra.  
Coorientador: Prof. Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- R611b Rodrigues, Ana Janaina Oliveira.  
Bactérias promotoras de crescimento em mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Catarina irrigadas com água salina / Ana Janaina Oliveira Rodrigues. – 2020.  
129 f. : il.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2020.  
Orientação: Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra.  
Coorientação: Prof. Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa.
1. Estresse abiótico. 2. Musa spp.. 3. Rizobactérias. 4. Salinidade. I. Título.

CDD 630

---

ANA JANAINA OLIVEIRA RODRIGUES

BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM MUDAS MICROPROPAGADAS  
DE BANANEIRA cv. PRATA CATARINA IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia agrícola. Área de concentração: Irrigação e drenagem.

Aprovada em: 28 / 09 / 2020.

BANCA EXAMINADORA

---

Dr. Marlos Alves Bezerra (Orientador)  
Embrapa Agroindústria Tropical (EMBRAPA)

---

Prof. Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa (Coorientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Christiana de Fátima Bruce da Silva  
Embrapa Agroindústria Tropical (EMBRAPA)

---

Prof. Dr. Reivany Eduardo Morais Lima  
Instituto Federal de Educação, Ciência e de Tecnologia do Ceará (IFCE)

## AGRADECIMENTOS

À Deus por estar comigo em todos os momentos e permitir a realização deste trabalho.

Aos meus pais, José de Fátima e Antônia Anita, pelo apoio, compreensão, incentivo, e por todo amor.

A minha irmã, Jayane Oliveira e sua família, por todo o carinho e por torcer pelas minhas conquistas.

Ao meu namorado, Edson, por todo apoio e aconselhamento durante os momentos de dificuldade e aflição, e pelo carinho, amizade e amor a mim dedicado.

Ao meu orientador, Dr. Marlos Bezerra, por toda a disponibilidade, orientação e valiosas contribuições, paciência e amizade ao longo desta caminhada.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Alan Bernard, pelas contribuições valiosas e por toda ajuda na realização e condução dos experimentos, bem como pelas orientações durante toda a realização deste trabalho.

À Dra. Christiana de Fátima Bruce da Silva pela idealização, colaboração e valiosas contribuições na condução e conclusão deste trabalho, e por ter aceitado o convite de participar da banca examinadora.

Ao Prof. Dr. Reivany, pelas contribuições feitas ao projeto deste trabalho e por gentilmente ter aceitado o convite de participar da banca examinadora.

A todos do Laboratório de Patologia Pós-Colheita (LPPC) da Embrapa Agroindústria Tropical, em especial a técnica Natália Moura, por todo apoio durante a condução e realização de procedimentos laboratoriais deste trabalho, pelas palavras de incentivo, pelos momentos de descontração e pelos laços de amizade.

A todos do Laboratório de Fisiologia Vegetal (LFV) da Embrapa Agroindústria Tropical, a técnica Ionete e aos amigos de pesquisa e de vida, Amadeus e Clinton, aos bolsistas que por lá passaram, em especial a Júlia e Jhenifer. A vocês meu muito obrigada por toda a colaboração, parceria e ajuda incansável ao longo destes anos, pelos momentos de descontração e pela amizade calorosa.

À minha amiga e irmã de alma, Beatriz Abreu, por tê-la encontrado, conhecido e nos tornado uma parceria de laboratório e de vida. A ti eterna gratidão por todos os conselhos, conversas, orientações, momentos de distração e comemoração. Gratidão a Deus pela tua vida e por seu caminho cruzar com o meu, amiga.

À minha prima Saúde e às minhas amigas, Edivania, Manu, e Jennifer, por toda a convivência, amizade e pelo laço familiar que formamos ao longo desta caminhada.

Aos todos meus amigos da pós-graduação, pelo apoio ao longo desta jornada e pelas amizades construídas.

## RESUMO

A banana (*Musa* spp.) é uma fruta de elevado consumo *in natura* no Brasil e no mundo, sendo o Brasil o quarto maior produtor mundial. Apesar de amplamente produzida, muitos pomares de bananeira apresentam baixa produtividade em função de múltiplos estresses, entre eles o uso de água moderadamente salina, haja vista ser uma cultura classificada de baixa tolerância à salinidade. Neste contexto, o uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP's) surge como uma alternativa promissora para atenuar os estresses bióticos e abióticos nas plantas. Desta forma, o trabalho teve por objetivo avaliar a utilização de cepas de bactérias do gênero *Bacillus* sp. na aclimatização e desenvolvimento inicial de mudas de bananeiras cultivar Prata Catarina irrigadas com água salina. Na primeira fase da pesquisa se avaliou o crescimento de mudas micropropagadas, durante a aclimatização em viveiro e constatou-se que uso dos *Bacillus* sp. cepas 186 e 109 não promoveram crescimento das plântulas de bananeira cultivar Prata Catarina. Por outro lado, a cepa 109 promoveu incrementos no teor de nitrogênio foliar e a cepa 186 incrementou os teores de potássio e magnésio nas raízes. Na segunda fase foram avaliados os efeitos da salinidade da água de irrigação nas mudas de bananeiras cultivar Prata Catarina inoculadas com cepas de *Bacillus* sp., com os diferentes níveis de salinidade. Estes níveis provocaram reduções nos parâmetros de crescimento e nas trocas gasosas, independente do uso das cepas de *Bacillus* sp. 186 e 109. Com relação à nutrição, a salinidade influenciou os teores de nutrientes foliares e radiculares, com acúmulo de  $K^+$  e  $Mg^{++}$  superior ao acúmulo de  $Na^+$ , podendo ser um mecanismo de tolerância da espécie. Já na terceira fase avaliou os efeitos das bactérias no crescimento e na ecofisiologia de bananeiras cultivar Prata Catarina irrigadas com água salina. Verificou-se que o aumento da salinidade influenciou negativamente o número de folhas, a área foliar e as trocas gasosas das plantas de bananeiras. O uso da cepa de *Bacillus* sp. promoveu redução nos teores de  $Na^+$  nos tecidos vegetais.

**Palavras-chave:** Estresse abiótico. *Musa* spp.. Rizobactérias. Salinidade.

## ABSTRACT

The banana (*Musa* spp.) Is a fruit of high consumption in natura in Brazil and in the world, Brazil being the fourth largest world producer. Although widely produced, many banana orchards show low productivity due to multiple stresses, including the use of moderately saline water, since it is a classified crop with low tolerance to salinity. In this context, the use of plant growth promoting bacteria (PGPB's) appears as a promising alternative to mitigate biotic and abiotic stresses in plants. Thus, the study aimed to evaluate the use of strains of bacteria of the genus *Bacillus* sp. in acclimatization and initial development of banana seedlings cultivar Prata Catarina irrigated with saline water. In the first phase of the research, the growth of micropropagated seedlings was evaluated during acclimatization in a nursery and it was found that the use of *Bacillus* sp. strains 186 and 109 did not promote growth of banana seedlings cultivar Prata Catarina. On the other hand, strain 109 promoted an increase in leaf nitrogen content and strain 186 increased potassium and magnesium content in the roots. In the second phase, the effects of irrigation water salinity on banana seedlings cultivar Prata Catarina were inoculated with strains of *Bacillus* sp., with different levels of salinity. These levels caused reductions in growth parameters and gas exchange, regardless of the use of *Bacillus* sp.186 and 109 strains. Regarding nutrition, salinity influenced the levels of leaf and root nutrients, with an accumulation of of  $K^+$  and  $Mg^{++}$  above accumulation of  $Na^+$ , which may be a tolerance mechanism of the species. In the third phase evaluated the effects of bacteria on the growth and ecophysiology of banana cultivar Prata Catarina irrigated with saline water. It was found that the increase in salinity negatively influenced the number of leaves, leaf area and gas exchange of banana plants. The use of the *Bacillus* sp. promoted a reduction in  $Na^+$  levels in plant tissues.

**Keywords:** Abiotic stress. *Musa* spp.. Rhizobacteria. Salinity.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Preparação das mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, oriundas do cultivo in vitro adquiridas da Empresa BioClone para transplântio em bandejas plásticas de polietileno de 162 células, constituindo a fase de aclimatização. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2018..... 38
- Figura 2 – Pré-aclimatização das mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina. (a) Pré-aclimatização inicial em sala sob temperatura controlada (28° C) e luz artificial e (b) ainda em pré-aclimatização, postas sob luminosidade reduzida, por adição de uma camada de sombrite sobre estrutura de cano PVC em telado. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2018..... 39
- Figura 3 – (a) Número de folhas, (b) diâmetro do pseudocaulo e (c) altura de mudas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas a tratamento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, avaliadas aos 44 e aos 74 dias após o transplântio (DAT), na fase de aclimatização..... 45
- Figura 4 – Variáveis relacionadas ao crescimento de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas a tratamento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos tratamentos controles (plantas não inoculadas e plantas fertilizadas) na fase de aclimatização aos 74 DAT..... 48
- Figura 5 – (a) Teores médios de minerais nas folhas e (b) teores médios de minerais nas raízes de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas ao fator de promoção de crescimento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não inoculadas e plantas fertilizadas) aos 74 DAT..... 51
- Figura 6 – a) Inóculos das cepas de *Bacillus* sp. cepas 186 e 109 e b) suspensões bacterianas prontas para aplicação via solo dos fatores de promoção de crescimento. EMBRAPA, Fortaleza – CE, 2019..... 63
- Figura 7 – Análise de regressão do número de folhas de mudas micropropagadas de 69

bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.....	
Figura 8 – Análise de regressão do número de folhas de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina para os fatores de promoção do crescimento, aos 67 dias de irrigação com água salina.....	69
Figura 9 – Análise de regressão para diâmetro do pseudocaule de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.....	70
Figura 10 – Análises de regressão do (a) Comprimento radicular (CR), (b) Área foliar (AF), (c) Peso fresco da parte aérea (PFPA), (d) Peso fresco da raiz (PSR), (e) Peso seco da parte aérea (PSPA), e (f) Peso seco da raiz (PSR) para mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.....	73
Figura 11 – Taxa fotossintética líquida e concentração interna de CO <sub>2</sub> de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina inoculadas com o <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109 e não inoculadas, aos 30 dias de irrigação com água salina.....	76
Figura 12 – Análises de regressão para os níveis de salinidade das variáveis (a) condutância estomática (gs), (b) fotossíntese líquida (A) e (c) transpiração (E) de mudas micropropagadas de bananeiras cultivar Prata Catarina inoculadas com o <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109 e não inoculadas, aos 30 e 60 dias de irrigação com água salina.....	78
Figura 13 – Análises de regressão para os níveis de salinidade em interação com os tratamentos de inoculação, das variáveis de trocas gasosas (A e Ci) de mudas micropropagadas de bananeiras cultivar Prata Catarina inoculadas com o <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109 e não inoculadas, aos 45 e 60 dias de irrigação com água salina.....	79
Figura 14 – a) Arranjo do experimento em campo, com plantas acondicionadas em vasos de polietileno de 25 litros e b) Suspensões dos inocúlos bacterianos, sendo aplicadas nos vasos de plantas. Embrapa	95

Agroindústria Tropical, Fortaleza – CE, 2019.....	
Figura 15 – Mensuração das variáveis fisiológicas por meio de medição das trocas gasosas de bananeiras com auxílio de Analisador de Gás no Infravermelho portátil – IRGA. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza – CE, 2019.....	98
Figura 16 – Número de folhas e área foliar de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento com inoculação com <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109, em comparação aos controles não inoculados (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias de irrigação com água salina.....	101
Figura 17 – Valores médios das trocas gasosas de bananeiras cultivar Prata Catarina inoculadas com o <i>Bacillus</i> sp. e não inoculadas, irrigadas com água salina. a) a taxa fotossintética (A), b) a condutância estomática (gs), c) a taxa de transpiração (E) e d) a concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci).....	106

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas do substrato Germina Plant Horta® antes e após o processo de autoclavagem.....	37
Tabela 2 – Análise de variância da contagem de colônias por placa, da região rizosférica de plântulas de bananeira cultivar Prata Catarina na fase de aclimatização, após 60 dias, submetidas a tratamento com inoculação com <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109.....	42
Tabela 3 – Análise de variância do crescimento de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina submetidas a tratamento com inoculação com <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos tratamentos controles, aos 44 e aos 74 dias após o transplântio (DAT), na fase de aclimatização.....	44
Tabela 4 – Análise de variância do crescimento de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas a tratamento com inoculação com <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos tratamentos controles (plantas não inoculadas e plantas fertilizadas) na fase de aclimatização.....	46
Tabela 5 – Análise de variância dos teores de minerais de folhas e raízes de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas ao fator de promoção de crescimento com inoculação com <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não inoculadas e plantas fertilizadas) .....	50
Tabela 6 – Médias dos teores de macronutrientes de folhas e raízes de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento com inoculação com <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não inoculadas e plantas fertilizadas) .....	52
Tabela 7 – Médias dos teores de micronutrientes de folhas e raízes de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas aos fatores de promoção de crescimento com inoculação com <i>Bacillus</i> sp.	54

cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não inoculadas e plantas fertilizadas) .....	
Tabela 8 – Características químicas do substrato Germina Plant Horta® antes e após o processo de autoclavagem.....	62
Tabela 9 – Análise de variância para os fatores de promoção do crescimento (P. crescimento), níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e a interação entre estes fatores quanto ao número de folhas (NF), altura de plantas (ALT) e diâmetro do pseudocaule (DP) de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.....	67
Tabela 10 – Médias para interação entre os fatores de promoção do crescimento x condutividade elétrica da água de irrigação para as variáveis número de folhas (NF), altura de plantas (ALT), e para diâmetro do pseudocaule (DP) de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.....	68
Tabela 11 – Análise de variância para os fatores de promoção do crescimento, níveis de CEa e a interação entre estes fatores quanto ao comprimento radicular (CR), área foliar (AF), peso fresco da parte aérea (PFPA) e da raiz (PSR), e peso seco da parte aérea (PSPA) e da raiz (PSR) de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.....	71
Tabela 12 – Médias para os fatores de promoção do crescimento quanto ao comprimento radicular (CR), área foliar (AF), peso fresco da parte aérea (PFPA) e da raiz (PFR), e peso seco da parte aérea (PSPA) e da raiz (PSR) de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.....	71
Tabela 13 – Análise de variância para os fatores de promoção do crescimento níveis de CEa e a interação entre os fatores quanto as trocas gasosas de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina inoculadas com o <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109 e não inoculadas aos 30, 45 e 60 dias de irrigação com água salina.....	75

Tabela 14 – Médias para interação entre os fatores de promoção de crescimento e a condutividade elétrica da água de irrigação para as variáveis de trocas gasosas de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 45 e aos 60 dias de irrigação com água salina.....	77
Tabela 15 – Análise de variância para os tratamentos, níveis de salinidades e a interação entre estes fatores quanto aos teores de minerais na folha e na raiz de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.....	80
Tabela 16 – Média dos teores de macronutrientes nas folhas de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.....	82
Tabela 17 – Média dos teores de micronutrientes nas folhas de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.....	83
Tabela 18 – Média dos teores de macronutrientes nas raízes de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.....	84
Tabela 19 – Média dos teores de micronutrientes nas raízes de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.....	85
Tabela 20 – Características químicas do solo natural e do solo após o processo de autoclavagem .....	95
Tabela 21 – Análise de variância do crescimento de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento (P. Crescimento) com inoculação com <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias de irrigação com água salina.....	100
Tabela 22 – Médias das variáveis de crescimento de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento com inoculação com <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109, em comparação aos controles não inoculados (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias	102

de irrigação com água salina.....	
Tabela 23 – Análise de variância da taxa de fotossíntese líquida (A) de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento (P. Crescimento) com inoculação com <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias de irrigação com água salina.....	103
Tabela 24 – Análise de variância da condutância estomática (gs) de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento (P. Crescimento) com inoculação com <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias de irrigação com água acrescida de Cloreto de sódio.....	103
Tabela 25 – Análise de variância da transpiração (E) de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento (P. Crescimento) com inoculação com <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias de irrigação com água acrescida de Cloreto de sódio.....	104
Tabela 26 – Análise de variância da concentração interna de carbono (Ci) de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento (P. Crescimento) com inoculação com <i>Bacillus</i> sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias de irrigação com água acrescida de Cloreto de sódio.....	104
Tabela 27 – Análise de variância para os fatores de promoção de crescimento (P. crescimento), níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e a interação entre estes fatores quanto aos teores de minerais na folha de bananeira cv Prata Catarina, aos 155 dias de irrigação com água salina.....	107
Tabela 28 – Média dos teores de macronutrientes e micronutrientes nas folhas bananeiras cultivar Prata Catarina, aos 155 dias de irrigação com água salina.....	109

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>A cultura da banana</b> .....	16
<i>2.1.1</i>	<i>Aspectos gerais da cultura da banana</i> .....	16
<i>2.1.2</i>	<i>Importância econômica da banana</i> .....	17
<i>2.1.3</i>	<i>Propagação da bananeira</i> .....	18
<b>2.2</b>	<b>A salinidade e seus efeitos</b> .....	19
<i>2.2.1</i>	<i>A qualidade de água para irrigação</i> .....	19
<i>2.2.2</i>	<i>Salinidade no solo</i> .....	20
<i>2.2.3</i>	<i>Salinidade nas plantas</i> .....	21
<i>2.2.4</i>	<i>Salinidade em plantas de bananeira</i> .....	22
<b>2.3</b>	<b>Bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP's)</b> .....	23
<i>2.3.1</i>	<i>Aspectos gerais das bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP's)</i> .....	23
<i>2.3.2</i>	<i>Bactérias promotoras de crescimento de plantas em bananeira</i> .....	25
<i>2.3.3</i>	<i>Bactérias promotoras de crescimento na atenuação dos efeitos deletérios da salinidade em plantas</i> .....	25
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO I - BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NA ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS DE BANANEIRA CV PRATA CATARINA</b> .....	34
<b>3.1</b>	<b>Introdução</b> .....	35
<b>3.2</b>	<b>Materiais e métodos</b> .....	36
<i>3.2.1</i>	<i>Local do experimento</i> .....	36
<i>3.2.2</i>	<i>Instalação e condução dos experimentos</i> .....	37
<i>3.2.3</i>	<i>Quantificação e Isolamento das Bactérias Promotoras de Crescimento</i> .....	40
<i>3.2.4</i>	<i>Avaliação da promoção do crescimento de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina</i> .....	40
<i>3.2.5</i>	<i>Análise de minerais nas folhas e nas raízes das mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina</i> .....	41
<i>3.2.6</i>	<i>Análises estatísticas</i> .....	42
<b>3.3</b>	<b>Resultados e discussão</b> .....	42

3.3.1	<i>Quantificação e Isolamento das Bactérias Promotoras de Crescimento</i> .....	42
3.3.2	<i>Avaliação da Promoção de crescimento de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina</i> .....	43
3.3.3	<i>Análise de minerais nas folhas e nas raízes</i> .....	49
3.4	<b>Conclusão</b> .....	54
4	<b>CAPÍTULO II - CRESCIMENTO E ECOFISIOLOGIA DE MUDAS MICROPROPAGADAS DE BANANEIRA CV PRATA CATARINA IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA E INOCULADAS COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO</b> .....	58
4.1	<b>Introdução</b> .....	59
4.2	<b>Materiais e métodos</b> .....	61
4.2.1	<i>Instalação e condução dos experimentos</i> .....	61
4.2.2	<i>Avaliação da promoção do crescimento</i> .....	64
4.2.3	<i>Avaliação das trocas gasosas de mudas de bananeira cv Prata Catarina</i> .....	65
4.2.4	<i>Análise de minerais nas folhas e nas raízes de mudas de bananeira cv Prata Catarina</i> .....	65
4.2.5	<i>Análises estatísticas</i> .....	66
4.3	<b>Resultados e discussão</b> .....	66
4.3.1	<i>Avaliação da Promoção de crescimento de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina</i> .....	66
4.3.2	<i>Avaliação das trocas gasosas nas mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina</i> .....	73
4.3.3	<i>Minerais nas folhas e nas raízes em mudas de bananeira cv Prata Catarina</i> ..	79
4.4	<b>Conclusão</b> .....	86
5	<b>CAPÍTULO III - AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE BANANEIRA CV PRATA CATARINA INOCULADAS COM CEPAS DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO E IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA</b> .....	91
5.1	<b>Introdução</b> .....	92
5.2	<b>Materiais e métodos</b> .....	93
5.2.1	<i>Instalação e condução dos experimentos</i> .....	94
5.2.2	<i>Avaliação do crescimento em bananeiras cv Prata Catarina</i> .....	97
5.2.3	<i>Avaliação das trocas gasosas em bananeiras cv Prata Catarina</i> .....	97

5.2.4	<i>Análise de minerais nas folhas de bananeiras cv Prata Catarina.....</i>	98
5.2.5	<i>Análises estatísticas.....</i>	99
5.3	<b>Resultados e discussão.....</b>	99
5.3.1	<i>Promoções de Crescimento de bananeiras cv Prata Catarina.....</i>	99
5.3.2	<i>Trocas gasosas em folhas de bananeiras cv Prata Catarina.....</i>	102
5.3.3	<i>Minerais em folhas de bananeiras cv Prata Catarina.....</i>	106
5.4	<b>Conclusão.....</b>	111
6	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	115
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	116

## 1 INTRODUÇÃO

A banana (*Musa* spp.) é uma fruta de alto consumo in natura no Brasil e no mundo. Tem apresentado grande importância econômica nos países tropicais, sendo muito apreciada pelo seu sabor, facilidade de consumo, baixo custo, além de ser fonte de energia, vitaminas e minerais (FAO, 2020). No Brasil é uma das frutas mais produzidas, colocando o país em quarto lugar entre os principais produtores mundiais (AGRIANUAL, 2019).

A cultura da bananeira encontra-se difundida em todo o país e as Regiões Nordeste e Sudeste, juntas, respondem por 67,7% da produção nacional (IBGE, 2020). No Nordeste, os principais estados produtores são a Bahia, Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte, os quais juntos apresentam a maior área colhida no país com 177,3 mil hectares e a segunda maior produção, com 2,25 milhões de toneladas (IBGE, 2020). O estado do Ceará, no ano de 2019, contribuiu com uma área colhida de 35,03 hectares produzindo 406,33 toneladas do fruto (IBGE, 2020).

Entretanto, apesar da grande quantidade produzida muitos pomares de bananeira apresentam baixa produtividade em função de múltiplos estresses, como o hídrico, temperaturas baixas no inverno ou elevadas no verão, solos com problemas de fertilidade e de salinidade e/ou sodicidade (CRUSCIOL; SORATTO, 2010).

A salinidade, problema global que afeta todo o ciclo da planta, se torna mais importante face as mudanças climáticas, que restringe a disponibilidade de água, forçando o uso de água com níveis moderados de salinidade (FREIRE *et al.*, 2010). Dentre os processos afetados pela salinidade pode se destacar o metabolismo mineral e suas várias interações com a produtividade das plantas. Assim, o manejo da nutrição é importante para a elevação da produtividade da bananeira seja em condições normais ou de salinidade.

Em adição, uma das práticas que permitem um pomar com boa produtividade é a utilização de mudas micropropagadas de alta qualidade genética e isentas de doenças. Contudo, esta técnica priva a plântula de sua microflora natural (BORGES *et al.*, 2004), tornando-a mais vulnerável as condições de estresses, seja biótico ou abiótico, como a salinidade (MARIANO *et al.*, 2004).

Sendo assim, a introdução de microrganismos que auxiliem no crescimento das plantas somados à capacidade desses de atenuarem os efeitos dos estresses ambientais e de proporcionarem maior absorção de nutrientes (PAUNGFOO-LONHIENNE *et al.*, 2019) torna-se uma promissora estratégia no processo de aclimatização, produção e desenvolvimento inicial das mudas de bananeira.

Muitos estudos com microrganismos benéficos, como as bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP's), tem sido realizado, com a intenção de melhorar o desempenho das plantas no campo. As BPCP's são bactérias que colonizam a rizosfera das plantas, associando as raízes, podendo ser empregadas para o incremento da produção agrícola, por estimularem o crescimento de plantas. Além disso, podem atuar diretamente na síntese de reguladores de crescimento, mineralização da matéria orgânica e disponibilização de ferro e fósforo, e indiretamente, no biocontrole de fitopatógenos (MARIANO *et al.*, 2004).

Desta forma este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de cepas de bactérias do gênero *Bacillus* sp. na aclimatização e desenvolvimento inicial de mudas de bananeiras cv. Prata Catarina, irrigadas com água salina e não salina.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura da banana

#### 2.1.1 Aspectos gerais da cultura da banana

De acordo com a classificação botânica, a bananeira é a espécie vegetal que origina a banana. A bananeira é uma monocotiledônea pertencente à família Musaceae, subfamília Musoideae e gênero *Musa*. É uma planta originária do continente Asiático, embora seja reconhecido outros centros de origem secundários na África e nas ilhas do Pacífico.

A bananeira é uma planta herbácea, que possui caule curto e subterrâneo representado pelo rizoma (órgão de reserva onde se insere as raízes adventícias e fibrosas). Em geral, 70% das raízes se desenvolvem ocupando os primeiros 20 a 30 cm das camadas superficiais do solo no sentido horizontal e cerca de 50 a 70 cm de profundidade. O pseudocaule ou “falso” tronco é formado por bainhas foliares superpostas, sendo uma das principais características da espécie, terminando com uma copa de folhas compridas e largas, com nervura central desenvolvida (FERREIRA *et al.*, 2016).

O ciclo de vida da bananeira é definido e botanicamente suas touceiras são formadas por rebentos que constituem as sucessivas gerações da muda original, as quais popularmente recebem as denominações de “mãe”, “filho”, “neto”, etc. (FERREIRA *et al.*, 2016).

A maioria das cultivares de bananeira e plátanos originou-se de cruzamento natural entre as espécies selvagens diploides *M. acuminata* Colla (genoma A) e *M. balbisiana* Colla (genoma B). As diversas espécies e cultivares de bananeira apresentam genomas com vários níveis de ploidia: diploides (AA, BB e AB), triploides (AAA, AAB e ABB) e tetraploides (AAAA, AAAB, AABB e ABBB), com 22, 33 ou 44 cromossomos, respectivamente (FERREIRA *et al.*, 2016).

As variedades de banana mais difundidas no Brasil são: Prata, Pacovan, Prata Anã, Maçã, Mysore, Terra e D’Angola, do grupo AAB, utilizadas unicamente para o mercado interno; e Nanica, Nanicão e Grande Naine, do grupo AAA, usadas principalmente para exportação. Em menor escala, são plantadas a ‘Ouro’ (AA), a ‘Figo Cinza’ e a ‘Figo Vermelho’ (ABB), a ‘Caru Verde’ e a ‘Caru Roxa’ (AAA). As variedades Prata, Prata Anã e Pacovan são responsáveis por aproximadamente 60% da área cultivada com banana no Brasil (EMBRAPA, 2006).

No Brasil, as cultivares que produzem frutos para exportação caracteriza-se por apresentar frutos de ponta ou ápice em forma de gargalo pouco acentuado, são delgados, longos, encurvados e, quando maduros, muito doces e de cor verde-amarelados. Já os frutos das cultivares comercializado no mercado interno, apresentam-se praticamente retos e com uma seção transversal pentagonal, extremidades bem pronunciadas, pontiagudas e sem restos florais, casca de espessura média, cor amarela quando maduros com polpa creme a rósea pálida e sabor ligeiramente ácido (LIMA *et al.*, 2012).

A bananeira é uma planta com elevado e constante consumo de água, em virtude de sua morfologia e da hidratação de seus tecidos, sendo a precipitação ideal entre 1.200 a 1.800 mm/ano e a umidade do ar superior a 80%. Para plantios irrigados, estima-se que uma planta com área foliar ótima consuma entre 15 e 30 litros de água por dia, dependendo das condições atmosféricas. Requer alta luminosidade, entre 2.000 e 10.000 horas de luz por ano, e altitudes que variam de 0 m a 1000 metros acima do nível do mar. A maioria das regiões produtoras de banana possuem clima tropical com temperaturas limites entre 15 °C e 35 °C (FERREIRA *et al.*, 2016).

### ***2.1.2 Importância econômica da banana***

A cultura da banana constitui numa fonte significativa de crescimento econômico, renda, segurança alimentar e nutrição para muitos países em desenvolvimento. Embora os dados de produção e consumo da banana estejam sujeitos à subestimação, devido ao cultivo extensivo em pequenas parcelas domésticas, as informações disponíveis indicam que sua importância no suprimento global de alimentos aumentou significativamente nas últimas décadas (FAO, 2020b).

No âmbito mundial, as exportações de banana deverão atingir um novo recorde de 20,2 milhões de toneladas em 2019, o que corresponde a um acréscimo de 5% quando comparado ao ano anterior. Essa forte demanda nos principais mercados exige amplo crescimento da oferta nos principais países exportadores, mais notavelmente naqueles localizados na América Latina, sendo que o Equador e as Filipinas, os dois principais exportadores, são novamente os principais responsáveis por esse aumento (FAO, 2020a). Em adição, a bananicultura brasileira apresenta características competitivas no mercado externo.

O cultivo da banana é uma atividade lucrativa e desenvolvida por todo o território nacional. Em 2018 foram colhidas uma área de 451.445 mil hectares com produção em torno de 6,7 milhões de toneladas, sendo São Paulo, seguido por Bahia, Minas Gerais, Santa

Catarina e Pará, os maiores produtores (AGRIANUAL, 2019).

O Nordeste compreende a maior área colhida no país com 177.314 mil hectares e tem a segunda maior produção, com 2,25 milhões de toneladas, ficando atrás da região sudeste que teve sua produção estimada em 2,31 milhões de toneladas, com a área colhida menor (133.498 mil hectares) (IBGE, 2020). O estado do Ceará, no ano de 2019, contribui com uma área colhida de 35,03 hectares produzindo 406,33 toneladas do fruto (IBGE, 2020)

A segurança alimentar na fruticultura também é de extrema importância e impacta significativamente a cadeia da banana. Por ser um produto consumido ainda em sua maior parte de forma *in natura*, o cuidado com todas as etapas do sistema produtivo deve ser contínuo. Esse acompanhamento da procedência das frutas tende a se tornar uma característica fundamental para mercados específicos, tanto no exterior, como o brasileiro (AGRIANUAL, 2019).

### **2.1.3 Propagação da bananeira**

Tradicionalmente, a propagação da bananeira é realizada por meio de mudas produzidas a partir de gemas vegetativas do seu caule subterrâneo, ou rizoma. Entretanto, atualmente a produção de mudas de bananeira se dá, em sua grande maioria, por meio da propagação *in vitro* ou micropropagação. Esta técnica visa à produção de mudas em laboratório a partir de um segmento da planta (explante) cultivado em meio de cultura, contendo todos os nutrientes para o desenvolvimento da plântula. Esta atividade ocorre em ambiente asséptico (*in vitro*), sob condições controladas de luminosidade, temperatura e fotoperíodo, permitindo a produção em larga escala de mudas saudáveis e uniformes (CARVALHO *et al.*, 2012).

Devido às características especiais de produção, tais como cultivo em meio de cultura com condições controladas de temperatura, luz, nutrição, se faz necessário que as mudas micropropagadas antes de irem para o campo passem por um período de aclimatização, o qual tem por objetivo promover a adaptação destas a um ambiente com umidade relativa mais baixa e a uma condição autotrófica, com um adequado controle de absorção, translocação e transpiração de água. Esta é uma fase limitante para a maioria das espécies, podendo acarretar menos taxas de sobrevivência (LIMA, 2012).

Em adição, segundo Carvalho *et al.* (2012), para atingir o tamanho que garanta a sua sobrevivência no campo, as plantas passam por três fases de aclimatização, totalizando uma duração de 72 dias.

A primeira etapa consiste no plantio das mudas em bandejas de isopor contendo substrato rico em nutrientes sendo mantidas em câmara úmida, por apenas um dia, e em seguida em levadas a condições de estufa por 20 dias. Após esse período, as mudas são transferidas para a segunda etapa, na qual são plantadas em bandejas de plástico com o mesmo substrato da fase anterior, permanecendo sob condições de estufa por três semanas. Na terceira etapa, as mudas são transferidas para sacos plásticos pretos de capacidade de 2,5 kg, contendo como substrato solo profundo, composto orgânico (esterco) e casca de coco, na proporção de 3:1:1, permanecendo sob condições de estufa por quatro semanas (CARVALHO *et al.*, 2012).

## **2.2 A salinidade e seus efeitos**

### ***2.2.1 A qualidade de água para irrigação***

Segundo Ayers e Westcot (1999), a agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água. A escassez hídrica, problema recorrente no Nordeste Brasileiro, força os produtores a utilizarem as fontes de águas tanto para atividade humana como para a agricultura, mesmo que estas contenham altas concentrações de sais (SOARES *et al.*, 2016). A utilização da água subterrânea, que parecia ser a solução para as estiagens prolongadas, é restrita devido à maioria dos poços apresentar baixas vazões e predominância de águas salobras (CABRAL; SANTOS, 2007).

O uso agrônômico da água requer estudo cuidadoso sobre o conteúdo salino, pois a utilização de águas com altas concentrações de sais podem oferecer riscos também ao meio ambiente, causando a salinização dos solos e tendo como consequência a desertificação, o que acarreta prejuízos à produção agrícola (COSTA, 2014; LIRA *et al.*, 2015).

A adoção de alternativas que visem minimizar os prejuízos causados por fatores adversos torna-se essencial quando se tem por objetivo a produção estável e rentável (MULLER *et al.*, 2006). Assim, é de fundamental importância a busca por tecnologias de produção que possam tornar viáveis a utilização dessas águas de qualidade inferior na agricultura moderna (SOARES *et al.*, 2016).

Segundo a classificação de Richards (1954), proposta pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, à medida que as águas aumentam a quantidade de sais e como consequência sua condutividade elétrica, recebem denominações sucessivas de C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>. As águas classificadas como C<sub>1</sub> tem baixa salinidade (< 0,25 dS m<sup>-1</sup>) e podem ser

utilizadas na maioria das culturas. As da classe C<sub>2</sub> apresentam salinidade média (0,25 – 0,75 dS m<sup>-1</sup>) podendo ser usada em culturas moderadamente tolerantes com adoção de lixiviação moderada dos sais. A classe C<sub>3</sub> inclui águas de alta salinidade (0,75 – 2,25 dS m<sup>-1</sup>) utilizadas apenas por espécies vegetais de alta tolerância aos sais. Já as águas classificadas como C<sub>4</sub> apresentam nível muito alto de salinidade não sendo apropriada para irrigação, no entanto pode ser usada em circunstâncias muito especiais e com plantas altamente tolerantes (HOLANDA *et al.*, 2016).

### **2.2.2 Salinidade no solo**

A baixa precipitação e a alta evaporação nas regiões áridas e semiáridas são fatores que contribuem para a ocorrência de solos salinos e sódicos, os quais representam, em termos globais, aproximadamente 900 milhões de hectares. Nessas condições, os sais não são lixiviados e acumulam-se no solo e na água em quantidades prejudiciais ao crescimento normal das plantas (FAGERIA *et al.*, 2010).

Segundo Cavalcante (2000), no Nordeste brasileiro, o aumento das áreas salinizadas a cada ano está potencializando a redução de sua capacidade produtiva, devido à concentração de sais nas águas de irrigação ou por efeitos da intensa evaporação, ocasionados por altas temperaturas, ou pela solubilização dos sais existentes no solo. Nos "perímetros irrigados", o impacto da salinidade sobre a produtividade agrícola é a causa principal de transtornos econômicos e sociais, com índices de prejuízo variando conforme a sensibilidade da cultura ao teor de sais (GONDIM *et al.*, 2010).

Segundo Ribeiro *et al.* (2016), a salinização do solo nesta região, também é decorrente do aumento populacional e da pressão pela produção de alimentos que resulta no aumento de áreas de solos degradados por salinidade e sodicidade, em virtude da expansão das áreas irrigadas, do uso inadequado das águas salinas na irrigação, do manejo inadequado da água e do solo e da ausência de drenagem, ocasionando grandes prejuízos para a economia regional.

O processo de salinização envolve o acúmulo de sais mais solúveis que o gesso nos horizontes ou nas camadas do perfil do solo, sendo que os principais sais encontrados são os cloretos, sulfatos e bicarbonatos de sódio, cálcio e magnésio, podendo ainda ser encontrados os de potássio, amônio, nitratos e carbonatos (SANTOS *et al.*, 2016).

A identificação dos solos afetados por sais se baseia em uma série de observações e estudos da área, incluindo-se a observação de características visuais de campo e a realização

de diversas análises, tanto por métodos de laboratório como por métodos de campo. No laboratório, a salinidade do solo pode ser estimada a partir de medidas de condutividade elétrica do extrato de saturação ( $CE_{es}$ ) ou da condutividade elétrica (CE) em diferentes relações solo: água destilada; em campo, vários métodos são disponíveis para determinar a CE e avaliar a salinidade do solo, tais como a técnica de indução eletromagnética, o Time Domain Reflectometry-TDR e, ainda, mediante o uso de extratores de solução do solo (DIAS *et al.*, 2005).

Quanto à definição, um solo é descrito como salino quando a  $CE_{es}$  medida na pasta de saturação é maior do que  $4 \text{ dS m}^{-1}$ , com PST (porcentagem de sódio trocável) é menor que 15% e o pH (potencial hidrogeniônico) é menor que 8,5 (BOHN *et al.*, 2001). Solos classificados como salino-sódico apresentam  $CE_{es}$  maior do que  $4 \text{ dS m}^{-1}$ , PST com valores maiores ou iguais a 15% e pH menor ou igual a 8,5. Já os solos sódicos são caracterizados por uma  $CE_{es}$  menor que  $4 \text{ dS m}^{-1}$ , PST maior ou igual a 15% e pH entre 8,5 e 10 (RIBEIRO *et al.*, 2016).

