

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**DISSERTAÇÃO**

**Impacto de Herbicidas sobre Bactérias Diazotróficas**  
**Associadas à Cultura do Arroz Vermelho**

**Ernandes Silva Barbosa**

**2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**IMPACTO DE HERBICIDAS SOBRE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS  
ASSOCIADAS À CULTURA DO ARROZ VERMELHO**

**ERNANDES SILVA BARBOSA**

*Sob a orientação do Professor*  
**Aroldo Ferreira Lopes Machado**

*e Coorientação da Pesquisadora*  
**Vera Lúcia Divan Baldani**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Fitotecnia**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de Concentração em Produção Vegetal.

Seropédica, RJ  
Julho de 2018

B238i Barbosa, Ernandes Silva, 1993-  
Impacto de herbicidas sobre bactérias diazotróficas associadas à cultura do arroz vermelho / Ernandes Silva Barbosa. - 2018.  
73 f.: il.

Orientador: Aroldo Ferreira Lopes Machado.  
Coorientadora: Vera Lucia Divan Baldani.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2018.

1. Oryza sativa. 2. plantas daninhas. 3. microrganismos promotores de crescimento vegetal. I. Machado, Aroldo Ferreira Lopes, 1977-, orient. II. Baldani, Vera Lucia Divan, 1954-, coorient. III. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**ERNANDES SILVA BARBOSA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Fitotecnia** no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de Concentração em Produção vegetal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 27/07/2018

---

Aroldo Ferreira Lopes Machado. Dr. UFRRJ  
(Orientador)

---

Ana Claudia Langaro. Dr<sup>a</sup>. UFRRJ

---

Miler Soares Machado. Dr. UFV

## DEDICATÓRIA

À minha querida e amada mãe, Leila.  
Pelo amor e carinho incondicional, também pelo apoio nesta jornada acadêmica.  
Ao meu pai, Celismar, pelas boas lembranças que ficaram guardadas na memória.  
Aos irmãos, Elimar, Leonardo e Jacqueline pelos momentos de alegria.  
Aos meus avós, Otacilio e Joana Luzia, e demais familiares pelo incentivo e carinho.  
À minha companheira, Franciara, pelo cuidado, apoio e ombro amigo.  
A todos os professores deste país, por dedicarem-se a ensinar.  
E a todos que contribuem ou contribuíram para um mundo melhor.

## AGRADECIMENTOS

Gratos, deveríamos ser e não somos, por isso, aproveito o momento para ser! Mergulhado na incerteza de onde viemos e para onde vamos, agradeço inicialmente ao criador do universo, por nos proporcionar a natureza como palco da vida.

À minha mãe, rainha da minha vida, dedico um parágrafo inteiro e exclusivo em agradecimento, pelo seu carinho e amor incondicional, e por ser a minha grande professora da vida.

Aos meus irmãos, Elimar, Leonardo e Jacqueline pelos bons momentos juntos. Aos meus avós, Joana Luzia e Otacilio, e demais familiares pelo carinho e apoio concedido.

À minha companheira Franciara pelo amor e carinho sem medida.

Imenso agradecimento à Vera Baldani e a o Aroldo Machado pela amizade, orientação e oportunidade de desenvolver este trabalho, ensinando-me um pouco sobre as suas áreas de estudo. Agradeço também ao meu grande mestre dos tempos da graduação, Luiz Rodrigues Freire, obrigado pela valorosa contribuição na minha vida pessoal, acadêmica e científica. E aos componentes da banca examinadora, Ana Claudia e Miler, pelas sugestões de melhoria do trabalho.

À minha amiga Laiz pelo companheirismo e amizade.

Aos amigos do alojamento 322/321 e agregados Fernando Ramos (Zezão), Ananias Júnior, Carlucio Veloso, Elias Costa, Gabriel Mendes, Heitor Pereira, Jander Almeida (Jandão), Josué Loures, Manoel Sobrinho, Phelipe Ladeia, Rodrigo Amaral, Ueliton Lopes, Rosana Carneiro e Lucinéia Costa pela ótima convivência e amizade.

Aos amigos do laboratório de fertilidade Amanda Marega, Erinaldo Gomes, Nágila Guimarães, Elenice Fernandes, Oclizio Medeiros, Gean Teles, Deivid Brito, Graciane Siqueira e Lineker Leonardo pelo convívio.

A todos da turma de agronomia, em especial meus grandes amigos José Savio e Francisco Freire.

Aos colegas do alojamento da Embrapa Agrobiologia, agradeço a todos aqueles que contribuíram para uma boa convivência, em especial, Edevaldo, Gustavo, Osmário, Danilo, Aolybama, Cassador, Monstrão, Luana, Lucero (doida), Antônio (Pai), Rita Hilário, Cleudison, Priscila, Murilo e Mariana.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pelas oportunidades. À Embrapa Agrobiologia pela chance de realizar este trabalho e aos seus funcionários, em especial ao Lúcio, Wilson e Claudio. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida e o apoio financeiro para a realização da pesquisa. “O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”

E por último e não menos importante, ao povo brasileiro e aos agricultores, que diariamente travam uma batalha pela sobrevivência, diante da opressão, do abandono, do descaso, do caos, nem os mais desastrosos dos problemas reduz a vontade tenaz de seguirem em frente, a resposta de cada um é a vida.

## **BIOGRAFIA**

ERNANDES SILVA BARBOSA, filho de Celismar João Barbosa (*in memoriam*) e Leila da Silva Barbosa, nasceu em 20 de janeiro de 1993 na cidade de Campos Verdes-GO. Em 2009 concluiu o ensino médio concomitante ao curso Técnico em Zootecnia no Instituto Federal Goiano, na cidade de Ceres-GO. Graduiu-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) no ano de 2016. Durante a graduação, foi bolsista FAPERJ de iniciação científica e monitor da disciplina de fertilidade do solo. Em 2016 ingressou no Mestrado no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, sob orientação do Dr. Aroldo Ferreira Lopes Machado e coorientação da Dr<sup>a</sup> Vera Lucia Divan Baldani, com defesa em julho de 2018.

## RESUMO

BARBOSA, Ernandes Silva. **Impacto de herbicidas sobre bactérias diazotróficas associadas à cultura do arroz vermelho**. 2018. 79 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia, Produção Vegetal). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

O uso de microrganismos que promovam o crescimento vegetal vem sendo estudado como uma das estratégias para incremento da produtividade e sustentabilidade da cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). Diversos fatores reduzem a produtividade de cultivos de arroz com destaque para as plantas daninhas que competem com a cultura por luz, água e nutrientes. Neste caso, o uso de herbicidas se justifica, especialmente quando as infestações acarretam altas perdas na produtividade de grãos. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito de herbicidas em estirpes de bactérias diazotróficas associadas à cultura do arroz, variedade Vermelho Pequeno. Foram conduzidos três experimentos, sendo o primeiro com objetivo de avaliar o crescimento *in vitro* de estirpes bacterianas (*Azospirillum brasilense* 245 e *Herbaspirillum seropedicae*, 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95) após aplicação dos herbicidas Quincloraque nas doses 375, 750, 1125 e 1500 g i.a ha<sup>-1</sup>, Penoxsulam 60, 120, 180 e 240 g i.a ha<sup>-1</sup> e Cialofope-butílico 225, 450, 675 e 900 g i.a ha<sup>-1</sup>; no segundo avaliou-se a germinação de sementes de arroz vermelho inoculadas com estirpes das bactérias diazotróficas *Azospirillum brasilense* 245 e *Herbaspirillum seropedicae*, 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95, tratadas com os herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, nas doses 375, 60 e 225 g i.a ha<sup>-1</sup>, respectivamente e; no terceiro experimento, objetivou-se avaliar o crescimento e produção de arroz vermelho inoculado com estirpes das bactérias diazotróficas *Azospirillum brasilense* 245 e *Herbaspirillum seropedicae*, 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95 e tratadas com os herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, nas doses 375, 60 e 225 g i.a ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os dados quantitativos do segundo e terceiro experimentos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativos as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. No primeiro experimento verificou-se crescimento normal das bactérias na ausência de herbicida e nos tratamentos que receberam 375, 750 e 1125 g i.a ha<sup>-1</sup>, 60, 120 e 180 g i.a ha<sup>-1</sup> e 225, 450 e 675 g i.a ha<sup>-1</sup>, dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, respectivamente. Nos tratamentos que incluíam as maiores doses dos herbicidas, verificou-se inibição do crescimento das bactérias, com exceção da estirpe 245. No segundo experimento a variável número de raízes se mostrou estatisticamente diferente para a estirpe 245. No terceiro experimento, em coleta realizada aos 30 dias após o plantio, os valores de massa fresca de raiz, massa fresca e seca da parte aérea apresentaram diferença significativa, para efeito das estirpes 245 e ZA25. Assim como as estirpes 245, 26H e ZAL95 foram as que proporcionaram melhor desempenho para massa seca de raiz. Na avaliação realizada no florescimento, aos 60 dias após o plantio, as variáveis mantiveram o mesmo comportamento observado na primeira estimativa. Na coleta realizada ao final do ciclo da cultura, valores significativos foram encontrados para as variáveis massa fresca e seca de raiz e massa seca dos grãos, com melhor desempenho das plantas que foram inoculadas com as estirpes 245 e ZA25, ademais não houve efeito dos herbicidas testados. Portanto, os herbicidas utilizados não impactam as estirpes bacterianas de *Azospirillum* e *Herbaspirillum*. Em contrapartida, a inoculação contribui para o aumento do número de raízes, massa fresca e seca da parte aérea, massa fresca de raiz e massa seca de grãos. Entre as estirpes estudadas, a 245 e ZA25 são as que promovem maior crescimento vegetal.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa*, plantas daninhas, microrganismos promotores de crescimento vegetal.

## ABSTRACT

BARBOSA, Ernandes Silva. **Impact of herbicides on diazotrophic bacteria associated with red rice cultivation.** 2018. 79p. Dissertation (Masters in Plant Science, Plant Production). Institute of Agronomy, Department of Plant Science, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

The use of microorganisms that promote plant growth has been studied as one of the strategies to increase productivity and sustainability of rice (*Oryza sativa* L.). Several factors reduce the productivity of rice crops with emphasis on weeds that compete with the crop for light, water and nutrients. In this case, the use of herbicides is justified, especially when the infestations entail high losses in grain yield. The objective of this study was to evaluate the effect of herbicides on strains of diazotrophic bacteria associated with rice crop, Vermelho Pequeno variety. Three experiments were carried out to evaluate the in vitro growth of bacterial strains (*Azospirillum brasilense* 245 and *Herbaspirillum seropedicae*, 26H, Z67, Z94, ZA25 and ZAL95) after application of Quinclorac herbicides at doses 375, 750, 1125 and 1500 g i.a ha<sup>-1</sup>, Penoxsulam 60, 120, 180 and 240 g i.a ha<sup>-1</sup> and Cyhalofop-butyl 225, 450, 675 and 900 g i.a ha<sup>-1</sup>; In the second, the germination of red rice seeds inoculated with strains of the diazotrophic bacteria *Azospirillum brasilense* 245 and *Herbaspirillum seropedicae*, 26H, Z67, Z94, ZA25 and ZAL95, treated with the herbicides Quinclorac, Penoxsulam and Cyhalofop-butyl at doses 375, 60 and 225 g i.a ha<sup>-1</sup> respectively; in the third experiment, the objective was to evaluate the growth and production of red rice inoculated with strains of the diazotrophic bacteria *Azospirillum brasilense* 245 and *Herbaspirillum seropedicae*, 26H, Z67, ZA25 and ZAL95 and treated with the herbicides Quinclorac, Penoxsulam and Cyhalofop-butyl, at doses 375, 60 and 225 g i.a ha<sup>-1</sup>, respectively. Quantitative data from the second and third experiments were submitted to analysis of variance by the F test and when significant the means were compared by the Scott-Knott test, at 5% probability. In the first experiment, normal growth of the bacteria was observed in the absence of herbicide and in treatments receiving 375, 750 and 1125 g i.a ha<sup>-1</sup>, 60, 120 and 180 g i.a ha<sup>-1</sup> and 225, 450 and 675 g i.a ha<sup>-1</sup>, of the herbicides Quinclorac, Penoxsulam and Cyhalofop-butyl, respectively. In treatments that included the highest doses of herbicides, inhibition of bacterial growth was observed, except for strain 245. In the second experiment, the number of roots was statistically different for strain 245. In the third experiment, 30 days after planting, the values of fresh root mass, fresh and dry shoot mass presented significant difference for strains 245 and ZA25. As well as strains 245, 26H and ZAL95 were the ones that provided better performance for root dry mass. In the evaluation of flowering, at 60 days after planting, the variables maintained the same behavior observed in the first estimate. In the collection performed at the end of the crop cycle, significant values were found for the variables fresh and dry mass of root and dry mass of the grains, with better performance of the plants that were inoculated with the strains 245 and ZA25, in addition there was no effect of the herbicides tested. Therefore, the herbicides used do not impact the bacterial strains of *Azospirillum* and *Herbaspirillum*. In contrast, inoculation contributes to the increase of root numbers, fresh and dry shoot mass, fresh root mass and dry grain mass. Among the strains studied, 245 and ZA25 are the ones that promote greater plant growth.

**Key words:** *Oryza sativa*, weeds, plant growth promoting microorganisms.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Resultado da análise química de terra para determinação da fertilidade do solo. Seropédica- RJ, 2018.....	11
<b>Tabela 2.</b> Crescimento de estirpes bacterianas em meio contendo os herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, utilizados na cultura do arroz. Seropédica- RJ, 2018.....	15
<b>Tabela 3.</b> Valores médios de massa fresca da parte aérea e raiz (MFPA e MFR) de plântulas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. Seropédica-RJ, 2018. ....	18
<b>Tabela 4.</b> Valores médios de massa seca da parte aérea e raiz (MSPA e MSPA) de plântulas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. Seropédica-RJ, 2018. ....	19
<b>Tabela 5.</b> Valores médios de comprimento da parte aérea e raiz (CPA e CR) de plântulas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. Seropédica-RJ, 2018. ....	20
<b>Tabela 6.</b> Valores médios de nitrogênio total da parte aérea (NT) e número de perfilhos (NP) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 30 dias. Seropédica-RJ, 2018.....	24
<b>Tabela 7.</b> Valores médios de número mais provável presente na parte aérea e raiz (NMPA e NMPR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 30 dias. Seropédica-RJ, 2018.....	25
<b>Tabela 8.</b> Valores médios de massa fresca da parte aérea e raiz (MFPA e MFR), de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 30 dias. Seropédica-RJ, 2018. ....	27
<b>Tabela 9.</b> Valores médios de massa seca da parte aérea e raiz (MSPA e MSR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quinclorac, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 30 dias. Seropédica-RJ, 2018. ....	28
<b>Tabela 10.</b> Valores médios de nitrogênio total da parte aérea (NT) e número de perfilhos (NP) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 60 dias. Seropédica-RJ, 2018.....	30
<b>Tabela 11.</b> Valores médios de número mais provável presente na parte aérea e raiz (NMPA e NMPR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 60 dias. Seropédica-RJ, 2018.....	31
<b>Tabela 12.</b> Valores médios de massa fresca da parte aérea e raiz (MFPA e MFR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 60 dias. Seropédica-RJ, 2018. ....	33
<b>Tabela 13.</b> Valores médios de massa seca da parte aérea e raiz (MSPA e MSR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 60 dias. Seropédica-RJ, 2018. ....	34

<b>Tabela 14.</b> Valores médios de número de perfilhos (NP) e área foliar (AF) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada no ciclo final da cultura. Seropédica-RJ, 2018.....	35
<b>Tabela 15.</b> Valores médios de número mais provável presente na parte aérea e raiz (NMPA e NMPR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada no ciclo final da cultura. Seropédica-RJ, 2018.....	36
<b>Tabela 16.</b> Valores médios de massa fresca da parte aérea e raiz (MFPA e MFR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada no ciclo final da cultura. Seropédica-RJ, 2018.....	37
<b>Tabela 17.</b> Valores médios de massa seca da parte aérea e raiz (MSPA e MSR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada no ciclo final da cultura. Seropédica-RJ, 2018.....	38
<b>Tabela 18.</b> Valores médios dos fatoriais comparado com o tratamento controle, de plântulas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quinclorac, Penoxsulam e Cialofope-butílico. Seropédica-RJ, 2018. ....	41
<b>Tabela 19.</b> Valores médios dos fatoriais comparado com o tratamento controle, de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. Seropédica-RJ, 2018. ....	41

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Sementes de arroz Vermelho Pequeno sem inoculação e sem herbicida (A), sementes inoculadas com a estirpe *Herbaspirillum seropedicae* Z67 e tratadas com o herbicida Cialofope-butílico (B). Seropédica-RJ, 2018. .... 10
- Figura 2.** Valores médios de temperatura máxima, mínima e precipitação acumulada, para cada mês, registrados durante a realização do experimento. Seropédica-RJ, 2018. .... 11
- Figura 3.** Vista parcial do experimento em vaso da variedade arroz Vermelho Pequeno, inoculada e tratada com herbicidas, aos 18 dias após o plantio. Os vasos foram mantidos a pleno sol. Seropédica-RJ, 2018. .... 12
- Figura 4.** Erlenmeyers contendo meio de cultura DYGS (A), os mesmos após 48 horas encontram-se turvos, indicando o crescimento das estirpes (B). Tubos contendo meio JNFb sem crescimento (C), após 7 dias, observa-se a mudança de cor do meio e película aerotóxica típica, mostrando que houve crescimento das bactérias (D). Seropédica-RJ, 2018. .... 16
- Figura 5.** Plântulas de arroz Vermelho Pequeno que não receberam inoculação (A), plântulas inoculadas com a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense* 245 (B). Seropédica-RJ, 2018. .... 21
- Figura 6.** Valores médios de números de sementes germinadas (NSG) de plântulas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95. Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. Seropédica-RJ, 2018. .... 21
- Figura 7.** Valores médios de números de raízes (NR) de plântulas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95. Letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, na presença ou ausência de cada herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Seropédica-RJ, 2018. .... 22
- Figura 8.** Valores médios de área foliar (AF) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 30 dias. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95. Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. Seropédica-RJ, 2018. .... 29
- Figura 9.** Valores médios de área foliar (AF) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 60 dias. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95. Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. Seropédica-RJ, 2018. .... 32
- Figura 10.** Valores médios de massa de 100 grãos (M100) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95. Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. Seropédica-RJ, 2018. .... 39
- Figura 11.** Valores médios de massa de grãos (MG) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e

*Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95. Letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, na presença ou ausência de cada herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Seropédica-RJ, 2018.....40

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 A Cultura do Arroz .....	3
2.2 A Cultura do Arroz Vermelho .....	3
2.3 Produção de Arroz .....	4
2.4 Microrganismos Promotoras de Crescimento Vegetal .....	5
2.5 Fixação Biológica de Nitrogênio .....	6
2.6 Plantas Daninhas e Uso de Herbicidas na Cultura do Arroz .....	7
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
3.1 Experimento 1 - Crescimento de Estirpes Bacterianas em Meio Contendo Herbicidas...	9
3.2 Experimento 2 - Germinação de Sementes de Arroz Vermelho Inoculadas com Bactérias Diazotróficas em Presença de Herbicidas.....	9
3.3 Experimento 3 - Cultivo de Arroz Vermelho Inoculado com Bactérias Diazotróficas em Presença de Herbicida.....	10
<b>4 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....</b>	<b>14</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>15</b>
5.1 Experimento 1 - Crescimento de Estirpes Bacterianas em Meio Contendo Herbicidas.	15
5.2 Experimento 2 - Germinação de Sementes de Arroz Vermelho Inoculadas com Bactérias Diazotróficas em Presença de Herbicidas.....	16
5.3 Experimento 3 - Cultivo de Arroz Vermelho Inoculado com Bactérias Diazotróficas em Presença de Herbicidas .....	22
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma espécie anual, herbácea, monocotiledônea, pertencente à família Poaceae (MOREIRA; KLUGE, 1999). Esta cultura se adapta muito bem a diferentes ambientes, sendo produzida em condições de zonas secas e úmidas, em baixas e altas altitudes, com distribuição entre as mais variadas latitudes do globo (SECK et al., 2012). O arroz é um dos principais alimentos para a maioria da população mundial, constituindo-se juntamente com o trigo (*Triticum aestivum* L.) e o milho (*Zea mays* L.) nos alimentos mais produzidos no mundo (WALTER et al., 2010).

Na safra 2017/18 foram produzidos mais de 486 milhões de toneladas deste grão no mundo inteiro (USDA/FAS, 2018). No Brasil a produção foi de aproximadamente 11 milhões de toneladas, sendo o país o maior produtor na América Latina, onde se cultiva, por ano, cerca de 2 milhões de hectares (CONAB, 2018), alcançando uma produtividade média em torno de 5997 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2018). Este cereal tem grande importância no fornecimento de energia e na dieta alimentar da população brasileira (PEREIRA et al., 2007), figurando como um importante componente da cesta básica, com capacidade de prover cerca de 20% das calorias e 14% das proteínas necessárias ao ser humano (STRECK et al., 2006b).

Diferentes tipos de arroz são produzidos e comercializados no território brasileiro. Contudo, o tipo agulhinha, que tem aspecto transparente, formato uniforme e cor branca, desponta como o de maior consumo. Todavia, existem consumidores e produtores que preferem tipos especiais de arroz, como o cateto, o aromático e o vermelho (DUTRA, 2014). O arroz vermelho tradicional, pertence à mesma espécie do arroz cultivado (*Oryza sativa* L.), apresentando apenas as sementes com pericarpo avermelhado. Variedades avermelhadas vêm ganhando destaque na alta gastronomia, principalmente pelas propriedades antioxidantes e por conter o dobro dos teores de ferro e zinco normalmente encontrados no arroz branco, impulsionando o plantio deste tipo de arroz (PEREIRA; MORAIS, 2014). Além do fator nutricional o cultivo destas variedades especiais vem ganhando espaço, pois estas são mais tolerantes ao estresse hídrico, fato este comprovado pelo predomínio do cultivo de arroz do tipo vermelho no sertão nordestino brasileiro.

É crescente a preocupação com o desenvolvimento e utilização de tecnologias que garantam o aumento de produtividade dos cultivos agrícolas. Algumas projeções apontam que no ano de 2030 a produção agrícola mundial deverá ser 35% maior que a atual, para que possa atender a demanda por alimentos e trazer segurança alimentar para a população mundial (EMBRAPA, 2018).

Nesse sentido, o uso de microrganismos que promovam o crescimento vegetal vem sendo estudado como uma das estratégias para incremento em produtividade na cultura do arroz. Esses, compreendem uma série ampla de microrganismos procariotos que utilizam diferentes mecanismos para a promoção do crescimento vegetal, como a produção de hormônios de crescimento vegetal, solubilização de nutrientes do solo, proteção contra patógenos e estresses abióticos e a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (HAYAT et al., 2010). Dentre estas espécies, as chamadas bactérias diazotróficas, destacam-se as dos gêneros *Herbaspirillum*, *Burkholderia*, *Rhizobium*, *Gluconacetobacter*, entre outras. A fixação biológica em gramíneas como o arroz, é uma realidade evidenciada, sendo premente a ampliação dos estudos da interação planta-bactéria, visando a seleção de microrganismos capazes de suprir parcial ou total as necessidades de nitrogênio (GUIMARÃES; BALDANI, 2013).

Dos fatores com potencial para redução da produtividade de cultivos de arroz destaque é dado às plantas daninhas, estas competem com a cultura pelos recursos de crescimento como luz, água e nutrientes que geralmente encontram-se em quantidades limitantes no ambiente (SOSBAI, 2016). A falta de controle das plantas daninhas durante o ciclo de desenvolvimento

da cultura do arroz pode ocasionar perdas na produtividade de grãos na ordem de 80 a 90% (ANDRES; MACHADO, 2004). Dentre os métodos de controle de plantas daninhas, o químico merece destaque devido sua intensidade de uso em lavouras de arroz. A adoção do manejo químico através do uso de herbicidas em lavouras de arroz se justifica nos casos em que as elevadas infestações de plantas daninhas acarretam altas perdas na produtividade de grãos.

Entretanto, pouco se sabe a respeito de efeitos dos herbicidas sobre os microrganismos que promovem o crescimento vegetal. Assim, a hipótese formulada para este trabalho é que as estirpes de bactérias promovem o crescimento de plantas de arroz vermelho e que herbicidas recomendados para a cultura não afetam a interação planta-microrganismo. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito de herbicidas recomendados para o manejo de plantas daninhas na cultura do arroz em estirpes de bactérias promotoras de crescimento vegetal na cultura do arroz vermelho.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A Cultura do Arroz

Um dos cereais mais consumidos no mundo, o arroz caracteriza-se como o alimento de mais da metade da população mundial. Só na Ásia por volta de 60% do consumo de calorias provém deste grão e seus subprodutos, contribuindo assim para a dieta de mais de 2 bilhões de pessoas (FAO, 2018). Neste mesmo continente o consumo chega a 88,95 % do arroz produzido no mundo, em segundo lugar vêm as Américas (4,95%), seguido da África (4,91%), Europa com 1,03% e Oceania com apenas 0,16%. No ano de 2017, os maiores produtores foram a China com 141,8 milhões de toneladas, Índia com 105,6 milhões, Indonésia com 45,1 milhões, Vietnã com 28,9 milhões e Tailândia com 20,1 milhões de toneladas (SANTOS et al., 2017). No Mercosul se produziu nesta mesma safra o total de 16 milhões toneladas de arroz, sendo o Brasil responsável por cerca de 77% da produção do bloco.

O país ocupa o 9º lugar no ranking de produção mundial, movimentando o equivalente a quase R\$ 8 bilhões (CONAB, 2018). Na última década houve aumento de 1% na produção mundial de arroz, enquanto a população e o consumo cresceram 1,35% e 1,27%, respectivamente. No Brasil as projeções apontam para uma redução na área plantada em 1 milhão de hectares de 2016 a 2020, reforçando assim a necessidade de elevar os níveis de produtividade da cultura para que a demanda da população por este alimento seja suprida (MAPA, 2017).

Aproximadamente 95% da população brasileira consome este grão e mais da metade faz o consumo ao menos uma vez por dia (CONAB, 2015), chegando ao consumo de 11,5 milhões de toneladas no ano de 2017, com consumo per capita de 55,8 kg (CONAB, 2017). A preferência está no grão translúcido que apresenta a característica de ser mais solto, macio e firme após cozimento, o chamado arroz longo fino, comercialmente conhecido como arroz-agulhinha. O arroz branco polido tem a preferência dos consumidores brasileiros, com aproximadamente 70% do total consumido no país, em segundo lugar o arroz parboilizado com 25%, cujo consumo teve um expressivo aumento nas últimas duas décadas e, em terceiro lugar está o arroz integral com 4% (ELIAS et al., 2012).

Em termos de área plantada esta cultura ocupa uma extensão de aproximadamente 158 milhões de hectares no mundo (EPAGRI, 2015). Neste cenário no território brasileiro, o arroz ocupa o terceiro lugar em área cultivada com culturas anuais, com cerca de 1,9 milhões de hectares. Embora haja grande difusão da cultura pelo país, o predomínio na produção ocorre nos estados do Rio Grande do Sul com 70 % da produção nacional, Santa Catarina com aproximadamente 10%, Tocantins com 5%, Mato Grosso com 4% e Maranhão com cerca de 2% (MAPA, 2017).

No tocante ao valor nutricional dos grãos do arroz uma série de fatores exercem influência, tais como características do solo, condições do ambiente, fertilização e a própria genética da planta. Em termos gerais, os grãos apresentam 80% de amido, 12% de água, 8 % de proteína e 0,5% de materiais não orgânicos. O grão também é uma rica fonte de ferro, carboidratos, aminoácidos, vitaminas B e E, riboflavina, tiamina e niacina (SECK et al., 2012). Nas variedades de arroz pigmentado, sendo as cores mais comuns a vermelha, roxa e negra, há camadas de farelo ricos em antocianinas (MCGEE, 2014).

### 2.2 A Cultura do Arroz Vermelho

O arroz vermelho é considerado uma espécie daninha nas lavouras de arroz tradicional, este limita o potencial produtivo do arroz branco, além de reduzir a qualidade do produto ofertado ao consumidor (GONÇALVES et al., 2016). Portanto o estudo e conhecimento destas variedades vermelhas torna-se importante, tanto para a sua produção com foco no consumo,

devido a sua importância supracitada, como também para um possível controle, em casos de infestação de cultivos de arroz branco.

Embora o arroz branco seja o mais antigo cultivo no mundo e o primeiro a ser introduzido no Brasil, o arroz vermelho, pertencente à mesma espécie do primeiro (*Oryza sativa* L), somente nos últimos anos começou a ser estudado no território nacional (PEREIRA; MORAIS, 2014). A denominação de arroz vermelho deve-se a coloração do pericarpo, camada superficial do grão situada logo abaixo da casca que nesta variedade é avermelhada (PEREIRA; MORAIS, 2014).

Estas variedades vermelhas são tradicionalmente cultivadas na região nordestina, com destaque para os estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará, Bahia, mas presente também em alguns municípios do Norte de Minas Gerais (PEREIRA; RAMOS 2004). Segundo Pereira (2004), a região do semiárido nordestino proporciona a máxima produção deste grão por possuir um solo fértil, porém, este tipo de arroz ainda é cultivado em sistema pouco tecnificado, em especial em pequenas propriedades, em sua maioria com produção manual. Por outro lado, estas variedades diferenciadas são importantes para os agricultores familiares da região, uma vez que promovem a diversificação dos cultivos, oferecendo assim condições mais favoráveis para a manutenção no campo e competitividade destes produtores, além de desempenhar um papel importante na alimentação através do autoconsumo. Apesar desta predominância e importância no Nordeste, estas variedades de arroz ainda são pouco conhecidas e pouco exploradas nacionalmente. (SCHÄFFER, 2011).

Além do conteúdo nutricional existente no arroz branco, cultivares especiais de arroz vermelho exercem papel importante na concentração diária de antioxidantes ingeridos. Vários compostos já foram identificados nesses cereais, principalmente ácidos fenólicos e antocianinas (TIAN et al., 2004; ZHOU et al., 2004). Outro aspecto importante são os teores de ferro e zinco, presentes na forma de grão polido, que representa cerca de 70% de todo o arroz consumido no Brasil, os valores médios de referência para ferro e zinco, respectivamente, são de 5 mg kg<sup>-1</sup> e 16 mg kg<sup>-1</sup> (CORREA et al., 2008) para as cultivares de arroz branco, já para as cultivares de arroz vermelho estes valores podem chegar a 9 mg kg<sup>-1</sup> e 23 mg kg<sup>-1</sup>.

### **2.3 Produção de Arroz**

O arroz é uma espécie pertencente à família Poacea, com sistema fotossintético C3, sendo o único cereal cultivado comercialmente adaptado ao ambiente aquático. Essa adaptação se dá pela presença de aerênquima no colmo e nas raízes da planta, permitindo a chegada de oxigênio do ar para a rizosfera. Este transporte do O<sub>2</sub> através do aerênquima se dá por meio de difusão, passando pela parte aérea até chegar à raiz, devido a demanda criada pela atividade respiratória da raiz e pela perda radial de O<sub>2</sub> (GROOT et al., 2005). Assim, existem três tipos principais de ecossistemas de plantio de arroz: terras altas (sem uso de irrigação - é o mais difundido territorialmente), várzeas úmidas (produção pouco expressiva) e irrigado por inundação (BARRIGOSI et al., 2004). Dentre estes, o sistema de produção de arroz irrigado por inundação é o mais expressivo, sendo responsável por aproximadamente 93% da produção mundial. Já no Brasil, dois sistemas predominam, o irrigado e o de terras altas ou de sequeiro, que representam cerca de 35% e 65% da área cultivada, respectivamente (UTUMI, 2008).

Porém, mesmo sendo a maior área, o arroz de sequeiro, contribui apenas com 25% da produção brasileira em função da baixa produtividade nesse sistema (VIEIRA et al., 2012). A produtividade nacional do cultivo de terras altas é baixa, cerca de 1.800 kg ha<sup>-1</sup>, este baixo desempenho está associado especialmente ao déficit hídrico causado pela irregularidade pluvial, ocasionando uma série de problemas metabólicos na planta e reduzindo o desempenho da cultura (GUIMARÃES et al., 2007). A irrigação por aspersão é umas das alternativas para solucionar o problema de veranicos, podendo aumentar a produtividade e melhorar a qualidade

do grão produzido (ARF et al., 2012). Já a produção nacional em sistema irrigado apresenta bons desempenhos, atingindo média de produtividade superior aos 5.000 kg ha<sup>-1</sup>.