### **2.2.3 Salinidade nas plantas**

As culturas respondem diferentemente à salinidade, com algumas produzindo rendimentos aceitáveis em altos níveis de salinos e outras sensíveis a níveis relativamente baixos de sais (AYERS; WESTCOT, 1999). De modo geral, os critérios para avaliar a tolerância das culturas a salinidade, podem ser englobados em três critérios: a capacidade da planta sobreviver em solo salino, o rendimento da planta em meio salino (produção satisfatória) e a produção relativa (DIAS *et al.*, 2016). A tolerância relativa da maioria das culturas é conhecida e pode ser utilizada como diretriz para selecionar as culturas de acordo com os níveis de salinidade da água e do solo.

A utilização de água de baixa qualidade para a irrigação torna-se um fator limitante para a produção vegetal, uma vez que a salinidade inibe o crescimento das plantas em função dos efeitos osmóticos, iônicos específicos ou distúrbios nutricionais (DREW *et al.*, 1990; FREIRE *et al.*, 2010; SILVA JR., 2012; DIAS *et al.*, 2016). Os danos causados pela salinidade podem reduzir significativamente os rendimentos e sua magnitude depende do tempo, da concentração de íons, da tolerância das plantas e do uso da água pelas culturas (DIAS; BLANCO, 2010).

De acordo com Schossler *et al.* (2012), um dos efeitos é o osmótico, que resulta das elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do solo, os quais reduzem seu

potencial osmótico e hídrico e, conseqüentemente, ocasiona a diminuição na disponibilidade de água e nutrientes às plantas, podendo atingir um nível em que as plantas não terão força para a absorção de água, e conseqüentemente de nutrientes, devido à condição de estresse hídrico, sendo este processo também denominado de seca fisiológica (DIAS; BLANCO, 2010). Ainda, de acordo com os autores, dependendo do grau de salinidade, a planta ao invés de absorver poderá perder a água que se encontra no interior das raízes, pois o seu potencial osmótico será menor do que o do solo.

Outro efeito da salinidade nas plantas é a redução do acúmulo de fitomassa devido a síntese de solutos orgânicos para proteção de macromoléculas e osmorregulação, a regulação do transporte e distribuição iônica em vários órgãos e dentro das células, bem como a manutenção da integridade das membranas celulares (WILLADINO; CAMARA, 2004 apud SCHOSSLER *et al.*, 2012). Um dos mecanismos comumente citados para tolerância à salinidade tem sido a capacidade das plantas em acumular íons no vacúolo e, ou, solutos orgânicos de baixo peso molecular, no citoplasma, em um processo denominado de ajustamento osmótico, que pode permitir a manutenção da absorção de água e da turgescência celular (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Quanto ao desbalanço nutricional, o excesso de íons no solo inibe a absorção radicular de outros íons. Um exemplo é quando a concentração de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  no solo é alta, a absorção de nutrientes minerais como  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{K}^+$  são reduzidos (SCHOSSLER *et al.*, 2012). Dessa forma a maior absorção e conseqüente acúmulo de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  em tecidos vegetais acarretam toxicidade iônica devido às mudanças nas relações  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+/\text{Ca}^+$  e  $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ , provocando desde reduções no desenvolvimento, até morte das plantas.

Os principais danos ocasionados nas plantas são: a redução da área foliar; a inibição no crescimento do sistema radicular sob condições salinas atribuída à redução da fotossíntese; o adiamento no desenvolvimento de gemas apicais; a redução do número de folhas; surgimento de manchas avermelhadas com posterior amarelecimento das folhas mais velhas, queima das bordas e ápice do limbo e queda das folhas em estágios mais avançados. A clorose e queima das folhas devido à toxicidade (OLIVEIRA BOSCO *et al.*, 2009).

#### **2.2.4 Salinidade em plantas de bananeira**

No Nordeste brasileiro, onde a cultura da banana é muito explorada, a utilização da irrigação tem proporcionado sérios problemas de salinização do solo, haja vista que nessas regiões há a ocorrência de elevado nível de sais na água das fontes hídricas disponíveis

(BERNARDO, 1995).

Na busca por genótipos de bananeiras tolerantes a salinidade, vários autores têm realizados estudos avaliando os efeitos do estresse salino (ARAÚJO FILHO *et al.*, 1995; SILVA *et al.*, 2009; WILLADINO *et al.*, 2011).

Em cultivares de bananeira dos subgrupos Prata e Cavendish, Araújo Filho *et al.* (1995) observam que níveis de salinidades na  $CE_{es}$  do solo acima de 3,72 e 6,6  $dS\ m^{-1}$ , respectivamente, resultaram em diminuição do crescimento das plantas, e este efeito foi intensificado com o tempo.

Doorembos e Kassin (1983) afirmam que a bananeira é uma cultura moderadamente tolerante à salinidade, necessitando de solos com  $CE_{es} < 1\ dS\ m^{-1}$ . Em consonância, Abreu *et al.* (1982) relata que a bananeira é sensível à salinidade e, para seu bom desenvolvimento vegetativo, necessita de condutividade elétrica da água de irrigação menores que 1,00  $dS\ m^{-1}$ . Diante disso diversos estudos corroboram o efeito drástico da CE nas avaliações de parâmetros biométricos na cultura da banana.

Ainda segundo Abreu *et al.* (1982) o aumento da condutividade da água para 6,00  $dS\ m^{-1}$ , para cultivar 'Nanica', acarretaram decréscimo de 40% na produtividade, além de atrasar a emissão do cacho em, aproximadamente, um mês.

Do Carmo *et al.* (2003) avaliando os efeitos do uso de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação no crescimento vegetativo de bananeiras das cultivares Pacovan e Marmelo concluíram que com o incremento nos níveis de salinidade houve a diminuição significativa da altura da planta, do número de folhas e a área foliar com o aumento do nível de salinidade da água até no máximo 240 dias do desenvolvimento, havendo uma equiparação depois do período chuvoso.

## **2.3 Bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP's)**

### ***2.3.1 Aspectos gerais das bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP's)***

O primeiro relato da utilização de bactérias na agricultura, ainda que empírico, tem registro desde a antiguidade (MARIANO *et al.*, 2004). Os primeiros trabalhos científicos envolvendo a introdução de antagonistas microbianos no controle de enfermidades de plantas foram iniciados na década de 1920-1940, com destaque para os chineses, utilizando rizobactérias como ativadores de defesa e promotoras de crescimento de plantas (VIEIRA JUNIOR, 2013). No Brasil, os primeiros trabalhos foram realizados na década de 80 com o

objetivo de promover o crescimento de tomateiro e cafeeiro em condições de casa de vegetação (MARIANO *et al.*, 2004). Atualmente, diversos grupos de pesquisa no Brasil e no mundo trabalham com rizobactérias visando o controle de doenças e promoção do crescimento de plantas (VIEIRA JÚNIOR *et al.*, 2013).

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP's) fazem parte da população residente na rizosfera das plantas e não são fitopatogênicas. Podem ser utilizadas para tratamento de sementes, explantes e mudas micropropagadas, incorporadas ao substrato de plantio, tratamento de estacas, tubérculos e raízes, pulverizações na parte aérea incluindo folhagem e frutos, e em pós-colheita (MARIANO *et al.*, 2004).

O uso de BPCP's na produção de mudas micropropagadas ainda necessita de mais estudos. Segundo Mariano *et al.* (2004) os efeitos benéficos das BPCP's sobre mudas micropropagadas são principalmente, aumento de área foliar, diâmetro de pseudocaule, número de folhas e matéria seca, com conseqüente redução do tempo de aclimatização e maior sobrevivência das mudas após o transplante. No campo, observa-se proteção contra doenças e aumento de produtividade.

Sabe-se que o uso de bactérias promotoras de crescimento é de grande importância na agricultura, visto que as mesmas diminuem a dependência de fertilizantes, pela associação das mesmas com as raízes das plantas. Além disso, como mecanismo de ação indireto, podem inibir o crescimento de patógenos, realizando o controle biológico de enfermidades de plantas (KUMAR *et al.*, 2012; AHMED; KIBRET, 2014).

Alguns gêneros de bactérias auxiliam o crescimento de plantas através da mobilização de nutrientes nos solos, produzindo os mais diversos reguladores de crescimento, além de melhorar a estrutura do solo e biorremediar solos poluídos (BRAUD *et al.*, 2009; HAYAT *et al.*, 2010).

Diversos autores têm relatado os benefícios do uso das BPCP's para as plantas. Assis (2002) visando à promoção de crescimento de plantas de helicônia testou 50 bactérias isoladas de folhas e sementes de plantas de helicônia sadias em casa de vegetação e identificou que os isolados mais eficientes foram *B. pumilus*, *B. thuringiensis* subvar. *kurstakii* e *Bacillus cereus*.

Melhorias no crescimento de plantas de alface com uso de BPCP's foram relatadas por Sottero *et al.* (2006). Também Donzeli (2006) demonstrou que isolados de *Pseudomonas* spp. do grupo fluorescente podem ser utilizados na promoção de crescimento em mudas de alface. Harthmann *et al.* (2010) verificaram que tratamentos com rizobactérias promoveram aumento da massa fresca das plantas e na produção de bulbos de cebola, com a

espécie *Bacillus megaterium*, promovendo maior produção dos bulbos.

Entre os mecanismos de promoção de crescimento que ocorrem de forma direta verifica-se, a capacidade de solubilização de fosfatos, a fixação biológica de nitrogênio, a síntese de sideróforos, a produção de fitormônios, entre outros (GLICK, 2012). De forma indireta as BPCP's podem promover as melhorias de tais solos através da produção de antibióticos, enzimas degradantes da parede celular, cianeto de hidrogênio e sideróforos, levando ao controle biológico de micróbios patogênicos. (GLICK, 2012).

### **2.3.2 Bactérias promotoras de crescimento de plantas em bananeira**

Segundo Mia *et al.* (2010) vários resultados experimentais sugerem que as cepas de BPCP's poderiam colonizar com sucesso a superfície da raiz de bananeira, na zona de proliferação dos pelos radiculares. E, para que a bactéria pudesse expressar todo o seu potencial seria necessário níveis mínimos de fertilizantes. Dessa forma, o efeito sinérgico dos insumos químicos (fertilizantes) e biológicos (bactérias) potencializaria o crescimento e desenvolvimento das raízes da planta.

Em resultados de Eletro micrografias realizadas por Mia (2010), o uso da inoculação de *Azospirillum* sp. cepa Sp7 e *Bacillus* sp. no estudo de colonização de raízes em plântulas de banana micropropagadas claramente demonstraram que as BPCP *A. brasilense* (Sp7) e Cepas de *Bacillus sphaericus* (UPMB10) poderiam com sucesso formar colônias nas raízes da banana.

Trabalho realizado por Silva *et al.* (2018), avaliando o potencial da biomassa bacteriana promotora de crescimento em mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, demonstrou que o uso das BPCP's promoveu nas mudas ganhos em altura, comprimento da raiz, massa seca da raiz, diâmetro do pseudocaule e área foliar. Com o estudo conclui-se ainda que as BPCP são capazes de promover o crescimento de mudas micropropagadas de bananeira, através da produção de enzimas e sideróforos.

### **2.3.3 Bactérias promotoras de crescimento na atenuação dos efeitos deletérios da salinidade em plantas**

Com relação à influência das rizobactérias na atenuação do estresse salino, Ferreira *et al.* (2018) trabalhando com *Bacillus subtilis* inoculados na cultura do milho, comprovaram que eles melhoraram a matéria fresca e seca da cultura mesmo na maior

condição salina utilizada. No mesmo trabalho o autor relata o aumento do teor de prolina em plantas submetidas aos níveis salinos e inoculadas com *B. Subtilis*, além do aumento do conteúdo de água foliar.

Nia *et al.* (2012) trabalhando com cepa de *Azospirillum* tolerante à solução salina, concluiu que esta aumentou o peso seco da parte aérea, o rendimento de grãos e a concentração de N do trigo cultivado em solo salino. Outro estudo realizado com bactérias halotolerantes, *Hallobacillus* sp. e *Bacillus halodenitrificans* mostraram um aumento significativo no alongamento das raízes e no peso seco do trigo em comparação com o controle não inoculado em solo salino (SHRIVASTAVA; KUMAR, 2015).

Certas linhagens de BPCP's protegem as plantas dos efeitos nocivos da alta concentração de  $\text{Na}^+$  no ambiente salino do solo através da produção de exopolissacarídeos (BANERJEE *et al.*, 2019). Os exopolissacarídeos reduzem a captação de  $\text{Na}^+$  na planta, ligando-a e pela formação de biofilme. A disponibilidade reduzida de  $\text{Na}^+$  resulta na diminuição de sua absorção, mantendo assim uma alta relação  $\text{K}^+ / \text{Na}^+$ , essencial para a tolerância à salinidade e manutenção do potencial osmótico em uma planta (NADEEM *et al.*, 2014).

Outro mecanismo apontado por RAMAKRISHNA *et al.* (2020) é de que as BPCP's podem atuar como um coletor de ACC (1-aminociclopropano-1-carboxilato) e podem hidrolisá-lo por meio da enzima ACC desaminase na forma de amônia e  $\alpha$ -cetobutirato, reduzindo assim o nível de etileno (hormônio do estresse), fornece nitrogênio e energia, promovendo assim o crescimento das plantas sob condições de estresse de salinidade.

De forma geral, o tratamento de mudas com microrganismos capazes de promoverem o crescimento de plantas pode resultar em ganhos no desenvolvimento e produtividade das culturas.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, H. J. M.; MASCRELL, J.; DUART, S.; SOCORRO, A. R. Na and Cl content in banana plants of the Canaria Islands. **International Banana Nutrition Newsletter**, Nedlands, v.15, n.5, p.13-14, 1982.
- AGRIFANUAL 2019: **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA AGRICULTURA BRASILEIRA**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2019. p. 196-203.
- AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rizobacteria: Current perspective. **Journal of King Saud University**, v.26, p.1-20, 2014.
- AMORIM, E. P. R. e MELO, I. S. M. Ação antagonística de rizobactérias contra *Phytophthora* e seu efeito no desenvolvimento de plântulas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 565-568, 2002.
- ARAÚJO FILHO, J. B. de; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. Tolerância da bananeira a salinidade em fase inicial de desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.7, p.989-997, jul. 1995.
- ASSIS, S.M.P. *Heliconia psitacorum* L.f. – Doenças, pragas e utilização de rizobactérias na promoção de crescimento. (**Tese de Doutorado**). Recife. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2002.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A. **Qualidade da água na agricultura**. Tradução de Hans Raj Gheyi, José Francismar de Medeiros, Francisco Ademilton Damasceno. Campina Grande: UFPB, (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 29), 218 p. 1999.
- BANERJEE A., SARKAR S., CUADROS-ORELLANA S., BANDOPADHYAY R. Exopolysaccharides and biofilms in mitigating salinity stress: The biotechnological potential of halophilic and soil-inhabiting PGPR microorganisms. In: Giri B., Varma A. (eds) *Microorganisms in Saline Environments: Strategies and Functions*. **Soil Biology**, v. 56, p. 133-153. 2019.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa: UFV, 1995. 657p.
- BOHN, H. L. et al. **Soil chemistry**. 3 ed. Mishawaka: John Wiley & Sons, 2001. 307p
- BORGES et al. **A cultura da banana** / Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. – 3. ed. rev. e amp. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.: il. – (Coleção Plantar, 56).
- BORGES, A.L. et al. **Sistema de produção: Cultivo da Bananeira para o Agropólo Jaguaribe-Apodi, Ceará**. Versão eletrônica, 2ª Edição. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2014. (Sistema de Produção, 20).
- BORGES, L. A.; SOUSA da S. L. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 279p. 2004.
- BRAINERD, K. E.; FUCHIGAMI, L. H. Acclimatization of aseptically cultured plants to low

relatively humidity. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 106, n. 4, p. 515-518, 1981.

BRAUD, A.; JÉZÉQUEL, K.; BAZOT, S.; LEBEAU, T. Enhanced phytoextraction of an agricultural Cr-, Hg- and Pb-contaminated soil by bioaugmentation with siderophoreproducing bacteria. **Chemosphere**, v. 74, p. 280-286, 2009.

CABRAL, J. J. S. P.; SANTOS, S. M. **Água subterrânea no Nordeste brasileiro**. In: CABRAL, J.J.S.P.O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas. Recife: UFPE, p40-63, 2007.

CARMO, G. A. do; MEDEIROS, J. F. de; TAVARES, J. C.; GHEYI, H. R.; SOUZA, A. M. de; PALÁCIO, E. A. de Q. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 513-518, 2003. (<https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000300038>)

CARVALHO, A. C. P. P. de; RODRIGUES, A. A. de J.; SANTOS, E. de O. **Produção de mudas micropropagadas de bananeira**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. (Circular técnica 37)

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia, PB: Centro de Ciências Agrárias / Universidade Federal da Paraíba, 2000. 71 p.

CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P.; FILHO, P. E. M. **Doenças e métodos de controle. O cultivo da bananeira**. (Eds. A. L. Borges e L. S. Souza). Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279p.

CORREIA, R. C.; KIILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B.; CUNHA, T. J. F.; JESUS JUNIOR, L. A.; ARAÚJO, J. L. P. **A região Semiárida Brasileira**. In: VOLTOLINI, T.V. (Org.). Produção de caprinos e ovinos no semiárido. 2011.

COSTA, W.D. **Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades**. vol.1, n.1. Recife: UFPE, 2014. 605p.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Importância do silício na tolerância das plantas a estresses de natureza abiótica. In: RODRIGUES, F. A. (Ed.). **Silício na agricultura**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. p. 27-46.

DAMATTA, F.M. Ecophysiology of tropical tree crops: an introduction. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 19, p. 239-244, 2007.

DIAS, N. D. S., DUARTE, S. N., GHEYI, H. R., DE MEDEIROS, J. F.; SOARES, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 496-504, 2005.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2<sup>a</sup> Edição. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 151-161, 2016.

DONATO, S.L.R.; ARANTES, A.M.; SILVA, S.O.; CORDEIRO, Z.J.M. Comportamento fitotécnico da bananeira Prata-Anã e de seus híbridos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1508-1515, 2009.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1983. 193 p. (Irrigation and Drainage Paper, 33)

DREW, M. C.; HOLE, P.S.; PICCHIONI, G. A. Inhibition by NaCl of net CO<sub>2</sub> fixation and yield of cucumber. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, n. 3, p.472-477, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A cultura da banana**. 3. ed. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p. (Coleção Plantar, 56).

FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. dos S.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. IN: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, p. 205-218, 2010.

FERREIRA, C. F. [et al.] (editores técnicos). **O agronegócio da banana**. — Brasília, DF: Embrapa, 2016. 832 p.

FERREIRA, N. C.; MAZZUCHELLI, R. C. L.; PACHECO, A. C.; ARAÚJO, F. F.; ARAÚJO, A. S. F. *Bacillus subtilis* improves maize tolerance to salinity. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 8, 2018

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Banana Market Review: Preliminary Results 2019**. Rome. 2020a. Disponível em: <http://www.fao.org/3/cb0168en/cb0168en.pdf>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **FAOSTAT: production-crops**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Medium-term Outlook: Prospects for global production and trade in bananas and tropical fruits 2019 to 2028**. Rome. 2020b. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca7568en/ca7568en.pdf>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.

FREIRE, A. L. DE O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P. DE; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1133-1144, 2010.

- GLICK, B. R., "Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications", **Scientifica**, p 15, 2012. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/scientifica/2012/96340>. Acesso em: 29 de novembro de 2020.
- GONDIM, T. M. de S.; CAVALCANTE, L. F.; BELTRAO, N. E. de M. Aquecimento global: salinidade e consequências no comportamento vegetal. **Revista brasileira oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v.14, n.1, p.37-54, jan./abr., 2010.
- GUEDES, R. A. A.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. M.; GOMES, L. P.; COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 913-919, 2015.
- HARTHMANN, O.E.L.; MÓGOR, A.F.; FILHO, J. A.W.; LUZ, W.C. Rizobactérias no crescimento e na produtividade da cebola. **Ciência Rural**, v. 40, n.2, p. 462-465. 2010.
- HAYAT, R.; ALI, S.; AMARA, U.; KHALID, R.; AHMED, I. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. **Annals of Microbiology**, v. 60, p. 579-598, 2010.
- HOLANDA, J. S. de; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, ALAN C.; SÁ, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2ª Edição. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 151-161, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Org.). **Produção Agrícola - Lavoura Permanente. 2019**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/pesquisa/15/0>. Acesso em: 13 de novembro de 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (Org.). **Produção Agrícola Municipal. 2019**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.
- KUMAR, P.; DUBEY, R. C.; MAHESHWARI, D. K. *Bacillus strains* isolated from rhizosphere showed plant growth promoting and antagonistic activity against phytopathogens. **Microbiological Research**, v. 167, p. 493-499, 2012.
- LIMA, M. B.; SILVA, S. de O., FERREIRA, C. F. **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde** / editores técnicos, – 2 ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2012. 214 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- LIRA, R. M; SANTOS, A. N; SILVA, E. F. F; SILVA, J. S; BARROS, M. S; GORDIN, L. C. Cultivo de coentro em diferentes níveis de salinidade e umidade do solo. **Revista GEAMA**, v. 1, n. 3, p. 293 – 303, 2015.
- LUZ, W.C. Evaluation of plant growth-promoting and bioprotecting rhizobacteria on wheat crop. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 597-600, 2001.

- MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; DE ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; DONATO, VIRGINIA M. T. S. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, vol. 1, p. 89-111, 2004.
- MEDEIROS, E. V.; SILVA, K. J. P.; MARTIINS, C. M.; BORGES, W. L. Tolerância de bactérias fixadoras de nitrogênio provenientes de municípios do Rio Grande do Norte à temperatura e salinidade. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v. 7, n. 2, p. 160-168, 2007.
- MIA, M. B., SHAMSUDDIN, Z. H., WAHAB, Z., & MARZIAH, M. Rhizobacteria as bioenhancer and biofertilizer for growth and yield of banana (*Musa* spp. cv. 'Berangan'). **Scientia horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 80-87, 2010.
- MULLER, L.; SANTOS, O. S.; MANFRON, P. A.; MENEZES, N. L.; GARCIA, D.C. Forragem hidropônica de milheto: produção e qualidade nutricional em diferentes densidades de semeadura e idades de colheita. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1094-1099, 2006.
- NADEEM, S.M., AHMAD, M., ZAHIR, Z.A., JAVAID, A., ASHRAF, M. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. **Biotechnol. Adv.** v. 32, p. 429–448, 2014.
- NIA, S.H; ZAREA, M.J.; REJALI, F.; VARMA, A. Yield and yield components of wheat as affected by salinity and inoculation with *Azospirillum* strains from saline or non-saline soil. **J. Saudi Soc. Agric. Sci.**, v. 11, p. 113-121, 2012.
- NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; GARCIA, V. A.; RODRIGUES, D. S. Crescimento de mudas micropropagadas da bananeira cv. Nanicão, em diferentes substratos e fontes de fertilizante. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, 2008.
- OLIVEIRA BOSCO, M. R.; BOSCO de OLIVEIRA, A.; FERREYRA HERNANDEZ, F. F.; DE LACERDA, C. F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, p. 296-302, 2009.
- OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA S.; BALDANI, J. I. **Processos e mecanismos envolvidos na influência de microrganismos sobre o crescimento vegetal**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, ago. 2003. 40 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 161).
- OLIVEIRA, M. de. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J. M. (ed.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, p. 1-37, 2001.
- PAUNGFOO-LONHIENNE, C.; REDDING, M.; PRATT, C.; WANG, W. Plant growth promoting rhizobacteria increase the efficiency of fertilisers while reducing nitrogen loss. **Journal of Environmental Management**. v. 233, p. 337-341, mar. 2019.
- RAMAKRISHNA, W.; RATHORE, P.; KUMARI, R.; YADAV, R. Brown gold of marginal soil: Plant growth promoting bacteria to overcome plant abiotic stress for agriculture, biofuels and carbon sequestration. **Science of The Total Environment**, v. 711, p. 1-11, abr. 2020.

RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M.; JACOMINE, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. **In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados.** Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2016.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA Agricultural Handbook, 60

SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, F. L.; VITAL, A. D. F.; LACERDA, C. F.; SOUZA, E. R.; LIMA, G. S. Interação salinidade-fertilidade do solo. **In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados.** 2ª Edição. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 151-161, 2016.

SANTOS-SEREJO, J. A.; SOUZA, A. S.; SOUZA, F. V. D.; JUGHANS, T. G.; LINO, L. S. M.; SOARES, T. L.; SOUZA, E. H. Micropropagação da bananeira. **In: JUGHANS, T. G.; SOUZA, A. S. (Ed.). Aspectos práticos da micropropagação de plantas.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. p. 237-255.

SARAVAKUMAR, D.; VIJAYAKUMAR, C.; KUMAR, N.; SAMIYAPPAN, R. PGPR- induced defense responses in the tea plant against blister blight disease. **Crop Protection**, v.26, p.556–565, 2007.

SCHOSSLER, T.R.; MACHADO, D.M.; ZUFFO, A.M. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia biosfera**, v. 8, p. 15, 2012.

SHRIVASTAVA P.; KUMAR, R. Soil salinity: a serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. **Saudi J. Biol. Sci.**, v. 22, p. 123-131, 2015.

SILVA, C. de F. B. da, BRITO, T. L. de, TANIGUCHI, C. A. K., LOPES, L. A., PINTO, G. A. S.; CARVALHO, A. C. P. P. de. Growth-promoting potential of bacterial biomass in the banana micropropagated plants. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 11, p. 782-787, nov. 2018. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662018001100782&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662018001100782&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 29 de novembro de 2020.

SILVA, H. S.A.; ROMEIRO, R. S. Isolamento e seleção massal de rizobactérias indutoras de resistência sistêmica à Mancha- bacteriana-pequena do tomateiro. **Revista Ceres**, v.51, n.295, p.345-354, 2004.

SILVA, R. L. DE O.; MARTINS, L. S. S.; GOMES, E. W. F., FERRAZ, G. DE M. G.; SILVA, S. DE O.; WILLADINO, L. Avaliação de diploides de bananeira (*Musa spp.*) quanto à tolerância a salinidade. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP**, v. 31, n. 4, p.1084-1091, dezembro 2009.

SOARES, H.R. SILVA, E.F.F; SILVA, G.F; LIRA, R.M; BEZERRA, R.R. Nutrição Mineral de Alface Americana em Cultivo Hidropônico com Águas Salobras. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 656 - 664, 2016.

SOTTERO, A. N.; FREITAS, S.S.; MELO, A.M.T.; TRANI, P.E. Rizobactérias e alface: Colonização rizosférica, promoção de crescimento e controle biológico. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.30, p.225-234, 2006.

SPOLAOR, L. T.; GONÇALVES, L. S. A.; SANTOS, O. J. ODAIR JOSÉ A. P.; OLIVEIRA, A. L. M.; SCAPIM, C. A.; BERTAGNA, F. A. B.; KUKI, M. C. Bactérias promotoras de crescimento associadas à adubação nitrogenada de cobertura no desempenho agrônômico de milho pipoca. **Bragantia**, Campinas v. 75, n.1, p.33-40, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 5 ed. Porto Alegre: Artmed. 719p. 2013.

VIEIRA JÚNIOR, J. R.; FERNANDES, C. F.; ANTUNES JÚNIOR, H.; SILVA, M. S.; SILVA, D. S. G.; SILVA, U. O. **Rizobactérias como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2013. 15 p. (Documentos Embrapa 155)

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: REIGOSA, M. J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. (ed.). **La ecofisiología vegetal – Uma ciência de síntesis**. Madrid: Thompson, p.303-330, 2004. **Apud** SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; DE ANDRADE, F. R.; PIAUILINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012.

WILLADINO, L.; GOMES, E. W. F., SILVA, Ê. F. DE F.; MARTINS, L. S. S.; CAMARA, T. R. Efeito do estresse salino em genótipos tetraplóides de bananeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n.1, p.53–59, 2011.

### 3 CAPÍTULO I - BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NA ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS DE BANANEIRA CV PRATA CATARINA

#### Resumo

A bananicultura apresenta grande importância econômica e social no Brasil e no mundo. O aumento da sua produtividade está intimamente relacionado com a qualidade das mudas utilizadas e com o manejo adotado. O uso de microrganismos promotores de crescimento, nas várias fases de crescimento das plantas, pode ser proposto como uma ferramenta para a produção sustentável de alimentos, visto que pode aumentar o rendimento e a qualidade das culturas. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação com bactérias promotoras de crescimento, cepas de *Bacillus* sp., em mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina durante a fase de aclimatização. O experimento foi conduzido em telado pertencente a Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza, Ceará, Brasil. O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos (controle negativo – sem inoculação e sem fertilização; controle positivo – com aplicação de adubo de liberação lenta, Osmocote® 14-14-14; inoculação com *Bacillus* sp., cepa 186; inoculação com *Bacillus* sp., cepa 109) e quatro repetições de 14 unidades experimentais, totalizando 224 mudas. Foi quantificada a população bacteriana na rizosfera e avaliados o crescimento das mudas e os teores de minerais em folhas e raízes. Houve redução de ambas as populações de inóculo em referência a concentração inicial da suspensão utilizada, com a cepa 109 demonstrando maior média populacional. As mudas tratadas com Osmocote® mostraram melhor desempenho para a altura, número de folhas, área foliar, peso fresco de parte aérea e de raiz, e peso seco da raiz. O uso do *Bacillus* sp. cepas 186 e 109 sozinhos não promoveram o crescimento das mudas de bananeira cultivar Prata Catarina na fase de aclimatização, nas condições em que foi conduzido o estudo. Apesar disso, as cepas foram eficientes no incremento do teor de nitrogênio nas folhas (cepa 109), e, nas raízes de potássio e magnésio (cepa 186).

**Palavras-chave:** *Bacillus* sp., crescimento vegetal, nutrição mineral

#### Abstract

Banana farming is of great economic and social importance in Brazil and worldwide. The increase in its productivity is closely related to the quality of the seedlings used and the

management adopted. The use of growth-promoting microorganisms, in the various stages of plant growth, can be proposed as a tool for sustainable food production, since it can increase crop yield and quality. In this sense, the objective of this study was to evaluate, during the acclimatization phase, the growth of micropropagated seedlings of banana cultivar Prata Catarina inoculated with strains of *Bacillus* sp. The experiment was conducted on screen belonging to Embrapa Agroindústria Tropical, in Fortaleza, Ceará, Brazil. The design was in randomized blocks, with four treatments (negative control - water application; positive control - slow release fertilizer application, Osmocote® 14-14-14; inoculation with *Bacillus* sp., Cepa 186; inoculation with *Bacillus* sp., Cepa 109) and four replications of 14 experimental units, totaling 224 seedlings. Was quantified the bacterial population in the rhizosphere, the seedling growth and mineral content in leaves and roots. There was a reduction in both inoculum populations in reference to the initial concentration of the suspension used, with strain 109 showing a higher population average. Seedlings treated with Osmocote® showed better performance for height, number of leaves, leaf area, fresh weight of shoot and root, and dry weight of the root. The use *Bacillus* sp. strains 186 and 109 did not promote growth of banana seedlings cultivar Prata Catarina in the acclimatization phase under the conditions in which the study was conducted. As for nutrition, *Bacillus* sp. strain 109 promoted an increase in leaf nitrogen content, while *Bacillus* sp. strain 186 increased the levels of potassium and magnesium in the roots.

**Keywords:** *Bacillus* sp., plant growth, mineral nutrition

### 3.1 Introdução

A bananicultura é uma atividade de grande importância econômica e social no Brasil, sendo nosso país o quarto maior produtor mundial de bananas (FAO, 2020). Em 2019 foram colhidas uma área de 451,5 mil hectares com produção em torno de 6,7 milhões de toneladas (AGRINUAL, 2019).

Segundo Ferreira (2016), o aumento da produtividade dos pomares de bananeira no Brasil está relacionado com a qualidade das mudas e o manejo adotado durante a condução do cultivo. A produção de mudas de bananeira por meio da propagação *in vitro* ou micropropagação vem crescendo, em virtude da instalação de diversos laboratórios comerciais em diferentes regiões do país, permitindo o acesso rápido dos agricultores a mudas de melhor qualidade fitossanitária e genética (CARVALHO *et al.*, 2012).

A micropropagação da bananeira consiste no seu cultivo em condições assépticas, onde explantes de ápices caulinares com uma única gema podem originar centenas de mudas com o mesmo genótipo da planta mãe e livre de pragas e doenças, em poucas gerações (SANTOS-SEREJO *et al.*, 2009). De maneira geral, as mudas são comercializadas quando apresentem de 5 a 10 cm de comprimento, exigindo a aclimatização das mudas antes do plantio em campo, o que é normalmente feito pelo produtor (MARTINS *et al.*, 2011). Tal prática consiste em submeter progressivamente as plantas às novas condições climáticas naturais, de forma que sofram o menor estresse possível, evitando a ocorrência de injúrias profundas ou até mesmo sua morte (BRAINERD; FUCHIGAMI, 1981).

Durante o processo de aclimatização, para acelerar o desenvolvimento e proporcionar bom crescimento vegetativo das mudas, diversos autores recomendam o uso de substratos comerciais à base de palha ou casca de arroz carbonizadas, casca curtida de eucalipto ou pinus, vermiculita, areia e turfa (NOMURA *et al.*, 2009). Recomenda-se ainda o uso de fertilizantes de liberação lenta ou controlada dos nutrientes (NAMURA *et al.*, 2008), permitindo que os nutrientes sejam disponibilizados de maneira contínua à planta, minimizando os riscos de deficiências.

Alternativamente, as bactérias promotoras do crescimento das plantas (BPCP's), que atuam colonizando a raiz da planta e se multiplicando para formar colônias ou produzir biofilmes, aumentando o rendimento e a qualidade das culturas, protegendo-as dos estresses biótico e abiótico, bem como promovendo a disponibilidade de micronutrientes por reações de solubilização, quelação e oxidação/redução no solo (SOUZA *et al.*, 2015; ABHILASH *et al.*, 2016; ENEBE;BABALOLA, 2018; RAMAKRISHNA *et al.*, 2020), podem ser utilizadas para otimizar a fase de aclimatização de mudas de bananeira.

Frente ao exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação com bactérias promotoras de crescimento, cepas de *Bacillus* sp., em mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, durante a fase de aclimatização em telado.

## **3.2 Material e métodos**

### ***3.2.1 Local do experimento***

O experimento foi conduzido em telado pertencente a Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw', caracterizado como de clima tropical chuvoso, de savana tropical, com a época mais

seca no inverno e máximo de chuvas no outono. O experimento foi conduzido a uma altitude de 19,5 m acima do nível do mar, apresentando as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 3° 45' S e longitude 38° 34' W. O telado possuía 16 metros de comprimento por 4 metros de largura, 2,5 metros de altura, sendo coberto e fechado lateralmente com sombrite de 50%, permitindo a ventilação natural. Durante o período experimental foram registrados uma média de 27,8°C de temperatura, umidade relativa do ar de 72 % e precipitação de 5,3 mm.

### 3.2.2 Instalação e condução dos experimentos

O experimento teve duração de 74 dias, com início no mês Setembro de 2018 e sendo finalizado no mês de novembro de 2018. As mudas de bananeira cultivar Prata Catarina utilizadas para realização do estudo (Figura 1a) foram produzidas através de micropropagação e adquiridas da Empresa BioClone Produção de Mudanças, com sede em Eusébio, Ceará.

O substrato utilizado foi o Germina Plant Horta<sup>®</sup>, com composição a base de turfa e casca de arroz carbonizada, o qual passou por um processo de esterilização a vapor em autoclave vertical, a temperatura de 121°C e pressão de 1 atm., durante uma hora, sendo repetido este processo após 24 horas. O substrato foi analisado com relação às suas características químicas, antes e após processo de esterilização (Tabela 1). As mudas só foram transplantadas para o substrato, após 7 dias do processo de esterilização, para que não ocorresse fitotoxidez.

**Tabela 1** - Características químicas do substrato Germina Plant Horta<sup>®</sup> antes e após o processo de autoclavagem.

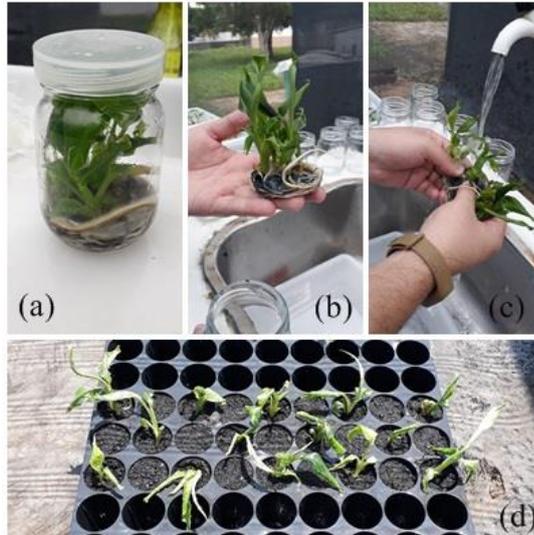
Substrato	pH	CE	N-total	Ca	Mg	K	Na	P	S	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>
		dS.m <sup>-1</sup>	g.Kg <sup>-1</sup>	-----mg.L <sup>-1</sup> -----							
Comercial	6,0	0,241	15,2	2197	375	27	63	1	1333	11	122
Autoclavado	5,7	0,249	15,1	2106	406	48	106	2	1466	47	63

Fonte: Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical.

As mudas depois de retiradas das embalagens de vidro contendo meio de cultura proposto por Murashige e Skoog (1962), denominado MS, tiveram suas raízes lavadas em água corrente e aparadas para que ficassem com comprimento máximo de 1,0 cm, de forma a facilitar o acondicionamento destas nas células de plantio. As mudas foram padronizadas, de acordo com a uniformidade de tamanho e vigor para serem transplantadas em bandejas de polietileno de 162 células, preenchidas com substrato comercial esterilizado (Figuras 1b, 1c e 1d). As mudas foram dispostas em espaçamento triangular e em células intercalares, para

melhor desenvolvimento das mesmas durante o período experimental.