Para que a planta possa expressar o seu potencial máximo e, portanto, obter altos rendimentos, as etapas de desenvolvimento da planta devem acontecer nas condições climáticas ideais, já que é uma planta sensível (STRECK et al., 2006a), sendo as altas produções obtidas em regiões subtropicais ou de clima temperado com verão quente (CIIAGRO, 2009). O suprimento de água, fotoperíodo, temperatura e radiação solar são os fatores climáticos que mais exercem influência no crescimento e desenvolvimento da cultura do arroz. A temperatura média ótima para o desenvolvimento do arroz situa-se entre 20 e 35°C (SANTIAGO; FERREIRA, 2012). Em termos gerais, desde a germinação à maturidade fisiológica, a cultura necessita de temperaturas consideravelmente altas, sendo os valores destas ascendentes até a plena floração e descendente após o florescimento, porém sem diminuições bruscas. A faixa para o bom desenvolvimento da cultura está entre 20 e 35°C para germinação, de 30 a 33°C para a floração e de 20 a 25°C para a maturação (HEINEMANN et al., 2012).

#### **2.4 Microrganismos Promotoras de Crescimento Vegetal**

Em 2030 a população mundial deve atingir oito bilhões de pessoas (ONU, 2012). Devido a este contínuo crescimento, a exigência por alimentos também se eleva, sendo necessário desenvolver tecnologias agrônomicas que possibilitem o aumento da produtividade dos cultivos agrícolas, garantindo segurança alimentar e a preservação dos recursos naturais (CLERGET et al., 2014). Uma das maneiras de se produzir mais alimento e de forma sustentável é a utilização de microrganismos promotores de crescimento vegetal. O solo é um sistema com grande diversidade de microrganismos. Dentre estes, tem-se aqueles que atuam de forma benéfica para as plantas. Rizosfera é a região do solo onde o desenvolvimento e crescimento de tais microrganismos é influenciada pela presença do sistema radicular das plantas (CASSÁN et al., 2009).

Muitos gêneros de bactérias são classificados como Promotoras de Crescimento Vegetal (BPCV), dentre estas estão as bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Herbaspirillum*, dentre outras (MIRANSARI, 2014). O crescimento promovido por estas bactérias não está relacionado a um fator isolado, mas a diversas funções. Dentre os papéis das BPCV estão a solubilização de nutrientes, principalmente fosfato, produção de fitohormônios, produção de metabólitos que possuem atividade antagonista à patógenos, atenuação de estresses e até promoção da fixação biológica de nitrogênio (MIRANSARI, 2014). Pode-se citar também melhoria na germinação de sementes e emergência de plântulas (FIGUEIREDO et al., 2010). É fundamental salientar que para a cultura do arroz, o gênero de bactéria *Azospirillum* é amplamente estudado pela contribuição desses microrganismos em promoverem o crescimento vegetal através da fixação biológica do nitrogênio atmosférico (FBN) e principalmente, pela produção de fitohormônios (DÖBEREINER, 1990; BALDANI; BALDANI, 2005; PERRIG et al., 2007; RODRIGUES et al., 2017).

Vários são os registros das BPCV associados com culturas de interesse, como arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum spp.*), sorgo (*Sorghum spp.*), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), milho (*Zea mays*), entre outras (OKON, 2005; JAMES, 2000; ANDREWS et al., 2003; BERG, 2009). Reichemback et al. (2011) verificaram incrementos na produtividade de grãos de arroz, cultivar Primavera, com a inoculação das sementes com bactérias diazotróficas. Assim como a inoculação com *Azospirillum* em sementes de trigo promoveu aumento em massa seca e fresca de raiz (NOZAKI et al., 2015). O uso de BPCV em sorgo promoveu o crescimento da massa de raiz, aumentando significativamente o crescimento das plantas em comparação ao controle sem inoculação (HAIYAMBO et al., 2015). A inoculação de *Bacillus subtilis* na cultura do milho aumentou significativamente o teor de nitrogênio no tecido foliar. Já na cana-

de-açúcar a inoculação mista com bactérias diazotróficas proporcionou aumentos de produtividade de colmos e matéria seca total similares ao efeito da adubação com 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (SCHULTZ et al., 2012; 2014).

## 2.5 Fixação Biológica de Nitrogênio

Várias são as formas de aumentar a produção das culturas. O fornecimento adequado de nitrogênio é uma das maneiras de se garantir o bom rendimento dos plantios agrícolas, uma vez que este elemento faz parte da síntese de diversas proteínas e enzimas (MOTA et al., 2015). A decomposição de material vegetal e animal no solo, uso de fontes minerais de fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica de nitrogênio atmosférico são alguns dos processos capazes de fornecer quantidades expressivas de nitrogênio, suficientes para suprir as necessidades das plantas (CARVALHO, 2002). Apesar de ser um elemento em abundância na atmosfera, cerca de 78%, este encontra-se na forma de N<sub>2</sub> que não é prontamente disponível para as plantas, em razão da ligação tripla e covalente desta molécula não ser rompida pelas plantas (HUNGRIA et al., 2001).

Um dos mais importantes processos conhecidos na natureza e realizado apenas por microrganismos procariotos, conhecidos como diazotróficos, é o da fixação biológica de nitrogênio (FBN). Estes microrganismos podem ser de vida livre, estarem associados às espécies vegetais ou ainda estabelecerem simbiose com leguminosas. Nos diferentes ecossistemas do planeta, a introdução de nitrogênio por meio da FBN é elevada, contribuindo para economia de energia não renovável como o petróleo, base para a fabricação de fertilizantes nitrogenados sintéticos. O nitrogênio introduzido em sistemas agrícolas via FBN representa aproximadamente 65% de todo o N incorporado na agricultura a nível global (REIS et al., 2006). Assim, estima-se que a contribuição do nitrogênio fixado biologicamente varia de 14.000 – 18.000 toneladas de N por ano no mundo, isto representa ao menos o dobro da adubação mineral (PEOPLES; CRASWELL, 1992).

A FBN é realizada por um grupo de bactérias que possuem um complexo enzimático denominado nitrogenase, que através de uma série de reações químicas é capaz de quebrar a tripla ligação do N<sub>2</sub> atmosférico e torná-lo disponível às plantas (CASSINI; FRANCO, 2006). Existem diferenças na FBN em plantas leguminosas e nas gramíneas. Nas leguminosas (soja, por exemplo) ocorre a formação de estruturas radiculares - nódulos, nos quais se dá a fixação. Em gramíneas (arroz, por exemplo), a FBN é realizada por bactérias que vivem próximas às raízes ou no interior dos tecidos do vegetal, denominada de fixação não simbiótica. Vale ressaltar a importância econômica e ambiental da fixação biológica de N<sub>2</sub>. Um exemplo de sucesso são os cultivos de soja inoculada com organismos promotores de FBN, não sendo necessária a realização de adubação nitrogenada, sem prejuízos à produtividade (SALA et al., 2005).

Bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Rhizobium* que formam simbiose com leguminosas, como a soja, por exemplo, a estimativa de FBN está em torno de 100% do N requerido pela planta. A extensão desses processos biológicos para outras culturas como gramíneas, especialmente as de grande importância socioeconômica, faz-se necessário. Aquelas associadas às gramíneas, como as pertencentes os gêneros *Azospirillum*, *Herbaspirillum* e *Burkholderia*, a resposta da FBN está em torno de 30% do N requerido pelas culturas, dependendo das variedades de plantas utilizadas (FERREIRA et al., 2003).

Outras bactérias, por sua capacidade de colonizar os tecidos internos das plantas e estabelecer estreitas relações de associação com seu hospedeiro, têm apresentado eficiente fixação de nitrogênio atmosférico como é o caso de *Gluconacetobacter diazotrophicus* (GILLIS et al., 1989) e *Herbaspirillum spp.* (GYANESHWAR et al., 2001). Muitos destes organismos fixadores de N<sub>2</sub> têm sido isolados do solo da rizosfera, rizoplano e do interior dos tecidos vegetais de gramíneas e outras famílias botânicas com o objetivo de inoculação para redução

de custos (DÖBEREINER et al., 1995). O benefício da FBN não simbiótica para os vegetais não é tão expressivo como em leguminosas (HUNGRIA, 2011), porém, em face da grande quantidade de cultivos com gramíneas, este processo biológico torna-se notável (MOREIRA et al., 2010).

Os teores de N foliar na cultura do milho foram elevados a partir da aplicação via foliar da bactéria *Azospirillum brasilense* (PORTUGAL, 2012). Da mesma forma, diversos estudos têm sido conduzidos para confirmação do potencial natural da cana-de-açúcar em fixar o N da atmosfera (YONEYAMA et al., 1997; BODDEY et al., 2001; URQUIAGA et al., 2012). Estirpes diazotróficas de *Herbaspirillum seropedicae* associadas às raízes de arroz fixaram de 31% a 54% do nitrogênio total acumulado pelo vegetal, indicando que o interior da planta foi colonizado (BALDANI et al., 2000).

## 2.6 Plantas Daninhas e Uso de Herbicidas na Cultura do Arroz

A presença de plantas daninhas nas lavouras de arroz é a responsável por diversos prejuízos, sejam diretos ou indiretos, tais como a competição por recursos com a cultura, redução da qualidade do produto, impedimento no processo de colheita e até mesmo atuando como hospedeiros alternativos de pragas e doenças do arroz (CONCENÇO et al., 2014).

Em casos de não controle das plantas daninhas até quatro semanas após a semeadura do arroz, perdas na ordem de mais de 20% podem ocorrer. Nesse caso, é fundamental lançar mão de uma boa estratégia de manejo de plantas daninhas a fim de reduzir as perdas (CHAUHAN; JOHNSON, 2010). Mubeen et al. (2011) relataram que diferentes plantas daninhas causaram redução no comprimento da raiz, comprimento de parte aérea e no peso seco total de plântulas de arroz. Perdas na produtividade na ordem de 15 a 66% em cultivos de arroz mantidos com plantas daninhas foram verificadas por Gharde et al., 2018. Bastiani et al. (2013) analisando dados de qualidade de amostras de sementes de arroz branco verificaram que estas apresentam elevada incidência de sementes de arroz vermelho e arroz preto, reduzindo a qualidade do produto. Efeitos alelopáticos de plantas daninhas também podem causar perdas na cultura do arroz entre 52 e 100% (SILVA; DURIGAN, 2009).

O arroz é cultivado praticamente em todo o mundo, requerendo o manejo de plantas daninhas (COBUCCI et al., 2001). Portanto o uso de herbicidas muitas das vezes faz-se necessário no intuito de reduzir os danos causados. O manejo químico pelo emprego de herbicidas tem sido o método mais recorrente na lavoura orizícola em função da sua praticidade, eficiência e rapidez (SOSBAI, 2010). A utilização e manejo correto dos herbicidas propiciam controle eficaz das plantas daninhas, diminuindo perdas de produtividade, proporcionando maior rendimento de grãos, além de maior praticidade no controle das mesmas.

Quincloraque é um herbicida seletivo, recomendado para o controle de plantas daninhas da cultura do arroz em aplicação em pós-emergência, indicado para o controle de angiquinho (*Aeschynomene rudis*), capim-coloninho (*Echinochloa colona*), capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*), entre outras. É classificado como mimetizador de auxina e pertence ao grupo químico do ácido quinolínico (ANDRES et al., 2007). Apresenta ação semelhante à auxina natural, porém são mais ativos, causando distúrbio no metabolismo de ácidos nucleicos e na plasticidade da parede celular (AGOSTINETTO, 2014). Os sintomas ocasionados pelo Quincloraque às plantas daninhas incidem, em média no sétimo e nono dia após a aplicação, na forma de pontos vermelho-escuros, com clorose sucedida da morte das plantas (GROSSMANN; KWIATKOWSKI, 2000).

O Penoxsulam também é um herbicida seletivo, recomendado para o controle de plantas daninhas, principalmente gramíneas e ciperáceas, em aplicação em pré-emergência ou pós-emergência. Controla plantas daninhas como junco (*Cyperus iria*), capim-coloninho (*Echinochloa colona*), capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*), angiquinho (*Aeschynomene rudis*), entre outras. Sua atuação se dá pela inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), a qual

catalisa as reações de condensação de piruvato em acetolactato, por consequência não há a produção de aminoácidos de cadeia ramificada (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2011). Este herbicida pertence ao grupo químico sulfonanilida triazolopirimidina. Plantas daninhas tratadas com este herbicida apresentam paralisação do crescimento com clorose internerval, com posterior necrose e morte das plantas.

Cialofope-butílico é um herbicida seletivo, recomendado para o controle de plantas daninhas de folhas estreitas (gramíneas) na cultura de arroz, em aplicação em pós-emergência. Atua no controle de capim-amoroso (*Cenchrus echinatus*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), capim-colchão (*Digitaria horizontalis*), capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*), etc. Age inibindo a ação da enzima acetil coenzima A carboxilase, a qual catalisa a reação de conversão da Acetil-CoA em Malonil-CoA, precursor de ácidos graxos (DE CARVALHO, 2013), pertencente ao grupo químico ácido ariloxifenoxipropiônico. Primeiros sintomas visíveis aparecem por volta dos sete a dez dias. Regiões meristemáticas apresentam-se com coloração marrom e deseintegram-se facilmente (WALKER et al., 1989).

A aplicação elevada de agrotóxicos na agricultura moderna pode ocasionar a supressão de forma indesejada dos microrganismos no solo. Algumas mudanças foram encontradas nas comunidades bacterianas de áreas em que o uso dessas substâncias foi empregado, como a presença de 2,4-D (ZHANG et al., 2010), Endosulfan (MANICKAM et al., 2010) e Diuron (LO et al., 2010). Os herbicidas Tebuthiuron e Clomazone influenciam negativamente no carbono da biomassa microbiana do solo. Este último aumentou o qCO<sub>2</sub> da microbiota do solo (FARIA et al., 2014). Os herbicidas Ametryne e Imazapyr reduziram a velocidade de crescimento de *Herbaspirillum seropedicae* (PROCÓPIO et al., 2014). Por outro lado, a aplicação do herbicida Oxyfluorfen em solo rizósferico, em área de cultivo de arroz, proporcionou elevação do crescimento em 42% na população de microrganismo fixadores de nitrogênio. Portanto, faz-se necessário o estudo do impacto de agrotóxicos aos microrganismos, principalmente aqueles benéficos a agricultura, no intuito de adotar tecnologia de controle de plantas daninhas, sem causar danos à microbiota do solo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram conduzidos três experimentos, sendo o primeiro para avaliar o crescimento de estirpes bacterianas em meio contendo herbicidas utilizados na cultura do arroz. Com o segundo experimento analisou-se a germinação de sementes de arroz vermelho inoculadas com bactérias diazotróficas e tratadas com herbicidas. No terceiro experimento avaliou-se o crescimento e produção de arroz vermelho inoculado submetido à herbicidas, em condições de vasos.

#### 3.1 Experimento 1 - Crescimento de Estirpes Bacterianas em Meio Contendo Herbicidas

O experimento foi conduzido no laboratório de Gramíneas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), unidade Agrobiologia, em Seropédica-RJ. Foram testados três herbicidas, em que cada um constituía um experimento. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial ( $6 \times 4 + 1$ ), sendo o primeiro fator estirpes - *Azospirillum brasilense* 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95), o segundo fator doses - Quincloraque 375, 750 1125 e 1500 g i.a ha<sup>-1</sup>, Penoxsulam 60, 120, 180 e 240 g i.a ha<sup>-1</sup> e Cialofope-butílico 225, 450, 675 e 900g i.a ha<sup>-1</sup> e as testemunhas sem herbicida, com quatro repetições cada.

As células bacterianas foram ativadas em frascos do tipo Erlenmayer de 250 mL contendo 50 mL do meio DYGS que foram incubados a 30° C sob agitação constante de 150 rpm por 24-48 horas. Em seguida cada estirpe foi crescida em placas de Petri com meio de cultura sólido NFB, JNFb e meio Batata (DÖBEREINER et al., 1995) com o objetivo de verificar a pureza. Após a verificação da pureza, uma colônia de cada isolado foi inoculada também em Erlenmayer de 250 mL nas mesmas condições supracitadas.

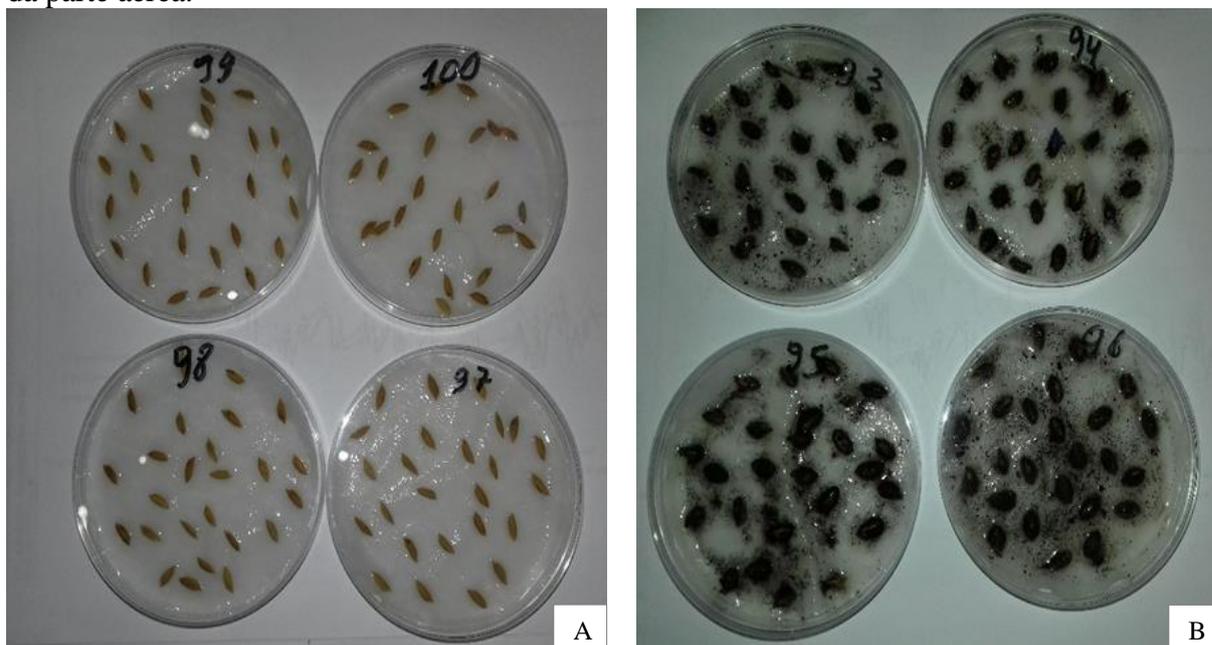
Após crescimento, uma alíquota de 10 µL destas estirpes foi inoculada em tubos de penicilina, contendo 5 mL do meio de cultura NFB e JNFb semi-sólidos, para cultivo das estirpes de *Azospirillum* e *Herbaspirillum*, respectivamente. Logo após foram adicionados os herbicidas com o auxílio de uma pipeta, aplicando um volume de 15 µL, equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup> de calda. As soluções de trabalho dos herbicidas foram preparadas mediante a mistura do produto comercial com água destilada. Os tubos foram imediatamente colocados em câmara de incubação a 30 °C, no escuro. O crescimento bacteriano foi então avaliado após sete dias, pela presença ou ausência da película aerotóxica típica próxima à superfície do meio e pela mudança da coloração do meio de cultura, devido a mudança do pH proporcionada pelo crescimento das bactérias (KUSS et al., 2007).

#### 3.2 Experimento 2 - Germinação de Sementes de Arroz Vermelho Inoculadas com Bactérias Diazotróficas em Presença de Herbicidas

A variedade utilizada foi a Vermelho Pequeno desenvolvida por pesquisadores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. O experimento foi conduzido no laboratório de Gramíneas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), unidade Agrobiologia em Seropédica-RJ. Foram testados três herbicidas (Quincloraque 375 g i.a ha<sup>-1</sup>, Penoxsulam 60 g i.a ha<sup>-1</sup> e Cialofope-butílico 225 g i.a ha<sup>-1</sup>), considerando-se cada herbicida um experimento. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial ( $2 \times 6 + 1$ ), sendo o primeiro fator composto da presença ou ausência de herbicida e o segundo pelas estirpes (*Azospirillum brasilense* 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95) e mais uma testemunha sem herbicida e sem inoculação, no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. As soluções de trabalho foram preparadas correspondendo a um volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. Os herbicidas foram preparados de acordo com as doses recomendadas em bula. As sementes foram mergulhadas por 10 segundos nas soluções contendo herbicidas e em seguida inoculadas. Para este processo a turfa foi pesada numa proporção de

10 g de turfa. kg de semente<sup>-1</sup> e foi adicionada solução de água e açúcar (10%) na proporção de 6 mL. kg de semente<sup>-1</sup> para que ocorresse uma melhor aderência entre a semente e a turfa.

Após a inoculação das sementes foi realizada a contagem dos microrganismos presentes no inoculante através da técnica do número mais provável (NMP) com o uso da tabela de McCrady (DÖBEREINER et al., 1995), conforme o estabelecido em protocolo oficial do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que preconiza a população de no mínimo 10<sup>6</sup> células. g de semente<sup>-1</sup>. Posteriormente, as sementes foram colocadas para germinar em placas de Petri contendo papel para germinação de sementes. Cada placa recebeu 25 sementes (Figura 1), segundo dispõe a regra de análise de sementes (MAPA, 2009). Aos 14 dias após a germinação avaliou-se número de sementes germinadas, massa fresca e seca da parte aérea, massa fresca e seca da raiz, número de raízes secundárias, comprimento da raiz e da parte aérea.



**Figura 1.** Sementes de arroz Vermelho Pequeno sem inoculação e sem herbicida (A), sementes inoculadas com a estirpe *Herbaspirillum seropedicae* Z67 e tratadas com o herbicida Cialofope-butílico (B). Seropédica-RJ, 2018.

### 3.3 Experimento 3 - Cultivo de Arroz Vermelho Inoculado com Bactérias Diazotróficas em Presença de Herbicida

A variedade utilizada foi a Vermelho Pequeno, material melhorado por pesquisadores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Os preparativos do experimento foram realizados no laboratório de Gramíneas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), unidade Agrobiologia em Seropédica-RJ. O ensaio foi conduzido em condições de ambiente não protegido, em sistema de plantio em sequeiro, com cultivo em vasos, entre os meses de abril a julho de 2017 em área experimental da EMBRAPA, unidade Agrobiologia em Seropédica-RJ, localizada nas coordenadas geográficas 22°45' 34" S e 43°41' 54" W com 40 metros de altitude.

Foram utilizados vasos com capacidade de 5 dm<sup>3</sup> contendo solo do tipo Planossolo, recorrente no município de Seropédica, proveniente da camada superficial (0-20 cm). A amostragem de solo utilizado foi feita aleatoriamente, para isso foram coletadas 10 amostras simples para compor uma amostra composta, levando-se 2 amostras compostas para a análise laboratorial. O solo coletado após ser seco à sombra, foi peneirado em malha de 2 mm e então encaminhado para análise no Laboratório de Química Agrícola da EMBRAPA. O resultado da

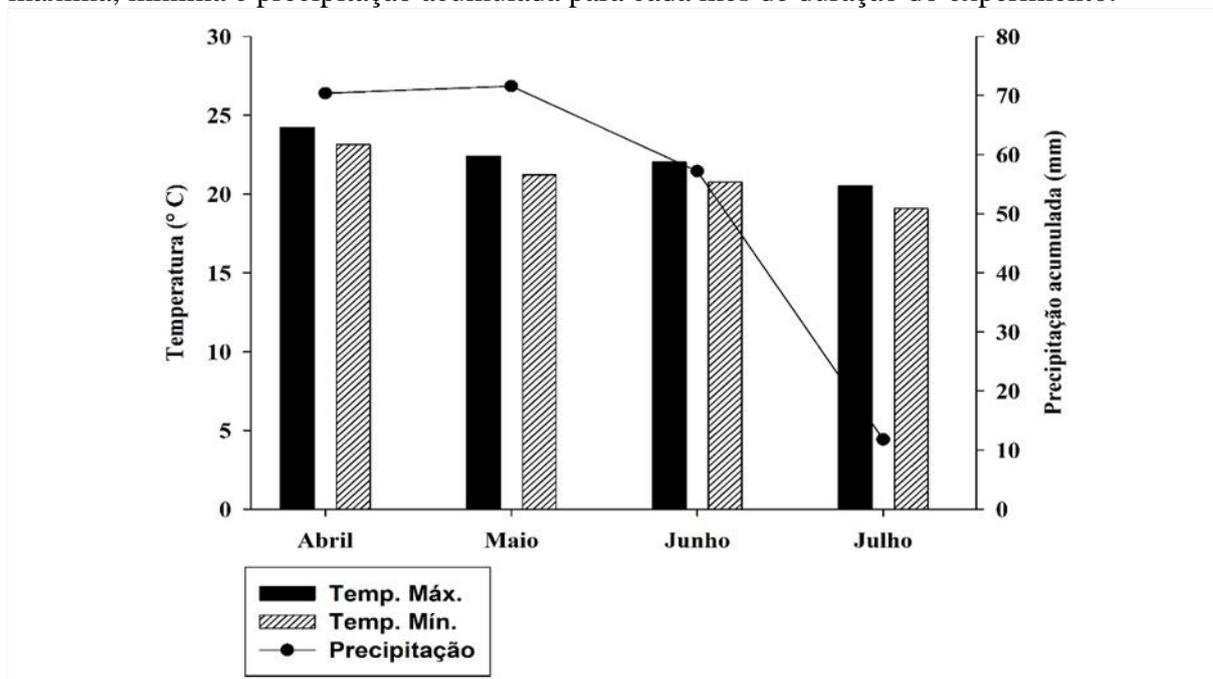
análise encontra-se na Tabela 1. A partir dos resultados a adubação foi definida seguindo a recomendação para a cultura do arroz (FREIRE et al., 2013), exceto quanto ao fornecimento de nitrogênio, com o objetivo de verificar o possível incremento deste nutriente advindo das bactérias testadas.

**Tabela 1.** Resultado da análise química de terra para determinação da fertilidade do solo. Seropédica- RJ, 2018.

Amostra	pH em água	Al <sup>+3</sup>	H+ Al	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	P
*Média	5,27	0	0,7	1	2,05	0,018	43	8,5

\*Recomendação baseado no valor médio das 2 amostras compostas.

O clima local é classificado como sendo Aw, segundo a classificação de Köppen, com verão quente e chuvoso, com chuvas concentradas entre os meses de novembro a março e inverno seco (KÖPPEN, 1948). Na figura 2, são apresentados os valores médios de temperatura máxima, mínima e precipitação acumulada para cada mês de duração do experimento.



**Figura 2.** Valores médios de temperatura máxima, mínima e precipitação acumulada, para cada mês, registrados durante a realização do experimento. Seropédica-RJ, 2018.

Foram testados três herbicidas (Quincloraque 375 g i.a ha<sup>-1</sup>, Penoxsulam 60 g i.a ha<sup>-1</sup> e Cialofope-butílico 225 g i.a ha<sup>-1</sup>) cada herbicida constituiu um experimento. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial (2 x 6 +1), sendo o primeiro fator composto da presença ou ausência de herbicida e o segundo fator pelas estirpes (*Azospirillum brasilense* 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95) e mais uma testemunha sem herbicida e sem inoculação. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

Por ocasião da semeadura, as sementes de arroz foram inoculadas com turfa contendo as bactérias estudadas. Foi realizada a contagem nas sementes inoculadas através da técnica do número mais provável (NMP) com o uso da tabela de McCrady (DÖBEREINER et al., 1995),

conforme o estabelecido em protocolo oficial do MAPA, que estabelece a população de no mínimo  $10^6$  células. g de semente<sup>-1</sup>. Foram semeadas quatro sementes por vaso, após a germinação e estabelecimento da plântulas realizou-se o desbaste das mesmas, deixando-se uma planta por vaso (Figura 3). A irrigação foi feita sempre que necessário, de forma uniforme, sendo aplicado um volume de 100 ml de água para cada vaso de modo que o solo se mantivesse a aproximadamente 80% da capacidade de campo.



**Figura 3.** Vista parcial do experimento em vaso da variedade arroz Vermelho Pequeno, inoculada e tratada com herbicidas, aos 18 dias após o plantio. Os vasos foram mantidos a pleno sol. Seropédica-RJ, 2018.

Aos 25 dias após a semeadura, quando geralmente se inicia o período crítico de competição de plantas daninhas na cultura do arroz, realizou-se a aplicação dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofop-butilico. Para aplicação dos herbicidas utilizou-se um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> modelo Herbicat, equipado com uma barra com uma ponta de pulverização, modelo TT 110.02, operando na pressão de 250 KPa, aplicando um volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>, houve também a utilização de adjuvante (óleo vegetal) nas aplicações dos herbicidas Clincher e Facet. No momento da aplicação, ao final da tarde, a temperatura registrada foi de 22,2° C, a umidade relativa do ar era de 77% e a velocidade mínima e máxima do vento era de 2,4 e 4,1 km h<sup>-1</sup>, respectivamente.

Aos 5 dias após a aplicação dos herbicidas (30 dias após a semeadura), no estágio de florescimento e ao final do ciclo da cultura avaliou-se a massa fresca e seca da parte aérea, massa fresca e seca da raiz, número de perfilhos, área foliar, N-total da parte aérea e os componentes da produção: massa de 100 grãos e massa total de grãos. Por não apresentar significância das nas duas coletas iniciais, optou-se por não determinar o teor de nitrogênio foliar na terceira coleta.

Nessas mesmas datas de avaliação foi realizada a quantificação de bactérias diazotróficas (BD) por grama de tecido fresco da parte aérea e raiz. Para isso as plantas foram colhidas e separadas em parte aérea e raízes com corte próximo à base do caule. As diferentes partes das plantas foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas ao Laboratório de Gramíneas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), unidade Agrobiologia em Seropédica – RJ. As raízes, sem o solo rizosférico, foram lavadas em três

passagens sucessivas em água destilada. Utilizou-se 5g de cada amostra vegetal, que foram então trituradas e colocados sob agitação por 60 min. em solução salina, no volume de 45 mL, que consistiu na diluição  $10^{-1}$ . Estas suspensões em solução salina foram diluídas em série, transferindo 1 mL da suspensão anterior a tubos de ensaio contendo 9 mL de solução salina até a diluição  $10^{-7}$ . Em seguida, uma alíquota de 0,1 mL das diluições  $10^{-3}$  até a diluição  $10^{-7}$  foi utilizada para inocular, em triplicata, frascos contendo 5 mL dos meios NFB e JNFb semi-sólidos e semi-seletivos para bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* e *Herbaspirillum* (DÖBEREINER et al, 1995). Os frascos inoculados foram incubados a 30°C por um período de 7 dias e a formação de película na superfície do meio, característica comum às bactérias diazotróficas associativas, foi observada para a quantificação das mesmas pelo método do NMP.

#### **4 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Foi testada a normalidade dos dados por meio do teste Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. A seguir, todos os dados experimentais, com exceção aos do experimento 1 (dados qualitativos), foram submetidos à análise de variância (ANOVA), através do teste F a 5% de probabilidade e, quando constatada significância, procedeu-se a comparação entre médias através do teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade. Utilizou-se o programa estatístico R, por meio do software Rbio (BHERING, 2017).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Experimento 1 - Crescimento de Estirpes Bacterianas em Meio Contendo Herbicidas

Verificou-se, quando aplicado os herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, que houve crescimento normal das bactérias testadas, nas doses 375, 750 e 1125 g i.a ha<sup>-1</sup>, 60, 120 e 180 g i.a ha<sup>-1</sup> e 225, 450 e 650 g i.a ha<sup>-1</sup>, respectivamente para cada herbicida (Tabela 2 e Figura 4) e, também na ausência destes. A constatação do crescimento bacteriano foi em função da película típica e mudança na cor do meio de cultivo (KUSS et al., 2007). A estirpe 245 de *Azospirillum brasilense* cresceu em todas as doses e herbicidas testados (Tabela 2). Inibição do crescimento das bactérias do gênero *Herbaspirillum* foi observado quando se aplicou a dose de 1500 g i.a ha<sup>-1</sup> para Quincloraque, 240 g i.a ha<sup>-1</sup> para o Penoxsulam e 900 g i.a ha<sup>-1</sup> para Cialofope-butílico (Tabela 2).