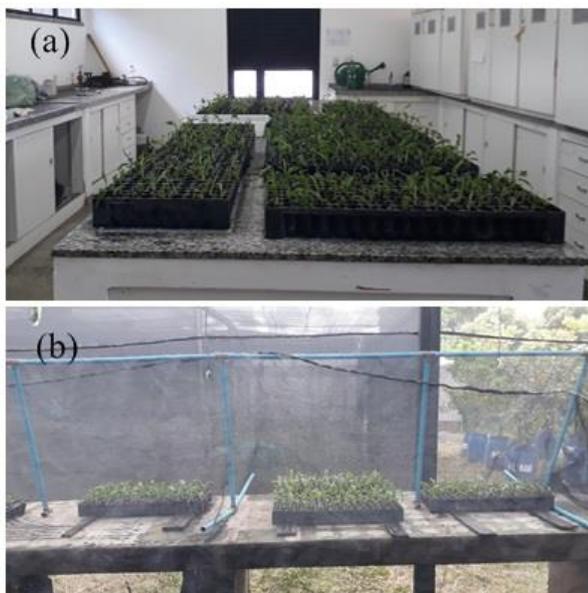
**Figura 1** – Preparação das mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, oriundas do cultivo *in vitro* adquiridas da Empresa BioClone para transplântio em bandejas plásticas de polietileno de 162 células, constituindo a fase de aclimatização. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2018.



Legenda: (a) Mudanças micropropagadas em potes de vidro, com meio de cultura Murashige e Skoog (MS)(b) Retirada das mudas dos potes plásticos; (c): Lavagem das raízes das mudas, em água corrente para retirada completa do meio de cultura; e (d): Transplântio das mudas em bandejas de polietileno, em espaçamento triangular.

As mudas, após transplântio, passaram por um período de pré-aclimatização em sala sob temperatura controlada (28 °C) e luz artificial durante sete dias (Figura 2a), sendo irrigadas manualmente uma vez por dia. Após este período, foram conduzidas para o telado e dispostas sob luminosidade reduzida, por adição de uma camada de sombrite à cobertura por mais sete dias (Figura 2b), passado este tempo o sombrite foi removido. Aos 14 dias após o transplântio (DAT) as mudas fossem submetidas aos tratamentos, desta forma respeitando um período de preestabelecimento das mesmas (MELO 2019; DANTAS, 2019). A irrigação no telado foi realizada por micro aspersores instalados no teto da estrutura, a qual tinha acionamento automático três vezes ao dia, com duração de 15 minutos a cada turno de rega.

**Figura 2** – Pré-aclimatização das mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina. (a) Pré-aclimatização inicial em sala sob temperatura controlada (28° C) e luz artificial e (b) ainda em pré-aclimatização, postas sob luminosidade reduzida, por adição de uma camada de sombrite sobre estrutura de cano PVC em telado. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2018.



Fonte: Autor.

O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos (controle negativo – sem inoculação e sem fertilização; controle positivo - aplicação de adubo de liberação lenta, Osmocote® 14-14-14; inoculação com *Bacillus* sp., cepa 186; inoculação com *Bacillus* sp., cepa 109) e quatro repetições de 14 unidades experimentais, totalizando 224 mudas.

As duas cepas de bactérias utilizadas no experimento pertencem à coleção de trabalho de Bactérias e Fungos do Laboratório de Patologia Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, sendo as mesmas oriundas de plantios de banana na região Nordeste, os quais eram isentos de problemas patológicos e apresentavam bom desenvolvimento vegetativo em campo. A cepa 186 foi coletada em 20 de abril de 2016, a partir da rizosfera de bananas da cultivar Williams, no município de Assú – RN. Já a cepa 109 foi coletada em 29 de junho de 2015, sendo isolada da rizosfera de banana cultivar Nanica, localizada no município de Missão Velha – CE.

As suspensões de inóculos das cepas de *Bacillus* sp. 186 e 109 foram preparadas a partir da diluição das colônias, repicadas para crescimento em placas de petri contendo meio de cultura Kado e Heskett (KADO; HESKETT, 1970), 24 horas antes da utilização para inoculação. As colônias desenvolvidas nas placas eram raspadas e adicionadas à solução salina de 8,5 g de NaCl, até atingir o ajuste da concentração de  $1,2 \times 10^9$  UFC. mL<sup>-1</sup>, com auxílio da escala de Mac Farland (LELLIOTT; STEAD, 1987). As suspensões bacterianas foram aplicadas no solo, colocando-se 2 mL por célula da bandeja contendo a muda, com auxílio de seringa estéril.

O adubo de liberação lenta foi aplicado no solo, colocando-se aproximadamente 0,25 g do fertilizante Osmocote® 14-14-14 (5,0 kg m<sup>-3</sup>) por célula de planta (NAMURA *et al.*, 2008).

### **3.2.3 Quantificação e Isolamento das Bactérias Promotoras de Crescimento**

A quantificação das bactérias *Bacillus* sp. cepas 186 e 109 associadas as raízes das mudas micropropagadas de bananeira foi realizada aos 60 dias após a inoculação. O método utilizado foi o de Contagem Padrão em Placas (CPP) preconizado pelo APHA. Para tanto, dez gramas (10g) das raízes + substrato rizosférico das mudas de bananeiras cv Prata Catarina foram homogeneizados, sob agitação, com 90 mL de solução salina a 0,85% (8,5 g.L<sup>-1</sup>). A partir dessa etapa foram realizadas diluições seriadas até a diluição 10<sup>-5</sup>, e submetidas a aquecimento em banho-maria a 80 °C. Alíquotas das diluições foram inoculadas em placas de Petri, em triplicata (técnica de Pour Plate) (ROMEIRO, 2007). O meio de cultura utilizado foi o Kado & Heskett (KADO; HESKETT, 1970): 10 g de sacarose, 8 g de caseína ácida hidrolisada, 4 g de extrato de levedura, 2 g de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,3 g de MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 15 g de ágar e 1000 mL de água destilada. As placas foram incubadas em câmara tipo BOD a 35°C por 48h. Após o período de incubação, as placas com número de colônias entre 11 e 110 foram contadas com auxílio de um contador de colônias e os resultados expressos em unidades formadoras de colônias por grama de rizosfera (raízes+ substrato rizosférico).

### **3.2.4 Avaliação da promoção do crescimento de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina**

As avaliações relacionadas à promoção de crescimento foram realizadas aos 44 e 74 dias após transplântio (DAT) medindo-se as seguintes variáveis:

- a) altura da planta (cm): mensurada com auxílio de uma régua ao nível do substrato até a última gema apical;
- b) diâmetro do pseudocaule (mm): mensurado com auxílio de paquímetro digital, realizando as medições a cerca de 1 centímetro acima do colo da planta;
- c) número de folhas: contagem nominal das folhas totalmente expandidas e fotossintetizantes, excluindo-se as folhas senescentes.

Aos 74 DAT, foram avaliadas também as seguintes variáveis:

- a) comprimento do sistema radicular (cm): utilizando régua mediu-se do início do

rizoma até a extremidade máxima da raiz.

b) área foliar (cm<sup>2</sup>): utilizando-se medidor de área foliar (LI – 3100, Área Meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, 87 Nebraska, USA);

c) matéria fresca da parte aérea e da raiz(g): pesagem do material vegetal fresco por meio de balança de precisão.

d) matéria seca da parte aérea e da raiz (g): pesagem do material vegetal seco pelo método da secagem em estufa a 65°C, até atingir peso constante, com auxílio de pesagem em balança de precisão.

### ***3.2.5 Análise de minerais nas folhas e nas raízes das mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina***

Para as análises dos minerais nas folhas e raízes, após a secagem em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 65 °C, por um período mínimo de 72 horas, procedeu-se a trituração das amostras vegetais com auxílio de moinho analítico (Moinho Analítico IKA A11) até obtenção de pequenas partículas.

Para a análise de nitrogênio, a extração foi realizada conforme o método de Kjeldahl (1883), utilizando 0,2 g de material vegetal com solução digestora (175 mL de água mili-Q, 21,39g de sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 4,0g de sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>. 5H<sub>2</sub>O), acrescida de 200 mL de ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)). Após processo de digestão, o nitrogênio foi determinado por destilação por arraste de vapor, seguida de titulação com ácido diluído (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01N).

Para análise dos demais minerais (Macronutrientes: K, P, Ca, Mg, Na; Micronutrientes: Mn, Zn, Fe, Cu) pesou-se aproximadamente 0,5 g do material vegetal, no qual foram adicionados 8 ml de mistura ácida (HNO<sub>3</sub> – HClO<sub>4</sub>, proporção 3:1). A mistura foi mantida a frio por 3 a 4 horas, e em seguida levadas para o bloco digestor, no qual foram submetidas à temperatura inicial de 60 °C, sendo elevada a cada 30 minutos, até alcançar a temperatura máxima de 250 °C. Depois de retiradas do bloco e voltarem à temperatura ambiente, as amostras digeridas foram agitadas em vórtex e transferidas para balão volumétrico de 50 mL, realizando-se a aferição do volume com água destilada, para que então fossem filtradas com auxílio de papel de filtro de velocidade lenta, estando assim prontas para determinação. A determinação desses minerais foi realizada com auxílio de espectrômetro de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente (Agilent, ICP-OES 5100). Esse equipamento faz as leituras simultaneamente para todos os analitos (CARMO *et al.* 2000).

### 3.2.6 Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas através do teste de F ( $p < 0,05$ ). Quando as variáveis apresentaram diferença significativa, suas médias foram comparadas através do teste de Tukey. Para a condução das análises foram utilizados os programas estatísticos SAEG versão 5.0 e Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

## 3.3 Resultados e discussão

### 3.3.1 Quantificação e Isolamento das Bactérias Promotoras de Crescimento

A análise de variância da contagem de colônias das bactérias *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, após 60 dias da inoculação, que correspondeu a 74 DAT se encontra na Tabela 2.

**Tabela 2** - Análise de variância da contagem de colônias por placa, da região rizosférica de plântulas de bananeira cultivar Prata Catarina na fase de aclimatização, após 60 dias, submetidas a tratamento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109.

Fontes de Variação	GL	Contagem de colônias por placa
Bloco	3	$3,64 \times 10^9$ **
Tratamento	1	$7,59 \times 10^8$ **
Resíduo	19	$8,07 \times 10^7$
CV (%)	-	20,56

Legenda: (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020.

Houve efeito significativo ( $F_{1,19} = 9,40$ ,  $p = 0,0064$ ) para a contagem de colônias entre as duas cepas de bactérias utilizadas, tendo a cepa 109 demonstrado maior média populacional ( $4,93 \times 10^4$  UFC.g<sup>-1</sup>) em comparação a cepa 186 ( $3,8 \times 10^4$  UFC.g<sup>-1</sup>). Estes dados mostram que houve redução de ambas as populações de inóculo em referência a concentração inicial da suspensão utilizada ( $1,2 \times 10^9$  UFC.mL<sup>-1</sup>). O baixo índice populacional das bactérias neste experimento pode ter se dado por fatores tais como condições de umidade do substrato e falta de nutrientes para o crescimento bacteriano.

Diversos fatores podem afetar o crescimento e a colonização da população bacteriana. Segundo Silveira e Freitas (2007) é difícil precisar todos os fatores que interferem na microbiota do solo, mas entre eles estão fatores abióticos, como a estrutura e textura do

solo em relação ao conteúdo de umidade e de nutrientes, a aeração e os valores de pH, bem como fatores bióticos, como a própria microbiota natural.

A baixa quantidade de bactérias no solo pode ter afetado a capacidade desses microrganismos em interferir no crescimento das plantas, uma vez que o ideal é que se tenha no mínimo uma concentração de  $10^7$  a  $10^8$  UFC.mL<sup>-1</sup> conforme Posada *et al.* (2018), o qual obteve resultados positivos para a promoção do crescimento de mudas de bananeira cv Williams inoculadas com *B. subtilis*.

Os resultados sugerem ainda a necessidade de reaplicação das bactérias, em menores intervalos de tempo, bem como um melhor controle das condições necessárias ao crescimento para uma colonização mais eficiente da rizosfera, e conseqüente melhoria na promoção de crescimento das plantas de bananeira nesta fase do desenvolvimento. Em trabalho posterior realizado por Dantas (2019) foi evidenciado que a reaplicação dos inóculos em menores espaços de tempo (intervalos de 15 dias) garante melhor resultado as plantas inoculadas com bactérias e equiparação destas as plantas adubadas.

Souza *et al.* (2015) também encontraram que o *B. subtilis*, uma espécie de interesse para o desenvolvimento de bio-inoculantes, pode ter seu uso limitado para a promoção do crescimento vegetal devido a ocorrência de má colonização da rizosfera (GAO *et al.*, 2016).

### ***3.3.2 Avaliação da Promoção de crescimento de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina***

A análise de variância para as variáveis relacionadas ao crescimento das mudas micropropagadas de bananeira encontra-se resumida na Tabela 3. Observa-se que houve efeito dos tratamentos para todas as variáveis, enquanto os períodos de avaliação só afetaram a altura e o diâmetro das mudas. Por fim, houve interação significativa entre os fatores para a altura das plantas.

**Tabela 3** - Análise de variância do crescimento de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina submetidas a tratamento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos tratamentos controles, aos 44 e aos 74 dias após o transplântio (DAT), na fase de aclimatização.

Fontes de Variação	Quadrados Médios			
	GL	NF	ALT	DP
Bloco	3	5,34 **	19,10 **	10,79 **
Tratamento	3	6,10 **	35,63*	14,78 **
Avaliação	1	0,72 <sup>ns</sup>	74,72 **	31,52 **
Avaliação x tratamento	3	0,74 <sup>ns</sup>	7,12 *	0,59 <sup>ns</sup>
Resíduo	441	0,67	2,08	2,08
CV (%)	-	24,89	41,37	26,61

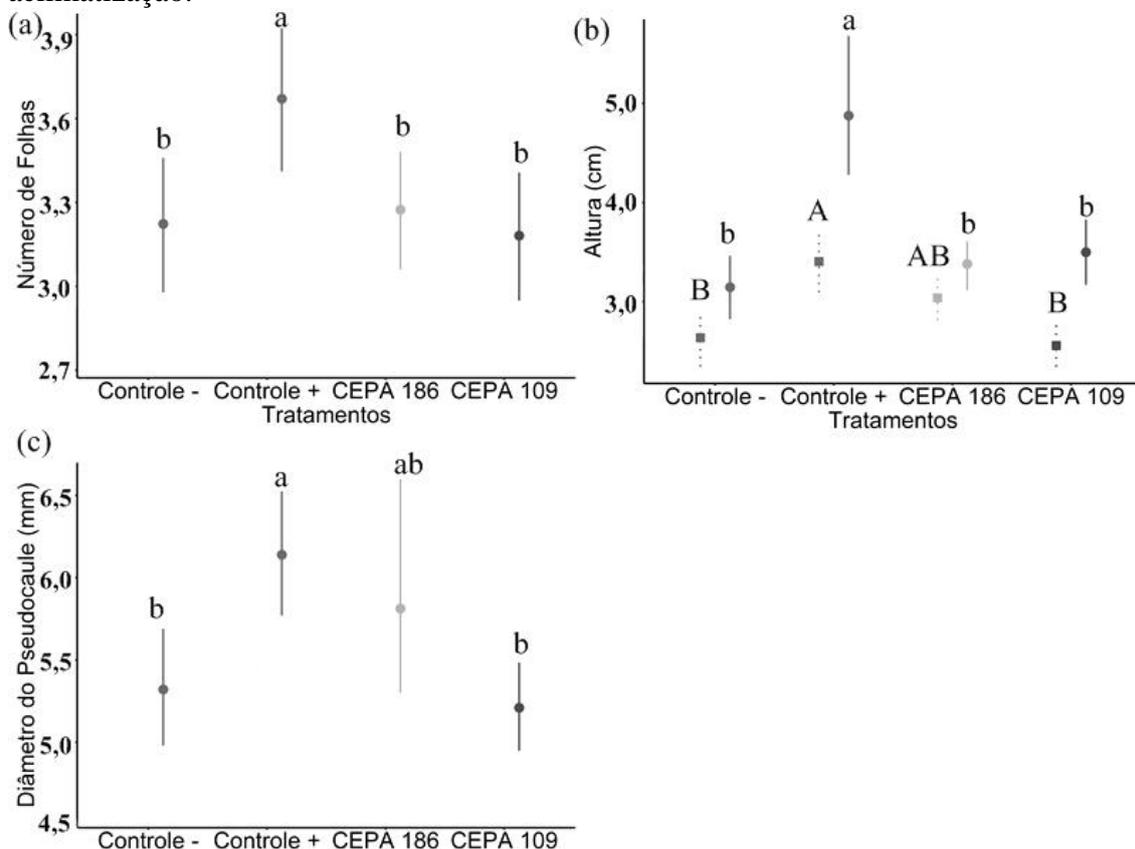
Legenda: NF – Número de folhas, ALT – Altura das mudas, DP – Diâmetro do pseudocaule. (ns) – não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; e (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020.

Para a variável número de folhas, não houve diferenças significativas aos 44 e aos 74 DAT, independente do tratamento. Quando se analisa os tratamentos, verificou-se que o uso da adubação promoveu o maior número de folhas, seguido do uso do *Bacillus* sp. cepa 186, com ambos promovendo incremento do número de folhas em plântulas de bananeiras cv Prata Catarina, em relação ao controle negativo (Figura 3a). Este resultado pode estar relacionado à população de inóculo presente no substrato no início do experimento, o qual favoreceu a manutenção de folhas das mudas, e reafirma a necessidade de reaplicação das suspensões bacteriana ao longo do desenvolvimento da planta para a melhoria do crescimento em razão do uso do microrganismo, conforme sugerido por Dantas (2019).

O diâmetro do pseudocaule foi sempre maior aos 74 DAT em todos os tratamentos, quando comparado aos 44 DAT. Com relação aos tratamentos, o comportamento foi semelhante ao do número de folhas, com o tratamento que recebeu adubação mineral apresentando maior diâmetro ( $6,14 \text{ mm} \pm 1,44$ ), seguido do uso do *Bacillus* sp. cepa 186 ( $5,81 \text{ mm} \pm 2,58$ ), que foram superiores ao controle negativo e ao uso da cepa 109 (Figura 3b).

Quanto à altura das plântulas, houve interação entre os fatores avaliados. Aos 44 DAT o uso do fertilizante mineral promoveu maior altura das mudas, sendo semelhante ao uso do *Bacillus* sp. cepa 186. Já aos 74 DAT, a altura das mudas foi superior no tratamento com adubo mineral, com os demais tratamentos não diferindo (Figura 3c).

**Figura 3** - (a) Número de folhas, (b) Diâmetro do pseudocaule e (c) Altura de mudas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas a tratamento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, avaliadas aos 44 e aos 74 dias após o transplântio (DAT), na fase de aclimatização.



Legenda: Controle – (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp.) (---) avaliação aos 44 DAT no qual letras maiúsculas diferentes indicam diferença a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. (—) avaliação aos 74 DAT, no qual letras minúsculas diferentes indicam diferença a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor, 2020.

Diversos autores trabalhando com o uso de bactérias promotoras de crescimento tem encontrado resultados promissores, tais como Cruz-Martin *et al.* (2015) testando o uso de bactéria promotora de crescimento *Bacillus pumilus* na aclimatização de bananeiras ‘Grande Naine’. Neste trabalho os autores observaram que houve promoção do crescimento por meio do incremento da altura e do diâmetro do pseudocaule, por outro lado, plantas inoculadas não apresentaram diferenças quanto ao número de folhas por planta ou comprimento de raiz em relação ao controle com não inoculado.

Para as variáveis peso fresco da parte aérea e pesos fresco e seco das raízes foram observadas diferenças significativas, na análise de variância realizada (Tabela 4). Pode-se verificar um elevado coeficiente de variação de todas estas variáveis podendo o mesmo ser atribuído a pequena massa dificultando a precisão da pesagem da parte aérea. Enquanto, para as raízes um fator dificultante foi à separação das raízes do substrato, bem como a perda de

material visto a sua fragilidade (Tabela 4).

**Tabela 4** - Análise de variância do crescimento de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas a tratamento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos tratamentos controles (plantas não inoculadas e plantas fertilizadas) na fase de aclimatização.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		CR	AF	PFPA	PSPA	PFR	PSR
<b>Bloco</b>	3	2,96 <sup>ns</sup>	3157,43 <sup>ns</sup>	0,218 <sup>ns</sup>	0,038 <sup>ns</sup>	0,768 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>
<b>Tratamento</b>	3	2,27 <sup>ns</sup>	581,66 <sup>ns</sup>	2,208 <sup>**</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	5,782 <sup>**</sup>	0,108 <sup>**</sup>
<b>Resíduo</b>	9	2,42	965,49	0,242	0,016	1,475	0,019
<b>CV (%)</b>	-	<b>13,32</b>	<b>12,93</b>	<b>19,32</b>	<b>23,77</b>	<b>41,04</b>	<b>28,71</b>

Legenda: CF – Comprimento da raiz, AF – Área foliar, PFPA – Peso fresco da parte aérea, PSPA – Peso seco da parte aérea, PFR – Peso fresco da raiz, PSR – Peso seco da raiz. (ns) – não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; e (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Autor, 2020.

O comprimento das raízes das mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina apresentaram um valor médio de 11,70 cm, tendo desempenho semelhante entre todos os tratamentos ( $F_{3,9} = 0,935$ ,  $p = 0,463$ ) (Figura 4a). Comportamento semelhante ocorreu com a área foliar, peso fresco da raiz o peso seco da parte aérea (Figura 4b, 4d e 4e). Apesar dos tratamentos não diferirem houve um incremento de 12,35 % e 12,44% de no comprimento radicular das plantas inoculada com *Bacillus* cepa 109 e 186, respectivamente, em comparação as plantas não inoculadas e não fertilizadas (controle -).

A área foliar não apresentou diferença entre os tratamentos ( $F_{3,9} = 0,602$ ,  $p = 0,629$ ), sendo que as mudas pertencentes ao controle positivo (adubo) tiveram os maiores valores médios ( $256,41\text{cm}^2 \pm 52,06$ ) (Figura 4b). Assim como o relatado para CR, o uso das Cepas 186 e 109 propiciaram, em relação as plantas não inoculadas, um incremento de 5,21% e 0,19%, respectivamente, nas medidas de área foliar.

Com relação ao peso fresco, observou-se que houve diferença estatística significativa para parte aérea ( $F_{3,9} = 9,11$ ,  $p = 0,004$ ) e para raiz ( $F_{3,9} = 3,91$ ,  $p = 0,048$ ) com o controle positivo (plantas fertilizadas) apresentando as maiores médias para ambas as variáveis ( $3,64\text{ g} \pm 1,72$  e  $4,76\text{ g} \pm 3,23$ , respectivamente), os demais tratamentos não diferindo entre si (Figura 4c e 4d). Quando os resultados obtidos, para tais variáveis, pelas plantas inoculadas comparadas as não inoculadas e não fertilizadas (controle -), nota-se um incremento de 7,71 % e 6,44% para PFPA e de 7,55% e 6,66% para PFR nas plantas inoculada com *Bacillus* cepa 109 e 186, respectivamente.

Em contrapartida, o peso seco diferiu significativamente para a raiz ( $F_{3,9} = 5,53$ ,  $p$

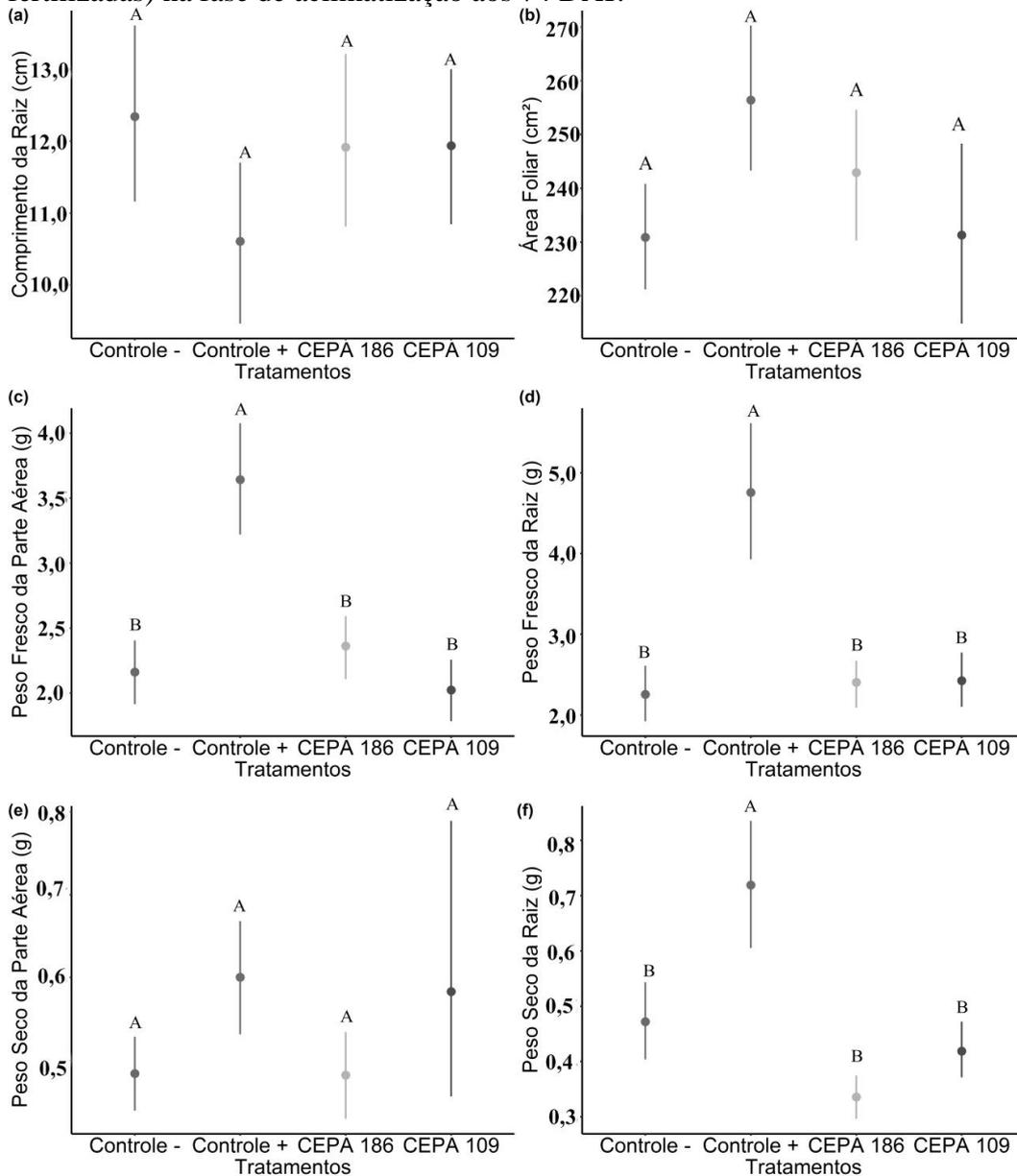
= 0,019), sendo que o tratamento controle positivo (plantas fertilizadas) apresentou maior média de peso ( $0,72 \text{ g} \pm 0,43$ ), com os demais tratamentos não diferindo entre si (Figura 4f). Vale ressaltar que apesar de não haver diferença entre os tratamentos para PSPA e desta variável ser resultante de massas bastante diminutas, as plantas inoculadas com a Cepa 109 apresentaram um incremento de 20,10% quando comparadas as plantas não inoculadas e não fertilizadas.

Os resultados obtidos neste trabalho diferiram de resultados encontrados na literatura sendo que no presente estudo não foi obtido respostas para as melhorias das variáveis de crescimento das plantas, como relatado na literatura. No entanto, para as variáveis CR, AF, PFPA, PFR e PSPA foi obtido incrementos nas plantas inoculadas com *Bacillus* sp. (Cepa 186 e 109) quando comparadas as plantas não inoculadas e não fertilizadas.

Gamez *et al.* (2019) avaliando o efeito de nove BPCP's dos gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas* no crescimento de mudas de bananeira obteve, em comparação a plantas não inoculadas, incrementos para altura de plantas, número de folhas, área foliar, diâmetro do pseudocaule, comprimento e desenvolvimento radicular, além de peso fresco e seco de parte aérea e raiz. No mesmo trabalho, as plantas inoculadas com rizobactérias (*Bacillus amyloliquefaciens* Bs006 e *Pseudomonas fluorescens* Ps006) tiveram efeito igual às plantas com aplicação de 100% de fertilização.

A inoculação com produtos comerciais à base de microrganismos no crescimento de plantas oriundas de cultivo *in vitro*, em três tipos de solos do Quênia demonstraram que as plantas podem se beneficiar da aplicação *Bacillus* para melhorar a sobrevivência e o crescimento durante a fase de aclimação em viveiro, bem como melhorar o desempenho da planta em condições de campo, dependendo do tipo de solo e do estágio de desenvolvimento da planta (Kavoo-Mwangi *et al.*, 2013).

**Figura 4** -Variáveis relacionadas ao crescimento de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas a tratamento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos tratamentos controles (plantas não inoculadas e plantas fertilizadas) na fase de aclimatização aos 74 DAT.



Legenda: (a): Comprimento da raiz, (b): Área foliar, (c): Peso fresco da parte aérea, (d): Peso seco da parte aérea, (e): Peso fresco da raiz, (f): Peso seco da raiz. Controle - (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp.) (—) avaliação aos 74 DAT, no qual letras diferentes indicam diferença a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor, 2020.

Segundo Silveira e Freitas (2007) um problema relatado com muita frequência nos artigos com BPCP's é a variabilidade dos resultados, o qual pode estar relacionado com a colonização radicular variável, por problemas de sobrevivência do inóculo ou por condições desfavoráveis para a bactéria. Os resultados relatados neste estudo podem, ter sido influenciados pela baixa concentração das bactérias encontrada no solo ao final do

experimento, tendo em vista que até alcançar os 44 DAT o uso da Cepa 186 não apresentou diferenças significativas das plantas fertilizadas, podendo ser considerado como um ganho, observando-se ainda que houve incrementos em variáveis quando comparadas as plantas não inoculadas.

### 3.3.3 Análise de minerais nas folhas e nas raízes

A análise de variância para os teores de minerais na parte aérea apontou que apenas para os teores de nitrogênio ( $F_{3,9} = 4,12$ ,  $p = 0,043$ ) e fósforo ( $F_{3,9} = 15,53$ ,  $p = 0,007$ ), houve diferenças entre os tratamentos. Já para a parte radicular, houve diferenças entre os tratamentos para o potássio ( $F_{3,9} = 6,01$ ,  $p = 0,015$ ), cálcio ( $F_{3,9} = 10,8$ ,  $p = 0,002$ ), e magnésio ( $F_{3,9} = 5,9$ ,  $p = 0,016$ ), com os demais minerais não apresentando diferenças (Tabela 5).

Para o teor de nitrogênio da parte aérea, as mudas inoculadas com o *Bacillus* sp. cepa 109 ( $17,93 \text{ g.kg}^{-1} \pm 0,73$ ) apresentaram um acréscimo de 16,7% em relação ao controle positivo, sem se diferenciar dos demais tratamentos. Para o teor de fósforo na parte aérea, foi observado maior média nas mudas tratadas com a adubação de liberação lenta ( $0,88 \text{ g.kg}^{-1} \pm 0,26$ ) (Figura 5a). Vale ressaltar que o baixo conteúdo de fósforo ( $2 \text{ mg. L}^{-1}$ ) no substrato utilizado para plantio pode ter influenciado no teor de P das mudas inoculadas com *Bacillus*, tendo em vista que é necessário haver um teor suficiente do nutriente para que a bactéria possa realizar sua solubilização, o tornando disponível para absorção.

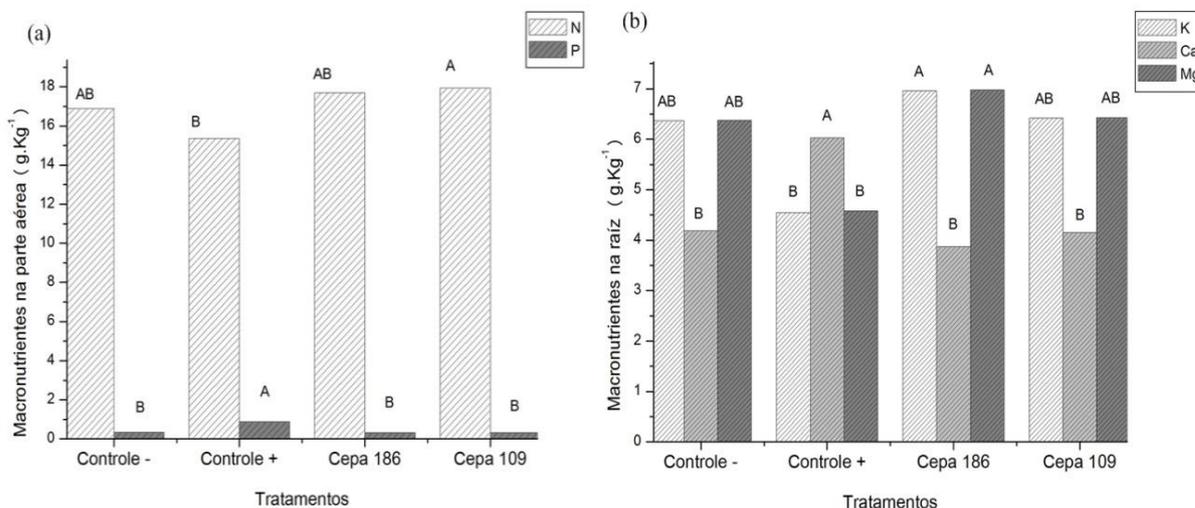
Ao se analisar os minerais nas raízes, se observa que as mudas inoculadas com o *Bacillus* sp. cepa 186 apresentaram incrementos dos teores dos minerais potássio e magnésio de 53,3 % e 52,2 %, respectivamente, em relação ao controle positivo ( $6,96 \text{ g.kg}^{-1} \pm 0,39$  e  $6,98 \text{ g.kg}^{-1} \pm 0,40$ ), não diferindo dos demais tratamentos. Por outro lado, o maior teor de cálcio foi encontrado em mudas que receberam adubação mineral ( $6,03 \text{ g.kg}^{-1} \pm 0,72$ ), sem diferença entre os demais tratamentos (Figura 5b).

**Tabela 5** - Análise de variância dos teores de minerais de folhas e raízes de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas ao fator de promoção de crescimento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não inoculadas e plantas fertilizadas).

		Quadrados Médios						
Fontes de Variação	GL	Macronutrientes na Parte Aérea						
		N	P	K	Ca	Mg	S	Na
Bloco	3	7,14 *	0,019 <sup>ns</sup>	2,61 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	2,61 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	0,020 <sup>ns</sup>
Tratamento	3	5,37 *	0,31 **	0,25 <sup>ns</sup>	4,66 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,0087 <sup>ns</sup>	0,0087 <sup>ns</sup>
Resíduo	9	1,30	0,020	0,75	1,56	0,75	0,007	0,0053
CV (%)	-	6,73	30,43	11,52	15,97	11,52	13,95	29,59
		Micronutrientes na Parte Aérea						
Fontes de Variação	GL	Cu			Fe		Mn	
Bloco	3	0,43 <sup>ns</sup>			1321,56 <sup>ns</sup>		20076,06 <sup>ns</sup>	
Tratamento	3	0,43 <sup>ns</sup>			301,39 <sup>ns</sup>		8673,64 <sup>ns</sup>	
Resíduo	9	0,42			343,74		5285,36	
CV (%)	-	27,60			15,82		19,88	
		Macronutrientes na Raiz						
Fontes de Variação	GL	P	K	Ca	Mg	S		
Bloco	3	0,0080 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	1,005 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>		
Tratamento	3	0,013 <sup>ns</sup>	4,43 *	3,89 **	4,36 *	0,024 <sup>ns</sup>		
Resíduo	9	0,0076	0,74	0,36	0,73	0,064		
CV (%)	-	22,94	14,14	13,16	14,06	20,26		
		Micronutrientes na Raiz						
Fontes de Variação	GL	Cu		Fe	Zn	Mn		
Bloco	3	1,015 <sup>ns</sup>		397228,4 <sup>ns</sup>	468,43 <sup>ns</sup>	1247,18 *		
Tratamento	3	5,68 <sup>ns</sup>		1145672 <sup>ns</sup>	249,89 <sup>ns</sup>	671,43 <sup>ns</sup>		
Resíduo	9	1,76		384801,6	711,93	196,14		
CV (%)	-	21,37		41,88	41,27	16,65		

Legenda: N – Nitrogênio; P – Fósforo; K – Potássio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; S – Enxofre; Na – Sódio; Cu – Cobre; Zn – Zinco; Mn – Manganês. (ns) – não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; e (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020.

**Figura 5 - (a)** Teores médios de minerais nas folhas e **(b)** Teores médios de minerais nas raízes de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas ao fator de promoção de crescimento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não inoculadas e plantas fertilizadas) aos 74 DAT.



Nos gráficos, colunas iguais identificadas com letras diferentes indicam diferença entre os tratamentos a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Fonte: Autor, 2020.

As bactérias promotoras de crescimento podem atuar na solubilização de nutrientes no solo ou substrato tornando-os mais prontamente disponíveis para as plantas, podendo proporcionar melhorias na captação de água e nutrientes (ABHILASH *et al.*, 2016). Em um estudo, Paungfoo-Lonhienne *et al.* (2019) investigando se o uso de bactérias promotoras de crescimento pode melhorar o desempenho dos fertilizantes, concluiu que estas em combinação com fertilizantes inorgânicos e orgânicos têm o potencial de melhorar a eficiência de absorção do N, e diminuir os riscos ambientais associados à lixiviação de N.

Já em outro trabalho foi constatado que, o uso de rizobactérias (*Azospirillum brasilense* e *Bacillus sphaericus*) como bioestimulante e biofertilizante para crescimento e produção de bananeiras, associado a um suprimento mínimo de fertilizante nitrogenado, foi eficaz para aumentar o crescimento das plantas, a absorção de nutrientes (N e P nas folhas e K, Ca e Mg nas raízes), e o rendimento de bananas (Mia *et al.*, 2010). Os mesmos autores afirmam ainda que a inoculação associada ao uso de 33% de fertilizante nitrogenado poderia fixar N<sub>2</sub> (5,0 a 5,3% de nitrogênio derivado da atmosfera), bem como aumentar a taxa de fixação de N<sub>2</sub> devido ao efeito sinérgico entre as rizobactérias e o fertilizante-N.