A busca por microrganismos que promovam o crescimento vegetal e a massiva utilização de agrotóxicos na agricultura têm impulsionando o desenvolvimento de estudos sobre os efeitos destes insumos sobre as populações microbianas. Assim, diversos trabalhos discorrem sobre os efeitos de agrotóxicos no crescimento de microrganismos (RATHOD et al., 2010; CHANDRA et al., 2016; SHINDE; SADGIR, 2016).

**Tabela 2.** Crescimento de estirpes bacterianas em meio contendo os herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, utilizados na cultura do arroz. Seropédica- RJ, 2018.

Herbicida Quincloraque (g i.a ha <sup>-1</sup> )					
Bactérias/ Doses	0	375	750	1125	1500
245	+*	+	+	+	+
26H	+	+	+	+	- *
Z67	+	+	+	+	-
Z94	+	+	+	+	-
ZA25	+	+	+	+	-
ZAL95	+	+	+	+	-
Herbicida Penoxsulam (g i.a ha <sup>-1</sup> )					
Bactérias/ Doses	0	60	120	180	240
245	+	+	+	+	+
26H	+	+	+	+	-
Z67	+	+	+	+	-
Z94	+	+	+	+	-
ZA25	+	+	+	+	-
ZAL95	+	+	+	+	-
Herbicida Cialofope-butílico (g i.a ha <sup>-1</sup> )					
Bactérias/ Doses	0	225	450	675	900
245	+	+	+	+	+
26H	+	+	+	+	-
Z67	+	+	+	+	-
Z94	+	+	+	+	-
ZA25	+	+	+	+	-
ZAL95	+	+	+	+	-

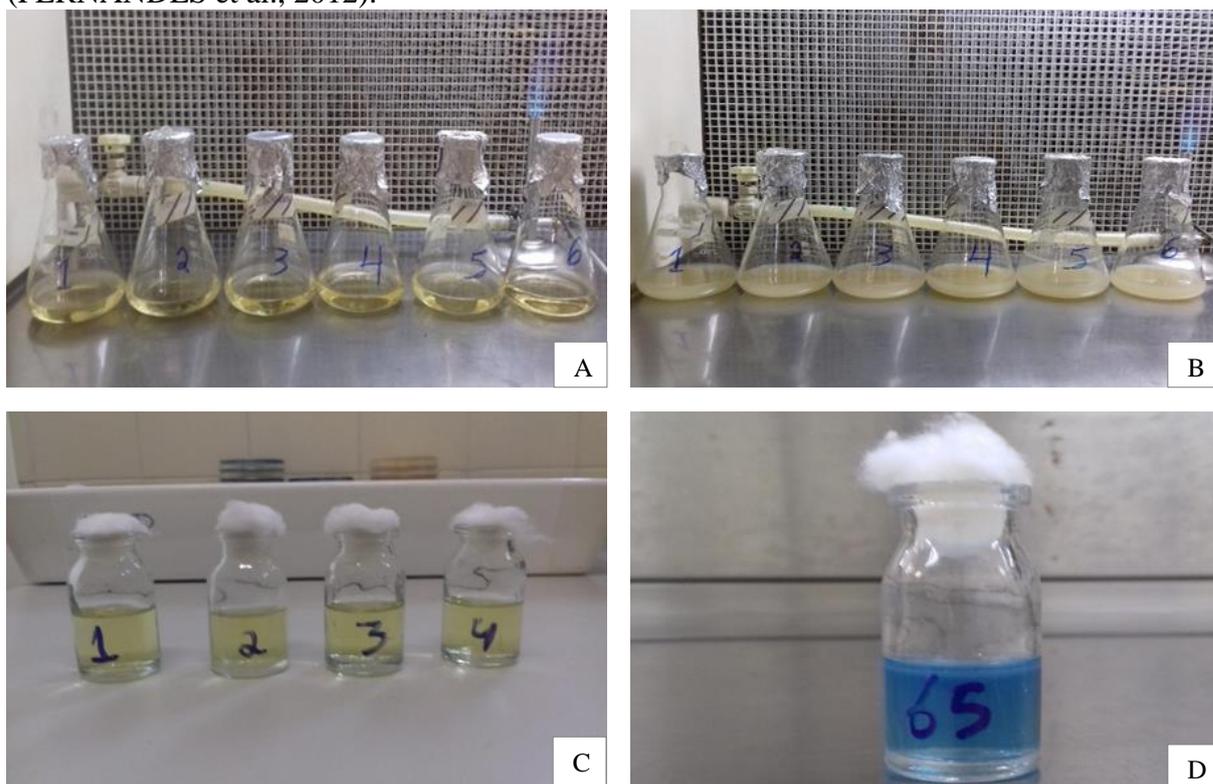
\*(+) Crescimento bacteriano verificado pela presença da película aerotóxica típica e mudança de cor do meio de cultura; \*(-) Ausência da película típica e meio sem mudança de cor. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

Em estudos realizados com o inseticida Endosulfan, utilizando a dosagem comercial recomendada, constatou-se um atraso inicial no crescimento de *Gluconacetobacter diazotrophicus*, porém, após 70 horas de avaliação, o crescimento apresentou-se igual ao tratamento controle, isto é, sem a aplicação do inseticida (MADHAIYAN et al., 2006). Em avaliação de 18 herbicidas recomendados para a cultura da cana-de-acúcar sobre o crescimento de *Gluconacetobacter diazotrophicus* verificaram-se que apenas Paraquat, Diuron,

Metribuzina, MSMA e 2,4-D, inibiram a densidade óptica máxima, quando adicionados em suas respectivas doses comerciais (PROCÓPIO et al., 2013).

O desenvolvimento de resistência aos mais variados tipos de agrotóxicos é um processo complexo que na maioria dos casos pode estar atrelado às mudanças na fisiologia ou até mesmo na constituição genética dos microrganismos (RICE; BONOMO, 2005). Deste modo, pode-se atribuir duas formas de ação: i) a resistência temporária - ocorre pela utilização de via metabólica alternativa a fim de evitar uma reação bioquímica promovida pela substância tóxica específica, que culminaria na inibição do crescimento microbiano (HERMAN et al., 2005); ii) a resistência permanente - em função de modificações genéticas herdadas pela geração seguinte dos organismos (DŽIDIĆ et al., 2008).

Ahemad; Khan (2010) estudando sobrevivência de *Klebsiella sp.* estirpe PS19 à herbicidas, verificaram pela sobrevivência da estirpe e a atividade de promoção de crescimento vegetal que houve resistência a Quizalafop-p-etil, Clodinafop, Metribuzina e Glifosato em até 3 vezes a dose recomendada destes produtos, respectivamente com doses recomendadas de 40, 400, 850 e 1444  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Já os inseticidas Imidacloprid, Fipronil e Thiamethoxam, indicados para a cultura da cana-de-açúcar, utilizados em suas doses comerciais recomendadas de 250, 400 e 480  $\text{g ha}^{-1}$ , respectivamente, não ocasionaram efeito negativo para o crescimento e nem para a fixação biológica de nitrogênio *in vitro*, em bactérias de *Herbaspirillum seropedicae* (FERNANDES et al., 2012).



**Figura 4.** Erlenmeyers contendo meio de cultura DYGS (A), os mesmos após 48 horas encontram-se turvos, indicando o crescimento das estirpes (B). Tubos contendo meio JNFb sem crescimento (C), após 7 dias, observa-se a mudança de cor do meio e película aerotóxica típica, mostrando que houve crescimento das bactérias (D). Seropédica-RJ, 2018.

## 5.2 Experimento 2 - Germinação de Sementes de Arroz Vermelho Inoculadas com Bactérias Diazotróficas em Presença de Herbicidas

Em coleta realizada aos 14 dias verificou-se que não houve influência dos herbicidas e nem resposta positiva à inoculação, tampouco interação entre estes dois fatores para as variáveis massa fresca da parte aérea e raiz (Tabela 3), massa seca da parte aérea e raiz (Tabela 4),

comprimento de raiz e comprimento da parte aérea (Tabela 5). Porém, ao se observar as médias de massa fresca e seca da raiz e o comprimento desta, observa-se numericamente valores superiores para estas variáveis, quando as sementes foram inoculadas com a estirpe *Azospirillum brasilense* 245, efeito este relevante no que concerne a sustentabilidade, uma vez que as bactérias promotoras de crescimento vegetal têm papel fundamental na substituição, mesmo que em partes, dos métodos tradicionais de adubação que partem do uso de fertilizantes sintéticos (DE SOUZA et al., 2013).

Há inúmeros trabalhos referentes ao efeito positivo de *Azospirillum sp* no crescimento inicial de plântulas de gramíneas (PEDRAZA et al., 2009; DE SALAMONE et al., 2012; ZHAN et al., 2018). Tal efeito é de suma relevância para a agricultura pois assim proporciona-se um melhor desempenho inicial das plântulas (Figura 5), fator decisivo na formação do estande da cultura e com impacto no rendimento. Plântulas mais vigorosas podem competir mais eficientemente por luz, nutrientes e água, tendo melhor estabelecimento da população e maior produção de grãos (FAROOQ et al., 2006).

Quando se relaciona com a capacidade competitiva, este resultado torna-se vantajoso, uma vez que plântulas de arroz com desenvolvimento inicial superior às plantas daninhas suprimem, em parte, o desenvolvimento das espécies invasoras, contribuindo para uma menor competitividade destas e para um menor investimento em tecnologias de controle. Em estudos onde foram avaliados os efeitos de bactérias promotoras de crescimento em arroz, sorgo e milho verificaram que tanto a parte aérea como o sistema radicular das plantas foram influenciados positivamente pela inoculação com bactérias diazotróficas (FERREIRA et al., 2014; SINGH et al., 2011; KOCHAR et al., 2011; MEHNAZ; LAZAROVITS, 2006). Tais respostas estão associadas, em sua maior parte, nas bactérias que são capazes de produzir Ácido Indolilacético (AIA). O efeito do hormônio, pode ser benéfico ou negativo, dependendo principalmente das quantidades de AIA produzido e da sensibilidade de cada planta (SPAEPEN et al., 2007). Além disso, muitas destas bactérias, como *Azospirillum brasilense* (TORTORA et al., 2011) e *Burkholderia tuberum* (ANGUS et al., 2013) são capazes de produzir e secretar sideróforos, que servem como blindado para as raízes, impedindo o ataque de fitopatógenos (GRAY; SMITH, 2005).

**Tabela 3.** Valores médios de massa fresca da parte aérea e raiz (MFPA e MFR) de plântulas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. Seropédica-RJ, 2018.

MFPA (g)		MFR (g)		
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	1,25	1,48	1,93	1,96
26H	1,94	1,97	1,84	1,80
Z67	1,54	1,29	1,78	1,86
Z94	1,24	1,75	1,85	1,82
ZA25	1,40	1,25	1,86	1,85
ZAL95	1,03	1,34	1,90	1,87
Média Geral	1,40	1,51	1,85	1,86
C.V. (%)	48,40		4,17	
MFPA (g)		MFR (g)		
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	1,86	1,48	1,89	1,96
26H	1,58	1,97	1,82	1,80
Z67	1,08	1,29	1,86	1,86
Z94	1,58	1,75	1,85	1,82
ZA25	1,77	1,25	1,88	1,85
ZAL95	1,65	1,34	1,90	1,87
Média Geral	1,59	1,51	1,87	1,86
C.V. (%)	49,73		3,94	
MFPA (g)		MFR (g)		
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	1,72	1,49	1,91	1,96
26H	1,35	1,97	1,85	1,80
Z67	1,85	1,30	1,80	1,86
Z94	1,71	1,76	1,84	1,82
ZA25	1,15	1,25	1,87	1,85
ZAL95	1,60	1,34	1,85	1,87
Média Geral	1,56	1,51	1,85	1,86
C.V. (%)	49,26		3,97	

Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

**Tabela 4.** Valores médios de massa seca da parte aérea e raiz (MSPA e MSPA) de plântulas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. Seropédica-RJ, 2018.

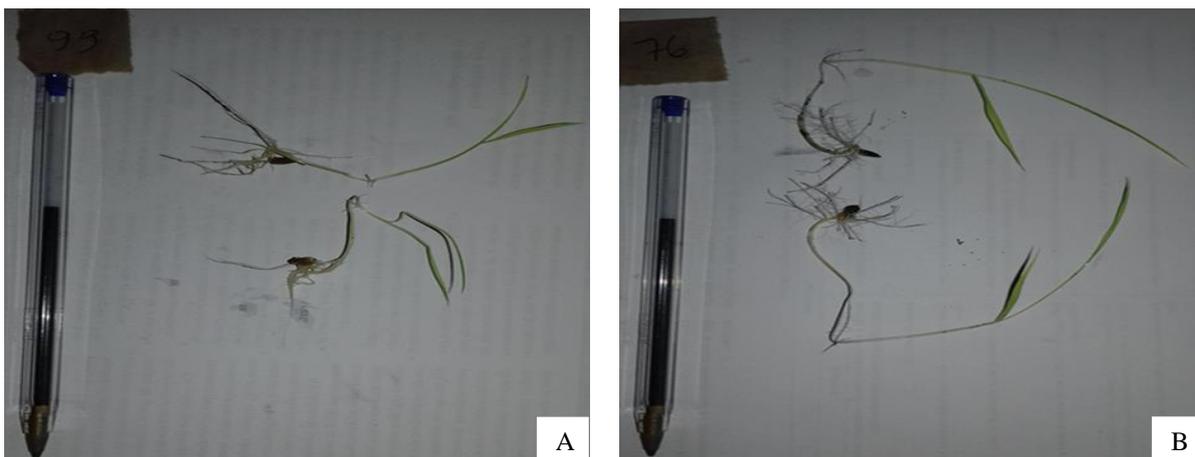
MSPA (g)		MSR (g)		
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	0,014	0,016	0,139	0,147
26H	0,021	0,021	0,136	0,138
Z67	0,017	0,014	0,142	0,137
Z94	0,013	0,019	0,139	0,137
ZA25	0,015	0,013	0,140	0,141
ZAL95	0,011	0,014	0,142	0,140
<b>Média Geral</b>	0,015	0,016	0,141	0,140
<b>C.V. (%)</b>	48,46		3,49	
MSPA (g)		MSR (g)		
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	0,019	0,016	0,143	0,145
26H	0,015	0,021	0,138	0,138
Z67	0,020	0,014	0,136	0,136
Z94	0,019	0,019	0,138	1,370
ZA25	0,012	0,013	0,141	0,141
ZAL95	0,017	0,014	0,137	0,138
<b>Média Geral</b>	0,019	0,016	0,139	0,145
<b>C.V. (%)</b>	49,78		4,29	
MSPA (g)		MSR (g)		
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	0,020	0,016	0,141	0,147
26H	0,017	0,021	0,136	0,138
Z67	0,012	0,014	0,139	0,137
Z94	0,017	0,019	0,140	0,137
ZA25	0,019	0,013	0,141	0,141
ZAL95	0,018	0,014	0,139	0,140
<b>Média Geral</b>	0,017	0,016	0,139	0,140
<b>C.V. (%)</b>	49,30		4,04	

Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

**Tabela 5.** Valores médios de comprimento da parte aérea e raiz (CPA e CR) de plântulas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. Seropédica-RJ, 2018.

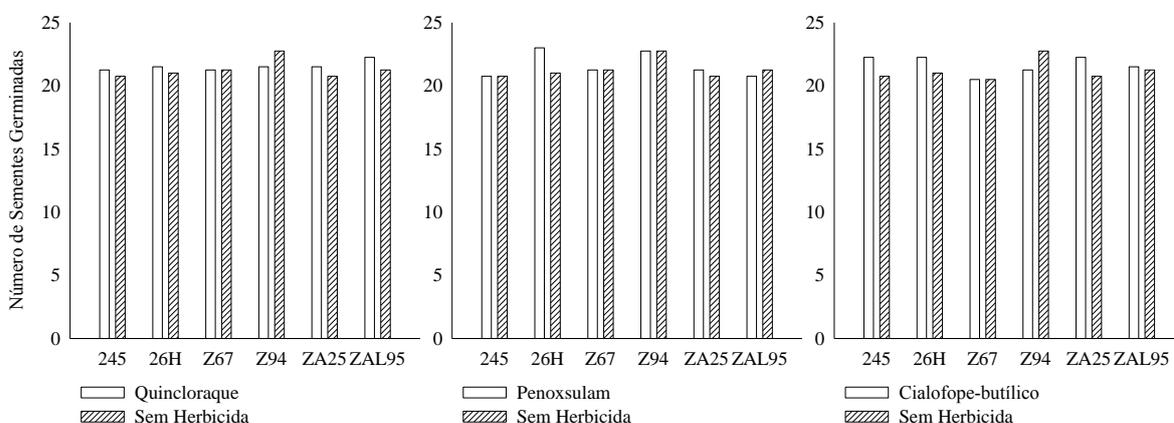
CPA (cm)		CR (cm)		
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	9,32	10,32	11,25	10,32
26H	9,75	11,00	9,15	9,87
Z67	9,35	10,35	11,25	9,65
Z94	11,27	9,40	9,85	9,40
ZA25	10,37	9,90	9,87	10,70
ZAL95	9,97	10,82	9,12	9,25
Média Geral	10,08	10,30	10,08	9,70
C.V. (%)	14,69		9,96	
CPA (cm)		CR (cm)		
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	10,22	10,32	10,25	10,32
26H	9,72	11,00	9,92	8,87
Z67	9,37	10,35	9,57	9,65
Z94	9,15	9,40	9,35	9,40
ZA25	9,82	9,90	9,67	10,70
ZAL95	9,17	10,82	8,6	9,25
Média Geral	9,57	10,30	9,56	9,70
C.V. (%)	10,49		12,8	
CPA (cm)		CR (cm)		
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	10,32	9,12	11,45	10,32
26H	11,00	9,90	9,27	8,87
Z67	10,35	8,87	8,37	9,65
Z94	9,40	9,55	8,62	9,40
ZA25	9,90	10,12	10,32	10,70
ZAL95	10,82	9,02	9,22	9,25
Média Geral	9,43	10,30	9,54	
C.V. (%)	10,24		11,56	

Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.



**Figura 5.** Plântulas de arroz Vermelho Pequeno que não receberam inoculação (A), plântulas inoculadas com a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense* 245 (B). Seropédica-RJ, 2018.

Não foi verificado efeito simples dos tratamentos testados, tão pouco interação entre estes para o número de sementes germinadas (Figura 6), este fato decorre provavelmente da não ação das bactérias do gênero *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de giberelina, hormônio este responsável por promover a germinação da maioria das sementes e produzido em abundância por bactérias do gênero *Pseudomonas* (KANG et al., 2014). O ácido giberélico atua sinalizando a síntese de enzimas hidrolíticas (TAIZ; ZEIGER, 2017), estas serão responsáveis por quebrar substâncias do tecido de reserva da semente, formando aminoácidos e açúcares, por exemplo, estimulando o crescimento e alongamento do eixo embrionário, culminando na germinação (REGO, 2018).

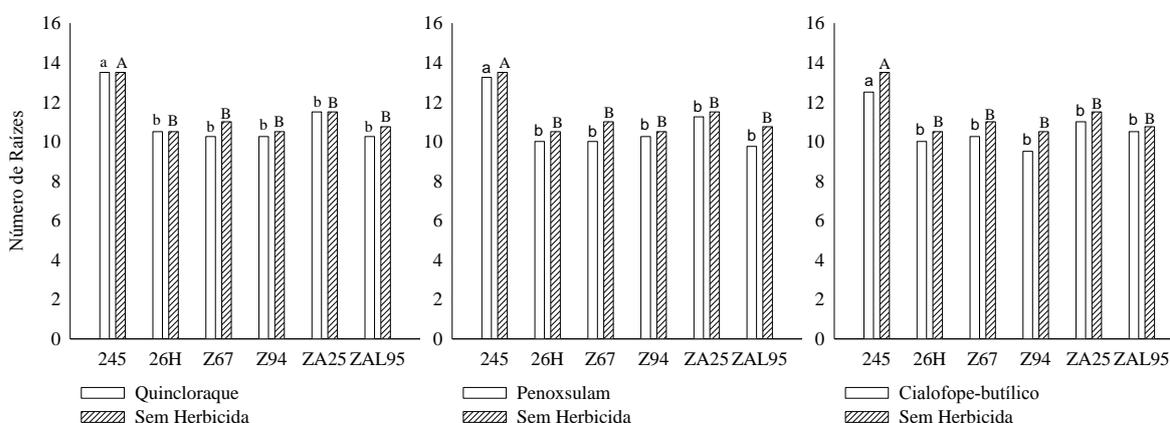


**Figura 6.** Valores médios de números de sementes germinadas (NSG) de plântulas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95. Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. Seropédica-RJ, 2018.

Não identificou-se efeitos significativos dos herbicidas e da interação estirpe x herbicida para a variável número de raízes, porém, constatou-se diferença significativa para o efeito estirpe, com maior média sendo observada para a estirpe de *Azospirillum brasilense* 245 (Figura 7). Resultado semelhante foi observado em linhagens de arroz de terras altas inoculadas com *Azospirillum* que apresentaram aumento tanto no número de raízes secundárias, quanto no número de ramificações das raízes, com respostas positivas análogas para as espécies de

*Azospirillum* utilizadas como inoculante (DIDONET et al., 2003; HERRERA et al., 2016). Estes resultados estão possivelmente associados à produção de reguladores vegetais, pertencentes ao grupo das auxinas, como é o caso do AIA, uma vez que as auxinas são consideradas as principais substâncias promotoras do enraizamento adventício (PEREIRA et al., 2017).

Ademais, o AIA é o principal fitohormônio produzido pelas rizobactérias do gênero *Azospirillum* e tem sua síntese elevada *in vitro*. Cassán et al., (2014) encontraram valores de produção destes hormônios na ordem de 5 a 50  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , variando em função do meio de cultivo e da estirpe testada. Ressalta-se também que a interação planta-microorganismo é bastante complexa, com efeitos difíceis de serem interpretados, haja visto que os mecanismos utilizados pelos microrganismos que são capazes de promover crescimento vegetal ainda são pouco elucidados, sendo de mais difícil análise ainda quando em situações de campo, contando com a interação de vários fatores bióticos e abióticos.



**Figura 7.** Valores médios de números de raízes (NR) de plântulas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95. Letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, na presença ou ausência de cada herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Seropédica-RJ, 2018.

### 5.3 Experimento 3 - Cultivo de Arroz Vermelho Inoculado com Bactérias Diazotróficas em Presença de Herbicidas

Nitrogênio total da parte aérea e número de perfilhos não apresentaram diferença tanto para o efeito de herbicidas como para bactérias; também não houve interação entre estes (Tabela 6). O número de perfilhos e o teor de nitrogênio foliar em arroz é fortemente influenciado pela adubação nitrogenada, como não houve suprimento deste elemento na forma mineral, nas adubações de plantio e manutenção, e as estirpes bacterianas têm pouca contribuição com a FBN, a não diferença pode estar associada estes fatores.

Como observado por GITTI et al. (2012), o suprimento de nutrientes, especialmente de nitrogênio, em doses e épocas adequadas, contribui para impulsionar o perfilhamento. Alguns autores (GÍRIO et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2010) têm descrito também diferenças nos teores de nitrogênio em gramíneas quando estas foram cultivadas com associação de inoculação com BPCV e subdoses de nitrogênio. Cultivares de arroz adubadas com 50 kg N ha<sup>-1</sup> e inoculadas com *Burkholderia sp.* tiveram incremento de nitrogênio foliar semelhante aos tratamentos com 100 kg N ha<sup>-1</sup>, que foi a dose máxima recomendada na situação estudada. Resultado semelhante foi observado com *H. seropedicae*, em que os maiores valores no

acúmulo de nitrogênio foram encontrados nos tratamentos inoculados seguidos de adubação com N mineral (GUIMARÃES et al., 2010).

Também não foi constatada diferença para o número de células bacterianas da parte aérea e raiz (Tabela 7). Os agrotóxicos podem gerar diferentes efeitos nas BPCV (IMFELDA; VUILLEUMIERB, 2012). Os herbicidas no solo são submetidos a uma variedade de processos, sendo estes: degradação, transporte, adsorção e dessorção, a depender da natureza química de cada agrotóxico e das propriedades do solo (SPADOTTO, 2015). Tais insumos interagem com os organismos do solo e suas atividades metabólicas, podendo alterar o comportamento fisiológico e bioquímico destes microrganismos (XIA et al., 2012). Portanto, devido a esses processos variados, os efeitos em microrganismos também são os mais diferentes possíveis, com casos de inibição de crescimento ou até mesmo estímulo (BABOO et al., 2013). Algumas destas bactérias do solo como as espécies dos gêneros *Azotobacter*, *Arthrobacter*, *Burkholderia*, *Pseudomonas* e *Rhodococcus* são conhecidas por tolerar e degradar os pesticidas e têm sido amplamente utilizadas em estudos de biodegradação e biorremediação (CASTILLO et al., 2011).

Ao contrário, outros trabalhos indicam que o contato com Benomil, Carbendazim e Captan reduziu até 45% de populações de *Bradyrhizobium japonicum* (RUBENS et al., 2009; MISHRA et al., 2013). Possivelmente, sua substância ativa afeta os mecanismos de troca celular dependentes da membrana, bloqueando o crescimento de *B. japonicum*, da mesma forma como ocorre no nível fúngico (ZHANG et al., 2002). Assim como plantas tratadas com Pentaclorofenol não exibiram nódulos ao longo do ciclo da cultura, resultados estes, iguais aos obtidos nas plantas controle, não-inoculadas com Rhizobio (FOX, et al., 2007). Já a aplicação de Butaclor que é um herbicida pré-emergente para o controle de plantas daninhas da cultura do arroz reduziu a população de *Azospirillum* e fixadores de nitrogênio anaeróbio (LO et al., 2010).

É importante mencionar que a qualidade do solo não está unicamente relacionada à sua fertilidade e aos aspectos físicos deste, mais também tem haver com sua capacidade biológica. Os microrganismos do solo desempenham papéis importantes e o uso de agrotóxicos, como evidenciado por diversos trabalhos acima citados, pode alterar esta capacidade. Portanto, o conhecimento dos reflexos do uso destes insumos químicos sobre as populações microbianas é altamente necessário para o desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias e práticas de manejo que minimizem os impactos aos componentes biológicos do solo, contribuindo para uma agricultura cada vez mais sustentável.

**Tabela 6.** Valores médios de nitrogênio total da parte aérea (NT) e número de perfilhos (NP) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 30 dias. Seropédica-RJ, 2018.

NT (%)		NP		
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	1,13	1,11	3,50	3,75
26H	1,10	1,14	3,75	3,25
Z67	1,15	1,18	3,25	3,50
Z94	1,16	1,16	3,25	3,00
ZA25	1,09	1,09	3,50	4,00
ZAL95	1,15	1,21	3,75	3,00
Média Geral	1,15	1,13	3,50	3,41
C.V. (%)	15,72		26,52	
NT (%)		NP		
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	1,21	1,09	3,50	3,75
26H	1,10	1,12	3,50	3,25
Z67	1,20	1,14	3,50	3,50
Z94	1,19	1,18	3,25	3,00
ZA25	1,14	1,17	3,50	4,00
ZAL95	1,16	1,22	3,50	3,00
Média Geral	1,16	1,15	3,45	3,41
C.V. (%)	17,65		22,41	
NT (%)		NP		
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	1,19	1,09	3,25	3,75
26H	1,23	1,12	3,00	3,25
Z67	1,13	1,14	3,25	3,50
Z94	1,05	1,18	3,00	3,00
ZA25	1,18	1,17	3,50	4,00
ZAL95	1,10	1,22	3,25	3,00
Média Geral	1,14	1,15	3,20	3,41
C.V. (%)	13,98		21,70	

Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

**Tabela 7.** Valores médios de número mais provável presente na parte aérea e raiz (NMPA e NMPR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 30 dias. Seropédica-RJ, 2018.

NMPA (células/mL)		NMPR (células/mL)		
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida	Com	Sem	Com	Sem
Bactérias	Herbicida	Herbicida	Herbicida	Herbicida
245	37750000	38000000	37750000	38000000
26H	35500000	37275000	35500000	37275000
Z67	37750000	35500000	37750000	35500000
Z94	35500000	37750000	35500000	37750000
ZA25	37750000	37275000	37750000	37275000
ZAL95	35975000	1975000	35975000	1975000
Média Geral	36704166	31295833	36704166	31295833
C.V. (%)	14,78		9,85	
NMPA (células/mL)		NMPR (células/mL)		
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida	Com	Sem	Com	Sem
Bactérias	Herbicida	Herbicida	Herbicida	Herbicida
245	72000000	38000000	41500000	75875000
26H	37025000	37275000	7825000	11050000
Z67	36137500	35500000	4150000	3450000
Z94	37750000	37750000	44250000	12250000
ZA25	70387500	37275000	73000000	43875000
ZAL95	38000000	1975000	72500000	41250000
Média Geral	48550000	31295833	40537500	31291666
C.V. (%)	13,71		9,50	
NMPA (células/mL)		NMPR (células/mL)		
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida	Com	Sem	Com	Sem
Bactérias	Herbicida	Herbicida	Herbicida	Herbicida
245	6375000	38000000	45625000	75875000
26H	1975000	37275000	73500000	11050000
Z67	70387500	35500000	77000000	3450000
Z94	37750000	37750000	38875000	12250000
ZA25	70387500	37275000	11250000	43875000
ZAL95	70387500	1975000	45625000	41250000
Média Geral	42877083	31295833	48645833	31291666
C.V. (%)	14,50		9,17	

Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

Os resultados alcançados no presente trabalho demonstram que houve diferença estatística para as variáveis massa fresca da parte aérea e raiz e massa seca da parte aérea e raiz para o efeito das bactérias. Não houve resposta significativa dos herbicidas estudados e nem interação entre as bactérias e herbicidas. Para os valores de massa fresca de parte aérea e raiz (Tabela 8), sobressaíram-se as estirpes 245 e ZA25, proporcionando rendimentos médios superiores às demais. Resultados semelhantes foram observados para a cultivar de arroz IAC4440 cujas plântulas foram inoculadas isoladamente com a estirpe de Cd *Azospirillum brasilense* e aquelas que foram inoculadas com a mistura das estirpes ZAE94 e M2 de *Herbaspirillum seropedicae*, apresentaram biomassa fresca da parte aérea superiores ao controle não inoculado (SABINO et al., 2012). Assim como a inoculação com mistura de três espécies de *Azospirillum* (*A. brasilense*, *A. lipoferum* e *A. oryzae*) elevaram a produtividade do híbrido P32R48 (DE QUADROS et al., 2014).

As estirpes 245 e ZA25 destacaram-se proporcionando maior acúmulo para massa seca da parte aérea (Tabela 9). Já as estirpes 245, 26H e ZAL95 foram as que proporcionaram melhor desempenho para massa seca de raiz, em comparação com as demais (Tabela 9). A inoculação com *Azospirillum brasilense* promoveu efeitos positivos sobre a biomassa seca de plântulas de arroz. Os autores atribuíram o melhor desempenho à produção de fitohormônios e à fixação biológica de nitrogênio (CURÁ et al., 2005). Assim como em cultivo de milho em que as sementes foram inoculadas com a bactéria *Herbaspirillum seropedicae* houve aumento da massa de matéria fresca das raízes em 38% em relação ao tratamento controle (CONCEIÇÃO et al., 2008). Já em sementes de arroz inoculadas com rizóbios houve incremento na produção de matéria seca da parte aérea (OSORIO FILHO et al., 2016).

Uma grande contribuição que se tem ao usar as bactérias promotoras de crescimento vegetal, é a melhoria da nutrição da planta por meio direto, ou indiretamente, devido ao estímulo do crescimento radicular (HUNGRIA et al., 2010) ocorrido em função da produção de hormônios, como o ácido indol acético e as giberelinas (FIGUEIREDO et al., 2010). Porém, cabe ressaltar que tais respostas podem variar de acordo com fatores como genótipo da planta, condições ambientais, manejo agrícola, e ainda, da quantidade e qualidade das células utilizadas para a produção do inoculante (MATSUMURA et al., 2015).

**Tabela 8.** Valores médios de massa fresca da parte área e raiz (MFPA e MFR), de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 30 dias. Seropédica-RJ, 2018.