O uso das cepas e 109 e 186 pode ter contribuído para a liberação de nutrientes para as mudas, uma vez que a concentração de todos os minerais ou foram maiores ou iguais nesses tratamentos em relação aquele com o uso de adubo de liberação lenta, demonstrando seu possível potencial para melhoria do aproveitamento de nutrientes pelas plantas, ainda que

este fato não tenha contribuído para a melhoria do crescimento.

Os valores de N e P presentes nas folhas das mudas tanto no tratamento com aplicação de fertilizante de liberação lenta, quanto com uso de inoculação das cepas de *Bacillus* sp. (Tabela 6) encontravam-se abaixo da faixa crítica para folhas de bananeira ‘Prata-Anã’ registradas por Silva *et al.* (2002) (26,2 e 1,6 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente). Isso indica que as mudas não se encontravam dentro dos níveis de nutrição adequada quanto aos nutrientes de maior requerimento, os quais são preconizados por Borges (2006) na seguinte ordem decrescente: K > N > Mg > Ca > S > P. No presente trabalho a relação de extração encontrada para a parte aérea foi a seguinte: N > Ca > Mg > K > S > P > Na. Já para as raízes o padrão de extração observado foi, em ordem decrescente: K > Mg > Ca > S > P (Tabela 6).

**Tabela 6** - Médias dos teores de macronutrientes de folhas e raízes de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não inoculadas e plantas fertilizadas).

Médias							
Macronutrientes nas Folhas (g.kg <sup>-1</sup> )							
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na
Controle -	16,88 AB	0,34 B	7,21 A	7,29 A	7,22 A	0,62 A	0,27 A
Controle +	15,37 B	0,88 A	7,72 A	9,16 A	7,72 A	0,67 A	0,18 A
Cepa 186	17,70 AB	0,32 B	7,40 A	8,18 A	7,41 A	0,59 A	0,26 A
Cepa 109	17,93 A	0,32 B	7,72 A	6,69 A	7,72 A	0,56 A	0,28 A
Macronutrientes nas Raízes (g.kg <sup>-1</sup> )							
	P	K	Ca	Mg	S		
Controle -	0,38 A	6,37 AB	4,19 B	6,38 AB	1,24 A		
Controle +	0,46 A	4,55 B	6,03 A	4,58 B	1,30 A		
Cepa 186	0,34 A	6,96 A	3,87 B	6,98 A	1,32 A		
Cepa 109	0,34 A	6,42 AB	4,15 B	6,43 AB	1,15 A		

Legenda: Controle – (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp.). Nas colunas, médias seguidas com letras diferentes indicam diferença entre os tratamentos a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Fonte: Autor, 2020.

A bananeira é uma planta muito exigente quanto à nutrição. A quantidade de nitrogênio requerida pela bananeira é contínua durante a maior parte de seu ciclo, principalmente durante o período de desenvolvimento vegetativo. O N favorece a emissão e o desenvolvimento dos perfilhos, além de aumentar a quantidade de matéria seca. A falta do nutriente reduz o número de folhas, bem como aumenta o número de dias para a emissão de uma folha (BORGES *et al.*, 2002). Já o P favorece o desenvolvimento vegetativo e o sistema radicular e a falta desse nutriente causa crescimento atrofiado das plantas e pouco

desenvolvimento das raízes (BORGES *et al.*, 2002).

Segundo Santos (2014) o potássio é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes. Tem importante função no estado energético da planta, na translocação e no armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos.

Prado (2008) menciona que o processo de absorção do potássio pode ser interferido em situações de elevadas concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , podendo ocorrer a inibição da absorção dele. A análise da composição química do substrato utilizado após a autoclavagem mostra que os teores de Ca e Mg eram de uma ordem de 43,8 e 8,46 vezes maior, respectivamente, que o teor de K, o que justifica o padrão de extração dos nutrientes pelas mudas de bananeira, bem como sua presença nas plantas estar inferior ao proposto por Silva *et al.* (2002), que é de  $30,0 \text{ g.kg}^{-1}$ .

O mesmo ocorre para o teor de fósforo presente na composição química do substrato, onde após autoclavagem mostra que houve um pequeno aumento de 2 vezes do valor inicial ( $1 \text{ mg. L}^{-1}$ ), entretanto este valor manteve-se muito inferior aos demais cátions trocáveis (K, Ca e Mg), o que justifica sua posição no padrão de extração dos nutrientes pelas mudas de bananeira, e seus baixos teores nas plantas, inferior ao proposto por Silva *et al.* (2002), que é de  $1,6 \text{ g.kg}^{-1}$ .

Os teores de enxofre também se encontram inferiores ao ideal (Tabela 6), ou seja abaixo de  $1,8 \text{ g.kg}^{-1}$ , podendo estar atribuído ao baixo teor do nutriente no substrato ( $1466 \text{ mg. L}^{-1}$ ).

Quanto aos micronutrientes, pode-se verificar que apenas os valores de Fe e Mn nos tecidos foliares encontravam-se abaixo dos ideais segundo Silva *et al.* (2002) (Tabela 7). Segundo este autor os níveis críticos de micronutrientes para a cultura da bananeira são: Fe: 93,0; Cu: 3,4; Mn: 246,0; Zn:  $14,5 \text{ mg. kg}^{-1}$ .

Para a cultura da banana o padrão de extração de micronutrientes em ordem decrescente seria:  $\text{Cl} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu}$  (Borges *et al.*, 2004). No presente trabalho pode ser observado um teor diferente, tendo sido absorvido em ordem decrescente para folhas e raízes, respectivamente:  $\text{Cu} > \text{Mn} > \text{Fe}$ , e  $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$ .

Segundo Taiz e Zeiger (2017) para que as plantas tenham um crescimento dito normal, é necessário o fornecimento adequado tanto de macro quanto de micronutrientes, bem como água e energia solar para que estas possam sintetizar todos os compostos necessários.

**Tabela 7** – Médias dos teores de micronutrientes de folhas e raízes de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, submetidas aos fatores de promoção de crescimento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não inoculadas e plantas fertilizadas).

	Médias						
	Micronutrientes nas Folhas (mg.kg <sup>-1</sup> )			Micronutrientes nas raízes (mg.kg <sup>-1</sup> )			
	Cu	Fe	Mn	Cu	Fe	Zn	Mn
Controle -	16,88	0,34	7,21	4,75	1289,00	68,13	93,38
Controle +	15,37	0,88	7,72	7,25	2271,88	61,00	65,13
Cepa 186	17,70	0,32	7,40	7,13	1087,13	73,75	86,63
Cepa 109	17,93	0,32	7,72	5,75	1276,63	55,75	91,25

Legenda: Controle - (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp.). Nas colunas, médias seguidas com letras diferentes indicam diferença entre os tratamentos a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Fonte: Autor, 2020.

### 3.4 Conclusão

As mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina adubadas com fertilizante de liberação lenta (Osmocote®) mostraram melhor desempenho para a altura, número de folhas, área foliar, peso fresco de parte aérea e de raiz, e peso seco da raiz.

O uso do *Bacillus* sp. cepas 186 e 109 não promoveu crescimento das mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina ao final da fase de aclimatização nas condições em que foi conduzido o estudo.

O *Bacillus* sp. cepa 109 promoveu incremento do teor de nitrogênio foliar, enquanto o *Bacillus* sp. cepa 186 incrementou os teores de potássio e magnésio nas raízes.

## Referências

- ABHILASH, P.C.; DUBEY, R. K.; TRIPATHI, V.; GUPTA, V. K.; SINGH, H. B. Plant Growth-Promoting Microorganisms for Environmental Sustainability. **Trends in Biotechnology**, v. 34, n. 11, p. 847-850, nov. 2016.
- APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3. ed. Washington, American Public Health Association, 1992.
- BORGES, A. L.; SOUZA; L. S.; CORDEIRO, Z. J. M. **Cultivo orgânico da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. 10p. (Embrapa-CNPMPF.Circular Técnica, 81).
- BORGES, A.L.; RAIJ, B. van; MAGALHÃES, A.F. de J.; BERNARDI, A. C. de C. **Nutrição e adubação da bananeira irrigada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 8p. (Embrapa-CNPMPF.Circular Técnica, 48).
- BRAINERD, K. E.; FUCHIGAMI, L. H. Acclimatization of aseptically cultured plants to low relatively humidity. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, USA, v. 106, n. 4, p. 515-518, jul. 1981.
- CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S'A; BERNADI, A. C. C E SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41 p.(Circular técnica)
- CARVALHO, A. C. P. P. de; RODRIGUES, A. A. de J.; SANTOS, E. de O. **Produção de mudas micropropagadas de bananeira**. Fortaleza: Embrapa Agroindustria Torpical, 2012. (Circular técnica 37)
- DANTAS, N. da S.. Termografia para detecção de estresse térmico na aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira, suplementadas com bactérias promotoras de crescimento em diferentes ambientes. 2019. 35f. **Monografia** (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2019.
- ENEBE, M.C.; BABALOLA, O.O. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria in plant tolerance to abiotic stress: a survival strategy. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, v. 102, n. 18, p. 7821-7835, set. 2018.
- FERREIRA, C. F. et al. **O agronegócio da banana**. Embrapa, 2016. 832p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. FAOSTAT: production-crops. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 15 de Fevereiro de 2020.
- GAO, S., WU, H., YU, X., QIAN, L., GAO, X.. Swarming motility plays the major role in migration during tomato root colonization by *Bacillus subtilis* SWR01. **Biological**

**control**, v. 98, p. 11–17, 2016.

KADO, C.I.; HESKETT, M.G. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*. **Phytopathology**, v. 60, n. 6, p. 969-976, jan.1970.

KAVOO- MWANGIA, A.M.; KAHANGIA, E.M.; ATEKAA, E.; ONGUSOA, J.; MUKHONGOB, R.W.; MWANGIB, E.K.; JEFWA, J.M.. Growth effects of microorganisms based commercial products inoculated to tissue cultured banana cultivated in three different soils in Kenya. **Applied Soil Ecology**. v. 64, p. 152–162, fev. 2013.

KJELDAHL, J. A New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Matter. **Zeitschrift für Analytische Chemie**, v. 22, p. 366-382, dez. 1883.

LELLIOTT, R. A.; STEAD, D. E. **Métodos para o diagnóstico de doenças bacterianas de plantas**. Publicações Científicas da Blackwell. 1987.

MARTINS, A. N.; POZ, L. D.; SUGUINO, E.; DIAS, N. M. S.; PERDONÁ, M. J. Aclimação de mudas micropropagadas de bananeira “Nanicão Williams” em diferentes substratos e fontes de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.1, p.65-72, jan./mar. 2011.

MELO, J. N. de. Aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira cv. ‘Prata Catarina’ em diferentes ambientes. 2019. 34f. **Monografia** (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019

MIA, M. B., SHAMSUDDIN, Z. H., WAHAB, Z., & MARZIAH, M. Rhizobacteria as bioenhancer and biofertilizer for growth and yield of banana (*Musa* spp. cv. ‘Berangan’). **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 80-87, set. 2010.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, p. 473- 497, 1962.

NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; GARCIA, V. A.; RODRIGUES, D. S. Crescimento de mudas micropropagadas da bananeira cv. Nanicão, em diferentes substratos e fontes de fertilizante. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 359-363, mai. 2008.

NOMURA, E.S.; LIMA, J.D.; RODRIGUES, D.S.; GARCIA, V.A.; FUZITANI, E.J. Influência do substrato e do tipo de fertilizante na aclimação de mudas de bananeira ‘Prata-Anã’. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.3, p.773-779, mai./jun.2009.

PAUNGFOO-LONHIENNE, C.; REDDING, M.; PRATT, C.; WANG, W. Plant growth promoting rhizobacteria increase the efficiency of fertilisers while reducing nitrogen loss. **Journal of Environmental Management**, v. 233, p. 337-341, mar. 2019.

POSADA, L. F.; ÁLVAREZ, J.C.; ROMERO-TABAREZ, M.; DE-BASHAN, L.; VILLEGAS-ESCOBAR, V. Enhanced molecular visualization of root colonization and growth promotion by *Bacillus subtilis* EA-CB0575 in different growth systems. **Microbiological Research**, v. 217, p 69-80, dez. 2018.

PRADO, R.M. **Nutrição de Plantas**, São Paulo: Editora Unesp, 407p, 2008.

RAMAKRISHNA, W.; RATHORE, P.; KUMARI, R.; YADAV, R. Brown gold of marginal soil: Plant growth promoting bacteria to overcome plant abiotic stress for agriculture, biofuels and carbon sequestration. **Science of The Total Environment**, v. 711, p. 1-11, abr. 2020.

ROMEIRO, R. Técnica de microgota para contagem de células bacterianas viáveis em uma suspensão: **UFV**. Viçosa, 2007.

SANTOS, E. de O. Adubações orgânica e mineral em mudas micropropagadas de bananeira cv Prata Catarina durante a aclimatização. 2014. 81 f. **Dissertação** (Mestrado em agronomia)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2014.

SANTOS-SEREJO, J. A.; SOUZA, A. S.; SOUZA, F. V. D.; JUGHANS, T. G.; LINO, L. S. M.; SOARES, T. L.; SOUZA, E. H. Micropropagação da bananeira. In: JUGHANS, T. G.; SOUZA, A. S. (Ed.). **Aspectos práticos da micropropagação de plantas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p. 237-255, 2009.

SILVEIRA, A. P. D. DA; FREITAS, S. DOS S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. 312 p.

SOUZA, R. de; MEYER, J.; SCHOENFELD, R.; COSTA, P.B. da; PASSAGLIA, L. M. Characterization of plant growth-promoting bacteria associated with rice cropped in iron-stressed soils. **Annals Microbiol.**, v. 65, n. 2, p. 951-964, jul. 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre. Ed. Artmed, 2017. 858p.

## 4 CAPÍTULO II - CRESCIMENTO E ECOFISIOLOGIA DE MUDAS MICROPROPAGADAS DE BANANEIRA CV PRATA CATARINA IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA E INOCULADAS COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO

### Resumo

Por ser cultivada em todo o território nacional, os pomares de bananeira nas regiões áridas e semiáridas necessitam de utilizar irrigação. No entanto, nessas regiões as fontes hídricas disponíveis apresentam teores elevados de sais, o que pode prejudicar o desenvolvimento das plantas, principalmente na fase jovem, sendo necessário a busca de novas tecnologias que atenuem os efeitos do estresse e seja possível alcançar produção desejável. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação no desenvolvimento vegetativo e ecofisiológico de mudas micropropagadas de bananeiras cultivar Prata Catarina inoculadas com cepas de *Bacillus* sp. O experimento foi conduzido em telado pertencente a Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x4, com quatro fatores de promoção de crescimento (controle negativo - plantas não inoculadas e não fertilizadas; controle positivo – plantas fertilizadas com adubo de liberação lenta Osmocote® 14-14-14; cepa 186 – plantas inoculadas com *Bacillus* sp.; cepa 109 – plantas inoculadas com *Bacillus* sp.); submetidas a quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) (0,5; 1,5; 3,0; 4,5 dS m<sup>-1</sup>) e cinco repetições de três plantas cada, totalizando 240 plantas. Foram avaliadas variáveis relacionadas ao crescimento das mudas, as trocas gasosas foliares e os teores de minerais em folhas e raízes. Os diferentes níveis de salinidade na água de irrigação provocaram redução nas variáveis de crescimento e nas trocas gasosas, com comportamento linear decrescente a partir do menor nível salino. O uso das cepas de *Bacillus* sp.186 e 109 não promoveu melhoras no crescimento das plantas em comparação aos controles, não havendo também melhoras nas trocas gasosas em resposta ao aumento da salinidade, nas condições em que foram realizadas o experimento. Quanto à nutrição, a salinidade provocou acúmulo de K e Mg proporcionalmente superior ao acúmulo de Na, podendo ser um mecanismo de tolerância a salinidade da própria planta. O uso das bactérias de maneira geral não modificou os teores de minerais nas plantas.

**Palavras-chave:** rizobactérias, salinidade, trocas gasosas, crescimento

## Abstract

As it is cultivated throughout the national territory, banana orchards in arid and semi-arid regions need to use irrigation. However, in these regions the available water sources have high levels of salts, which can hinder the development of plants, especially in the young stage, being necessary the search for new technologies that mitigate the effects of stress and it is possible to achieve desirable production. Thus, the objective of the study was to evaluate the effects of irrigation water salinity on the vegetative and ecophysiological development of micropropagated seedlings of banana cultivar Prata Catarina inoculated with strains of *Bacillus* sp. The experiment was conducted on a screen belonging to Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brazil. The design used was in randomized blocks, in a 4x4 factorial scheme, with four growth promotion factors (negative control - uninoculated and unfertilized plants; positive control - plants fertilized with slow release fertilizer Osmocote® 14-14-14; strain 186 - plants inoculated with *Bacillus* sp.; strain 109 - plants inoculated with *Bacillus* sp.); submitted to four levels of electrical conductivity of irrigation water (CEa) (0.5; 1.5; 3.0; 4.5 dS m<sup>-1</sup>) and five replications of three plants each, totaling 240 plants. Variables related to seedling growth, leaf gas exchange and mineral content in leaves and roots were evaluated. The different levels of salinity in the irrigation water caused a reduction in the growth variables and gas exchange, with decreasing linear behavior from the lowest saline level. The use of *Bacillus* sp.186 and 109 strains did not promote improvements in plant growth compared to controls, and there was also no improvement in gas exchange in response to increased salinity, under the conditions in which the experiment was carried out. As for nutrition, the salinity caused an accumulation of K and Mg proportionally higher than the accumulation of Na, which may be a mechanism of tolerance to the salinity of the plant itself. The use of bacteria in general did not change the levels of minerals in plants.

**Keywords:** rhizobacteria, salinity, gas exchange, growth

## 4.1 Introdução

O cultivo da banana é uma atividade lucrativa e desenvolvida por todo o território nacional e o Nordeste brasileiro apresenta a maior área colhida no país com 177,3 mil hectares e a segunda maior produção, com 2,25 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2019; IBGE, 2020), sendo de grande importância socioeconômica para a região.

A fruta constitui parte da alimentação de populações de baixa renda, isso não só devido ao seu alto valor nutritivo, mas também pelo seu custo menor em relação a outras frutas, apresentando assim como um papel importante para a permanência do homem no campo, visto que seu cultivo é predominantemente oriundo da agricultura familiar (SANTOS *et al.*, 2017).

Devido à necessidade de produção em larga escala em decorrência da alta demanda de consumo da fruta, os bananicultores têm investido na produção de mudas com alta qualidade (SANTOS *et al.*, 2017). A utilização de mudas micropropagadas é uma prática que vem ocorrendo de forma mais presente nos sistemas de produção, devido aos fatores de qualidade fisiológica, genética e fitossanitária, além da possibilidade de rápida multiplicação e uniformidade da produção (CARVALHO *et al.*, 2012).

Em adição, para se ter uma boa produção, se faz necessário o uso da prática de irrigação, especialmente nas regiões semiáridas (SILVA *et al.*, 2009). Entretanto, nessas regiões há fatores associados a irrigação que contribuem para a redução da produtividade das culturas, como o elevado nível de sais na água, ocasionando diversos graus de estresse nas plantas e a redução do potencial produtivo dos solos (LARCHER, 2004).

Face ao exposto, é de fundamental importância à busca por tecnologias de produção que possam tornar viáveis a utilização dessas águas de qualidade inferior na agricultura moderna (SOARES *et al.*, 2016). Uma alternativa para atenuar o efeito deletério desse estresse nas plantas é o uso de bactérias promotoras de crescimento. Ferreira *et al.* (2018) trabalhando com *Bacillus subtilis* inoculados na cultura do milho, comprovaram que eles favoreceram o crescimento da cultura mesmo quando submetidas a maior condição salina utilizada.

Certas linhagens de BPCP's protegem as plantas dos efeitos nocivos da alta concentração de  $\text{Na}^+$  no ambiente salino do solo através da produção de exopolissacarídeos, os quais podem reduzir a captação de  $\text{Na}^+$  na planta além de forma biofilme no sistema radicular. A disponibilidade reduzida de  $\text{Na}^+$  resulta na diminuição de sua absorção, mantendo assim uma alta relação  $\text{K}^+ / \text{Na}^+$ , essencial para a tolerância à salinidade e manutenção do potencial osmótico em uma planta (NADEEM *et al.*, 2014).

Outro mecanismo apontado por RAMAKRISHNA *et al.* (2020) é de que as BPCP's podem atuar como um coletor de ACC (1-aminociclopropano-1-carboxilato) e podem hidrolisá-lo por meio da enzima ACC desaminase na forma de amônia e  $\alpha$ -cetobutirato, reduzindo assim o nível de etileno (hormônio do estresse), fornece nitrogênio e energia, promovendo assim o crescimento das plantas sob condições de estresse de salinidade

Sabendo-se que a salinidade afeta de forma severa principalmente as plantas mais jovens, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação no desenvolvimento vegetativo e ecofisiológico de mudas micropropagadas de bananeiras cultivar Prata Catarina inoculadas com cepas de *Bacillus* sp.

## **4.2 Materiais e métodos**

O experimento foi iniciado no mês de maio de 2019, sendo finalizado no mês de julho de 2019, conduzido em telado agrícola pertencente a Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil. A região apresenta um clima do tipo Aw', segundo a classificação de Köppen, caracterizando-se pelo clima tropical chuvoso, de savana tropical, com época mais seca no inverno e máximo de chuvas no outono. Está localizada a altitude de 19,5 m acima do nível do mar, apresentando as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 3° 45' S e longitude 38° 34' W. O telado possuía 16 metros de comprimento por 4 metros de largura, 2,5 metros de altura, sendo coberta e fechada lateralmente com sombrite de 50%, permitindo a ventilação natural. Durante o período experimental foram registrados uma média de 27,3°C de temperatura, umidade relativa do ar de 77,66 % e uma precipitação acumulada de 698,2 mm.

### **4.2.1 Instalação e condução dos experimentos**

As plântulas micropropagadas de bananeira da cultivar Prata Catarina foram produzidas através de micropropagação na Empresa BioClone Produção de Mudanças, com sede em Eusébio, Ceará. As mesmas, logo que retiradas dos potes de vidro contendo meio de cultura, tiveram suas raízes lavadas em água corrente e as raízes aparadas para comprimento máximo de 1 cm, para facilitar o acondicionamento destas nas células de plantio de bandejas de polietileno de 162 células. Nesta fase, o substrato utilizado foi o Germina Plant Horta®, com composição a base de turfa e casca de arroz carbonizada, o qual passou por um processo de esterilização a vapor em autoclave vertical à uma temperatura de 121°C por uma hora, e após 24 horas em repouso repetiu-se o procedimento, o material foi acondicionado em câmara fria onde permaneceu por 7 dias antes do uso, a fim de evitar crescimento de microrganismos e toxidez as mudas. O substrato foi analisado com relação às suas características químicas, antes e após processo de esterilização.

As plântulas passaram por um período de pré-aclimatização em sala sob temperatura controlada (28° C) e luz artificial (DANTAS, 2019; MELO, 2019).

Posteriormente, foram levadas a casa de vegetação, onde foram postas sob luminosidade reduzida, momento em que foi realizada a aplicação de adubo de liberação lenta – Osmocote® 14-14-14 (5,0 kg m<sup>-3</sup>), seguindo o modo de produção de mudas convencional (NAMURA *et al.*, 2008).

Ao completarem 45 dias de transplântio (DAT), a mudas foram transplantadas para sacos de polietileno com capacidade para 1,5 quilos, contendo substrato composto por uma proporção de 1:1 de solo peneirado coletado do campo experimental de Pacajus, da Embrapa Agroindústria Tropical, em Pacajus, Ceará e do substrato comercial (Germina Plant Horta®). O substrato e o solo foram esterilizados, conforme já descrito, para posterior uso. O substrato comercial e o solo foram analisados com relação às suas características químicas, antes e após processo de esterilização (Tabela 8).

**Tabela 8** - Características químicas do substrato Germina Plant Horta® antes e após o processo de autoclavagem.

Substrato	pH	CE	N-total	Ca	Mg	K	Na	P	S	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>		
		dS.m <sup>-1</sup>	g.Kg <sup>-1</sup>	-----mg.L <sup>-1</sup> -----									
Comercial	6,0	0,24	15,2	2197	375	27	63	1	1333	11	122		
Autoclavado	5,7	0,23	15,1	2106	406	48	106	2	1466	47	63		
Solo	MO	pH	P	K	Ca	Mg	Na	H+Al	Al <sup>+3</sup>	SB	CTC	V	
	g.Kg <sup>-1</sup>		mg.dm <sup>-3</sup>	-----					mmolc.dm <sup>-3</sup>		-----		%
Natural	6,2	5,5	9,4	1,2	11	5	0	21,8	0,4	18	39	45	
Autoclavado	5,7	5,6	5,6	1,3	10	5	0	23,8	0,0	17	41	41	

Fonte: Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical.

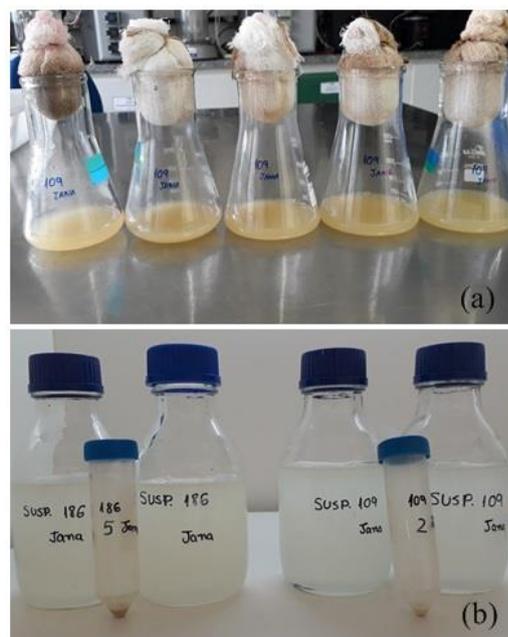
O delineamento adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4, com quatro fatores para promoção de crescimento (controle negativo - plantas não inoculadas e não fertilizadas; controle positivo – plantas fertilizadas com adubo de liberação lenta Osmocote® 14-14-14; cepa 186 – plantas inoculadas com *Bacillus* sp.; cepa 109 – plantas inoculadas com *Bacillus* sp.); submetidas a quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) (0,5; 1,5; 3,0; 4,5 dS m<sup>-1</sup>) e cinco repetições de três plantas cada, totalizando 240 plantas.

As duas cepas de bactérias utilizadas no experimento pertencem à coleção de Bactérias e Fungos do Laboratório de Patologia Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, sendo as mesmas oriundas de pesquisa desenvolvida por este laboratório, a partir de isolamento de rizosferas de plantios de banana na região Nordeste, os quais eram isentos de

problemas patológicos e apresentavam bom desenvolvimento vegetativo em campo. A cepa 186 foi coletada em 20 de abril de 2016, a partir da rizosfera de bananas da cultivar Williams, no município de Assú – RN. Já a cepa 109 foi coletada em 29 de junho de 2015, sendo isolada da rizosfera de banana cultivar Nanica, localizada no município de Missão Velha – CE.

As suspensões de inóculos das cepas de *Bacillus* spp. 186 e 109 foram preparadas a partir da obtenção da biomassa: o pré-inóculo, obtido a partir de uma alçada das cepas ativadas e imersas em 50 mL de caldo NYD, permaneceram em crescimento por 24 horas a 30 °C e rotação de 150 RPM, em agitador horizontal com controle de temperatura (Figura 1a). Posteriormente, uma alíquota de 50 uL do pré-inóculo foi diluído em 100 mL do caldo NYD e posto novamente para crescimento para que fosse obtido o inóculo. Após 24 horas a suspensão bacteriana foi transferida para tubos Falcon e posta para centrifugar por 10 minutos a 3500 RPM e 25° C, este procedimento foi repetido por mais duas vezes consecutivas para retirada de todo meio de cultura, sendo utilizada solução salina de 8,5 g de NaCl durante as lavagens para que fosse evitada a plasmólise das células bacterianas. Por fim, cada suspensões bacterianas foram diluídas em 200 mL de solução salina para ajuste da concentração para aproximadamente  $1,2 \times 10^9$  UFC. mL<sup>-1</sup> (Figura 6b).

**Figura 6** - a) Inóculos das cepas de *Bacillus* spp. cepas 186 e 109 e b) Suspensões bacterianas prontas para aplicação via solo dos fatores de promoção de crescimento. EMBRAPA, Fortaleza – CE, 2019.



Fonte: Autor

As suspensões bacterianas foram aplicadas na mistura solo + substrato,

colocando-se 4 mL por saco plástico contendo a muda micropropagada, com auxílio de seringa estéril. O processo de inoculação foi repetido 30 dias após a primeira aplicação. O adubo de liberação lenta foi aplicado via solo, colocando-se aproximadamente 6 g do fertilizante Osmocote® 14-14-14 ( $5,0 \text{ kg m}^{-3}$ ) por saco (NAMURA *et al.*, 2008).

Os níveis de salinidade foram induzidos através da água de irrigação com diferentes condutividades elétricas ( $CE_a$ ), obedecendo-se à relação entre  $CE_a$  e concentração ( $\text{mmolc L}^{-1} = CE \times 10$ ), extraída de Rhoades *et al.*, (1991). Foram adotados quatro níveis de salinidade: 0,5; 1,5; 3,0; 4,5  $\text{dS m}^{-1}$ , os quais foram escolhidos a partir de níveis pré-estabelecidos pela literatura com relação à tolerância da bananeira à salinidade (BORGES *et al.*, 2004). As soluções com os diferentes níveis de sais foram preparadas a partir da adição dos sais de Cloreto de sódio, Cloreto de cálcio e Cloreto de magnésio, na proporção de 7:2:1, relação esta predominante nas principais fontes de água disponíveis a irrigação no Nordeste, conforme Medeiros (1992), e seu ajuste foi realizado por meio de Condutivímetro de bolso (modelo DIST4 marca Hanna).

A aplicação de água salina foi realizada por meio do monitoramento da capacidade de campo do solo, medido pelo peso do conjunto “saco plástico com mistura solo + substrato + planta”, com auxílio de uma balança digital eletrônica de precisão (modelo Sf-400, capacidade até 10 kg). Para tanto, determinou-se a capacidade de campo da “mistura solo + substrato” após 24 horas de drenagem da água de irrigação aplicada em excesso, bem como o peso do conjunto diariamente, repondo-se a água evapotranspirada.

#### **4.2.2 Avaliação da promoção do crescimento**

As avaliações relacionadas à promoção de crescimento foram realizadas aos 67 dias após o início da irrigação com água salina, medindo-se as seguintes variáveis:

- a) altura da planta (cm): mensurada com auxílio de uma régua ao nível do substrato até a última gema apical;
- b) diâmetro do pseudocaule (mm): mensurado com auxílio de paquímetro digital, realizando as medições a cerca de 1 centímetro acima do colo da planta;
- c) número de folhas: contagem nominal das folhas totalmente expandidas e fotossintetizantes, excluindo-se as folhas senescentes.
- d) comprimento do sistema radicular (cm): utilizando régua mediu-se do início do rizoma até a extremidade máxima da raiz.
- e) área foliar ( $\text{cm}^2$ ): utilizando-se medidor de área foliar (LI – 3100, Área Meter,

Li-Cor., Inc., Lincoln, 87 Nebraska, USA);

f) matéria fresca da parte aérea e da raiz(g): pesagem do material vegetal fresco por meio de balança de precisão.

g) matéria seca da parte aérea e da raiz (g): pesagem do material vegetal seco pelo método da secagem em estufa a 65°C, até atingir peso constante, com auxílio de pesagem em balança de precisão.

#### ***4.2.3 Avaliação das trocas gasosas de mudas de bananeira cv Prata Catarina***

Realizou-se, aos 30 e 60 dias após o início da irrigação com água salina, as medições da condutância estomática ( $g_s$ ), da taxa de transpiração ( $E$ ), da taxa fotossintética líquida ( $A$ ) e da concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ). As avaliações foram realizadas sempre na folha mais jovem e completamente expandida, no horário entre 8:00 e 12:00 horas da manhã, utilizando-se um Analisador de Gás no Infravermelho portátil - IRGA, (modelo LCI, ADC, BioScientific, Inglaterra), utilizando-se de fonte de radiação artificial de  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , temperatura e a umidade ambiente.

#### ***4.2.4 Análise de minerais nas folhas e nas raízes de mudas de bananeira cv Prata Catarina***

Para as análises dos minerais nas folhas e raízes, após a secagem em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 65 °C, por um período mínimo de 72 horas, procedeu-se a trituração com auxílio de moinho analítico (Moinho Analítico IKA A11) até obtenção de pequenas partículas.

A extração de N foi realizada conforme o método de Kjeldahl (1883), utilizando 0,2 g de material vegetal com solução digestora (175 mL de água mili-Q, 21,39g de sulfato de sódio ( $Na_2SO_4$ ), 4,0g de sulfato de cobre ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ), acrescida de 200 mL de ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ )). Após o processo de digestão, o nitrogênio foi determinado por destilação por arraste de vapor, seguida de titulação com ácido diluído ( $H_2SO_4$  0,01N).

Para análise dos demais minerais (Macronutrientes: K, P, Ca, Mg, S e Na e Micronutrientes: Mn, Zn, Fe, Cu) pesou-se aproximadamente 0,5 g do material vegetal, no qual foram adicionados 8 ml de mistura ácida ( $HNO_3 - HClO_4$ , proporção 3:1). A mistura foi mantida a frio por 3 a 4 horas e em seguida levada para o bloco digestor, no qual foram submetidas à temperatura inicial de 60 °C, sendo esta elevada a cada 30 minutos, até alcançar a temperatura máxima de 250 °C. Depois de retiradas do bloco e voltarem a temperatura

ambiente as amostras digeridas foram agitadas em vórtex e transferidas para balão volumétrico de 50 mL, realizando-se a aferição do volume com água destilada, para que então fossem filtradas com auxílio de papel de filtro de velocidade lenta, estando assim pronto para determinação. A determinação desses minerais foi realizada com auxílio de espectrômetro de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente (Agilent, ICP-OES 5100). Esse equipamento faz as leituras simultaneamente para todos os analitos (CARMO *et al.*, 2000).

#### ***4.2.5 Análises estatísticas***

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas através do teste de F ( $p < 0,05$ ), quando necessário os dados foram transformados para  $\sqrt{x}$  para atender os critérios de normalidade. Quando as variáveis apresentaram diferença significativa, as médias do fator qualitativo foram comparadas através do teste de Tukey. As variáveis de fator quantitativo foram submetidas à análise de regressão. Para todas as análises foram utilizados os programas estatísticos SAEG versão 5.0 e Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

### **4.3 Resultados e discussão**

#### ***4.3.1 Avaliação da Promoção de crescimento de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina***

Os resultados da análise de variância para as variáveis de crescimento das mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina encontram-se resumidos na tabela 9. Houve interação entre os fatores para número de folhas (NF) e altura de plantas (ALT). O número de folhas (NF), a altura das plantas (ALT) e o diâmetro das plantas (DP) foram afetados pelos fatores de promoção do crescimento e pelos fatores salinos (Tabela 9).

**Tabela 9** - Análise de variância para os fatores de promoção do crescimento (P. crescimento), níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e a interação entre estes fatores quanto ao número de folhas (NF), altura de plantas (ALT) e diâmetro do pseudocaule (DP) de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.

Fontes de variação	Quadrados Médios			
	GL	NF	ALT	DP
Bloco	4	0,24 <sup>ns</sup>	32,43 <sup>**</sup>	35,01 <sup>**</sup>
P. crescimento	3	16,83 <sup>**</sup>	817,63 <sup>**</sup>	626,98 <sup>**</sup>
CEa	3	9,38 <sup>**</sup>	53,67 <sup>**</sup>	36,58 <sup>**</sup>
<i>Linear</i>	1	25,907 <sup>**</sup>	76,834 <sup>**</sup>	104,072 <sup>**</sup>
<i>Quadrática</i>	1	1,184 <sup>ns</sup>	91,081 <sup>**</sup>	0,512 <sup>ns</sup>
<i>Cúbica</i>	1	0,29 <sup>ns</sup>	1,973 <sup>ns</sup>	2,916 <sup>ns</sup>
P. crescimento. x CEa	9	1,89 <sup>**</sup>	25,07 <sup>**</sup>	7,47 <sup>ns</sup>
Resíduo	220	0,68	6,33	5,26
CV (%)	-	14,07	19,31	15,57

Legenda (ns) – não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; e (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Autor, 2020.

Observa-se que, tanto para o NF quanto para a ALT, as plantas com adubação mineral apresentaram as maiores médias, sem diferenças entre os demais fatores de promoção do crescimento, independente do nível de salinidade. Houve exceção para a variável número de folhas, que apresentou os menores valores quando as plantas foram inoculadas com a cepa 109 no nível 1,5 dS m<sup>-1</sup> de salinidade. As menores alturas foram observadas para as plantas inoculadas com a cepa 186, no tratamento sem salinidade. Com relação ao diâmetro das plantas, o comportamento foi semelhante, com as plantas que receberam adubação mineral apresentando maiores médias, sem distinção entre os demais fatores de promoção do crescimento (Tabela 10).

Apesar das plantas inoculadas apresentarem certa manutenção do número de folhas, as melhorias do crescimento das plantas de bananeira cv Prata Catarina irrigadas com água salina não foram evidenciadas no presente estudo, tendo elas apresentado comportamento semelhante às plantas não inoculadas para todas as variáveis.

Os resultados divergem dos encontrados por Nia *et al* (2019), onde aparentemente, a inoculação com *Azospirillum* adaptado com solução salina melhorou a altura da parte aérea e o peso fresco e seco de mudas de trigo sobre estresse salino.

Ramados *et al.* (2013) trabalhando com estresse salino em mudas de trigo, chegaram à conclusão de que bactérias halotolerantes isoladas de ambientes salinos têm potencial para aumentar o crescimento das plantas sob estresse salino por meio de

mecanismos diretos ou indiretos e seriam mais apropriadas como bio-inoculantes nessas condições. As cepas de bactérias 186 e 109 utilizadas no presente trabalho foram coletadas nos municípios de Assú – RN e Missão Velha – CE, em regiões as quais não se verificou haver características salinas do solo, podendo este ser um fator limitante para um melhor desempenho dos microrganismos frente ao aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.

**Tabela 10** - Médias para interação entre os fatores de promoção do crescimento x condutividade elétrica da água de irrigação para as variáveis número de folhas (NF), altura de plantas (ALT), e para diâmetro do pseudocaule (DP) de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.

CEa (ds.m <sup>-1</sup> )	NF				Média
	0,5	1,5	3,0	4,5	
Controle -	6,43 AB a	6,10 AB ab	5,53 AB bc	5,13 B c	5,80 B
Controle +	6,80 A a	6,66 A a	6,27 A a	6,80 A a	6,63 A
Cepa 186	6,0 B a	5,73 BC ab	5,60 AB ab	5,20 B b	5,63 B
Cepa 109	6,40 AB a	5,10 C b	5,40 B b	4,80 B b	5,42 B
ALT (cm)					
Controle -	13,72 B a	11,48 B b	10,65 B b	9,80 B b	11,41 B
Controle +	18,10 A b	17,37 Ab	18,23 A ab	20,41 A a	18,53 A
Cepa 186	11,38 C a	10,73 B a	9,98 B a	10,40 B a	10,62 B
Cepa 109	14,41 B a	10,63 B b	10,30 B b	10,82 B b	11,54 B
DP (mm)					
Controle -					13,54 B
Controle +					19,56 A
Cepa 186					12,84 B
Cepa 109					12,99 B

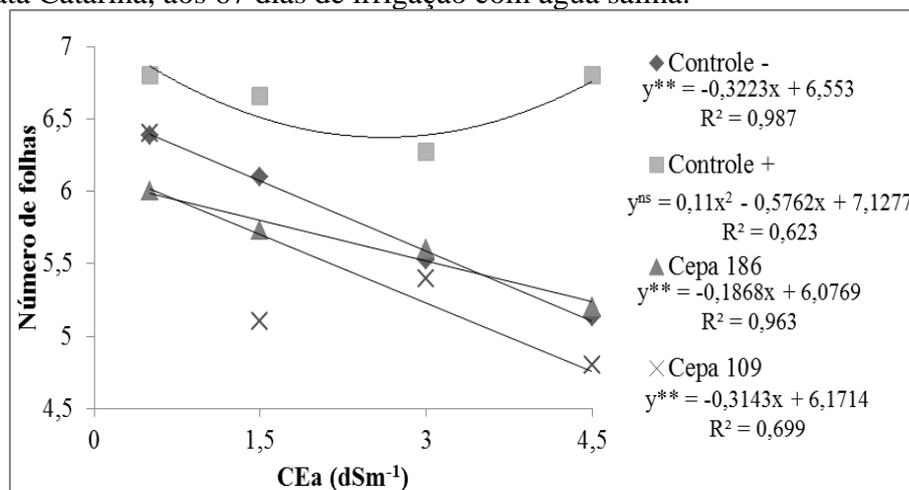
Legenda: Controle – (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas com Osmocote); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp.). Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si nas colunas a 5% de significância. Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si na mesma linha 5% de significância, por variável. Fonte: Autor, 2020.

Ao atingir 67 dias da aplicação de água salina, o número de folhas das plantas irrigadas com nível de 0,5 dS m<sup>-1</sup> foi maior que as demais, tendo demonstrado tendência de redução linear significativa para todos os tratamentos com o aumento da salinidade, com exceção do uso fertilizante que não apresentou resposta significativa a nenhum dos modelos de regressão (Figura 6). No entanto, observou-se curva de redução mais acentuada com o uso da cepa 109 e o controle negativo com uma redução de 20,22% e de 25%, respectivamente, entre os níveis de CEa adotados.

Esse efeito redutivo pode estar relacionado à incapacidade da planta de produzir

novas folhas mais rápido que a senescência (MUSCOLO *et al.*, 2003). Segundo Dias *et al.* (2016) a água de boa qualidade para irrigação deve ter condutividade elétrica menor que 0,75 dS m<sup>-1</sup>. Entretanto, até os níveis de 2 dS m<sup>-1</sup> o crescimento das plantas, em geral, não é afetado. A bananeira é uma planta muito sensível à salinidade e, para seu bom desenvolvimento vegetativo, requer valores de condutividade elétrica da água de irrigação menores que 1,0 dS m<sup>-1</sup> (DOOREMBOS; KASSAN, 1983). A absorção de sais por plantas glicófitas, como a bananeira, acarreta numa limitação do seu crescimento (LARCHER, 2004).

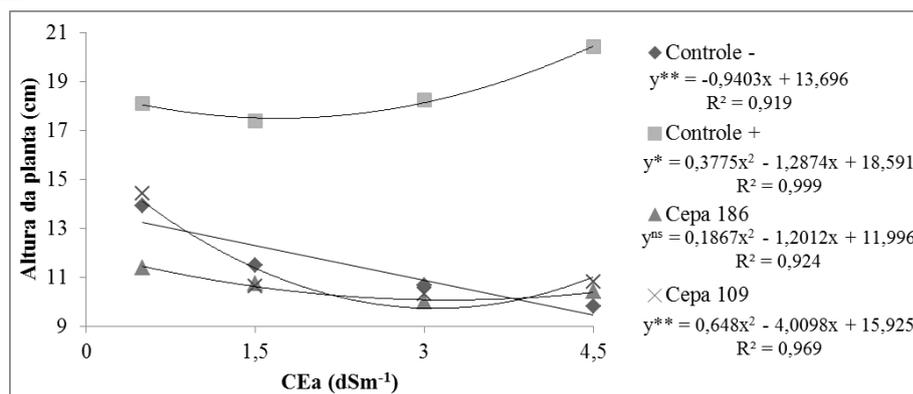
**Figura 7** - Análise de regressão do número de folhas de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.



Legenda: (y\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020

Quanto à altura das plantas, foi observado efeito significativo para os tratamentos, havendo redução linear com aumento da salinidade, sendo esse mais acentuado nas plantas que receberam a inoculação com as cepas de 186 e 109, juntamente ao controle negativo (Figura 8).

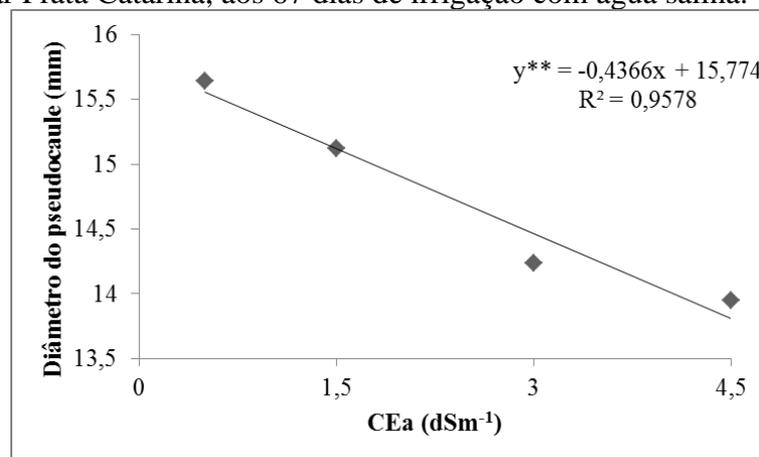
**Figura 8** - Análise de regressão do número de folhas de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina para os fatores de promoção do crescimento, aos 67 dias de irrigação com água salina.



Legenda: (y<sup>ns</sup>) não significativo, (y\*) significativo 5% de probabilidade pelo teste F, e (y\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020

Já para o diâmetro do pseudocaule o efeito da salinidade foi semelhante para todos os fatores de promoção de crescimento, com as melhores médias demonstradas pelos níveis de 0,5 dS m<sup>-1</sup> e redução linear com aumento da salinidade (Figura 9).

**Figura 9** - Análise de regressão para diâmetro do pseudocaule de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.



Legenda: (y\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020

De modo geral, ao final do experimento as plantas apresentaram melhor desempenho para o conjunto de variáveis NF, ALT e DP, quando submetidas aos níveis de CEa de 0,5 e 1,5 dS m<sup>-1</sup>. Segundo Teixeira *et al.* (2014) a redução no crescimento de plantas de bananeira tem sido verificada em diversos trabalhos em que as plantas são submetidas ao estresse salino, o que pode ser atribuído ao efeito osmótico dos íons, adicionados em grandes quantidades pelo uso continuado de água salina. Tal fato foi constatado em vários trabalhos (ARAÚJO JUNIOR *et al.*, 1995; SILVA *et al.*, 2009; ARAÚJO JUNIOR *et al.*, 2014), dificultando a absorção de água pelas raízes das plantas de banana. Sendo a água um dos fatores essenciais para a expansão celular, sua limitação implica em menor crescimento de células e tecidos, bem como menores incrementos em altura da planta, número de folhas e área foliar da bananeira (CARMO *et al.*, 2003; TAIZ e ZEIGER, 2017).

Na análise de variância foi evidenciado que, para as variáveis área foliar (AF), peso fresco e seco da parte aérea e raiz (PFPA, PFR, PSPA e PSR) houve diferenças significativas entre os fatores de promoção do crescimento com as cepas bacterianas. Enquanto que para os tratamentos salinos, houve diferença para todas essas variáveis e

também para o comprimento de raízes (CR), sem interação entre os fatores para todas as variáveis (Tabela 11).

**Tabela 11** - Análise de variância para os fatores de promoção do crescimento, níveis de CEa e a interação entre entes fatores quanto ao comprimento radicular (CR), área foliar (AF), peso fresco da parte aérea (PFPA) e da raiz (PSR), e peso seco da parte aérea (PSPA) e da raiz (PSR) de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.

Fontes de Variação	Quadrados médios						
	GL	CR	AF	PFPA	PFR	PSPA	PSR
Bloco	4	54,17 <sup>ns</sup>	24282,07 <sup>ns</sup>	53,69 <sup>ns</sup>	26,94 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	7,67 <sup>**</sup>
P. crescimento	3	55,77 <sup>ns</sup>	3093551,0 <sup>**</sup>	8258,49 <sup>**</sup>	1414,45 <sup>**</sup>	54,37 <sup>**</sup>	28,69 <sup>**</sup>
CEa	3	307,05 <sup>*</sup>	225565,9 <sup>*</sup>	514,50 <sup>*</sup>	469,87 <sup>*</sup>	6,91 <sup>**</sup>	9,69 <sup>**</sup>
<i>Linear</i>	1	648,23 <sup>**</sup>	448459,4 <sup>**</sup>	1177,08 <sup>**</sup>	1274,95 <sup>**</sup>	17,31 <sup>**</sup>	28,81 <sup>**</sup>
<i>Quadrática</i>	1	16,03 <sup>ns</sup>	2439,75 <sup>ns</sup>	7,855 <sup>ns</sup>	16,639 <sup>ns</sup>	0,545 <sup>ns</sup>	0,299 <sup>ns</sup>
<i>Cúbica</i>	1	256,89 <sup>ns</sup>	225798,7 <sup>ns</sup>	358,57 <sup>ns</sup>	118,01 <sup>ns</sup>	3,406 <sup>ns</sup>	0,221 <sup>ns</sup>
P. crescimento. x CEa	9	61,22 <sup>ns</sup>	71155,48 <sup>ns</sup>	238,36 <sup>ns</sup>	85,19 <sup>ns</sup>	1,71 <sup>ns</sup>	2,59 <sup>ns</sup>
Resíduo	60	74,94	62376,06	150,82	51,42	1,39	1,70
CV (%)	-	29,79	40,72	47,80	43,31	47,89	54,54

Legenda: (ns) – não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; e (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020.

Os comprimentos das raízes foram semelhantes para os quatro fatores de promoção do crescimento (média de 29,05 cm). Para as demais variáveis, as plantas fertilizadas (controle positivo) foram superiores às demais, com médias de 1200,67 cm<sup>2</sup> de AF, 56,04 g de PFPA, 29,01 g de PFR, 4,91 g de PSPA e 4,04 g de PSR (Tabela 12).

**Tabela 12** - Médias para os fatores de promoção do crescimento quanto ao comprimento radicular (CR), área foliar (AF), peso fresco da parte aérea (PFPA) e da raiz (PFR), e peso seco da parte aérea (PSPA) e da raiz (PSR) de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.

	Médias					
	CR (cm)	AF (cm <sup>2</sup> )	PFPA (g)	PFR (g)	PSPA (g)	PSR (g)
Controle -	28,79 A	445,20 B	16,80 B	14,23 B	1,88 B	2,46 B
Controle +	29,98 A	1200,67 A	56,04 A	29,01 A	4,91 A	4,04 A
Cepa 186	30,62 A	365,50 B	12,94 B	11,87 B	1,40 B	1,81 BC
Cepa 109	26,82 A	441,95 B	16,97 B	11,10 B	1,65 B	1,28 C

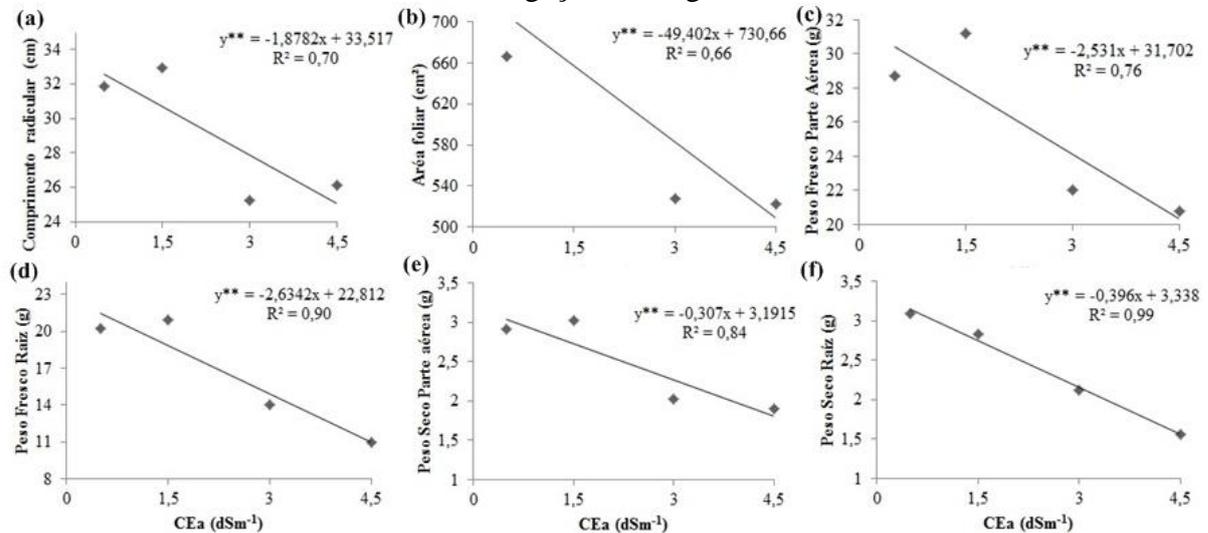
Legenda: Controle - (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp). Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si nas colunas a 5% de significância. Fonte: Autor, 2020.

Quanto ao efeito dos níveis condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), para a variável CR as maiores médias observadas foram nas plantas submetidas aos níveis de 0,5 e 1,5 dS.m<sup>-1</sup> (31,87 cm e 32,96 cm, respectivamente). Entretanto, a análise de regressão mostrou haver redução linear em função do aumento da CEa (Figura 10). Segundo Taiz e Zeiger (2017) algumas plantas apresentam crescimento radicular com aumento da salinidade, podendo ser uma alteração morfológica da planta em resposta ao estresse salino, de forma que a diminuição da expansão foliar gera um direcionamento de fotoassimilados para a zona radicular.

Para as variáveis AF, PFR e PSPA as plantas submetidas aos níveis de CEa de 0,5 e 1,5 dS.m<sup>-1</sup> apresentaram melhores médias observadas, com médias de 665,67 e 737,70 cm<sup>2</sup> para AF e 20,24 e 20,96 g para PFR e de 2,91 e 3,02 g para PSPA, respectivamente (Figura 10). Já para o PFFA e PSR as maiores médias ocorreram no nível de 1,5 dS.m<sup>-1</sup> (Figura 10). Entretanto, para todas as variáveis, é possível verificar que houve uma correlação negativa com os níveis de CEa, com um bom coeficiente de ajuste ( $r^2$ ) para todas, com exceção da AF ( $r^2 = 0,66$ ). Desta forma, com aumento do nível de CEa houve reduções para todas as variáveis relacionadas ao crescimento das mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina avaliadas. (Figura 10).

Em pesquisa realizada por Silva *et al.* (2009), avaliando a tolerância a salinidade em bananeira, concluiu-se que o estresse salino afetou quase todas as variáveis analisadas. O incremento da salinidade resultou em reduções do número de folhas, altura da planta, diâmetro do pseudocaule, área foliar, fitomassa fresca e seca de parte aérea e raízes, em quase todos os genótipos avaliados. Estes resultados corroboram com os evidenciados no presente estudo, reafirmando o efeito do aumento da salinidade no crescimento e desenvolvimento da bananeira. Segundo Muscolo *et al.* (2003), a redução da fitomassa fresca está positivamente correlacionada à redução do número de folhas, que leva à redução da área fotossintética e à formação insuficiente de carboidratos para o crescimento.

**Figura 10** - Análises de regressão das (a) Comprimento radicular (CR), (b) Área foliar (AF), (c) Peso fresco da parte aérea (PFPA), (d) Peso fresco da raiz (PSR), (e) Peso seco da parte aérea (PSPA), e (f) Peso seco da raiz (PSR) para mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.



(y<sup>\*\*</sup>) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020.

Em trabalho realizado por Teixeira *et al.* (2014) submetendo plantas de bananeira até níveis de 4,0 dS m<sup>-1</sup> houve diferenças na variável relacionada ao crescimento, diâmetro do pseudocaule. Houve reduções lineares no diâmetro na medida em que se elevou o nível salino na água de irrigação, efeito semelhante foi encontrado no presente estudo.

Araújo Filho (1990) verificou que, comparando cultivares de bananeiras, a um determinado nível de salinidade do solo, constatou que as cultivares do grupo AAA apresentaram maior tolerância que as do grupo AAB, assim sendo a cultivar Prata Catarina, clone natural da Prata Anã, é mais susceptível aos aumentos dos níveis de salinidade. Entretanto, não foi possível estabelecer os valores de salinidade limiar para a bananeira, pois houve uma redução linear, desde o menor nível de salinidade estudado (0,9 dS.m<sup>-1</sup>), para a maioria dos parâmetros avaliados. Este comportamento assemelha-se ao obtido no presente trabalho, onde houve tendências lineares negativas para todas as variáveis relacionadas ao crescimento, a partir do menor nível utilizado de 0,5 dS m<sup>-1</sup>.

#### 4.3.2 Avaliação das trocas gasosas nas mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina

Aos 30 dias após o início da irrigação com água salina não ocorreu interação entre os dois fatores de promoção de crescimento e os níveis de condutividade elétrica da água. Foi observado efeito significativo para as variáveis taxa de fotossíntese líquida (A) e concentração

interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>), entre os fatores de promoção do crescimento das cepas bacterianas. Houve também diferença para as variáveis taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g<sub>s</sub>) e taxa transpiratória (E), entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) (Tabela 13).

Ao atingir os 45 dias de irrigação com água salina foi observada interação entre os fatores CEa e inoculação com as cepas bacterianas para a taxa de fotossíntese líquida (A). Houve diferenças significativas para as variáveis A e E para ambos os fatores, promoção do crescimento com as cepas bacterianas e CEa (Tabela 13).

Aos 60 dias de irrigação com água salina apenas a variável C<sub>i</sub> apresentou interação entre os fatores. De forma isolada, houve diferenças significativas apenas para C<sub>i</sub> quando se comparou os fatores de promoção do crescimento com as cepas bacterianas, enquanto para os níveis de CEa as diferenças aconteceram para g<sub>s</sub> e C<sub>i</sub> (Tabela 13).

Aos 30 dias de tratamento salino, as plantas inoculadas com as cepas 186 e 109 de *Bacillus* sp. apresentaram taxas de fotossíntese líquida inferiores ao controle positivo, o qual apresentou uma média de 13,7 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (figura 11a). Segundo Donato *et al.* (2015) as taxas de fotossíntese líquida mensuradas nas cultivares Maçã (AAB), BRS Tropical e BRS Princesa (AAAB) variaram de 12 a 27 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> às 8:00, e de 8 a 20 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> às 14:00, sendo essas informações genéricas para bananeiras de diferentes grupos genômicos. Estes dados corroboram com os valores encontrados no presente trabalho.

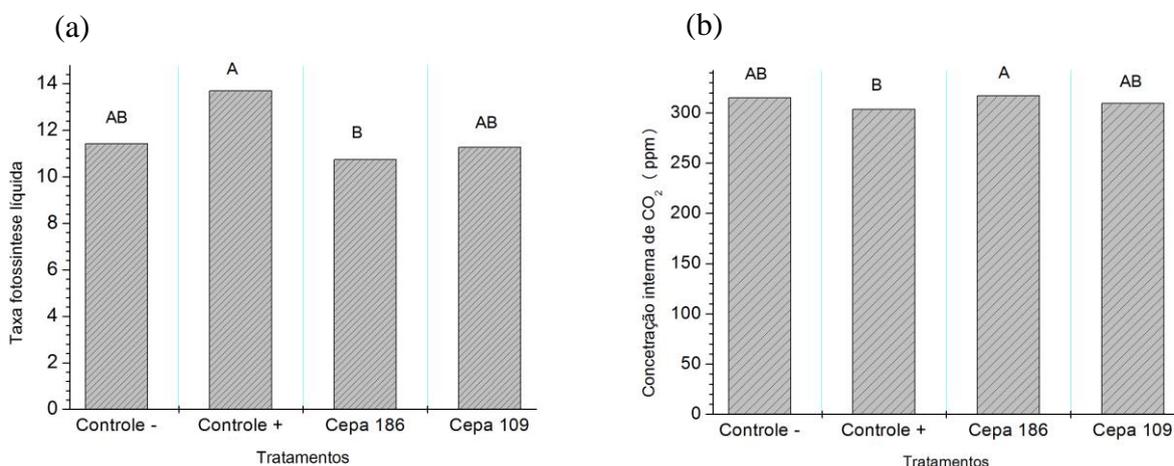
Com relação a C<sub>i</sub>, as plantas inoculadas com a cepa 186 apresentaram maior concentração em relação ao controle positivo, com os demais fatores de promoção de crescimento tendo concentrações de C<sub>i</sub> semelhantes (figura 11b). Segundo Taiz e Zeiger (2017) o aumento da fotossíntese líquida reduz a concentração interna de CO<sub>2</sub> fazendo com que os estômatos abram, facilitando as trocas gasosas.

**Tabela 13** - Análise de variância para os fatores de promoção do crescimento níveis de CEa e a interação entre os fatores quanto as trocas gasosas de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina inoculadas com o *Bacillus* sp. cepas 186 e 109 e não inoculadas, aos 30, 45 e 60 dias de irrigação com água salina.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios			
		30 dias			
		A	gs <sup>1</sup>	E	C <sub>i</sub>
Bloco	4	12,11 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	10,35**	1478,94**
P. crescimento	3	34,15*	0,25 <sup>ns</sup>	0,021 <sup>ns</sup>	742,61**
CEa	3	43,33*	0,71*	1,36*	97,91 <sup>ns</sup>
<i>Linear</i>	1	121,87**	9,71**	3,43**	-
<i>Quadrática</i>	1	7,57 <sup>ns</sup>	2,63 <sup>ns</sup>	0,533 <sup>ns</sup>	-
<i>Cúbica</i>	1	0,543 <sup>ns</sup>	0,795 <sup>ns</sup>	0,117 <sup>ns</sup>	-
P. crescimento. x CEa	9	11,21 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>	174,38 <sup>ns</sup>
Resíduo	60	11,31	0,18	0,35	198,69
CV (%)	-	28,56	45,28	21,26	4,53
		45 dias			
		A	gs <sup>1</sup>	E	C <sub>i</sub>
Bloco	4	9,08 <sup>ns</sup>	0,26*	1,80**	5219,08 <sup>ns</sup>
P. crescimento	3	67,57**	0,17 <sup>ns</sup>	0,68*	3541,75 <sup>ns</sup>
CEa	3	50,99**	0,33 <sup>ns</sup>	0,86**	4620,88 <sup>ns</sup>
<i>Linear</i>		138,26**	-	1,82*	-
<i>Quadrática</i>		9,295 <sup>ns</sup>	-	0,624 <sup>ns</sup>	-
<i>Cúbica</i>		5,426 <sup>ns</sup>	-	0,132 <sup>ns</sup>	-
P. crescimento. x CEa	9	16,52*	0,08 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	1626,96 <sup>ns</sup>
Resíduo	45	7,44	0,07	0,23	1865,78
CV (%)	-	23,79	46,95	34,5	15,22
		60 dias			
		A	gs <sup>1</sup>	E	C <sub>i</sub>
Bloco	4	15,32 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	7,03**	2773,31**
P. crescimento	3	7,93 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	2,83 <sup>ns</sup>	1247,81**
CEa	3	14,14 <sup>ns</sup>	0,77**	2,77 <sup>ns</sup>	1534,18**
<i>Linear</i>		-	4,035*	-	2622,70**
<i>Quadrática</i>		-	1,471 <sup>ns</sup>	-	1,394 <sup>ns</sup>
<i>Cúbica</i>		-	6,579**	-	1975,49*
P. crescimento. x CEa	9	5,83 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	634,83**
Resíduo	45	8,23	0,11	1,15	295,62
CV (%)	-	33,76	44,90	29,06	4,58

Legenda: concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>), condutância estomática (gs), transpiração (E) e fotossíntese líquida (A). <sup>1</sup> variável transformada em  $\sqrt{x}$ . (ns) – não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; e (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020.

**Figura 11** - Taxa fotossintética líquida e concentração interna de CO<sub>2</sub> de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina inoculadas com o *Bacillus* sp. cepas 186 e 109 e não inoculadas, aos 30 dias de irrigação com água salina.



Legenda: Controle - (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp.). a) Fotossíntese líquida (A) e b) Concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>). Nos gráficos, colunas identificadas com letras diferentes indicam diferença entre os tratamentos a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Fonte: Autor, 2020.

Aos 45 dias de aplicação da água salina, foi verificado que a taxa fotossintética diferiu apenas nos tratamentos com maiores níveis salinos. As plantas do controle positivo (fertilizadas) apresentando maior fotossíntese, superior em 57,6 % e 50,2 %, respectivamente as mudas inoculadas com as cepas 186 e 109 (Tabela 14). Portanto, não houve incremento nas trocas gasosas de plantas inoculadas com as cepas de *Bacillus* em resposta ao o aumento da salinidade.

Por fim, aos 60 dias de tratamento salino, foi encontrado diferença entre os tratamentos de inoculação apenas para a concentração interna de CO<sub>2</sub>, no nível de 3,0 dS m<sup>-1</sup>, com o controle positivo (plantas fertilizadas) apresentando menor concentração (Tabela 14).

Quanto aos níveis de salinidade, aos 30 dias após o início da aplicação foi observado uma forte correlação negativa entre estes e as variáveis gs, A, e E apresentando os seguintes coeficientes de ajustes ( $r^2$ ) 0,74, 0,94, e 0,84, respectivamente (Figura 12).

As reduções nos valores de trocas gasosas em função da salinidade têm sido verificadas por diversos autores, e têm sido atribuídas a causas estomáticas e não estomáticas associadas aos efeitos osmóticos e tóxicos do excesso de sais (BEZERRA *et al.*, 2005; SILVEIRA LÚCIO *et al.*, 2013).

**Tabela 14** - Médias para interação entre os fatores de promoção de crescimento e condutividade elétrica da água de irrigação para as variáveis de trocas gasosas de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 45 e aos 60 dias de irrigação com água salina.

<b>45 dias</b>				
<b>CEa (dS.m<sup>-1</sup>)</b>	0,5	1,5	3,0	4,5
<b>A (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)</b>				
Controle -	11,77 Aa	10,76 Aa	8,09 ABa	8,06 Ba
Controle +	12,48 Aab	12,29 Aab	10, 28 Ab	14,63 Aa
Cepa 186	9,96 Aa	9,16 Aa	8,52 ABa	3,89 Bb
Cepa 109	12,11 Aa	9,96 Aab	5,73 Bbc	5,30 Bc
<b>60 dias</b>				
<b>Ci (ppm)</b>				
Controle -	317,75 Aa	333,75 Aa	327,75 Aa	318,0 Aa
Controle +	304,50 Aab	328,7 Aa	279,75 Bb	305,25 Aab
Cepa 186	331,25 Aa	334,75 Aa	322,0 Aab	300,25 Ab
Cepa 109	331,75 Aa	316,75 Aab	301,0 Abb	316,50 Aab

Legenda: Controle – (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp.). Concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>), Transpiração (E) e Fotossíntese líquida (A). Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas diferem entre si nas colunas a 5% de significância. Médias seguidas por diferentes letras minúsculas diferem entre si na mesma linha 5% de significância, por variável. Fonte: Autor, 2020.

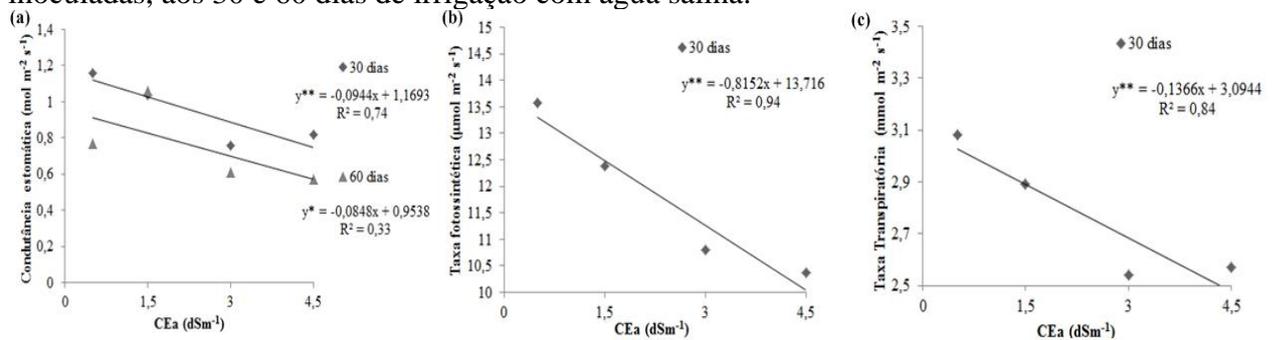
Aos 45 dias de aplicação dos sais, observou-se comportamento semelhante ao verificado aos 30 dias, persistindo a correlação negativa para A e E, sendo a fotossíntese dependente do tratamento de inoculação das cepas bacterianas. Durante este período foram observados também os menores valores de C<sub>i</sub> (entre 267 e 298 ppm).

As condições climáticas neste período de avaliação, tais como umidade relativa alta, a ocorrência de elevadas precipitações durante o mês de julho (80,2 mm, cerca de 20,5 mm acima da média esperada (FUNCEME, 2020)), podem ter tido influência sobre as repostas das trocas gasosas. Segundo Taiz e Zeiger (2017) em concentrações baixas de C<sub>i</sub>, a fotossíntese (A) é fortemente limitada pelas baixas concentrações de CO<sub>2</sub>, o que pode ocorrer sobre condições climáticas de alta umidade dificultando a difusão dos gases na atmosfera.

Outros fatores também podem ter afetado neste comportamento, tais como as reduções no crescimento das plantas que pode ser acompanhado pelos resultados das variáveis analisadas, principalmente na área foliar afetando diretamente na redução da fotossíntese e na redução da capacidade produtiva das plantas (SILVEIRA LÚCIO *et al.*, 2013). A fotossíntese é limitada não somente devido ao fechamento estomático, mas também pelo efeito do sal sobre os processos secundários do vegetal (LARCHER, 2004).

Por fim, aos 60 dias de tratamento salino, somente a condutância estomática (Figura 12) e a Ci (Figura 13) foram influenciadas pela salinidade, com esse último sendo dependente do tratamento de inoculação. A redução da condutância devida à salinidade foi de baixa intensidade, com redução proporcional bem menor comparado as outras duas épocas de amostragem.

**Figura 12** - Análises de regressão para os níveis de salinidade das variáveis (a) condutância estomática (gs), (b) fotossíntese líquida (A) e (c) transpiração (E) de mudas micropropagadas de bananeiras cultivar Prata Catarina inoculadas com o *Bacillus* sp. cepas 186 e 109 e não inoculadas, aos 30 e 60 dias de irrigação com água salina.



Legenda; a) condutância estomática (gs), b) fotossíntese líquida (A) e c) transpiração (E). ( $y^{**}$ ) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020.

A fotossíntese aos 45 dias só foi reduzida pela salinidade nos tratamentos que receberam inoculação com as cepas de *Bacillus*. Aos 60 dias, a salinidade provocou mudança de Ci, de forma diferenciada para os tratamentos com a inoculação com as cepas bacterianas. Houve uma tendência de redução para ambos os fatores de controle e para o uso da cepa 186, e tendência de aumento da concentração de Ci para as plantas inoculadas com a cepa 109 (Figura 13).

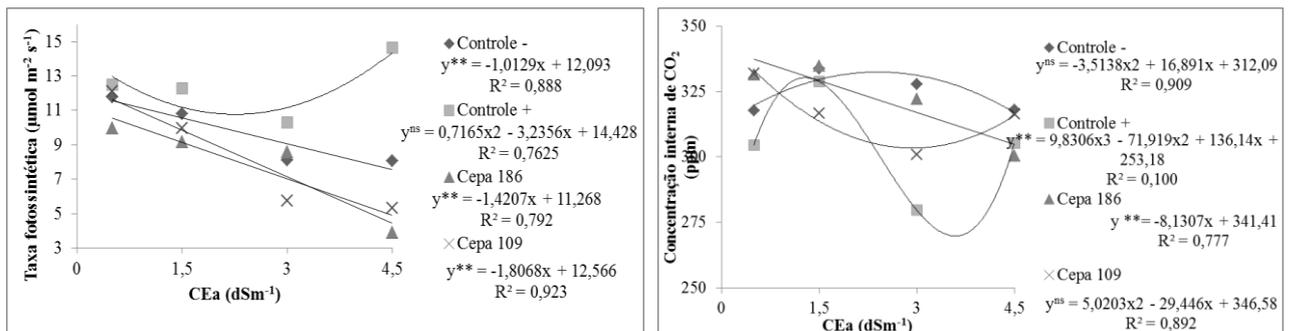
A taxa fotossintética e a transpiratória não apresentaram diferenças ao atingir os 60 dias de irrigação com água salina. Este fato pode ter ocorrido em virtude dos altos volumes de precipitação durante a realização das leituras e condução do experimento (entre junho e julho), que pode ter tido influência sobre as respostas das plantas. Segundo dados da FUNCEME neste período houve um acumulado de 344,4 mm, em torno de 117,3 mm a mais do que o esperado para a região Litoral de Fortaleza no mesmo período.

Em experimento realizado por Santos *et al.* (2019) com mudas micropropagadas de bananeira 'Prata Anã Gorutuba' cultivadas sob 60 mM de NaCl, avaliadas aos 75 dias de transplantio, houve a redução acentuada de 53,7% da condutância estomática (gs). Em menor intensidade (44%) observou-se reduções da transpiração, da assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A) (39%). Estes resultados indicam que houve um grande efeito estomático sobre A, o qual

resultou ainda na redução da concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) em 9,4%. Estes efeitos não foram tão pronunciados no presente trabalho podendo estar relacionados às condições climáticas ao longo dos 60 dias após o início da irrigação salina.

Neves *et al.* (2002) avaliando o crescimento, as trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira 'prata', submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva relatam não ter ocorrido diferenças significativas na A, g<sub>s</sub>, E e *EUA* (Eficiência do uso da água pela planta), variando as concentrações de Na na solução. No entanto, como as medições foram realizadas apenas durante um período (ao final do experimento), os danos causados pelo estresse salino a essas características podem não ter sido representados.

**Figura 13** - Análises de regressão para os níveis de salinidade em interação com os tratamentos de inoculação, das variáveis de trocas gasosas (A e Ci) de mudas micropropagadas de bananeiras cultivar Prata Catarina inoculadas com o *Bacillus* sp. cepas 186 e 109 e não inoculadas, aos 45 e 60 dias de irrigação com água salina.



Legenda; a) Fotossíntese líquida (A), Transpiração (E) e Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci). (y \*) significativo 5% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020.

#### 4.3.3 Minerais nas folhas e nas raízes em mudas de bananeira cv Prata Catarina

A análise de variância para promoção de crescimento, e condutividade elétrica da água de irrigação, bem como a interação entre estes quanto aos teores de minerais nas folhas e nas raízes de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina encontra-se na Tabela 15. Houve interação entre os fatores para todos os macros e para os micros Zn e Mn na parte aérea, enquanto nas raízes a interação foram para apenas para os macros P, K, Mg e Na.

Os fatores promotores de crescimento isoladamente afetaram todos os minerais, exceto para Ca e S nas folhas e N, Ca, S, Cu e Fe nas raízes. O fator salinidade isoladamente não afetou os teores de P, K, S, Cu, Fe e Zn na parte aérea e Ca, S, Zn e Mn nas raízes (Tabela 15).

**Tabela 15** - Análise de variância para os tratamentos, níveis de salinidades e a interação entre entes fatores quanto aos teores de minerais na folha e na raiz de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.