		MFPA (g)				MFR (g)		
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )								
Herbicida Bactérias	Com Herbicida		Sem Herbicida		Com Herbicida		Sem Herbicida	
245	12,25	a	11,97	a	34,85	a	31,87	a
26H	10,72	c	10,53	b	25,95	b	25,10	b
Z67	10,34	c	10,41	b	27,87	b	25,75	b
Z94	11,14	b	10,86	b	25,85	b	27,12	b
ZA25	11,34	b	11,63	a	27,60	b	33,20	a
ZAL95	9,36	d	8,93	c	27,32	b	25,97	b
<b>Média Geral</b>	10,86		10,72		35,24		35,17	
<b>C.V. (%)</b>			5,12				10,73	
		MFPA (g)				MFR (g)		
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )								
Herbicida Bactérias	Com Herbicida		Sem Herbicida		Com Herbicida		Sem Herbicida	
245	11,86	a	11,98	a	36,32	a	31,87	a
26H	11,11	a	10,54	b	25,47	b	25,10	a
Z67	10,59	b	10,41	b	24,82	b	25,75	a
Z94	11,05	a	10,86	b	24,50	b	27,12	a
ZA25	11,46	a	11,63	a	36,12	a	33,20	a
ZAL95	9,63	c	8,94	c	27,70	b	25,97	a
<b>Média Geral</b>	10,95		10,73		36,15		35,17	
<b>C.V. (%)</b>			5,78				16,72	
		MFPA (g)				MFR (g)		
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )								
Herbicida Bactérias	Com Herbicida		Sem Herbicida		Com Herbicida		Sem Herbicida	
245	11,61	a	11,97	a	34,07	a	31,87	a
26H	10,81	a	10,53	b	27,80	b	25,10	b
Z67	11,31	a	10,41	b	27,50	a	25,75	b
Z94	11,13	a	10,86	b	24,02	b	27,12	b
ZA25	11,52	a	11,63	a	33,100	a	33,20	a
ZAL95	8,98	b	8,98	c	24,27	b	25,97	b
<b>Média Geral</b>	10,89		10,72		35,46		35,17	
<b>C.V. (%)</b>			5,01				12,63	

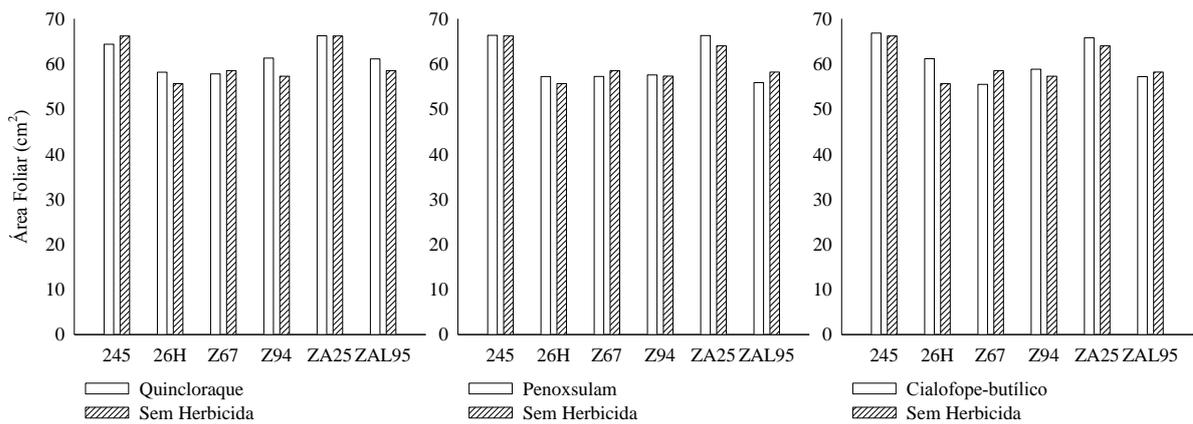
Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

**Tabela 9.** Valores médios de massa seca da parte aérea e raiz (MSPA e MSR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quinclorac, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 30 dias. Seropédica-RJ, 2018.

		MSPA (g)				MSR (g)			
Quinclorac (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )									
Herbicida	Bactérias	Com Herbicida		Sem Herbicida		Com Herbicida		Sem Herbicida	
	<b>245</b>	12,25	a	11,97	a	5,65	a	5,57	a
	<b>26H</b>	10,72	c	10,53	b	4,96	a	5,09	a
	<b>Z67</b>	10,34	c	10,41	b	5,16	a	3,85	b
	<b>Z94</b>	11,14	b	10,86	b	3,74	b	3,86	b
	<b>ZA25</b>	11,34	b	11,63	a	3,91	b	3,56	b
	<b>ZAL95</b>	9,36	d	8,93	c	4,78	a	4,80	a
<b>Média Geral</b>		10,86		10,72		4,70		4,45	
<b>C.V. (%)</b>		4,86				16,31			
		MSPA (g)				MSR (g)			
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )									
Herbicida	Bactérias	Com Herbicida		Sem Herbicida		Com Herbicida		Sem Herbicida	
	<b>245</b>	11,86	a	11,98	a	5,58	a	5,57	a
	<b>26H</b>	11,11	a	10,54	b	5,00	a	5,10	a
	<b>Z67</b>	10,59	b	10,41	b	3,19	b	3,85	b
	<b>Z94</b>	11,05	a	10,86	b	3,93	b	3,87	b
	<b>ZA25</b>	11,46	a	11,64	a	3,52	b	3,56	b
	<b>ZAL95</b>	9,63	c	8,94	c	5,08	a	4,80	a
<b>Média Geral</b>		10,95		10,73		4,39		4,45	
<b>C.V. (%)</b>		2,52				15,36			
		MSPA (g)				MSR (g)			
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )									
Herbicida	Bactérias	Com Herbicida		Sem Herbicida		Com Herbicida		Sem Herbicida	
	<b>245</b>	11,61	a	11,97	a	5,26	a	5,57	a
	<b>26H</b>	10,81	a	10,53	b	4,71	a	5,10	a
	<b>Z67</b>	11,31	a	10,41	b	3,44	a	3,85	b
	<b>Z94</b>	11,13	a	10,86	b	4,09	b	3,87	b
	<b>ZA25</b>	11,52	a	11,63	a	4,31	b	3,56	b
	<b>ZAL95</b>	8,98	b	8,98	c	4,59	a	4,80	a
<b>Média Geral</b>		10,89		10,72		4,39		4,45	
<b>C.V. (%)</b>		2,00				15,23			

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

Apesar da não verificação de diferença estatística para a área foliar (Figura 8), notou-se maior desempenho, numericamente, das plantas que foram submetidas à inoculação com as estirpes 245 e ZA25 de *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*, respectivamente, em comparação ao tratamento controle, sem inoculação. Em trabalho com variedades de arroz de terras altas inoculadas com diferentes estirpes de BPCV, houve diferença para a altura de planta e massa fresca da parte aérea (FERREIRA et al., 2014). Esses autores constataram também que não houve efeito na variável área foliar, com exceção das plantas inoculadas com *Pseudomonas*.



**Figura 8.** Valores médios de área foliar (AF) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 30 dias. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95. Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. Seropédica-RJ, 2018.

Na coleta realizada no florescimento, aos 60 dias após a semeadura, a mesma tendência dos resultados da primeira coleta foi observada. Com valores estatisticamente não significativos para as variáveis nitrogênio total e número de perfilhos (Tabela 10) e também para a contagem das bactérias presentes na parte aérea e na raiz (Tabela 11) e área foliar (Figura 9). Com isso, depreende-se que os resultados não significativos para estas variáveis estão relacionados aos mesmos motivos relatados na primeira coleta.

**Tabela 10.** Valores médios de nitrogênio total da parte aérea (NT) e número de perfilhos (NP) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 60 dias. Seropédica-RJ, 2018.

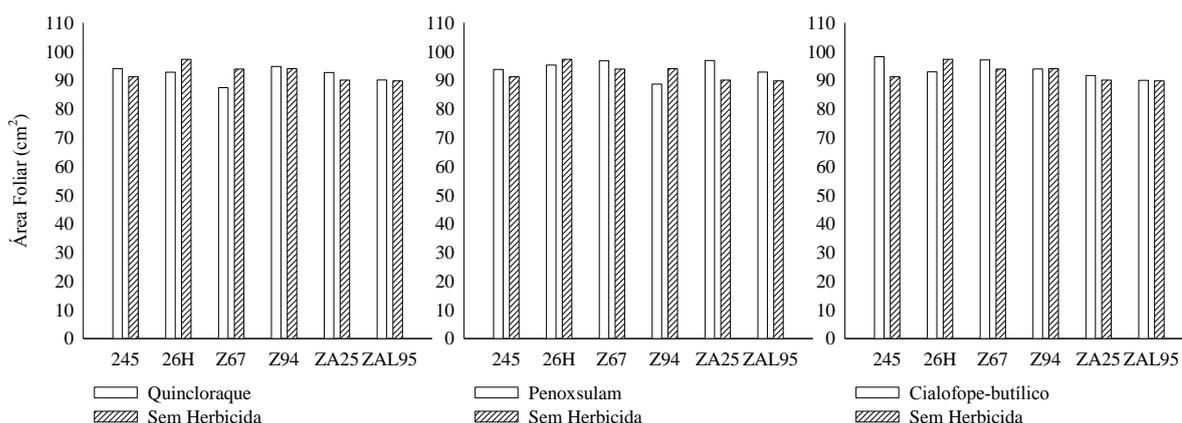
NT (%)		NP		
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	1,02	1,01	6,75	6,50
26H	0,89	1,03	6,00	5,75
Z67	1,05	1,07	6,00	6,75
Z94	0,89	1,06	6,25	7,00
ZA25	0,98	0,98	6,50	6,25
ZAL95	1,04	1,02	6,50	6,50
Média Geral	0,97	1,02	6,33	6,45
C.V. (%)	16,91		13,54	
NT (%)		NP		
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	5,75	6,50	1,08	1,01
26H	6,50	5,75	1,12	1,03
Z67	6,50	6,75	1,02	1,07
Z94	6,75	7,00	0,94	1,06
ZA25	7,00	6,25	1,07	0,98
ZAL95	6,50	6,50	0,99	1,02
Média Geral	6,50	6,45	1,03	1,02
C.V. (%)	20,00		11,36	
NT (%)		NP		
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	1,10	1,01	5,75	6,50
26H	0,99	1,03	6,00	5,75
Z67	1,09	1,07	6,25	6,75
Z94	1,08	1,06	6,25	7,00
ZA25	1,03	0,98	6,75	6,25
ZAL95	1,05	1,02	6,25	6,50
Média Geral	1,05	1,02	6,20	6,45
C.V. (%)	15,98		16,07	

Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

**Tabela 11.** Valores médios de número mais provável presente na parte aérea e raiz (NMPA e NMPR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 60 dias. Seropédica-RJ, 2018.

NMPA (células/mL)		NMPR (células/mL)		
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida	Com	Sem	Com	Sem
Bactérias	Herbicida	Herbicida	Herbicida	Herbicida
245	4562500	4562500	68625000	67000000
26H	4562500	40875000	41875000	74500000
Z67	36750000	38562500	43250000	74500000
Z94	39250000	39062500	76125000	43250000
ZA25	36687500	4562500	28625000	85000000
ZAL95	6750000	43250000	28625000	92500000
Média Geral	21427083	28479166	47854166	72791666
C.V. (%)	10,04		8,27	
NMPA (células/mL)		NMPR (células/mL)		
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida	Com	Sem	Com	Sem
Bactérias	Herbicida	Herbicida	Herbicida	Herbicida
245	6562500	4562500	41875000	67000000,0
26H	8750000	40875000	98250000	74500000,0
Z67	36687500	38562500	25625000	74500000,0
Z94	36687500	39062500	74500000	43250000,0
ZA25	8750000	4562500	74500000	85000000,0
ZAL95	36687500	43250000	74500000	92500000,0
Média Geral	22354166	28479166	64875000	72791666
C.V. (%)	10,94		9,30	
NMPA (células/mL)		NMPR (células/mL)		
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida	Com	Sem	Com	Sem
Bactérias	Herbicida	Herbicida	Herbicida	Herbicida
245	43250000	4562500	41875000	67000000
26H	47875000	40875000	28625000	74500000
Z67	4437500	38562500	53750000	74500000
Z94	38687500	39062500	83625000	43250000
ZA25	43750000	4562500	108750000	85000000
ZAL95	8750000	43250000	108750000	92500000
Média Geral	28479166	31125000	70895833	72791667
C.V. (%)	9,95		7,93	

Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.



**Figura 9.** Valores médios de área foliar (AF) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 60 dias. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95. Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. Seropédica-RJ, 2018.

A variável massa fresca da parte e raiz mostrou-se estatisticamente diferente para a comparação de estirpes, com melhor desempenho quando inoculada com *Azospirillum brasilense* 245 e *Herbaspirillum seropedicae* ZA25 (Tabela 12). Assim como para massa seca da parte e raiz, que apresentaram melhor desempenho para os tratamentos inoculados com as referidas estirpes (Tabela 13). Provavelmente os resultados significativos para estas variáveis estão relacionados às mesmas causas mencionadas na primeira coleta, ou seja, não influênciam negativamente o crescimento das bactérias ou até mesmo estímulo de crescimento por parte dos herbicidas testados, e promoção do crescimento vegetal devido à inoculação com estirpes de rizobactérias. Tais resultados se assemelham aos observados por Sabino (2007) que constatou efeito benéfico da inoculação de bactérias diazotróficas sobre o crescimento de plantas de arroz de sequeiro, em experimentos conduzidos a campo.

Esta resposta foi atribuída à bactéria por proporcionar um ambiente benéfico, aumentando a proliferação da raiz, aumentando, em consequência, a absorção de água e nutrientes, permitindo a planta apresentar melhor desempenho. A mesma observação foi encontrada em estudo com a cultivar de arroz IAC 4440. No estágio de florescimento, diferenças significativas entre os tratamentos foram observadas para o acúmulo de matéria seca, devido aos efeitos positivos da inoculação das plantas com *H. seropedicae*, cujos valores mostraram-se acima dos apresentados pelo tratamento controle, que não recebeu inoculação e adubação, sendo estatisticamente iguais aos tratamentos com doses de 50 e 100 kg N. ha<sup>-1</sup> (GUIMARÃES et al., 2010).

**Tabela 12.** Valores médios de massa fresca da parte aérea e raiz (MFPA e MFR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 60 dias. Seropédica-RJ, 2018.

		MFPA (g)				MFR (g)			
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )									
Herbicida	Bactérias	Com Herbicida		Sem Herbicida		Com Herbicida		Sem Herbicida	
	<b>245</b>	31,05	a	30,55	a	41,875	a	41,85	a
	<b>26H</b>	22,78	b	24,93	a	32,175	b	33,03	b
	<b>Z67</b>	21,83	b	24,63	a	27,375	b	27,83	b
	<b>Z94</b>	28,18	a	24,63	a	34,875	b	33,08	b
	<b>ZA25</b>	30,38	a	28,80	a	40,475	a	41,90	a
	<b>ZAL95</b>	24,78	b	24,98	a	31,475	b	30,13	b
<b>Média Geral</b>		26,49		26,41		34,70		34,63	
<b>C.V. (%)</b>		16,70				4,48			
		MFPA (g)				MFR (g)			
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )									
Herbicida	Bactérias	Com Herbicida		Sem Herbicida		Com Herbicida		Sem Herbicida	
	<b>245</b>	28,90	a	30,55	a	42,025	a	41,85	a
	<b>26H</b>	24,78	b	24,93	a	31,925	b	33,03	b
	<b>Z67</b>	22,20	b	24,63	a	27,625	b	27,83	b
	<b>Z94</b>	28,83	a	24,63	a	35,525	a	33,08	b
	<b>ZA25</b>	30,93	a	28,80	a	42,175	a	41,90	a
	<b>ZAL95</b>	22,50	b	24,98	a	32,35	b	30,13	b
<b>Média Geral</b>		26,35		26,41		35,27		34,63	
<b>C.V. (%)</b>		15,42				15,43			
		MFPA (g)				MFR (g)			
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )									
Herbicida	Bactérias	Com Herbicida		Sem Herbicida		Com Herbicida		Sem Herbicida	
	<b>245</b>	29,65	a	30,55	a	43,38	a	41,85	a
	<b>26H</b>	24,95	a	24,93	a	32,85	b	33,03	b
	<b>Z67</b>	24,08	a	24,63	a	27,65	b	27,83	b
	<b>Z94</b>	25,40	a	24,63	a	34,35	b	33,08	b
	<b>ZA25</b>	29,75	a	28,80	a	42,40	a	41,90	a
	<b>ZAL95</b>	24,58	a	24,98	a	32,58	b	30,13	b
<b>Média Geral</b>		26,40		26,41		35,53		34,63	
<b>C.V. (%)</b>		16,14				4,34			

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

**Tabela 13.** Valores médios de massa seca da parte aérea e raiz (MSPA e MSR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada aos 60 dias. Seropédica-RJ, 2018.