Fontes de Variação	Quadrados Médios							
	GL	Macronutrientes na Parte Aérea						
		N	P	K	Ca	Mg	S	Na
Bloco	4	5,06 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	36,07 <sup>ns</sup>	4,11 <sup>ns</sup>	36,45 <sup>ns</sup>	0,07*	0,20 <sup>ns</sup>
P. crescimento	3	49,46**	8,25**	1604,93**	2,57 <sup>ns</sup>	1606,50**	0,02 <sup>ns</sup>	4,46**
CEa	3	51,18**	0,18 <sup>ns</sup>	193,68**	15,05 <sup>ns</sup>	193,82**	0,03 <sup>ns</sup>	4,19**
P. crescimento. x CEa	9	32,44**	0,32**	112,96**	24,60**	113,29**	0,12**	0,35*
Resíduo	60	5,69	0,07	19,66	7,00	19,73	0,03	0,16
CV (%)	-	10,60	18,77	22,69	17,04	22,75	12,69	24,53
		Micronutrientes na Parte Aérea						
		Cu <sup>1</sup>	Fe	Zn <sup>1</sup>	Mn			
Bloco	4	0,53*	1899,57 <sup>ns</sup>	4,78 <sup>ns</sup>	202143,35 <sup>ns</sup>			
P. crescimento	3	2,28**	4808,04*	70,71**	4433359,64**			
CEa	3	0,08 <sup>ns</sup>	4576,12 <sup>ns</sup>	6,45 <sup>ns</sup>	4116670,58**			
P. crescimento. x CEa	9	0,36 <sup>ns</sup>	1476,43 <sup>ns</sup>	11,06*	345062,68*			
Resíduo	60	0,20	1670,28	4,16	164462,89			
CV (%)	-	19,06	24,35	37,30	23,53			
		Macronutrientes na Raiz						
		N	P	K <sup>1</sup>	Ca	Mg <sup>1</sup>	S	Na <sup>1</sup>
Bloco	4	9,78*	0,11 <sup>ns</sup>	2,68**	22,85**	2,71**	3,09**	0,057*
P. crescimento	3	11,97 <sup>ns</sup>	1,52**	1,71*	4,59 <sup>ns</sup>	1,69**	0,34 <sup>ns</sup>	0,406**
CEa	3	15,19 <sup>ns</sup>	0,31**	2,17**	9,78 <sup>ns</sup>	2,15**	0,64 <sup>ns</sup>	0,101**
P. crescimento. x CEa	9	1,20 <sup>ns</sup>	0,27**	1,04*	6,14 <sup>ns</sup>	1,05*	0,44 <sup>ns</sup>	0,034*
Resíduo	60	3,48	0,04	0,43	5,09	0,43	0,49	0,016
CV (%)	-	12,03	26,72	20,94	22,87	20,87	27,13	33,63
		Micronutrientes na Raiz						
		Cu	Fe <sup>1</sup>	Zn <sup>1</sup>	Mn <sup>1</sup>			
Bloco	4	44,42*	1895,59**	115,72**	20,11*			
P. crescimento	3	2,46 <sup>ns</sup>	198,58 <sup>ns</sup>	78,57**	165,75**			
CEa	3	16,49 <sup>ns</sup>	308,74 <sup>ns</sup>	36,97**	61,38**			
P. crescimento. x CEa	9	17,85 <sup>ns</sup>	287,78 <sup>ns</sup>	8,45 <sup>ns</sup>	13,25 <sup>ns</sup>			
Resíduo	60	15,08	283,08	5,30	7,66			

CV (%)	-	27,72	21,97	20,63	17,82
Legenda: N – Nitrogênio; P – Fósforo; K – Potássio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; S – Enxofre; Na – Sódio; Cu – Cobre; Zn – Zinco; Fe – Ferro; Mn – Manganês. <sup>1</sup> variável transformada em $\sqrt{x}$ . (ns) – não significativo; (*) significativo 5% de probabilidade; e (**) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020.					

No presente trabalho, a relação de extração encontrada para a parte aérea foi a seguinte:  $N > K > Mg > Ca > Na > P > S$ . Já para as raízes o padrão de extração observado foi o seguinte, em ordem decrescente:  $N > Mg > K > Ca > S > P > Na$ . (Tabelas 16 e 17).

Segundo Borges *et al.* (2006), em ordem decrescente, a bananeira absorve os macronutrientes:  $K > N > Ca > Mg > S > P$ . Para as condições do polo de irrigação Petrolina-PE/Juazeiro-BA, Borges e Caldas (2002) encontraram os seguintes teores-padrão de nutrientes na folha definidos para a cultura da bananeira cv. Pacovan: 22-24 g de N  $kg^{-1}$ ; 1,7-1,9 g de P  $kg^{-1}$ ; 25-28 g de K  $kg^{-1}$ ; 6,3-7,3 g de Ca  $kg^{-1}$ ; 3,1-3,5 g de Mg  $kg^{-1}$  e 1,7-1,9 g de S  $kg^{-1}$ . Desta forma, os teores foliares de N apresentados no presente trabalho encontram-se dentro do nível ideal, no entanto Ca, Mg encontram-se acima e P, K e S em níveis abaixo encontrados pelo referido autor.

Praticamente para todos os macronutrientes, as plantas do tratamento que recebeu adubação apresentaram maiores teores desses minerais, quando comparados aos demais fatores de promoção de crescimento (Tabela 16). Por outro lado, o comportamento foi inverso para os micronutrientes, com os menores valores, no geral, sendo apresentados pelas plantas adubadas (Tabela 17).

Com o aumento do nível de salinidade observou-se que os maiores teores foliares dos macronutrientes N, P, K, Mg e S foram apresentadas pelo controle positivo (plantas fertilizadas), mostrando que a fonte de fertilizante exerce influência positiva sobre a nutrição e o desenvolvimento das mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, corroborando com os resultados obtidos por Namura *et al.* (2009).

No entanto, as plantas inoculadas com a cepa 186 apresentaram maiores teores de Ca e Na, bem como se igualaram ao teor de S, quando comparadas ao controle positivo (plantas fertilizadas) (Tabela 16), apresentaram ainda uma tendência ao acúmulo de Zn e Mn com o aumento da salinidade (Tabela 17).

Dias *et al.* (2016) relatam que a manutenção de altos teores K e Ca e de baixos níveis de Na nos tecidos vegetais é um mecanismo que contribui para a tolerância a salinidade. Nestas plantas os maiores teores de K e Ca visam manter alta a relação K/Na e Ca/Na. Segundo Taiz e Zeiger (2017) sob estresse salino, as plantas acumulam alguns solutos orgânicos (por exemplo, prolina e açúcares solúveis) e íons inorgânicos para manter o ajuste

osmótico.

**Tabela 16** - Média dos teores de macronutrientes nas folhas de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.

CEa (dS.m <sup>-1</sup> )	Médias			
	0,5	1,5	3,0	4,5
	N (g.kg <sup>-1</sup> )			
Controle -	19,29 Bb	20,80 Bb	23,39 Aa	23,46 Ba
Controle +	20,54 Bc	23,93 Ab	23,94 Ab	30,35 Aa
Cepa 186	23,40 Aab	21,91 Bbc	20,82 Bc	24,08 Ba
Cepa 109	19,43 Bb	20,65 Bb	24,82 Aa	19,40 Cb
	P (g.kg <sup>-1</sup> )			
Controle -	1,12 Ca	1,18 Ba	1,16 Ba	1,04 Ba
Controle +	1,98 Ab	2,62 Aa	2,20 Ab	2,90 Aa
Cepa 186	0,92 Cb	1,14 Bab	1,02 Bab	1,24 Ba
Cepa 109	1,46 Ba	0,98 Bb	1,30 Ba	1,20 Bab
	K (g.kg <sup>-1</sup> )			
Controle -	10,42 Cc	14,22 BCab	17,00 Bca	11,72 Dbc
Controle +	24,96 Ad	32,90 Ab	28,40 Ac	44,88 Aa
Cepa 186	14,96 Bb	17,14 Bb	14,46 Cb	21,74 Ba
Cepa 109	13,14 BCbc	11,82 Cc	19,54 Ba	15,40 Cb
	Ca (g.kg <sup>-1</sup> )			
Controle -	15,80 Aa	16,34 Aa	15,28 Ba	16,28 Aa
Controle +	15,44 Aba	16,68 Aa	18,70 Aa	11,30 Bb
Cepa 186	14,24 Aba	15,06 Aa	15,80 Aba	17,28 Aa
Cepa 109	12,18 Bc	17,66 Aa	13,92 Bbc	16,46 Aab
	Mg (g.kg <sup>-1</sup> )			
Controle -	10,38 Cc	14,20 BCab	17,00 Bca	11,66 Dbc
Controle +	24,94 Ad	32,88 Ab	28,38 Ac	44,88 Aa
Cepa 186	14,94 Bb	17,12 Bb	14,42 Cb	21,72 Ba
Cepa 109	13,12 BCbc	11,82 Cc	19,50 Ba	15,42 Cb
	S(g.kg <sup>-1</sup> )			
Controle -	1,10 Bb	1,53 Aa	1,27 Ab	1,21 Cb
Controle +	1,23 Bb	1,39 Abab	1,24 Ab	1,50 Aa
Cepa 186	1,26 Bb	1,28 Bcab	1,23 Ab	1,43 Aba
Cepa 109	1,49 Aa	1,14 Cc	1,40 Aab	1,29 BCbc
	Na (g.kg <sup>-1</sup> )			
Controle -	1,52 Ab	1,46 Ab	1,72 Ab	2,94 Aa
Controle +	0,54 Bb	0,96 Aab	0,92 Bab	1,34 Ca
Cepa 186	1,40 Ab	1,42 Ab	2,0 Aab	2,60 Aba
Cepa 109	1,62 Aab	1,52 Ab	2,20 Aa	2,20 Ba

Legenda: Controle - (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp.). N - Nitrogênio; P - Fósforo; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; S - Enxofre;

Na – Sódio. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si nas colunas a 5% de significância. Médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si na mesma linha 5% de significância, por variável. Fonte: Autor, 2020.

**Tabela 17** - Média dos teores de micronutrientes nas folhas de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.

CEa (dS.m <sup>-1</sup> )	Médias			
	0,5	1,5	3,0	4,5
	Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )			
Controle -	5,17 Aab	7,90 Aa	7,08 Aab	4,93 BCb
Controle +	1,72 Ba	3,35 Ba	2,41 Ba	3,59 Ca
Cepa 186	6,36 Ab	5,46 Abb	6,79 Ab	9,68 Aa
Cepa 109	6,72 Aa	4,14 Ba	5,30 Aa	6,95 Aba
	Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )			
Controle -	1593,20 Ab	1525,50 Ab	1791,0 Ab	3007,0 Aa
Controle +	612,80 Bb	1939,20 Aab	1009,80 Bab	1410,20 Ca
Cepa 186	1478,0 Ab	1508,20 Ab	2078,20 Aab	2666,0 Aba
Cepa 109	1700,20 Aab	1611,40 Ab	2271,60 Aa	2280,80 Ba

Legenda: Controle - (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp.). Cu – Cobre; Zn – Zinco; Fe – Ferro; Mn – Manganês. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si nas colunas a 5% de significância. Médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si na mesma linha 5% de significância, por variável. Fonte: Autor, 2020.

Sadeghi *et al.*, (2012) estudando a atividade promotora de crescimento de um isolado de *Streptomyces* produtor de auxina e sideróforos em condições salinas do solo, observou aumentos no crescimento e desenvolvimento da planta de trigo. Além disso foi verificado também aumentos da concentração de N, P, Fe e Mn em brotos de trigo cultivados em solo normal e salino, concluindo que o isolado de *Streptomyces* tem potencial para ser utilizado como biofertilizante em solos salinos.

Os resultados encontrados no presente trabalho não foram suficientes para considerar as cepas 186 e 109 de *Bacillus* sp. como potenciais biofertilizantes. Apesar de ocorrer acúmulo de alguns nutrientes em comparação ao controle positivo (plantas adubadas), não houve a caracterização da melhoria do crescimento como já evidenciado e discutido anteriormente no trabalho.

Quanto aos teores de nutrientes presentes na raiz, em geral as plantas adubadas demonstraram melhores níveis nutricionais se comparados aos demais controles e menores teores de Na (Tabela 18). Esse comportamento foi semelhante ao obtido nas folhas, nas quais apenas ao nível de 1,5 d sm<sup>-1</sup> mostrou-se estatisticamente igual aos outros tratamentos, mas apresentando o menor teor de sódio.

Para os demais nutrientes, não foram observadas diferenças significativas. Dentre

eles, pode-se destacar o nitrogênio que tem grande importância na fase de desenvolvimento vegetativo das plantas. Pode-se inferir que o uso das cepas de *Bacillus* sp. proporcionou bom desempenho nutricional às plantas, visto que apesar da sua necessidade de consumo do nutriente para colonização do ambiente, não houve prejuízos ao vegetal.

**Tabela 18** - Média dos teores de macronutrientes nas raízes de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.

CEa (dS.m <sup>-1</sup> )	Médias			
	0,5	1,5	3,0	4,5
	<b>P (g.kg<sup>-1</sup>)</b>			
Controle -	0,66 Aba	0,34 Db	0,74 Ba	0,68 Ca
Controle +	0,78 Ad	1,44 Ab	0,98 Ac	1,64 Aa
Cepa 186	0,60 Bb	0,54 Cb	0,66 Bb	0,92 Ba
Cepa 109	0,72 Abab	0,80 Da	0,66 Bb	0,68 Cab
	<b>K (g.kg<sup>-1</sup>)</b>			
Controle -	2,46 Aa	2,31 Cc	3,04 Aa	3,22 Ba
Controle +	2,53 Aa	3,76 Aab	3,13 Aa	4,38 Aa
Cepa 186	2,93 Aa	2,75 BCbc	3,21 Aa	3,23 Ba
Cepa 109	2,89 Aa	3,64 Aba	3,60 Aa	3,13 Ba
	<b>Mg (g.kg<sup>-1</sup>)</b>			
Controle -	2,46 Aa	2,31 Ca	3,13 Aa	3,22 Ba
Controle +	2,53 Ac	3,76 Aab	3,03 Abc	4,39 Aa
Cepa 186	2,94 Aa	2,75 Bca	3,21 Aa	3,24 Aa
Cepa 109	2,89 Aa	3,64 ABa	3,60 Aa	3,13 Aa
	<b>Na (g.kg<sup>-1</sup>)</b>			
Controle -	0,37 Aab	0,29 Bb	0,44 Aab	0,54 Aa
Controle +	0,00 Bb	0,28 Ba	0,12 Bab	0,28 Ba
Cepa 186	0,41 Aab	0,35 Abb	0,50 Aab	0,56 Aa
Cepa 109	0,41 Aa	0,51 Aa	0,49 Aa	0,49 Aa

Legenda: Controle - (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp.). N - Nitrogênio; P - Fósforo; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; S - Enxofre; Na - Sódio. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si nas colunas a 5% de significância. Médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si na mesma linha 5% de significância, por variável. Fonte: Autor, 2020.

Mia *et al.* (2010) avaliando o uso de rizobactérias como bioestimulante e biofertilizante para crescimento e produção de banana (*Musa* spp. Cv. 'Berangan') concluíram que a inoculação com as rizobactérias (*Azospirillum brasilense* cepa Sp7 e *Bacillus sphaericus* cepa UPMB 10) com suprimento mínimo de fertilizante de nitrogenado é eficaz na absorção de nutrientes pela planta. O mesmo justifica que a inoculação com bactérias promotoras de crescimento sem N-fertilizante provavelmente não aumenta o suprimento de N,

inibindo a atividade fisiológica da planta

Nia *et al* (2019) trabalhando com trigo inoculado com *Azospirillum* concluíram que as plantas quando expostas à salinidade da água, pode apresentar incrementos do N e da proteína total nas folhas, quando comparadas com as plantas não inoculadas. Concluíram ainda que plantas inoculadas com *Azospirillum* adaptado ao meio salino apresentaram maiores concentrações de N.

No presente trabalho, para os micronutrientes nas raízes, os teores de Zn e Mn foram menores nas plantas que receberam adubação mineral (Tabela 19), comportamento semelhante ao encontrado nas folhas.

**Tabela 19** - Média dos teores de micronutrientes nas raízes de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Catarina, aos 67 dias de irrigação com água salina.

CEa (dS.m <sup>-1</sup> )	Médias			
	0,5	1,5	3,0	4,5
	<b>Zn (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>			
Controle -	9,44 Ab	13,12 Aba	13,12 Aa	13,67 Aa
Controle +	6,28 Ba	9,27 Ca	8,39 Ba	8,96 Ba
Cepa 186	10,30 Ab	9,89 BCb	12,27 Aab	14,34 Aa
Cepa 109	11,00 Aa	14,55 Aa	11,22 Aba	12,76 Aa
	<b>Mn (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>			
Controle -	14,20 Abc	12,39 Bc	16,86 Aab	19,34 Aa
Controle +	8,52 Bb	13,00 Ba	11,39 Bab	12,74 Bab
Cepa 186	15,69 Ab	15,15 Abb	18,34 Aab	20,19 Aa
Cepa 109	16,05 Aa	18,07 Aa	18,55 Aa	18,07 Aa

Legenda: Controle - (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp.). Cu - Cobre; Zn - Zinco; Fe - Ferro; Mn - Manganês. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si nas colunas a 5% de significância. Médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si na mesma linha 5% de significância, por variável. Fonte: Autor, 2020.

De modo geral, a salinidade provocou pouca redução nos teores de minerais nas folhas e raízes, com essas mudanças sendo diferenciadas com relação aos tratamentos de adubação e com o mineral analisado.

É de conhecimento geral que a salinidade causa redução na absorção de água e nutrientes, no crescimento da planta, limita a fotossíntese e, deste modo, o acúmulo de massa seca e a produtividade das culturas (DIAS *et al.*, 2016).

#### 4.4 Conclusão

Os diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) proporcionaram diferenças nos parâmetros de crescimento avaliados, tendo como destaque o menor nível salino adotado ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), que foi superior aos demais, com um comportamento linear decrescente à medida que se eleva a CEa.

O mesmo comportamento foi observado para as trocas gasosas, havendo redução dos parâmetros com o aumento da salinidade.

O uso das cepas de *Bacillus* sp.186 e 109 não promoveu melhoras no crescimento das plantas em comparação aos controles (plantas não inoculadas ou fertilizadas e plantas fertilizadas). Não houve também melhoras nas trocas gasosas em resposta ao aumento da salinidade, nas condições em que foram realizadas o experimento.

Quanto à nutrição, a salinidade influenciou os teores de nutrientes foliares e radiculares com acúmulo de K e Mg superior ao acúmulo de Na, podendo ser esse um mecanismo de tolerância à salinidade.

## Referências

AGRIANUAL 2019: **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA AGRICULTURA BRASILEIRA**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2019. p. 196-203.

ARANTES, A. de M. Trocas gasosas e predição do estado nutricional de bananeiras tipo prata em ambiente semiárido. **Tese de doutorado**. UFV, Viçosa –MG, 2014.

ARAÚJO FILHO, J. B. DE; GHEYI, H.R.; AZEVEDO, N.C. DE. Tolerância da bananeira à salinidade em fase inicial de desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.7, p.989-997, 1995.

ARAÚJO FILHO, J.B. de. **Efeitos de diferentes níveis de salinidade de solo na composição química da folha e crescimento de cultivares de bananeira (*Musa sp.*)**. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 1990. 87f

BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão precoce sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 90-94, 2005.

BORGES, A. L.; SOUZA; L. S.; CORDEIRO, Z. J. M. **Cultivo orgânico da bananeira**. Cruz das almas, BA, 2006. 10p. (Embrapa-CNPMP. Circular técnica, 81).

BORGES, A.L; CALDAS, R.C.: Teores padrões de nutrientes nas folhas de bananeira cv. Pacovan sob irrigação. *In*: FERTBIO (Rio de Janeiro) 2002, **Anais...** SBCS Rio de Janeiro. 1 CD ROM.

BORGES, L. A.; SOUSA da S. L. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 279p. 2004.

CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S' A; BERNADI, A. C. C E SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Circular técnica, 41 p. 2000.

CARMO, G. A. do; MEDEIROS, J. F. de; TAVARES, J. C.; GHEYI, H. R.; SOUZA, A. M. de; PALÁCIO, E. A. de Q. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 513-518, 2003.

CARVALHO, A. C. P. P. de; RODRIGUES, A. A. de J.; SANTOS, E. de O. **Produção de mudas micropropagadas de bananeira**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. (Circular técnica 37)

DANTAS, N. da S. Termografia para detecção de estresse térmico na aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira, suplementadas com bactérias promotoras de crescimento em diferentes ambientes. 2019. 35f. **Monografia** (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2019.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; SOUSA NETO, O. N.;

QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. **In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados.** 2<sup>a</sup> Edição. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 151-161, 2016.

DONATO, S. L. R., ARANTES, A. D. M., COELHO, E., RODRIGUES, M. G. V. (2015). Considerações ecofisiológicas e estratégias de manejo da bananeira. **In Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE).** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 8., 2015, Montes Claros. Palestras e resumos... Belo Horizonte: Epamig, 2015. 1 CD-ROM.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. Yeld response to water. Rome: FAO, 1983. 193 p. (Irrigation and Drainage Paper, 33)

DOS SANTOS, A. A.; CRUZ, J. L.; REINHARDT, DHRC. Efeito da salinidade sobre a fotossíntese e acúmulo de massa seca da bananeira 'prata anã gorutuba'. **In: Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 26, 2019, Juazeiro, BA/Petrolina, PE. Fruticultura de precisão: desafios e oportunidades-anais. Petrolina: Embrapa Semiárido: UNIVASF: SBF, 2019.

FERREIRA, N. C.; MAZZUCHELLI, R. C. L.; PACHECO, A. C.; ARAÚJO, F. F.; ARAÚJO, A. S. F. *Bacillus subtilis* improves maize tolerance to salinity. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n.8, 2018.

FUNCEME. **Calendário das chuvas no estado do Ceará.** Disponível em: <http://www.funceme.br/app/calendario/produto/municipios/maxima/mensal>. Acesso em 26 de março de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA DE ESTATÍSTICA. (Org.). Produção Agrícola Municipal. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.

JUNIOR, S., EDVALDO, B., COELHO, E. F., LIMA, L., SANTANA, G. D. S., SANTOS, D. Análise de crescimento de genótipos de bananeira irrigados com diferentes níveis de salinidade. **In: Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 43. 2014, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBEA, 2014. 2014.

KJELDAHL, J. A New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Matter. **Zeitschrift für Analytische Chemie**, v. 22, p. 366-382, dez. 1883.  
LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2004. 531p

MEDEIROS, J. F. de. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE. 1992. 173 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

MELO, J. N. de. Aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira cv. 'Prata Catarina' em diferentes ambientes. 2019. 34f. **Monografia** (Graduação em Agronomia) - Universidade

Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MIA, M. B., SHAMSUDDIN, Z. H., WAHAB, Z., & MARZIAH, M. Rhizobacteria as bioenhancer and biofertilizer for growth and yield of banana (*Musa* spp. cv. 'Berangan'). **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 80-87, 2010.

MUSCOLO, A.; PANUCCIO, M. R.; SIDARI, M. Effects of salinity on growth, carbohydrate metabolism and nutritive properties of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hoscht). **Plant Science**, Limerick, v.164, p.1103–1110, 2003.

NADEEM, S.M., AHMAD, M., ZAHIR, Z.A., JAVAID, A., ASHRAF, M. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. **Biotechnol. Adv.**, v. 32, p. 429 - 448, 2014.

NEVES, L. L. DE M.; SIQUEIRA, D. L. DE; CECON, P. R., MARTINEZ, C. A., SALOMÃO, L. C. C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira-'Prata', submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 524-529, 2002.

NIA, S.H., ZAREA, M.J., REJALI, F., VARMA, A. Yield and yield components of wheat as affected by salinity and inoculation with *Azospirillum* strains from saline or non-saline soil. *Journal Saudi Soc. Agric. Sci.* v. 11, p. 113 – 121, 2012.

NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; GARCIA, V. A.; RODRIGUES, D. S. Crescimento de mudas micropropagadas da bananeira cv. Nanicão, em diferentes substratos e fontes de fertilizante. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 3, 2008.

RAMADOSS D, LAKKINENI VK, BOSE P, ALI S, ANNAPURNA K. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by halotolerant bacteria isolated from saline habitats. **Springerplus**, v. 2, n. 1, 2013. (doi:10.1186/2193-1801-2-6)

RAMAKRISHNA, W.; RATHORE, P.; KUMARI, R.; YADAV, R. Brown gold of marginal soil: Plant growth promoting bacteria to overcome plant abiotic stress for agriculture, biofuels and carbon sequestration. **Science of The Total Environment**, v. 711, p. 1-11, abr. 2020.

RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. STEWART, B.A.; NIELSEN, D. R.; Salinity in irrigated agriculture. In: *Irrigation of agricultural crops*. Madison, American Society of Agronomy, 1089-1157. 1991. (ASA. Monograph, 30).

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. 2000, 117 p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 48)

SADEGHI, A., KARIMI, E., DAHAJI, P.A., JAVID, M.G., DALVAND, Y., ASKARI, H., Plant growth promoting activity of an auxin and siderophore producing isolate of *Streptomyces* under saline soil conditions. **World J. Microbiol. Biotechnol.** v. 28, p. 1503–1509, 2012.

SANTOS, E. D. O., VIANA, T. V. D. A., SOUSA, G. G. D., CARVALHO, A. C. P. P. D., AZEVEDO, B. M. D. Biomass accumulation and nutrition in micropropagated plants of the banana 'prata catarina' under biofertilisers. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 901-911, 2017.

SILVA, R. L. D. O., MARTINS, L. S. S., GOMES, E. W. F., FERRAZ, G. D. M. G., SILVA, S. D. O., & WILLADINO, L. Avaliação de diploides de bananeira (*Musa* spp.) quanto à tolerância a salinidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 1084-1091, 2009.

SILVEIRA LÚCIO, W. da; LACERDA, C. F. de; MENDES FILHO, P. F., HERNANDEZ, F. F. F., NEVES, A. L. R., e GOMES-FILHO, E. Growth and physiological responses of melon plants inoculated with mycorrhizal fungi under salt stress. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1587-1602, 2013.

SOARES, H.R. SILVA, E.F.F; SILVA, G.F; LIRA, R.M; BEZERRA, R.R. Nutrição Mineral de Alface Americana em Cultivo Hidropônico com Águas Salobras. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 656 - 664, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 6 ed. Porto Alegre: Artmed. 719p. 2017.

TEIXEIRA, J. C.; SANTANA JUNIOR, E. B.; COELHO, E. F.; ANDRADE, T. P. DE; SANTOS, D. L. dos; OLIVEIRA, R. C. de. **Crescimento de quatro genótipos de bananeira irrigados com diferentes níveis de salinidade**. II INOVAGRI International Meeting, 2014. p 4237- 4241.

## 5 CAPÍTULO III - AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE BANANEIRA CV PRATA CATARINA INOCULADAS COM CEPAS DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO E IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA

### Resumo

A banana é a fruta fresca mais consumida mundialmente. Em regiões como no Nordeste brasileiro, para que a cultura obtenha desenvolvimento satisfatório e produtivo, faz-se necessário o uso de irrigação. Nessas regiões, grande parte da água utilizada na irrigação apresenta altos níveis de sais. O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos das cepas de *Bacillus* sp., bactérias promotoras de crescimento, no desenvolvimento vegetativo e ecofisiológico de bananeiras cultivar Prata Catarina irrigadas com água salina. O experimento foi conduzido em vasos mantidos em condições de campo na Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, com quatro fatores de promoção de crescimento (controle negativo - plantas não inoculadas e não fertilizadas; controle positivo – plantas fertilizadas com adubo de liberação lenta Osmocote® 14-14-14; cepa 186 – plantas inoculadas com *Bacillus* sp.; cepa 109 – plantas inoculadas com *Bacillus* sp.), submetidos a dois fatores de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) (0,5 e 2,0 dS m<sup>-1</sup>) e contendo 4 repetições, totalizando 32 plantas. Os fatores de promoção de crescimento foram iniciados quando as plantas estavam com 45 dias de transplantio, e continuados em conjunto ao fator de níveis de CEa durante os 155 dias em que as mesmas foram acondicionadas em vasos com capacidade de 25 litros e contendo solo natural. Foram avaliadas variáveis relacionadas ao crescimento das plantas, às trocas gasosas foliares e os teores de minerais em folhas. O aumento da salinidade da água de irrigação influenciou negativamente o número de folhas, a área foliar, e as trocas gasosas das folhas das plantas de bananeiras, sem interferência da inoculação com as cepas bacterianas. Com o aumento da salinidade, o uso do *Bacillus* sp. proporcionou uma menor acúmulo de Na nos tecidos vegetais.

**Palavras-chave:** *Bacillus* sp., nutrição, taxa fotossintética

## Abstract

The banana is the most consumed fresh fruit worldwide. In regions such as the Brazilian Northeast, for the crop to obtain satisfactory and productive development, the use of irrigation is necessary. In these regions, much of the water used for irrigation has high levels of salts. The objective of this research was to evaluate the effects of strains *Bacillus* sp., potential growth-promoting, on the vegetative and ecophysiological development of banana cultivars Prata Catarina irrigated with saline water. The experiment was carried in vase out under field conditions at Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará. The design used was completely randomized, in a 4x2 factorial scheme, with four growth promotion factors (negative control - uninoculated and unfertilized plants; positive control - plants fertilized with slow-release fertilizer Osmocote® 14-14-14; strain 186 - plants inoculated with *Bacillus* sp.; strain 109 - plants inoculated with *Bacillus* sp.), submitted to two factors of electrical conductivity of irrigation water (CEa) (0.5 and 2.0 dS m<sup>-1</sup>) and containing 4 repetitions, totaling 32 plants. The growth promotion factors were started when the plants were 45 days old, and continued together with the CEa level factor during the 155 days when they were packed in pots with a capacity of 25 liters and containing natural soil. Variables related to plant growth, leaf gas exchange and mineral contents in leaves were evaluated. The increase in the salinity of the irrigation water had a negative influence on the number of leaves, the leaf area, and the gas exchange of the leaves of the banana plants, without interference from the inoculation. With the increase in salinity, the use of *Bacillus* sp provided less Na accumulation in plant tissues.

**Keywords:** *Bacillus* sp., nutrition, photosynthetic rate

## 5.1 Introdução

A banana (*Musa* spp.) é a fruta fresca mais consumida mundialmente, dando origem a um dos agronegócios mais populares a nível internacional. A produção dessa fruta tornou-se uma atividade muito importante e difundida em todo território nacional (FERREIRA *et al.*, 2016).

Em regiões como no Nordeste brasileiro, para que a cultura obtenha desenvolvimento satisfatório e produtivo, faz-se necessário o uso de irrigação suplementar durante quase todo ano, devido aos baixos índices pluviométricos. No entanto, as fontes de

água disponíveis para uso na irrigação além de escassas, também apresentam alto teor de sais, o que na maioria das vezes as tornam inadequadas para fins agrícolas e até para outros usos (GUILHERME *et al.*, 2005). Segundo Carmos *et al.* (2003), a salinidade em áreas irrigadas é, normalmente consequência não só do uso de água de qualidade não adequada, mas também do inadequado manejo do solo-água-planta.

Entretanto, a bananeira apresenta-se como uma cultura de baixa tolerância a salinidade e a gravidade com que o crescimento da planta será afetado irá depender de vários fatores, dentre eles a cultivar, a intensidade e o tipo de salinidade e a duração do estresse salino (CRAMER *et al.* 1994). Para minorar os efeitos da salinidade, várias alternativas são apresentadas, dentre essas o uso de microrganismos benéficos, como as bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP's) (YAO *et al.*, 2010), que têm sido utilizadas com a intenção de melhorar o desempenho das plantas no campo.

Esses microrganismos benéficos podem colonizar a rizosfera das plantas e promover o crescimento através de vários mecanismos diretos e indiretos (NIA *et al.*, 2012; RAMADOS *et al.*, 2013). De forma direta verifica-se, a capacidade de solubilização de fosfatos, a fixação biológica de nitrogênio, a síntese de sideróforos, a produção de fito hormônios, entre outros (GLICK, 2012). De forma indireta podem promover as melhorias dos solos através da produção de antibióticos, enzimas degradantes da parede celular, cianeto de hidrogênio e sideróforos, levando ao controle biológico de micróbios patogênicos. (GLICK, 2012).

Com relação ao estresse salino, segundo BANERJEE *et al.* (2019), certas linhagens de BPCP's protegem as plantas dos efeitos nocivos da alta concentração de  $\text{Na}^+$  no solo através da produção de exopolissacarídeos, mantendo assim uma alta relação  $\text{K}^+ / \text{Na}^+$ , essencial para a tolerância à salinidade e manutenção do potencial osmótico em uma planta. Outro mecanismo apontado por RAMAKRISHNA *et al.* (2020) é que as BPCP's podem atuar como um coletor de ACC (1-aminociclopropano-1-carboxilato) e podem hidrolisá-lo por meio da enzima ACC desaminase na forma de amônia e  $\alpha$ -cetobutirato, reduzindo assim o nível de etileno (hormônio do estresse), fornece nitrogênio e energia, promovendo assim o crescimento das plantas sob condições de estresse de salinidade

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos de cepas de *Bacillus* sp., bactérias promotoras de crescimento, no desenvolvimento vegetativo e ecofisiológico de bananeiras cultivar Prata Catarina irrigadas com água salina.

## 5.2 Materiais e métodos

O experimento foi conduzido em vasos mantidos em condições de campo na Embrapa Agroindústria Tropical, localizada em Fortaleza, Ceará, Brasil. O clima é caracterizado como clima tropical chuvoso, de savana tropical, com a época mais seca no inverno e máximo de chuvas no outono, segundo a classificação de Köppen, um clima do tipo Aw'. Apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 3° 45' S e longitude 38° 34' W e altitude de 19,5 m acima do nível do mar. Durante o período experimental foram registrados uma média de 27,1°C de temperatura, umidade relativa do ar de 80,85 % e precipitação média mensal de 381,92 mm, com um acumulado de 2673,5 mm.

### ***5.2.1 Instalação e condução dos experimentos***

O experimento teve início no mês de agosto de 2018, com a produção das mudas, sendo finalizado no mês de junho de 2019. As avaliações procederam-se de janeiro a junho de 2019. As mudas micropropagadas de bananeira da cultivar Prata Catarina utilizadas na pesquisa foram produzidas através de propagação *in vitro* na Empresa BioClone Produção de Mudas, com sede em Eusébio, Ceará. Estas foram transplantadas em substrato à base de turfa e casca de arroz carbonizada, o qual passou por um processo de esterilização a vapor em autoclave vertical, a uma temperatura de 121°C, por uma hora, seguido por um descanso de 24 horas para nova submissão ao processo de autoclavagem.

As plântulas, após retiradas dos potes de vidro contendo meio de cultura proposto por Murashige e Skoog (1962), denominado MS, tiveram suas raízes lavadas em água corrente e as raízes aparadas para comprimento máximo de 1 cm, de forma a facilitar o acondicionamento destas nas células de plantio. Além disso, as mudas foram selecionadas de acordo com a uniformidade de tamanho e vigor. Posteriormente foram transplantadas para bandejas de polietileno de 162 células, sendo dispostas em posicionamento triangular e em células intercalares, para melhor desenvolvimento das mudas.

As mudas passaram por um período de pré-aclimatização em sala sob temperatura controlada (28 °C) e luz artificial durante sete dias (DANTAS, 2019; MELO, 2019), quando então foram levadas a casa de vegetação, onde foram postas sob luminosidade reduzida, por adição de uma camada de sombrite, a qual foi removida após um período de sete dias.

Ao completarem 45 dias após o transplântio (DAT), as mudas foram acondicionadas em sacos de polietileno, contendo um composto na proporção de 1:1 de solo peneirado e do substrato comercial (Germina Plant Horta®), em que ambos passaram pelo

processo de esterilização. O solo utilizado no experimento foi oriundo do campo experimental de Pacajus, classificado como Neossolos Quartzarênicos. O solo foi analisado com relação às suas características químicas, antes e após processo de esterilização (Tabela 20).

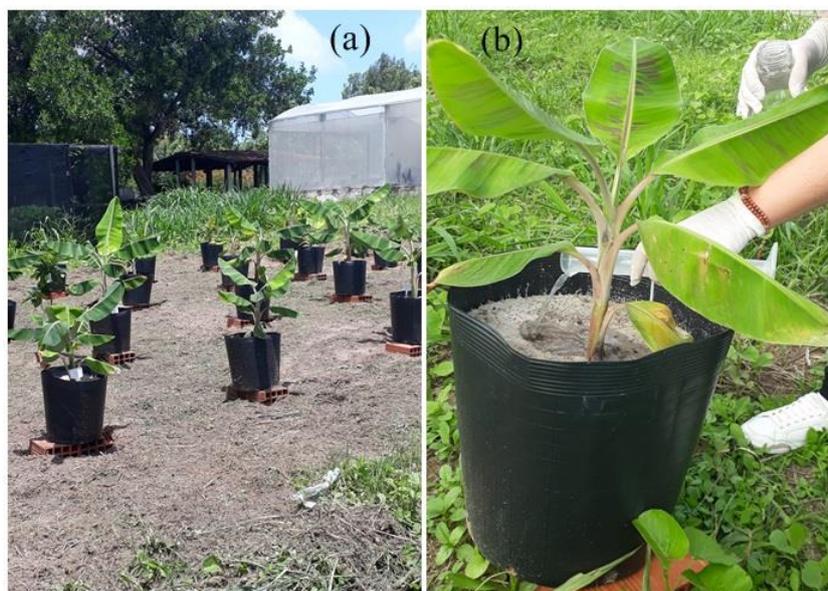
**Tabela 20** - Características químicas do solo natural e do solo após o processo de autoclavagem.

Solo	MO	pH	P	K	Ca	Mg	Na	H+Al	Al <sup>+3</sup>	SB	CTC	V
	g.Kg <sup>-1</sup>		mg.dm <sup>-3</sup>	----- mmolc.dm <sup>-3</sup> -----								%
Natural	6,2	5,5	9,4	1,2	11	5	0	21,8	0,4	18	39	45
Autoclavado	5,7	5,6	5,6	1,3	10	5	0	23,8	0,0	17	41	41

Fonte: Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical.

Por ocasião da passagem das mudas para os sacos de polietileno deu-se início a aplicação dos fatores de promoção de crescimento (adição das cepas de *Bacillus* sp. 186 e 109, bem como a aplicação do adubo de liberação lenta, Osmocote® 14-14-14 (5,0 kg m<sup>-3</sup>)). Após 74 DAT, as plantas foram transplantadas para vasos com capacidade de 25 litros contendo o solo Neossolos Quartzarênicos (natural) (Tabela 20). Na fase de vasos as plantas foram submetidas tanto aos fatores de indução da salinidade quanto aos fatores de promoção do crescimento, e avaliadas por um período de 155 dias (Figura 14a e 14b).

**Figura 14** - a) Arranjo do experimento em campo, com plantas acondicionadas em vasos de polietileno de 25 litros; b) Suspensões dos inóculos bacterianos, sendo aplicadas nos vasos de plantas. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza – CE, 2019.



Fonte: Autor

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizados, em esquema fatorial 4x2, com quatro fatores de promoção do crescimento (controle negativo - plantas não inoculadas e não fertilizadas; controle positivo – plantas fertilizadas com adubo de liberação lenta Osmocote® 14-14-14; cepa 186 – plantas inoculadas com *Bacillus* sp.; cepa 109 – plantas inoculadas com *Bacillus* sp.) e dois fatores condutividade elétrica da água de irrigação (água de CEa – 0,5 dS m<sup>-1</sup> e água acrescida de cloreto de sódio de CEa 2,0 dS m<sup>-1</sup>) e com quatro repetições, totalizando 32 plantas.

As duas cepas das bactérias utilizadas no experimento são pertencentes ao banco de isolados do Laboratório de Patologia Pós-colheita (LPPC). As cepas 186 e 109, pertencentes ao gênero *Bacillus* spp., em seus testes iniciais, apresentaram características que podem estar correlacionadas com a melhoria de crescimento de plantas, sendo por isso utilizadas nesta pesquisa. A cepa 186 foi coletada em 20 de abril de 2016, a partir da rizosfera de bananas da cultivar Williams, no município de Assú – RN. Já a cepa 109 foi coletada em 29 de junho de 2015, sendo isolada da rizosfera de banana cultivar Nanica, localizada no município de Missão Velha – CE.

As suspensões de inóculos das cepas de *Bacillus* spp. 186 e 109 foram preparadas a partir da obtenção da biomassa. As etapas e condições de cultivo dos microrganismos foram as seguintes: o pré-inóculo, obtido a partir de uma alçada das cepas ativadas e imersas em 50 mL de caldo NYD, permanecia em crescimento por 24 horas a 30° C e rotação de 150 RPM em agitador horizontal com controle de temperatura. Posteriormente, uma alíquota de 50 uL do pré-inóculo era diluído em 100 mL do caldo NYD e posto novamente para crescimento para que fosse obtido o inóculo. Passada às 24 horas, a cultura bacteriana foi transferida para tubos Falcon e postas para centrifugação por 10 minutos à 3500 RPM e 25° C. Este procedimento foi repetido por mais duas vezes consecutivas para retirada de todo meio de cultura, sendo utilizada solução salina de 8,5 g de NaCl durante as lavagens para que fosse evitada a plasmólise das células bacterianas. Por fim, cada tubo Falcon, contendo a suspensão bacteriana, foi diluído em 200 mL de solução salina para ajuste da concentração para aproximadamente 1,2 x 10<sup>9</sup> UFC. mL<sup>-1</sup>. As suspensões bacterianas foram aplicadas via solo na dosagem de 75 mL por vaso de planta, com auxílio de proveta estéril. O processo de inoculação foi repetido a cada 30 dias ao logo do experimento.

O adubo de liberação lenta foi aplicado via solo, colocando-se aproximadamente 125g do fertilizante Osmocote® 14-14-14 (5,0 kg m<sup>-3</sup>), por vaso de planta do controle positivo (NAMURA *et al.*, 2008).

Todos os vasos, independentes do tratamento receberam adubação de plantio e formação, segundo as recomendações de calagem e adubação (BORGES *et al.*, 2002), a fim de evitar desordens nutricionais.

As águas utilizadas foram acondicionadas em caixas d'água de 1000 litros. O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, com duas linhas principais, uma para cada caixa d'água contendo os dois níveis de CEa (0,5 e 2,0 dS m<sup>-1</sup>). Em cada linha foram colocadas quatro fileiras laterais para posicionamento dos gotejadores a depender do arranjo dos tratamentos em campo. Colocou-se ainda um gotejador por planta, sendo do tipo botão autocompensante com vazão de 2 L/h. A lâmina de irrigação foi controlada pelo tempo, usando-se um timer programador de irrigação. As irrigações foram feitas diariamente colocando-se volumes aproximados de água para manter o solo próximo à capacidade de campo.

### **5.2.2 Avaliação do crescimento em bananeiras cv Prata Catarina**

Para avaliar o crescimento das plantas foram mensuradas, aos 155 dias de irrigação com água salina, as seguintes variáveis relacionadas ao crescimento:

- a) altura da planta (cm): mensurada com auxílio de uma régua ao nível do solo do vaso até a última gema apical;
- b) diâmetro do pseudocaule (mm): mensurado com auxílio de paquímetro digital, realizando as medições a cerca de 1 centímetro acima do colo da planta;
- c) número de folhas: contagem nominal das folhas totalmente expandidas e fotossintetizantes, excluindo-se as folhas senescentes.
- d) comprimento do sistema radicular (cm): utilizando régua mediu-se do início do rizoma até a extremidade máxima da raiz.
- e) área foliar (cm<sup>2</sup>): utilizando-se medidor de área foliar (LI – 3100, Área Meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, 87 Nebraska, USA);
- f) matéria fresca da parte aérea e da raiz(g): pesagem do material vegetal fresco por meio de balança de precisão.
- g) matéria seca da parte aérea e da raiz (g): pesagem do material vegetal seco pelo método da secagem em estufa a 65°C, até atingir peso constante, com auxílio de pesagem em balança de precisão.

### **5.2.3 Avaliação das trocas gasosas em bananeiras cv Prata Catarina**

O acompanhamento das atividades ecofisiológicas das plantas foi realizado mensalmente, após o início da irrigação com água salina. Foram conduzidas as seguintes medições: fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci).

A avaliações foram realizadas sempre na folha mais jovem completamente expandida, no horário entre 8:00 e 12:00 horas da manhã, utilizando-se um Analisador de Gás no Infravermelho portátil -IRGA, (modelo LCI, ADC, BioScientific, Inglaterra), nas quais utilizou-se de fonte de radiação artificial de 1500  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e temperatura e umidade ambiente (Figura 15).

**Figura 15** -Mensuração das variáveis fisiológicas por meio de medição das trocas gasosas de bananeiras com auxílio de Analisador de Gás no Infravermelho portátil -IRGA. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza – CE, 2019.



Fonte: Autor

#### **5.2.4 Análise de minerais nas folhas de bananeiras cv Prata Catarina**

Para as análises dos minerais nas folhas, após a secagem em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 65 °C, por um período mínimo de 72 horas, procedeu-se a trituração com auxílio de em moinho analítico (Moinho Analítico IKA A11) até obtenção de pequenas partículas.

Para a análise de nitrogênio, a extração foi realizada conforme o método de Kjeldahl (1883), utilizando 0,2 g de material vegetal com solução digestora (175 mL de água mili-Q, 21,39g de sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 4,0g de sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>. 5H<sub>2</sub>O), acrescida de 200 mL de ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)). Após o processo de digestão, o nitrogênio foi determinado por destilação por arraste de vapor, seguida de titulação com ácido diluído (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01N).

Para análise dos demais minerais (macronutrientes: K, P, Ca, Mg, Na e

micronutrientes: Mn, Zn, Fe, Cu) pesou-se aproximadamente 0,5 g do material vegetal, no qual foram adicionados 8 ml de mistura ácida ( $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$ , proporção 3:1). A mistura foi mantida a frio por 3 a 4 horas, e em seguida levadas para o bloco digestor, no qual foram submetidas à temperatura inicial de 60 °C, sendo está elevada a cada 30 minutos, até alcançar a temperatura máxima de 250 °C. Depois de retiradas do bloco e esfriarem, as amostras digeridas foram agitadas em vórtex e transferidas para balão volumétrico de 50 mL, realizando-se a aferição do volume com destilada e filtradas com auxílio de papel de filtro de velocidade lenta, estando assim prontas para determinação. A determinação desses minerais foi realizada com auxílio de espectrômetro de emissão ótica por plasma acoplado indutivamente (Agilent, ICP-OES 5100). Esse equipamento faz as leituras simultaneamente para todos os analitos (CARMO *et al.* 2000).

### **5.2.5 Análises estatísticas**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas através do teste de F ( $p < 0,05$ ), quando necessário os dados foram transformados para  $\sqrt{x}$  para atender os critérios de normalidade. Quando as variáveis apresentaram diferenças significativas suas médias foram comparadas através do teste de Tukey. Para as análises foram utilizados os programas estatísticos SAEG versão 5.0 e Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

## **5.3 Resultados e discussão**

### **5.3.1 Promoções de Crescimento de bananeiras cv Prata Catarina**

A avaliação do crescimento das bananeiras cv. Prata Catarina aos 155 dias demonstra que houve interação entre os fatores para o número de folhas e para a área foliar. Os fatores de promoção de crescimento não mostraram diferença para as variáveis avaliadas. Já para o fator condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), apenas a variável número de folhas apresentou diferenças significativas (Tabela 21).

Com relação ao número de folhas, as plantas irrigadas com água salina de 0,5 dS.m<sup>-1</sup> apresentaram uma média de 6,7 folhas, enquanto as plantas irrigadas com água salina de 2,0 dS.m<sup>-1</sup> tiveram uma média de 5,8 folhas no mesmo período avaliado. Obteve-se ainda que as plantas controle negativo (plantas não inoculadas ou fertilizadas) foram as únicas a

mostrar diferenças significativas dentro dos níveis de salinidade adotados, tendo os demais fatores de promoção de crescimento não apresentado este comportamento (Figura 16a).

Para área foliar, embora não tenha ocorrido efeito significativo para os fatores isoladamente, nas plantas que não receberam inoculação ocorreu uma diminuição na área foliar com o aumento do nível de salinidade da água de irrigação. Com o aumento da salinidade da água de irrigação para 2,0 dS.m<sup>-1</sup>, o uso do *Bacillus* sp. cepa 186 proporcionou um incremento de 28,1% na área foliar nas plantas de bananeira, quando comparadas as plantas inoculadas com a cepa 109, e um incremento de 29,7 % em comparação as plantas do controle positivo (plantas fertilizadas), embora estas não tenham divergido estatisticamente entre si (Figura 16b).

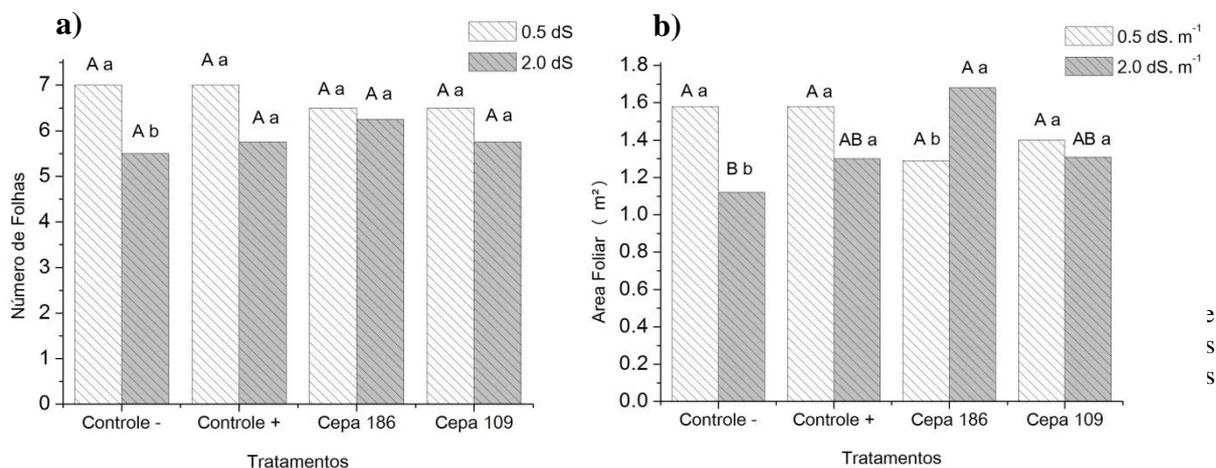
Desta forma para número de folhas o efeito negativo da salinidade foi menos deletério quando se aplicou o fertilizante ou inoculante. O mesmo ocorreu para área foliar destacando-se que a cepa 186 apresentou melhoria com o aumentar à salinidade.

**Tabela 21** - Análise de variância do crescimento de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento (P. Crescimento) com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias de irrigação com água salina.

Fontes de Variação	Quadrados médios								
	GL	NF	ALT	DP	CR	AF	PFPA	PFR	PSPA
P. de crescimento	3	0,11 <sup>ns</sup>	34,21 <sup>ns</sup>	65,57 <sup>ns</sup>	5,61 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	2,21 <sup>ns</sup>	0,0049 <sup>ns</sup>
CEa	1	7,03 <sup>*</sup>	36,12 <sup>ns</sup>	8,39 <sup>ns</sup>	5,69 <sup>ns</sup>	0,097 <sup>ns</sup>	0,028 <sup>ns</sup>	5,15 <sup>ns</sup>	0,000052 <sup>ns</sup>
P. de crescimento x CEa	3	0,61 <sup>*</sup>	22,71 <sup>ns</sup>	12,70 <sup>ns</sup>	10,15 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>*</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,00077 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,97	26,50	32,18	23,42	0,082	0,30	1,48	0,0028
CV (%)	-	15,67	6,07	5,40	12,39	20,34	17,87	24,14	16,71

Legenda: NF – Número de folhas, ALT – Altura de plantas, DP – Diâmetro do pseudocaule, CR – Comprimento da raiz, AF – Área foliar, PFPA – Peso fresco da parte aérea, PSPA – Peso seco da parte aérea, PFR – Peso fresco da raiz (ns) – não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; e (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020

**Figura 16** - Número de folhas e área foliar de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, em comparação aos controles não inoculados (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias de irrigação com água salina.



Segundo Silveira *et al.* (2016) a salinidade causa distúrbios no metabolismo das plantas desencadeando restrição do crescimento. Os mesmos autores afirmam ainda que, o efeito osmótico tem destaque por restringir o transporte de água. Sendo a água um dos fatores essenciais para a expansão da parede celular, sua limitação implica em menor crescimento de células e tecidos, menor incremento em altura da planta, número de folhas e área foliar da bananeira (CARMO *et al.*, 2003; TEIXEIRA, 2014).

Em trabalho realizado por Gamez *et al.* (2019), com mudas de bananeira cv. Williams, em casa de vegetação, o uso de bactérias promotoras de crescimento promoveu aumento da área foliar em plantas tratadas com as cepas bacterianas de *B. amyloliquefaciens* Bs006, *P. fluorescens* Ps006, *B. pumilus* Ap280 e *Pseudomonas* sp. Pf14. Os autores verificaram incrementos de 80%, 76%, 69,4% e 69%, respectivamente, em comparação com plantas não inoculadas. Estes resultados são coerentes com os encontrados para outras espécies de plantas na literatura, valores bem mais expressivos que os encontrados no presente trabalho. Todavia há de se evidenciar a adição do fator salinidade e considerar seus efeitos nas respostas fisiológicas das plantas avaliadas, o que pode ser responsável pelas menores taxas de expansão da folha.

Os valores médios das variáveis de crescimento encontram-se na Tabela 22: 6,3 ( $\pm$  0,1), 84,8cm ( $\pm$  2,1), 104,9mm ( $\pm$  2,9), 39,0cm ( $\pm$  0,8) e 1,4 m<sup>2</sup> ( $\pm$  0,07), respectivamente para NF, ALT, DP, CR e AF das bananeiras cv Prata Catarina. Com relação ao peso fresco da parte aérea e raízes, bem como o peso seco da parte aérea foram obtidas, em média, 3,0 kg ( $\pm$  0,2), 5,0 kg ( $\pm$  0,5), e 0,32 kg ( $\pm$  0,03), respectivamente.

**Tabela 22** - Médias das variáveis de crescimento de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, em comparação aos controles não inoculados (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias de irrigação com água salina.

	Médias							
	NF	ALT (cm)	DP (mm)	CR (cm)	AF (m <sup>2</sup> )	PFPA (Kg)	PFR (Kg)	PSPA (Kg)
Controle -	6,25 A	85,00 A	103,99 A	39,50 A	1,35 A	2,97 A	5,12 A	0,32 A
Controle +	6,37 A	85,75 A	105,44 A	37,81 A	1,44 A	3,24 A	5,73 A	0,35 A
Cepa 186	6,37 A	86,62 A	108,47 A	39,62 A	1,48 A	3,22 A	4,53 A	0,33 A
Cepa 109	6,12 A	81,87 A	101,63 A	39,25 A	1,36 A	2,71 A	4,75 A	0,28 A

Legenda: Controle - (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp.). NF - Número de folhas, ALT - Altura das plantas, DP - Diâmetro do pseudocaule, CR - Comprimento da raiz, AF - Área foliar, PFPA - Peso fresco da parte aérea, PSPA - Peso seco da parte aérea, PFR - Peso fresco da raiz. Fonte: autor, 2020.

Estudo realizados por Posada *et. al* (2018) com mudas de bananeira cv Williams inoculadas com *B. subtilis* apresentaram resultados positivos para a promoção do crescimento das plantas. Os autores verificaram incrementos de 7,4% e 16,7%, respectivamente, na matéria seca total da planta e matéria seca da raiz, em plantas inoculadas. Em investigação realizada por Gamez (2019) em mudas de bananeira cv Williams inoculadas com *B. amyloliquefaciens* Bs006 e *P. fluorescens* Ps006, o autor concluiu que a inoculação com rizobactérias aumentou significativamente as características de crescimento como altura, diâmetro do pseudocaule, área foliar, massa fresca e massa seca em bananeiras micropropagadas.

Os resultados acima divergem dos encontrados no presente trabalho quanto à promoção de crescimento das plantas. Tal fato pode ser decorrente das condições em que foram realizados os experimentos, tais como condições ambientais, idade das plantas, método de inoculação utilizado, a origem dos microrganismos, entre outros. Segundo Gao *et al.* (2016), o *B. subtilis*, apesar de ser uma espécie de interesse como bioestimulante de plantas, pode ter a execução de alguns mecanismos de promoção do crescimento vegetal limitados devido à fraca colonização da rizosfera, ou seja, baixa capacidade de competitividade rizosférica.

### 5.3.2 Trocas gasosas em folhas de bananeiras cv Prata Catarina

As tabelas 23, 24, 25 e 26 mostram o resumo da análise de variância para a taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) de plantas de bananeiras cv Prata Catarina inoculadas com o *Bacillus* sp. e

não inoculadas e submetidas a irrigação com água acrescida de cloreto de sódio, ao longo dos meses de avaliação (janeiro a maio de 2019). Todas as variáveis só foram modificadas após três meses do início das avaliações (abril e maio), tendo apenas sido influenciadas pelo fator condutividade elétrica da água de irrigação (CEa).

**Tabela 23** - Análise de variância da taxa de fotossíntese líquida (A) de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento (P. Crescimento) com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias de irrigação com água salina.

Fontes de Variação	Quadrado médio					
	GL	Jan <sup>1</sup>	Fev	Mar	Abr <sup>1</sup>	Mai
P. de crescimento	3	0,67 <sup>ns</sup>	30,71 <sup>ns</sup>	9,06 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	9,54 <sup>ns</sup>
CEa	1	0,50 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	34,11 <sup>ns</sup>	88,22 <sup>**</sup>	2566,32 <sup>**</sup>
P. de crescimento x CEa	3	0,53 <sup>ns</sup>	2,19 <sup>ns</sup>	36,44 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	1,75 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,29	16,58	21,03	0,70	4,64
CV (%)		23,19	21,61	26,35	28,70	20,90

Legenda: <sup>1</sup> variável transformada em  $\sqrt{x}$ . (ns) – não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; e (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Jan – Janeiro, Fev – Fevereiro, Mar – Março, Abr – Abril, Mai – Maio, Ci - concentração interna de carbono. Fonte: autor, 2020.

**Tabela 24** - Análise de variância da condutância estomática (gs) de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento (P. Crescimento) com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias de irrigação com água acrescida de Cloreto de sódio.

Fontes de Variação	Quadrado médio					
	GL	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
P. de crescimento	3	0,020 <sup>ns</sup>	0,205 <sup>ns</sup>	0,104 <sup>ns</sup>	0,044 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>
CEa	1	0,002 <sup>ns</sup>	0,889 <sup>ns</sup>	0,027 <sup>ns</sup>	2,544 <sup>**</sup>	2,12 <sup>**</sup>
P. de crescimento x CEa	3	0,006 <sup>ns</sup>	0,168 <sup>ns</sup>	0,043 <sup>ns</sup>	0,054 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,0085	0,345	0,098	0,057	0,009
CV (%)		26,04	38,48	42,60	46,10	22,44

Legenda: <sup>1</sup> variável transformada em  $\sqrt{x}$ . (ns) – não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; e (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Jan – Janeiro, Fev – Fevereiro, Mar – Março, Abr – Abril, Mai – Maio, gs - condutância estomática. Fonte: autor, 2020.

**Tabela 25** - Análise de variância da transpiração (E) de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento (P. Crescimento) com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias de irrigação com água acrescida de Cloreto de sódio.

Fontes de Variação	Quadrado médio					
	GL	E				
		Jan <sup>1</sup>	Fev	Mar	Abr <sup>1</sup>	Mai
P. de crescimento	3	0,16 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	1,023 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
CEa	1	0,02 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	11,08 <sup>**</sup>	181,07 <sup>**</sup>
P. de crescimento x CEa	3	0,04 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,06	1,72	0,72	0,22	0,63
CV (%)		17,78	22,32	25,83	26,36	23,63

Legenda: <sup>1</sup> variável transformada em  $\sqrt{x}$ . (ns) – não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; e (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Jan – Janeiro, Fev – Fevereiro, Mar – Março, Abr – Abril, Mai – Maio, E - transpiração. Fonte: autor, 2020.

**Tabela 26** - Análise de variância da concentração interna de carbono (Ci) de bananeiras cultivar Prata Catarina, submetidas a fatores de promoção de crescimento (P. Crescimento) com inoculação com *Bacillus* sp. cepas 186 e 109, quando comparadas aos controles (plantas não fertilizadas/não inoculadas e plantas fertilizadas), aos 155 dias de irrigação com água acrescida de Cloreto de sódio

Fontes de Variação	Quadrado Médio					
	GL	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
		Ci				
P. de crescimento	3	10,09 <sup>ns</sup>	131,08 <sup>ns</sup>	9,06 <sup>ns</sup>	1029,04 <sup>ns</sup>	1920,78 <sup>ns</sup>
CEa	1	625,69 <sup>ns</sup>	10,12 <sup>ns</sup>	34,11 <sup>ns</sup>	34848,0 <sup>**</sup>	23274,03 <sup>**</sup>
P. de crescimento x CEa	3	659,82 <sup>ns</sup>	280,71 <sup>ns</sup>	36,44 <sup>ns</sup>	806,08 <sup>ns</sup>	403,78 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	370,11	140,50	21,03	1624,52	1058,36
CV (%)	-	6,77	3,81	26,35	14,61	12,17

Legenda: <sup>1</sup> variável transformada em  $\sqrt{x}$ . (ns) – não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; e (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Jan – Janeiro, Fev – Fevereiro, Mar – Março, Abr – Abril, Mai – Maio, Ci - concentração interna de carbono. Fonte: autor, 2020.

As fotossínteses líquidas (A) das plantas sob irrigação, com condutividade de 0,5 dS.m<sup>-1</sup> foram de 20,9 e 19,3  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  respectivamente para os meses de abril e maio. Estes valores foram bem superiores as fotossínteses das plantas submetidas a 2,0 dS.m<sup>-1</sup> que sofreram redução da ordem de 86,5 % e 93,0 % da taxa fotossintética (Figura 17a).

As taxas fotossintéticas de bananeiras podem chegar a valores de 25 a 30  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (TURNER *et al.*, 2007; ROBINSON; GÁLAN SAÚCO, 2012). Arantes (2014) encontrou para cultivares de bananeira Prata valores de taxa fotossintética variando 8,3  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , registrado em maio de 2011, e 27,1  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , registrado em janeiro de 2011.

Silveira *et al* (2016) afirmaram que em decorrência da salinidade, a utilização da água pela planta torna-se um fator restritivo devido à menor transpiração, decorrente de aumento da resistência estomática, e como consequência indireta menor taxa fotossintética, tais eventos influenciam fortemente nas variáveis de crescimento das plantas.

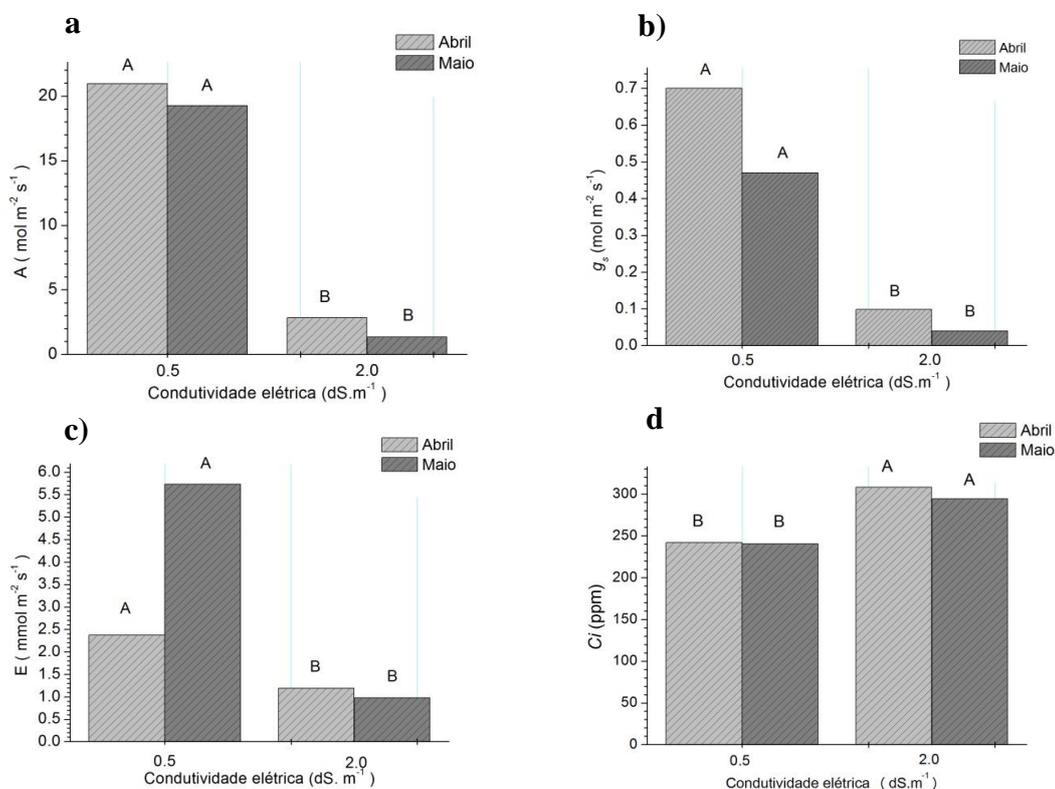
A condutância estomática (gs) das plantas submetidas a água de irrigação de 2,0 dS.m<sup>-1</sup> foram reduzidas para 0,098 e 0,04 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, para os meses de abril e maio (Figura 17b).

A condutância estomática está diretamente ligada ao controle estomático e é inversa a resistência. Seu valor refere-se à quantidade potencial de água que poderia fluir através da superfície da folha. Dados de Arantes (2014) relatam valores de condutância estomática (gs) de 1,01 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>, observado às 8 horas, e o menor valor de 0,12 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>, observado às 14 horas, em condições não salinas.

Com relação a transpiração, as plantas de bananeira irrigadas com água salina de condutividade 0,5 dS.m<sup>-1</sup> apresentaram valores médios de 2,37 e 5,73 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, para os meses de abril e maio, respectivamente, com redução de 49,8 e 82,9 % (Figura 17c). Este fato está relacionado à resposta estomática, tendo em vista os resultados apresentados anteriormente para condutância. Arantes (2014) relata ter obtido a menor taxa de transpiração de 3,58 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> e a maior 11,96 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>, nos meses de outubro e novembro para plantas de bananeira em ambiente semiárido.

A concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) foi aumentada com a elevação da condutividade elétrica da água de irrigação para 2 dS.m<sup>-1</sup>, tendo sido observados valores médios de 308,1 e 294,2 ppm, para os respectivos meses de abril e maio (Figura 17d). A concentração de CO<sub>2</sub> no ambiente influencia a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) na planta, visto que o gás se movimenta por difusão, do meio mais concentrado para o menos concentrado, sendo regulado pela abertura e fechamento estomático.

**Figura 17** - Valores médios das trocas gasosas de bananeiras cv Prata Catarina inoculadas com o *Bacillus* sp. e não inoculadas (água e adubo), irrigadas com água salina. a) taxa fotossintética, b) condutância estomática, c) taxa de transpiração e d) concentração interna de CO<sub>2</sub>.



Legenda; a) Concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>), b) Condutância estomática (g<sub>s</sub>), c) Transpiração (E) e d) Fotossíntese líquida (A). Nos gráficos, colunas iguais identificadas com letras diferentes indicam diferença entre os tratamentos a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Fonte: Autor, 2020

Em trabalho realizado por Arantes (2014), avaliando as trocas gasosas de cultivares de bananeira em condições de ambiente semiárido, foi verificado para a cv Prata-anã o maior valor de C<sub>i</sub> durante o mês de março durante o período matutino (260,40 ppm).

Em estudo realizado por Silveira Lúcio *et al.* (2013) na cultura do melão associada a fungos micorrízicos, a condutância estomática, a taxa de transpiração e de fotossíntese também apresentaram tendência a redução quando as plantas eram submetidas aos aumentos dos níveis de salinidade, tendo sido atribuído à causas estomáticas e não estomáticas associadas aos efeitos osmóticos e tóxicos do excesso de sais, como citados por diversos autores (BEZERRA *et al.*, 2005).

### 5.3.3 Minerais em folhas de bananeiras cv Prata Catarina

Com relação aos minerais foliares houve interação entre os fatores de promoção de crescimento e CEa da água para Na, P, Ca, Cu e Fe. Os fatores de promoção de

crescimento influenciaram isoladamente os teores de Na e Cu. Enquanto o fator condutividade elétrica da água de irrigação influenciou apenas o teor de Na. Em relação aos demais minerais avaliados nos tecidos vegetais das plantas submetidas ou não a inoculação com *Bacillus* sp, estes foram estatisticamente iguais independente da condutividade elétrica da água de irrigação utilizada (Tabela 27).

**Tabela 27** - Análise de variância para os fatores de promoção de crescimento (P. crescimento), níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e a interação entre estes fatores quanto aos teores de minerais na folha de bananeira cv Prata Catarina, aos 155 dias de irrigação com água salina.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						
		Macronutrientes na Parte Aérea						
		N	P	K	Ca	Mg	S	Na <sup>1</sup>
P. crescimento	3	1,77 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	1,93 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	1,62 <sup>**</sup>
CEa	1	20,70 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	8,47 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,046 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>**</sup>
P. crescimento x CEa	3	0,37 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>**</sup>	10,04 <sup>ns</sup>	10,42 <sup>*</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	3,51 <sup>**</sup>
Resíduo	24	4,91	0,02	13,58	3,07	0,12	0,011	0,06
CV (%)	-	11,85	10,07	19,03	24,40	18,87	9,47	19,63
		Micronutrientes na Parte Aérea						
		Cu <sup>1</sup>	Fe	Zn	Mn			
P. crescimento	3	3,64 <sup>**</sup>	75,09 <sup>ns</sup>	19,24 <sup>ns</sup>	732,22 <sup>ns</sup>			
CEa	1	0,69 <sup>ns</sup>	22,21 <sup>ns</sup>	22,22 <sup>ns</sup>	7,34 <sup>ns</sup>			
P. crescimento x CEa	3	1,22 <sup>*</sup>	581,29 <sup>*</sup>	18,62 <sup>ns</sup>	2554,38 <sup>ns</sup>			
Resíduo	24	0,37	152,03	10,97	1096,71			
CV (%)	-	22,36	17,14	28,10	20,19			

Legenda: N – Nitrogênio; P – Fósforo; K – Potássio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; S – Enxofre; Na – Sódio; Cu – Cobre; Zn – Zinco; Fe – Ferro; Mn – Manganês. <sup>1</sup> variável transformada em  $\sqrt{x}$ . (ns) – não significativo; (\*) significativo 5% de probabilidade; e (\*\*) significativo 1% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autor, 2020.

No presente trabalho, a relação predominante de extração encontrada para a parte aérea das bananeiras foi a seguinte: K > N > Ca > Mg > P > S > Na. O padrão apresentado encontra-se semelhante ao sugerido pela literatura. Segundo Borges *et al.* (2006) e Arantes (2014), em ordem decrescente, a bananeira absorve os macronutrientes: K > N > Ca > Mg > S > P. Desta forma para as plantas estudadas no presente trabalho houve uma pequena absorção de fósforo, em superação aos teores de enxofre.

Quanto aos teores-padrão de nutrientes na folha definidos para a cultura da bananeira, Borges e Caldas (2002) em estudo realizado nas condições do polo de irrigação

Petrolina-PE/Juazeiro-BA, encontraram os seguintes valores: 22-24 g de N kg<sup>-1</sup>; 1,7-1,9 g de P kg<sup>-1</sup>; 25-28 g de K kg<sup>-1</sup>; 6,3-7,3 g de Ca kg<sup>-1</sup>; 3,1-3,5 g de Mg kg<sup>-1</sup> e 1,7-1,9 g de S kg<sup>-1</sup>. Desta forma, os teores foliares encontrados no presente estudo encontram-se próximos aos sugeridos pela literatura, mas não dentro do nível ideal, ainda que tenha sido seguido um cronograma de adubação para tais plantas, podendo outros fatores terem afetado a absorção ou disponibilidade dos nutrientes.

O teor médio de P apresentado pelas plantas de bananeira inoculadas com *Bacillus* sp. cepa 109, irrigadas com água de 0,5 dS.m<sup>-1</sup>, não diferiu do encontrado em plantas do controle positivo (plantas fertilizadas), tendo apresentado ainda um incremento de 16,55 %. Quando irrigadas com água de condutividade de 2 dS.m<sup>-1</sup>, não houve diferenças entre os fatores de promoção de crescimento avaliados (Tabela 28).

Segundo Abhilash *et al.*, (2016) diversos trabalhos evidenciam que as bactérias promotoras de crescimento podem atuar na solubilização de nutrientes no solo ou substrato tornando-os mais prontamente disponíveis para as plantas, podendo proporcionar melhorias na captação de água e nutrientes. Este fato pode estar relacionado às plantas inoculadas com cepas bacterianas se igualarem ou superarem na aquisição de nutrientes em seus tecidos vegetais.

Mia *et al.* (2010) concluíram que o uso de rizobactérias foi eficaz para aumentar o crescimento das plantas, a absorção de nutrientes, e o rendimento de bananeiras, tendo registrado efeito significativo para os nutrientes N e P foliar, e para K, Ca e Mg nas raízes.

Para o acúmulo de Ca o comportamento foi igual estatisticamente para todos os fatores de promoção de crescimento dentro dos níveis de salinidade estudados. A exceção foi nas plantas pertencentes ao controle positivo (plantas fertilizadas) que apresentaram um acréscimo de 60,14 % do teor do nutriente, quando irrigadas com água de condutividade de 2 dS.m<sup>-1</sup>, em comparativo as irrigadas com água de 0,5 dS.m<sup>-1</sup> (Tabela 28).

Em relação ao Na, para as plantas irrigadas com água de condutividade de 0,5 dS.m<sup>-1</sup> apresentaram diferenças significativas entre os fatores de promoção de crescimento, tendo o controle positivo (plantas fertilizadas) demonstrando os maiores teores de sódio nos tecidos vegetais (1,89 g de Na kg<sup>-1</sup>). Com o aumento da condutividade da água de irrigação para 2 dS.m<sup>-1</sup> a diferença significativa entre os fatores de crescimento permaneceu, no entanto houve uma tendência de menor teor de Na nos tecidos vegetais das plantas inoculadas em relação aos controles. A cepa 186 apresentou redução de 31,40 % e 41,87 %, em comparação ao controle positivo (plantas fertilizadas) e ao controle negativo (plantas não inoculadas ou

fertilizadas), respectivamente. Enquanto, a cepa 109 teve uma redução de 73,25 % e 77,34 % (Tabela 28).

**Tabela 28** - Média dos teores de macronutrientes e micronutrientes nas folhas bananeiras cultivar Prata Catarina, aos 155 dias de irrigação com água salina.

Salinidade	Médias			
	Macronutrientes		Micronutrientes	
	0,5	2,0	0,5	2,0
Tratamento	P (g.kg <sup>-1</sup> )		Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	
Controle -	1,37 Ba	1,48 Aa	3,74 Aa	3,44 Aa
Controle +	1,45 Aba	1,48 Aa	3,16 A a	1,91 Bb
Cepa 186	1,38 Ba	1,3 Aa	1,64 Ba	2,30 Aba
Cepa 109	1,69 Aa	1,28 Aa	2,96 Aa	2,67 Aba
	Ca (g.kg <sup>-1</sup> )		Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	
Controle -	7,79 Aa	7,10 Aa	61,25 Ab	82,25 Aa
Controle +	5,72 Ab	9,16 Aa	74,00 Aa	69,33 Aa
Cepa 186	6,64 Aa	6,63 Aa	62,50 Aa	71,33 Aa
Cepa 109	8,17 Aa	6,30 Aa	83,50 Aa	65,00 Ab
	Na (g.kg <sup>-1</sup> )			
Controle -	0,37 Bb	2,03 Aa		
Controle +	1,89 Aa	1,72 Aa		
Cepa 186	0,24 Bb	1,18 Ba		
Cepa 109	1,83 Ba	0,46 Cb		

Legenda: Controle - (plantas não inoculadas e não fertilizadas); Controle + (plantas fertilizadas); Cepa 186 e Cepa 109 (*Bacillus* sp.). P - Fósforo; Ca - Cálcio; Na - Sódio; Cu - Cobre; Fe - Ferro. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si nas colunas a 5% de significância. Medias seguidas por letras minúsculas diferem entre si na mesma linha 5% de significância, por variável. Fonte: Autor, 2020.

Dias *et al* (2016) relatam que o aumento de NaCl na solução do solo prejudica a absorção radicular de nutrientes, principalmente de K e Ca. No presente trabalho, pode-se constatar que não ocorreu o aumento da absorção de K, no entanto foi registrada a diminuição do teor de Na nos tecidos vegetais tornando a relação K/Na mais elevada nos tratamentos inoculados com as cepas bacterianas, sendo possível que ocorra algum tipo de mecanismo de proteção contra a salinidade.

Para os acúmulos de cobre presentes nos tecidos vegetais houve diferenças entre os fatores de promoção de crescimento, avaliada em cada condutividade de água de irrigação, bem como resposta a interação destes fatores. Ao nível de 0,5 dS.m<sup>-1</sup> as plantas inoculadas com a cepa 109 se equivaleram aos teores de cobre encontrados nos controles (plantas fertilizadas), apresentando um teor médio de 2,96 mg.kg<sup>-1</sup>. Como o aumento da condutividade

elétrica da água de irrigação pode-se verificar que tanto a cepa 109 quanto a cepa 186 apresentaram maiores concentrações de cobre nos tecidos se equiparando ao encontrados no controle negativo (plantas não inoculadas ou fertilizadas) (Tabela 28).

Segundo Silva *et al.* (2002) os teores ideais de cobre para a bananeira Prata- anã giram em torno de 2,6- 8,8 mg Kg<sup>-1</sup>. Desta forma, com o aumento da condutividade da água de irrigação apenas as plantas do controle positivo (plantas fertilizadas) apresentaram teor inferior ao ideal, no presente estudo.

Já para os teores de ferro foram observados apenas resposta significativa à interação entre os fatores. Ao nível de salinidade de 0,5 dSm<sup>-1</sup>, as plantas inoculadas com as cepas 186 e 109 não mostraram diferenças dos teores médios de ferro, alcançados pelos tratamentos controles (plantas não inoculadas/fertilizadas e plantas fertilizadas). O mesmo comportamento ocorreu dentro do nível de salinidade de 2,0 dS.m<sup>-1</sup>. No entanto, com o aumento do nível de salinidade, de 0,5 para 2,0 dSm<sup>-1</sup>, houve aumentos do teor do micronutriente nas plantas do controle negativo (plantas não inoculadas/fertilizadas) e diminuição nas plantas inoculadas com a cepa 109, tendo os demais fatores de promoção de crescimento não diferindo entre si (Tabela 28).

Ainda para Silva *et al.* (2002) os teores ideais de ferro encontrados para a bananeira Prata- anã devem estar entre 72- 157 mg Kg<sup>-1</sup>. Assim no presente estudo, com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação as plantas do controle positivo (plantas fertilizadas) e as plantas inoculadas com a cepa 109 demonstraram valores abaixo dos ideais.

Segundo Santoyo *et al.* (2016), o uso das bactérias promotoras de crescimento pode facilitar a aquisição de recursos do ambiente, principalmente dos nutrientes por meio da disponibilização para a absorção, incluindo minerais como nitrogênio, fósforo e ferro, sendo este um mecanismo direto de promoção do crescimento, além do aumento dos teores deste nos tecidos vegetais.

Quanto aos teores de zinco e manganês não houve diferenças entre os acúmulos destes micronutrientes, entre os fatores avaliados. Com relação ao zinco a literatura relata valores ideais entre 14- 25 mg.kg<sup>-1</sup>. Enquanto, para o manganês os valores indicados devem estar entre 173- 630 mg.kg<sup>-1</sup> (SILVA *et al.*, 2002). Desta forma os teores encontrados para a maioria dos tratamentos se encontram em níveis abaixo dos considerados ideais.

## 5.4 Conclusão

A salinidade da água de irrigação influenciou o crescimento das bananeiras cultivar Prata Catarina, para o tempo de exposição a salinidade adotado, houve redução apenas do NF e AF quando não foi aplicado fertilizante ou inoculante.

O uso da cepa de *Bacillus* sp.186 promoveu aumento da área foliar das bananeiras, em face do aumento da salinidade da água.

A taxa de fotossíntese líquida, a condutância estomática e a transpiração das folhas das bananeiras foram consideravelmente reduzidas, em razão do uso de água salina de 2,0 dS.m<sup>-1</sup>, somente após três meses do início das avaliações.

Com a elevação da salinidade da água de irrigação, o uso das cepas de *Bacillus* sp.186 e 109 propiciou menor aumento proporcional dos teores de Na nas folhas das plantas inoculadas com a manutenção dos teores de potássio.

## Referências

- ABHILASH, P.C.; DUBEY, R. K.; TRIPATHI, V.; GUPTA, V. K.; SINGH, H. B. Plant Growth-Promoting Microorganisms for Environmental Sustainability. **Trends in Biotechnology**, v. 34, n. 11, 2016.
- ARANTES, A. de M. Trocas gasosas e predição do estado nutricional de bananeiras tipo prata em ambiente semiárido. **Tese de doutorado**. UFV, Viçosa –MG, 2014.
- BANERJEE A., SARKAR S., CUADROS-ORELLANA S., BANDOPADHYAY R. Exopolysaccharides and biofilms in mitigating salinity stress: The biotechnological potential of halophilic and soil-inhabiting PGPR microorganisms. In: Giri B., Varma A. (eds) Microorganisms in Saline Environments: Strategies and Functions. **Soil Biology**, v. 56, p. 133-153. 2019.
- BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão precoce sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 90-94, 2005.
- BORGES, A. L.; RAIJ, B. van; MAGALHÃES, A. F.de; BERNARDI, A. C. de. **Nutrição e adubação da bananeira irrigada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 8 p. (Embrapa CNPMF. Circular técnica, 48)
- BORGES, A. L.; SOUZA; L. S.; CORDEIRO, Z. J. M. **Cultivo orgânico da bananeira**. Cruz das almas, BA, 2006. 10p. (Embrapa-CNPMF. Circular técnica, 81).
- BORGES, A.L; CALDAS, R.C.: Teores padrões de nutrientes nas folhas de bananeira cv. Pacovan sob irrigação. In: FERTBIO (Rio de Janeiro) 2002, **Anais...** SBCS Rio de Janeiro. 1 CD ROM.
- CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S'A; BERNADI, A. C. C E SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Circular técnica, 41 p. 2000.
- CARMO, G. A. D.; MEDEIROS, J. F. D.; TAVARES, J. C.; GHEYI, H. R.; SOUZA, A. M. D.; PALÁCIO, E. A. D. Q. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 513-518, 2003.
- CRAMER, G.R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, p.675-692, 1994.
- DANTAS, N. da S. Termografia para detecção de estresse térmico na aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira, suplementadas com bactérias promotoras de crescimento em diferentes ambientes. 2019. 35f. **Monografia** (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2019.
- DIAS, N. D.; BLANCO, F. F; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. **In:**

GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2<sup>a</sup> Edição. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 151-161, 2016.

FERREIRA, C. F. [et al.] (editores técnicos). **O agronegócio da banana**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 832 p.

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

FUNCEME. **Calendário das chuvas no estado do Ceará**. Disponível: <http://www.funceme.br/app/calendario/produto/municipios/maxima/mensal>. Acesso em: 06 de Agosto de 2020 as 12:10.

GAO, S., WU, H., YU, X., QIAN, L., GAO, X. Swarming motility plays the major role in migration during tomato root colonization by *Bacillus subtilis* SWR01. **Biol. Control**. v. 98, p. 11–17, 2016.

GLICK, B. R., "Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications", **Scientifica**, p 15, 2012. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/scientifica/2012/963401>. Acesso em: 29 de novembro de 2020.

GUILHERME, E. de A.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Desenvolvimento de plantas adultas de cajueiro-anão-precoce irrigadas com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 253-257, 2005.

MELO, J. N. de. Aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira cv. 'Prata Catarina' em diferentes ambientes. 2019. 34f. **Monografia** (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MIA, M. B., SHAMSUDDIN, Z. H., WAHAB, Z., & MARZIAH, M. Rhizobacteria as bioenhancer and biofertilizer for growth and yield of banana (*Musa* spp. cv. 'Berangan'). **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 80-87, 2010.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, p. 473- 497, 1962.

NIA, S.H; ZAREA, M.J.; REJALI, F.; VARMA, A. Yield and yield components of wheat as affected by salinity and inoculation with *Azospirillum* strains from saline or non-saline soil. **Journal Saudi Soc. Agric. Sci.**, v. 11, p. 113-121, 2012.

NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; GARCIA, V. A.; RODRIGUES, D. S. Crescimento de mudas micropropagadas da bananeira cv. Nanicão, em diferentes substratos e fontes de fertilizante. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, 2008.

POSADA, L. F.; ÁLVAREZ, J.C.; ROMERO-TABAREZ, M.; DE-BASHAN, L.; VILLEGAS-ESCOBAR, V. Enhanced molecular visualization of root colonization and growth promotion by *Bacillus subtilis* EA-CB0575 in different growth systems,

**Microbiological Research**, v. 217, p. 69-80, 2018. (ISSN 0944-5013)

R. GAMEZ, M. CARDINALE, M. MONTES, S. RAMIREZ, S. SCHNELL, F. RODRIGUEZ. Screening, plant growth promotion and root colonization pattern of two rhizobacteria (*Pseudomonas fluorescens* Ps006 and *Bacillus amyloliquefaciens* Bs006) on banana cv. Williams (*Musa acuminata* Colla). **Microbiological Research**, v. 220, p. 12-20, 2019. (ISSN 0944-5013)

RAMADOSS, D.; LAKKINENI, V. K; BOSE, P.; ALI, S.; ANNAPURNA, K. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by halotolerant bacteria isolated from saline habitats. **Springer Plus**, v. 2, n. 6, p 1–7, 2013.

RAMAKRISHNA, W.; RATHORE, P.; KUMARI, R.; YADAV, R. Brown gold of marginal soil: Plant growth promoting bacteria to overcome plant abiotic stress for agriculture, biofuels and carbon sequestration. **Science of The Total Environment**, v. 711, p. 1-11, abr. 2020.

ROBINSON, J.C.; GÁLAN SAÚCO, V. **Plátanos y bananos**. 2.ed. España: Ediciones Mundi-Prensa, 2012. 321 p.

SANTOYO, G.; MORENO-HAGELSIEB, G.; OROZCO-MOSQUEDA, M DEL C.; GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacterial endophytes. **Microbiological Research**, v. 183, p. 92-99, 2016. (ISSN 0944-5013)

SILVA, J.T.A. DA; BORGES, A.L.; DIAS, M.S.C.; COSTA, E.L. DA.; PRUDÊNCIO, J.M.: **Diagnóstico nutricional da bananeira 'Prata-Anã' para o Norte de Minas Gerais**. EPAMIG. Belo Horizonte. 2002. 16p. (Epamig. Boletim Técnico, 70)

SILVEIRA LÚCIO, W. da, LACERDA, C. F. de, MENDES FILHO, P. F., HERNANDEZ, F. F. F., NEVES, A. L. R., e GOMES-FILHO, E. Growth and physiological responses of melon plants inoculated with mycorrhizal fungi under salt stress. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1587-1602, 2013..

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. **In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2ª Edição. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 151-161, 2016.

TEIXEIRA, J. C.; SANTANA JUNIOR, E. B.; COELHO, E. F.; ANDRADE, T. P. DE; SANTOS, D. L. dos; OLIVEIRA, R. C. de. **Crescimento de quatro genótipos de bananeira irrigados com diferentes níveis de salinidade**. II INOVAGRI International Meeting, 2014. p 4237 – 4241.

TURNER, D.W.; FORTESCUE, J.A.; THOMAS, D.S. Environmental physiology of the bananas (*Musa* spp.). **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 463-484, 2007.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora amplamente produzida, a cultura da banana apresenta baixa produtividade na maioria de seus pomares, em função de múltiplos estresses, entre eles o uso de água salina aplicada via de irrigação, haja vista ser uma cultura classificada de como de baixa tolerância à salinidade. Assim, torna-se necessário a busca por alternativas na mitigação dos efeitos dos estresses bióticos e abióticos nas plantas, neste contexto surge o uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP's). Os resultados apresentados neste trabalho mostram que se cultivadas sob salinidade, a cultivar de bananeira Prata Catarina inoculadas ou não com cepas de *Bacillus* sp. pode apresentar diferentes respostas ao efeito da salinidade, repostas estas que refletirão no maior ou menor crescimento das plantas, alteração em suas atividades fisiológicas e modificação no conteúdo de nutrientes em seus tecidos foliares e radiculares. O uso das cepas de *Bacillus* sp. não promoveu melhorias no crescimento das mudas de bananeira cv Prata Catarina na fase de aclimatização e desenvolvimento. As trocas gasosas também não sofreram alterações quando submetidas ou não a irrigação com água salina em função do uso das cepas bacterianas, no entanto foram registradas reduções nos parâmetros com aumento do nível de salinidade. Com relação à nutrição, a cepa 109 promoveu incrementos no teor de nitrogênio foliar e a cepa 186 incrementou os teores de potássio e magnésio nas raízes na fase de aclimatização, e quando submetidas à irrigação com água salina houve acúmulo de  $K^+$  e  $Mg^{++}$  superior ao acúmulo de  $Na^+$ , podendo ser um mecanismo de tolerância da espécie. Estudos futuros poderiam considerar intervalos menores que 30 dias para inoculação com as cepas bacterianas e níveis de salinidade intermediárias e mais elevadas que as que foram avaliadas neste estudo, de modo a perceber com mais acurácia o limite de salinidade para o pleno desenvolvimento das plantas, bem como a ocorrência e os devidos mecanismos de atenuação dos efeitos do estresse ocasionados pelo uso das BPCP's.

## REFERÊNCIAS

- ABHILASH, P.C.; DUBEY, R. K.; TRIPATHI, V.; GUPTA, V. K.; SINGH, H. B. Plant Growth-Promoting Microorganisms for Environmental Sustainability. **Trends in Biotechnology**, v. 34, n. 11, p. 847-850, nov. 2016.
- ABREU, H. J. M.; MASCRELL, J.; DUART, S.; SOCORRO, A. R. Na and Cl content in banana plants of the Canaria Islands. **International Banana Nutrition Newsletter**, Nedlands, v.15, n.5, p.13-14, 1982.
- AGRIFANUAL 2019: **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA AGRICULTURA BRASILEIRA**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2019. p. 196-203.
- AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rizobacteria: Current perspective. **Journal of King Saud University**, v.26, p.1-20, 2014.
- AMORIM, E. P. R. e MELO, I. S. M. Ação antagônica de rizobactérias contra *Phytophthora* e seu efeito no desenvolvimento de plântulas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 565-568, 2002.
- APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3. ed. Washington, American Public Health Association, 1992.
- ARANTES, A. de M. **Trocas gasosas e predição do estado nutricional de bananeiras tipo prata em ambiente semiárido**. Tese de doutorado. UFV, Viçosa –MG, 2014.
- ARAÚJO FILHO, J. B. de; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. Tolerância da bananeira a salinidade em fase inicial de desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.7, p.989-997, jul. 1995.
- ARAÚJO FILHO, J.B. de. **Efeitos de diferentes níveis de salinidade de solo na composição química da folha e crescimento de cultivares de bananeira (*Musa* sp.)**. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 1990. 87f
- ASSIS, S.M.P. ***Heliconia psitacorum* L.f. – Doenças, pragas e utilização de rizobactérias na promoção de crescimento**. (Tese de Doutorado). Recife. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2002.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A. **Qualidade da água na agricultura**. Tradução de Hans Raj Gheyi, José Francismar de Medeiros, Francisco Ademilton Damasceno. Campina Grande: UFPB, (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 29), 218 p. 1999.
- BANERJEE A., SARKAR S., CUADROS-ORELLANA S., BANDOPADHYAY R. Exopolysaccharides and biofilms in mitigating salinity stress: The biotechnological potential of halophilic and soil-inhabiting PGPR microorganisms. In: Giri B., Varma A. (eds) **Microorganisms in Saline Environments: Strategies and Functions**. **Soil Biology**, v. 56, p. 133-153. 2019.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa: UFV, 1995. 657p.

BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão precoce sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 90-94, 2005.

BOHN, H. L. et al. **Soil chemistry**. 3 ed. Mishawaka: John Wiley & Sons, 2001. 307p

BORGES et al. **A cultura da banana** / Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. – 3. ed. rev. e amp. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.: il. – (Coleção Plantar, 56).

BORGES, A. L.; RAIJ, B. van; MAGALHÃES, A. F.de; BERNARDI, A. C. de. **Nutrição e adubação da bananeira irrigada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 8 p. (Embrapa CNPMF. Circular técnica, 48)

BORGES, A. L.; SOUZA; L. S.; CORDEIRO, Z. J. M. **Cultivo orgânico da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. 10p. (Embrapa-CNPMF.Circular Técnica, 81).

BORGES, A.L. et al. **Sistema de produção: Cultivo da Bananeira para o Agropólo Jaguaribe-Apodi, Ceará**. Versão eletrônica, 2ª Edição. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2014. (Sistema de Produção, 20).

BORGES, A.L; CALDAS, R.C.: Teores padrões de nutrientes nas folhas de bananeira cv. Pacovan sob irrigação. In: FERTBIO (Rio de Janeiro) 2002, **Anais... SBCS** Rio de Janeiro. 1 CD ROM.

BORGES, L. A.; SOUSA da S. L. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 279p. 2004.

BRAINERD, K. E.; FUCHIGAMI, L. H. Acclimatization of aseptically cultured plants to low relatively humidity. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 106, n. 4, p. 515-518, 1981.

BRAUD, A.; JÉZÉQUEL, K.; BAZOT, S.; LEBEAU, T. Enhanced phytoextraction of an agricultural Cr-, Hg- and Pb-contaminated soil by bioaugmentation with siderophore producing bacteria. **Chemosphere**, v. 74, p. 280-286, 2009.

CABRAL, J. J. S. P.; SANTOS, S. M. **Água subterrânea no Nordeste brasileiro**. In: CABRAL, J.J.S.P.O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas. Recife: UFPE, p40-63, 2007.

CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S'A; BERNADI, A. C. C E SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41 p. (Circular técnica)

CARMO, G. A. D.; MEDEIROS, J. F. D.; TAVARES, J. C.; GHEYI, H. R.; SOUZA, A. M. D.; PALÁCIO, E. A. D. Q. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 513-518, 2003.

CARVALHO, A. C. P. P. de; RODRIGUES, A. A. de J.; SANTOS, E. de O. **Produção de mudas micropropagadas de bananeira**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. (Circular técnica 37)

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia, PB: Centro de Ciências Agrárias / Universidade Federal da Paraíba, 2000. 71 p.

CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P.; FILHO, P. E. M. **Doenças e métodos de controle. O cultivo da bananeira**. (Eds. A. L. Borges e L. S. Souza). Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279p.

CORREIA, R. C.; KIILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B.; CUNHA, T. J. F.; JESUS JUNIOR, L. A.; ARAÚJO, J. L. P. **A região Semiárida Brasileira**. In: VOLTOLINI, T.V. (Org.). Produção de caprinos e ovinos no semiárido. 2011.

COSTA, W.D. **Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades**. vol.1, n.1. Recife: UFPE, 2014. 605p.

CRAMER, G.R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, p.675-692, 1994.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Importância do silício na tolerância das plantas a estresses de natureza abiótica. In: RODRIGUES, F. A. (Ed.). **Silício na agricultura**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. p. 27-46.

DAMATTA, F.M. Ecophysiology of tropical tree crops: an introduction. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 19, p. 239-244, 2007.

DANTAS, N. da S. **Termografia para detecção de estresse térmico na aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira, suplementadas com bactérias promotoras de crescimento em diferentes ambientes**. 2019. 35f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2019.

DIAS, N. D. S., DUARTE, S. N., GHEYI, H. R., DE MEDEIROS, J. F.; SOARES, T. M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 496-504, 2005.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2ª Edição. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 151-161, 2016.

DONATO, S. L. R., ARANTES, A. D. M., COELHO, E., RODRIGUES, M. G. V. (2015). Considerações ecofisiológicas e estratégias de manejo da bananeira. **In Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 8., 2015, Montes Claros. Palestras e resumos... Belo Horizonte: Epamig, 2015. 1 CD-ROM.

DONATO, S.L.R.; ARANTES, A.M.; SILVA, S.O.; CORDEIRO, Z.J.M. Comportamento fitotécnico da bananeira Prata-Anã e de seus híbridos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1508-1515, 2009.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1983. 193 p. (Irrigation and Drainage Paper, 33)

DOS SANTOS, A. A.; CRUZ, J. L.; REINHARDT, DHRC. Efeito da salinidade sobre a fotossíntese e acúmulo de massa seca da bananeira 'prata anã gorutuba'. In: **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 26, 2019, Juazeiro, BA/Petrolina, PE. Fruticultura de precisão: desafios e oportunidades-anais. Petrolina: Embrapa Semiárido: UNIVASF: SBF, 2019.

DREW, M. C.; HOLE, P.S.; PICCHIONI, G. A. Inhibition by NaCl of net CO<sub>2</sub> fixation and yield of cucumber. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, n. 3, p.472-477, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A cultura da banana**. 3. ed. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p. (Coleção Plantar, 56).

ENEBE, M.C.; BABALOLA, O.O. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria in plant tolerance to abiotic stress: a survival strategy. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, v. 102, n. 18, p. 7821-7835, set. 2018.

FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. dos S.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. IN: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, p. 205-218, 2010.

FERREIRA, C. F. et al. **O agronegócio da banana**. Embrapa, 2016. 832p.

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

FERREIRA, N. C.; MAZZUCHELLI, R. C. L.; PACHECO, A. C.; ARAÚJO, F. F.; ARAÚJO, A. S. F. *Bacillus subtilis* improves maize tolerance to salinity. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 8, 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Banana Market Review: Preliminary Results 2019**. Rome. 2020a. Disponível em: <http://www.fao.org/3/cb0168en/cb0168en.pdf>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **FAOSTAT: production-crops**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Medium-term Outlook: Prospects for global production and trade in bananas and tropical fruits 2019 to 2028**. Rome. 2020b. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca7568en/ca7568en.pdf>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.

FREIRE, A. L. DE O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P. DE; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1133-1144, 2010.

FUNCEME. **Calendário das chuvas no estado do Ceará**. Disponível: <http://www.funceme.br/app/calendario/produto/municipios/maxima/mensal>. Acesso em: 06 de Agosto de 2020 as 12:10.

GAMEZ, M. R., CARDINALE, M. MONTES, S. RAMIREZ, S. SCHNELL, F. RODRIGUEZ. Screening, plant growth promotion and root colonization pattern of two rhizobacteria (*Pseudomonas fluorescens* Ps006 and *Bacillus amyloliquefaciens* Bs006) on banana cv. Williams (*Musa acuminata* Colla). **Microbiological Research**, v. 220, p. 12-20, 2019. (ISSN 0944-5013)

GAO, S., WU, H., YU, X., QIAN, L., GAO, X. Swarming motility plays the major role in migration during tomato root colonization by *Bacillus subtilis* SWR01. **Biological control**, v. 98, p. 11–17, 2016.

GLICK, B. R., "Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications", **Scientifica**, p 15, 2012. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/scientifica/2012/963401/>. Acesso em: 29 de novembro de 2020.

GONDIM, T. M. de S.; CAVALCANTE, L. F.; BELTRAO, N. E. de M. Aquecimento global: salinidade e consequências no comportamento vegetal. **Revista brasileira oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v.14, n.1, p.37-54, jan./abr., 2010.

GUEDES, R. A. A.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. M.; GOMES, L. P.; COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 913-919, 2015.

GUILHERME, E. de A.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Desenvolvimento de plantas adultas de cajueiro-anão-precoce irrigadas com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 253-257, 2005.

HARTHMAN, O.E.L.; MÓGOR, A.F.; FILHO, J. A.W.; LUZ, W.C. Rizobactérias no crescimento e na produtividade da cebola. **Ciência Rural**, v. 40, n.2, p. 462-465. 2010.

HAYAT, R.; ALI, S.; AMARA, U.; KHALID, R.; AHMED, I. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. **Annals of Microbiology**, v. 60, p. 579-598, 2010.

HOLANDA, J. S. de; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, ALAN C.; SÁ, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2ª Edição. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 151-161, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA DE ESTATÍSTICA. (Org.). Produção Agrícola Municipal. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Org.). **Produção Agrícola - Lavoura Permanente. 2019**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/pesquisa/15/0>. Acesso em: 13 de novembro de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (Org.). **Produção Agrícola Municipal. 2019**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.

JUNIOR, S., EDVALDO, B., COELHO, E. F., LIMA, L., SANTANA, G. D. S., SANTOS, D. Análise de crescimento de genótipos de bananeira irrigados com diferentes níveis de salinidade. In: **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 43. 2014, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBEA, 2014. 2014.

KADO, C.I.; HESKETT, M.G. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*. **Phytopathology**, v. 60, n. 6, p. 969-976, jan.1970.

KAVOO- MWANGIA, A.M.; KAHANGIA, E.M.; ATEKAA, E.; ONGUSOA, J.; MUKHONGOB, R.W.; MWANGIB, E.K.; JEFWA, J.M. Growth effects of microorganisms based commercial products inoculated to tissue cultured banana cultivated in three different soils in Kenya. **Applied Soil Ecology**. v. 64, p. 152–162, fev. 2013.

KJELDAHL, J. A New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Matter. **Zeitschrift für Analytische Chemie**, v. 22, p. 366-382, dez. 1883.

KUMAR, P.; DUBEY, R. C.; MAHESHWARI, D. K. *Bacillus strains* isolated from rhizosphere showed plant growth promoting and antagonistic activity against phytopathogens. **Microbiological Research**, v. 167, p. 493-499, 2012.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2004. 531p  
LELLIOTT, R. A.; STEAD, D. E. **Métodos para o diagnóstico de doenças bacterianas de plantas**. Publicações Científicas da Blackwell. 1987.

LIMA, M. B.; SILVA, S. de O., FERREIRA, C. F. **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde** / editores técnicos, – 2 ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2012. 214 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

LIRA, R. M.; SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SILVA, J. S.; BARROS, M. S.; GORDIN, L. C. Cultivo de coentro em diferentes níveis de salinidade e umidade do solo. **Revista GEAMA**, v. 1, n. 3, p. 293 – 303, 2015.

LUZ, W.C. Evaluation of plant growth-promoting and bioprotecting rhizobacteria on wheat crop. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 597-600, 2001.

MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; DE ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; DONATO, VIRGINIA M. T. S. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, vol. 1, p. 89-111, 2004.

MARTINS, A. N.; POZ, L. D.; SUGUINO, E.; DIAS, N. M. S.; PERDONÁ, M. J. Aclimação de mudas micropropagadas de bananeira “Nanicão Williams” em diferentes substratos e fontes de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.1, p.65-72, jan./mar. 2011.

MEDEIROS, E. V.; SILVA, K. J. P.; MARTIINS, C. M.; BORGES, W. L. Tolerância de bactérias fixadoras de nitrogênio provenientes de municípios do Rio Grande do Norte à temperatura e salinidade. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v. 7, n. 2, p. 160-168, 2007.

MEDEIROS, J. F. de. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE. 1992. 173 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

MELO, J. N. de. Aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira cv. ‘Prata Catarina’ em diferentes ambientes. 2019. 34f. **Monografia** (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MIA, M. B., SHAMSUDDIN, Z. H., WAHAB, Z., & MARZIAH, M. Rhizobacteria as bioenhancer and biofertilizer for growth and yield of banana (*Musa* spp. cv. ‘Berangan’). **Scientia horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 80-87, 2010.

MULLER, L; SANTOS, O. S; MANFRON, P. A; MENEZES, N. L; GARCIA, D.C. Forragem hidropônica de milho: produção e qualidade nutricional em diferentes densidades de semeadura e idades de colheita. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1094-1099, 2006.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, p. 473- 497, 1962.

MUSCOLO, A.; PANUCCIO, M. R.; SIDARI, M. Effects of salinity on growth, carbohydrate metabolism and nutritive properties of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hoscht). **Plant Science**, Limerick, v.164, p.1103–1110, 2003.

NADEEM, S.M., AHMAD, M., ZAHIR, Z.A., JAVAID, A., ASHRAF, M. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. **Biotechnol. Adv.** v. 32, p. 429–448, 2014.

- NEVES, L. L. DE M.; SIQUEIRA, D. L. DE; CECON, P. R., MARTINEZ, C. A., SALOMÃO, L. C. C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira 'Prata', submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 524-529, 2002.
- NIA, S.H; ZAREA, M.J.; REJALI, F.; VARMA, A. Yield and yield components of wheat as affected by salinity and inoculation with *Azospirillum* strains from saline or non-saline soil. **J. Saudi Soc. Agric. Sci.**, v. 11, p. 113-121, 2012.
- NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; GARCIA, V. A.; RODRIGUES, D. S. Crescimento de mudas micropropagadas da bananeira cv. Nanicão, em diferentes substratos e fontes de fertilizante. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, 2008.
- NOMURA, E.S.; LIMA, J.D.; RODRIGUES, D.S.; GARCIA, V.A.; FUZITANI, E.J. Influência do substrato e do tipo de fertilizante na aclimação de mudas de bananeira 'Prata-Anã'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.3, p.773-779, mai./jun.2009.
- OLIVEIRA BOSCO, M. R.; BOSCO de OLIVEIRA, A.; FERREYRA HERNANDEZ, F. F.; DE LACERDA, C. F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, p. 296-302, 2009.
- OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA S.; BALDANI, J. I. **Processos e mecanismos envolvidos na influência de microrganismos sobre o crescimento vegetal**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, ago. 2003. 40 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 161).
- OLIVEIRA, M. de. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J. M. (ed.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, p. 1-37, 2001.
- PAUNGFOO-LONHIENNE, C.; REDDING, M.; PRATT, C.; WANG, W. Plant growth promoting rhizobacteria increase the efficiency of fertilisers while reducing nitrogen loss. **Journal of Environmental Management**. v. 233, p. 337-341, mar. 2019.
- POSADA, L. F.; ÁLVAREZ, J.C.; ROMERO-TABAREZ, M.; DE-BASHAN, L.; VILLEGAS-ESCOBAR, V. Enhanced molecular visualization of root colonization and growth promotion by *Bacillus subtilis* EA-CB0575 in different growth systems. **Microbiological Research**, v. 217, p 69-80, dez. 2018.
- PRADO, R.M. **Nutrição de Plantas**, São Paulo: Editora Unesp, 407p, 2008.
- RAMADOSS, D.; LAKKINENI, V. K; BOSE, P.; ALI, S.; ANNAPURNA, K. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by halotolerant bacteria isolated from saline habitats. **Springer Plus**, v. 2, n. 6, p 1–7, 2013.
- RAMAKRISHNA, W.; RATHORE, P.; KUMARI, R.; YADAV, R. Brown gold of marginal soil: Plant growth promoting bacteria to overcome plant abiotic stress for agriculture, biofuels and carbon sequestration. **Science of The Total Environment**, v. 711, p. 1-11, abr. 2020.
- RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. STEWART, B.A.; NIELSEN, D. R.; Salinity in

irrigated agriculture. In: Irrigation of agricultural crops. Madison, American Society of Agronomy, 1089-1157. 1991. (ASA. Monograph, 30).

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. 2000, 117 p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 48)

RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M.; JACOMINE, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. **In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2016.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA Agricultural Handbook, 60

ROBINSON, J.C.; GÁLAN SAÚCO, V. **Plátanos y bananos**. 2.ed. España: Ediciones Mundi-Prensa, 2012. 321 p.

ROMEIRO, R. Técnica de microgota para contagem de células bacterianas viáveis em uma suspensão: **UFV**. Viçosa, 2007.

SADEGHI, A., KARIMI, E., DAHAJI, P.A., JAVID, M.G., DALVAND, Y., ASKARI, H. Plant growth promoting activity of an auxin and siderophore producing isolate of *Streptomyces* under saline soil conditions. **World J. Microbiol. Biotechnol.** v. 28, p. 1503–1509, 2012.

SANTOS, E. D. O., VIANA, T. V. D. A., SOUSA, G. G. D., CARVALHO, A. C. P. P. D., AZEVEDO, B. M. D. Biomass accumulation and nutrition in micropropagated plants of the banana ‘prata catarina’ under biofertilisers. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 901-911, 2017.

SANTOS, E. de O. Adubações orgânica e mineral em mudas micropropagadas de bananeira cv Prata Catarina durante a aclimatização. 2014. 81 f. **Dissertação** (Mestrado em agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2014.

SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, F. L.; VITAL, A. D. F.; LACERDA, C. F.; SOUZA, E. R.; LIMA, G. S. Interação salinidade-fertilidade do solo. **In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2ª Edição. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 151-161, 2016.

SANTOS-SEREJO, J. A.; SOUZA, A. S.; SOUZA, F. V. D.; JUGHANS, T. G.; LINO, L. S. M.; SOARES, T. L.; SOUZA, E. H. Micropropagação da bananeira. In: JUGHANS, T. G.; SOUZA, A. S. (Ed.). **Aspectos práticos da micropropagação de plantas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p. 237-255, 2009.

SANTOYO, G.; MORENO-HAGELSIEB, G.; OROZCO-MOSQUEDA, M DEL C.; GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacterial endophytes. **Microbiological Research**, v. 183, p. 92-99, 2016. (ISSN 0944-5013)

SARAVAKUMAR, D.; VIJAYAKUMAR, C.; KUMAR. N.; SAMIYAPPAN, R. PGPR-

induced defense responses in the tea plant against blister blight disease. **Crop Protection**, v.26, p.556–565, 2007.

SCHOSSLER, T.R.; MACHADO, D.M.; ZUFFO, A.M. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia biosfera**, v. 8, p. 1-5, 2012.

SHRIVASTAVA P.; KUMAR, R. Soil salinity: a serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. **Saudi J. Biol. Sci.**, v. 22, p. 123-131, 2015.

SILVA, C. de F. B. da, BRITO, T. L. de, TANIGUCHI, C. A. K., LOPES, L. A., PINTO, G. A. S.; CARVALHO, A. C. P. P. de. Growth-promoting potential of bacterial biomass in the banana micropropagated plants. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 11, p. 782-787, nov. 2018.

SILVA, H. S.A.; ROMEIRO, R. S. Isolamento e seleção massal de rizobactérias indutoras de resistência sistêmica à Mancha- bacteriana-pequena do tomateiro. **Revista Ceres**, v.51, n.295, p.345-354, 2004.

SILVA, J.T.A. DA; BORGES, A.L.; DIAS, M.S.C.; COSTA, E.L. DA.; PRUDÊNCIO, J.M.: **Diagnóstico nutricional da bananeira 'Prata-Anã' para o Norte de Minas Gerais**. EPAMIG. Belo Horizonte. 2002. 16p. (Epamig. Boletim Técnico, 70)

SILVA, R. L. D. O., MARTINS, L. S. S., GOMES, E. W. F., FERRAZ, G. D. M. G., SILVA, S. D. O., & WILLADINO, L. Avaliação de diploides de bananeira (*Musa* spp.) quanto à tolerância a salinidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 1084-1091, 2009.

SILVEIRA LÚCIO, W. da, LACERDA, C. F. de, MENDES FILHO, P. F., HERNANDEZ, F. F. F., NEVES, A. L. R., e GOMES-FILHO, E. Growth and physiological responses of melon plants inoculated with mycorrhizal fungi under salt stress. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1587-1602, 2013.

SILVEIRA, A. P. D. DA; FREITAS, S. DOS S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. 312 p.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. **In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2ª Edição. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 151-161, 2016.

SOARES, H.R. SILVA, E.F.F; SILVA, G.F; LIRA, R.M; BEZERRA, R.R. Nutrição Mineral de Alface Americana em Cultivo Hidropônico com Águas Salobras. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 656 - 664, 2016.

SOTTERO, A. N.; FREITAS, S.S.; MELO, A.M.T.; TRANI, P.E. Rizobactérias e alface: Colonização rizosférica, promoção de crescimento e controle biológico. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.30, p.225-234, 2006.

SOUZA, R. de; MEYER, J.; SCHOENFELD, R.; COSTA , P.B. da; PASSAGLIA, L. M.

Characterization of plant growth-promoting bacteria associated with rice cropped in iron-stressed soils. **Annals Microbiol.**, v. 65, n. 2, p. 951-964, jul. 2014.

SPOLAOR, L. T.; GONÇALVES, L. S. A.; SANTOS, O. J. ODAIR JOSÉ A. P.; OLIVEIRA, A. L. M.; SCAPIM, C. A.; BERTAGNA, F. A. B.; KUKI, M. C. Bactérias promotoras de crescimento associadas à adubação nitrogenada de cobertura no desempenho agrônômico de milho pipoca. **Bragantia**, Campinas v. 75, n.1, p.33-40, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 5 ed. Porto Alegre: Artmed. 719p. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre. Ed. Artmed, 2017. 858p.

TEIXEIRA, J. C.; SANTANA JUNIOR, E. B.; COELHO, E. F.; ANDRADE, T. P. DE; SANTOS, D. L. dos; OLIVEIRA, R. C. de. **Crescimento de quatro genótipos de bananeira irrigados com diferentes níveis de salinidade**. II INOVAGRI International Meeting, 2014. p 4237- 4241.

TURNER, D.W.; FORTESCUE, J.A.; THOMAS, D.S. Environmental physiology of the bananas (*Musa* spp.). **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 463-484, 2007.

VIEIRA JÚNIOR, J. R.; FERNANDES, C. F.; ANTUNES JÚNIOR, H.; SILVA, M. S.; SILVA, D. S. G.; SILVA, U. O. **Rizobactérias como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2013. 15 p. (Documentos Embrapa 155)

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: REIGOSA, M. J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. (ed.). **La ecofisiología vegetal – Uma ciência de síntesis**. Madrid: Thompson, p.303-330, 2004. **Apud** SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; DE ANDRADE, F. R.; PIAULINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012.

WILLADINO, L.; GOMES, E. W. F., SILVA, Ê. F. DE F.; MARTINS, L. S. S.; CAMARA, T. R. Efeito do estresse salino em genótipos tetraploides de bananeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n.1, p.53–59, 2011.