		MSPA (g)				MSR (g)			
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )									
Herbicida Bactérias	Com Herbicida		Sem Herbicida		Com Herbicida		Sem Herbicida		
245	31,05	a	30,55	a	5,83	a	5,89	a	
26H	22,78	b	24,93	b	4,55	b	4,61	b	
Z67	21,83	b	24,63	b	3,81	b	3,91	b	
Z94	28,18	b	24,63	b	4,87	b	4,65	b	
ZA25	30,38	a	28,80	a	5,73	a	5,79	a	
ZAL95	24,78	b	24,98	b	4,40	b	4,25	b	
<b>Média Geral</b>	26,49		26,41		4,86		4,84		
<b>C.V. (%)</b>	16,70				16,33				
		MSPA (g)				MSR (g)			
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )									
Herbicida Bactérias	Com Herbicida		Sem Herbicida		Com Herbicida		Sem Herbicida		
245	28,90	a	30,55	a	5,84	a	5,89	a	
26H	24,78	b	24,93	b	4,47	b	4,61	b	
Z67	22,20	b	24,63	b	3,83	b	3,91	b	
Z94	28,83	b	24,63	b	4,99	b	4,65	b	
ZA25	30,93	a	28,80	a	5,82	a	5,79	a	
ZAL95	22,50	b	24,98	b	4,57	b	4,25	b	
<b>Média Geral</b>	26,35		26,41		4,91		4,84		
<b>C.V (%)</b>	15,42				9,65				
		MSPA (g)				MSR (g)			
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )									
Herbicida Bactérias	Com Herbicida		Sem Herbicida		Com Herbicida		Sem Herbicida		
245	29,65	a	30,55	a	6,08	a	5,89	a	
26H	24,95	b	24,93	b	4,64	b	4,61	b	
Z67	24,08	b	24,63	b	3,84	b	3,91	b	
Z94	25,40	b	24,63	b	4,80	b	4,65	b	
ZA25	29,75	a	28,80	a	5,93	a	5,79	a	
ZAL95	24,58	b	24,98	b	4,59	b	4,25	b	
<b>Média Geral</b>	26,40		26,41		4,97		4,84		
<b>C.V. (%)</b>	16,14				9,59				

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

Em coleta realizada ao final do ciclo da cultura, foi observada que praticamente não houve alterações dos resultados em relação a primeira e segunda coletas, com valores estatisticamente não significativos para número de perfilhos e área foliar (Tabela 14) e também para a contagem das bactérias presentes na parte aérea e na raiz (Tabela 15). Além da não significância para massa fresca da parte e raiz e massa seca da parte e raiz (Tabela 16 e 17) este resultado pode estar associado à fase de enchimento de grãos, em que se tem um decréscimo no acúmulo de biomassa, por ocasião da senescência foliar (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000; MACHADO, 2006), contribuindo assim para a não identificação de significância na biomassa da planta. Para as três coletas, tanto os tratamentos inoculados como o não inoculado, apresentaram valores de NMP próximos, isto pode estar associado aos fotoassimilados ou exsudados radiculares que fornecem fontes de carbono, favorecendo e atraindo os microrganismos para a colonização dos tecidos foliares e radiculares (VALÉ et al., 2005).

**Tabela 14.** Valores médios de número de perfilhos (NP) e área foliar (AF) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada no ciclo final da cultura. Seropédica-RJ, 2018.

NP		AF (cm <sup>2</sup> )		
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	7,00	6,50	179,30	179,20
26H	6,00	6,00	167,30	169,08
Z67	6,00	6,75	167,66	172,80
Z94	6,50	7,50	169,75	166,70
ZA25	6,75	6,00	179,23	181,05
ZAL95	6,50	6,75	172,58	169,23
Média Geral	6,45	6,58	172,63	173,01
C.V. (%)	11,37		6,06	
NP		AF (cm <sup>2</sup> )		
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	6,75	6,50	181,95	179,20
26H	6,75	6,00	170,18	169,08
Z67	6,50	6,75	168,15	172,80
Z94	6,75	7,50	171,85	166,70
ZA25	7,25	6,00	180,94	181,05
ZAL95	6,75	6,75	175,20	169,23
Média Geral	6,79	6,58	174,71	173,01
C.V. (%)	10,86		6,56	
NP		AF (cm <sup>2</sup> )		
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	7,00	6,50	181,86	179,20
26H	7,00	6,00	166,65	169,08
Z67	7,00	6,75	170,22	172,80
Z94	6,75	7,50	168,98	166,70
ZA25	7,25	6,00	179,53	181,05
ZAL95	6,50	6,75	169,53	169,23
Média Geral	6,92	6,58	172,79	173,01
C.V. (%)	12,33		6,01	

Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

**Tabela 15.** Valores médios de número mais provável presente na parte aérea e raiz (NMPA e NMPR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada no ciclo final da cultura. Seropédica-RJ, 2018.

NMPA (células/mL)		NMPR (células/mL)		
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	3300000	4175000	49000000	49000000
26H	4425000	3475000	66250000	56500000
Z67	2650000	3400000	69125000	63750000
Z94	2725000	1775000	44000000	39125000
ZA25	2475000	2725000	69125000	69125000
ZAL95	2900000	1200000	50000000	44000000
Média Geral	3079167	2791667	57916667	53583333
C.V. (%)	6,58		6,45	
NMPA (células/mL)		NMPR (células/mL)		
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	1525000	4175000	78625000	49000000
26H	1525000	3475000	52875000	56500000
Z67	4675000	3400000	70375000	63750000
Z94	3475000	1775000	66250000	39125000
ZA25	2725000	2725000	50000000	69125000
ZAL95	3050000	1200000	47625000	44000000
Média Geral	2829166	2791667	60958333	53583333
C.V. (%)	6,31		6,47	
NMPA (células/mL)		NMPR (células/mL)		
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	2725000	4175000	39125000	49000000
26H	2725000	3475000	66250000	56500000
Z67	2650000	3400000	69125000	63750000
Z94	2725000	1775000	85250000	39125000
ZA25	3125000	2725000	47625000	69125000
ZAL95	4125000	1200000	56500000	44000000
Média Geral	3012500	2791667	60645833	53583333
C.V. (%)	6,37		6,37	

Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

**Tabela 16.** Valores médios de massa fresca da parte aérea e raiz (MFPA e MFR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada no ciclo final da cultura. Seropédica-RJ, 2018.

MFPA (g)		MFR (g)		
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	67,08	67,55	50,55	49,90
26H	65,15	63,33	44,83	44,35
Z67	59,43	59,08	39,15	42,13
Z94	65,18	63,38	47,20	45,10
ZA25	65,55	65,30	52,33	53,05
ZAL95	59,58	57,18	44,30	45,20
Média Geral	63,66	62,63	46,39	46,62
C.V. (%)	5,86		13,71	
MFPA (g)		MFR (g)		
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	69,18	67,55	53,10	49,90
26H	62,23	63,33	45,20	44,35
Z67	58,13	59,08	39,70	42,13
Z94	59,10	63,38	45,55	45,10
ZA25	67,10	65,30	50,13	53,05
ZAL95	62,65	57,18	43,15	45,20
Média Geral	63,06	62,63	46,14	46,62
C.V. (%)	12,89		11,97	
MFPA (g)		MFR (g)		
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	70,95	67,55	47,15	49,90
26H	65,28	63,33	43,30	44,35
Z67	63,85	59,08	41,33	42,13
Z94	63,88	63,38	45,15	45,10
ZA25	65,23	65,30	48,03	53,05
ZAL95	62,48	57,18	47,15	45,20
Média Geral	65,28	62,63	45,35	46,62
C.V. (%)	5,58		12,47	

Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

**Tabela 17.** Valores médios de massa seca da parte aérea e raiz (MSPA e MSR) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico, em coleta realizada no ciclo final da cultura. Seropédica-RJ, 2018.

MSPA (g)		MSR (g)		
Quincloraque (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	7,98	7,45	8,62	8,78
26H	7,08	7,00	7,87	7,81
Z67	6,82	6,91	7,05	7,37
Z94	6,86	6,94	8,19	7,93
ZA25	7,07	7,51	8,37	8,75
ZAL95	6,72	6,58	7,70	7,93
Média Geral	7,09	7,06	7,97	8,10
C.V. (%)	14,31		7,67	
MSPA (g)		MSR (g)		
Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	7,19	7,45	8,69	8,78
26H	6,84	7,00	7,88	7,81
Z67	6,66	6,91	6,95	7,37
Z94	6,51	6,94	7,96	7,93
ZA25	7,10	7,51	8,57	8,75
ZAL95	6,78	6,58	7,56	7,93
Média Geral	6,85	7,06	7,93	8,10
C.V. (%)	18,75		7,81	
MSPA (g)		MSR (g)		
Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )				
Herbicida Bactérias	Com Herbicida	Sem Herbicida	Com Herbicida	Sem Herbicida
245	7,98	7,45	8,31	8,78
26H	7,08	7,00	7,58	7,81
Z67	6,82	6,91	7,23	7,37
Z94	6,86	6,94	7,91	7,93
ZA25	7,07	7,51	8,39	8,75
ZAL95	6,72	6,58	7,99	7,93
Média Geral	7,09	7,06	7,90	8,10
C.V. (%)	16,46		8,13	

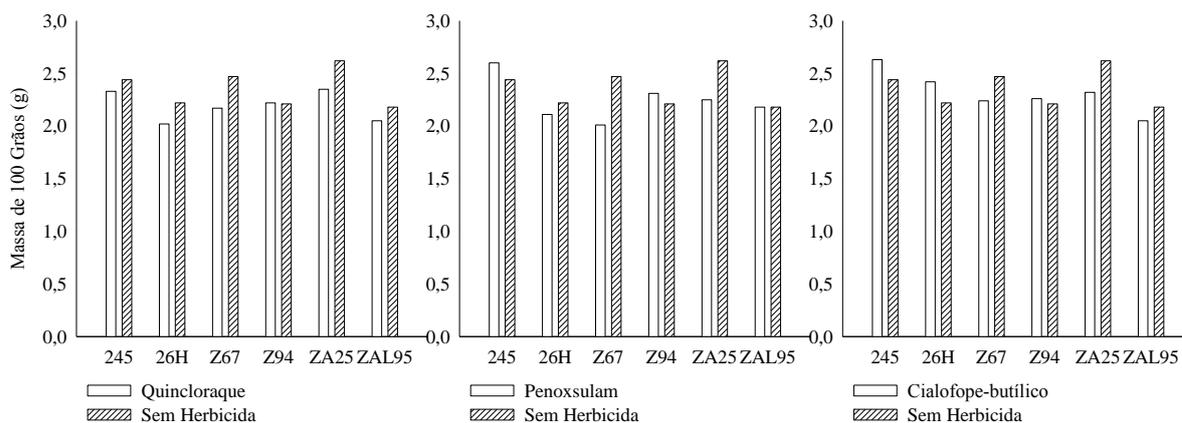
Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95.

Pode-se observar também que não houve diferenças para a variável massa de 100 grãos (Figura 10) em plantas de arroz quando inoculadas com as bactérias e procedidas a aplicação de herbicidas. Entretanto, verificou-se diferença na variável massa total de grãos (Figura 11), com melhor desempenho das plantas de arroz cujas sementes foram inoculadas com as estirpes 245 e ZA25. Este resultado pode ter relação com a dependência da produtividade de grãos aos vários componentes de rendimento (números de espiguetas e grãos por panícula, comprimento da panícula, etc), os quais são controlados por fatores genéticos, pelo ambiente e também pela nutrição das plantas (FREITAS et al., 2007; CARGNIN et al., 2010). Para plantas inoculadas com as demais estirpes não foram verificadas diferenças para a massa de grãos. Com base nos resultados é possível inferir sobre a importância da utilização de tais bactérias como promotoras de crescimento vegetal, contribuindo para o melhor desempenho da cultura, devido principalmente por colaborarem com o crescimento do sistema radicular, aumentando a área de

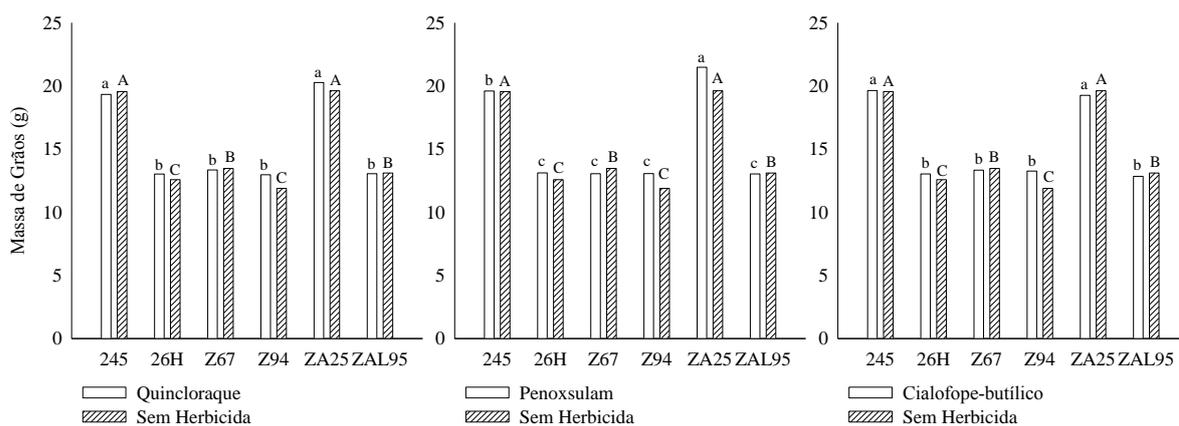
solo explorada, por consequência há um aumento expressivo na eficiência de absorção de nutrientes, podendo-se, inclusive, reduzir a utilização de adubos minerais.

O AIA absorvido pelas raízes das plantas pode estimular a atividade da enzima ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) sintetase envolvida na síntese de etileno. Em concentrações balanceadas este hormônio promove o crescimento de pelos radiculares das plantas (CENDALES et al., 2017), derivando em um aumento na absorção de água e nutrientes pela planta, e com isso o aumento no seu crescimento, que pode ser refletido em maior produtividade da cultura. Outros autores também descreveram os fitohormônios, como o AIA, sintetizado a partir da transaminação e descarboxilação do triptofano, principalmente em folhas e sementes jovens, controlando a divisão celular, iniciação de raiz, fototropismo, geotropismo e dominância apical em plantas, impulsionando um melhor desempenho destas (KHAN et al., 2010; SHILEV, 2013; GUPTA et al., 2015).

De acordo com Guimarães et al. (2003), a inoculação de bactérias diazotróficas no cultivo de arroz, variedade Guarani, colaborou para o aumento na produção de grãos em experimento conduzido em casa de vegetação. Assim como a inoculação da estirpe de *Burkholderia vietnamiensis* promoveu um acréscimo na produção de grãos de arroz de 13% a 22%, em experimento realizado em condições de campo, no Vietnã (TRÂN VAN et al., 2000). Igualmente a inoculação com *Azospirillum* proporcionou incrementos de 7 a 14% na produtividade de grãos de milho, mesmo sem a adição de N (LANA et al., 2012). Aumentou-se também o rendimento de grãos de milho, quando as plantas foram inoculadas, juntamente com doses de 20-24 kg ha<sup>-1</sup> de N (HUNGRIA et al., 2010).



**Figura 10.** Valores médios de massa de 100 grãos (M100) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95. Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. Seropédica-RJ, 2018.



**Figura 11.** Valores médios de massa de grãos (MG) de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofope-butílico. *Azospirillum brasilense* estirpe 245 e *Herbaspirillum seropedicae* estirpes 26H, Z67, Z94, ZA25 e ZAL95. Letras minúsculas e maiúsculas iguais, respectivamente, na presença ou ausência de cada herbicida, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Seropédica-RJ, 2018.

Na comparação das médias dos fatoriais com o tratamento controle foi observado valores não significativos para número de sementes germinadas, números de raízes, massa fresca da parte aérea e raiz, massa seca da parte aérea e raiz, comprimento da parte aérea e raiz, para as plântulas de arroz (Tabela 18). Assim como, área foliar, número de perfilhos, nitrogênio total da parte aérea, número mais provável presente na parte aérea e raiz, para as 3 coletas realizadas (Tabela 19). Já na coleta aos 30 dias, massa fresca da parte aérea foi significativo, com rendimento 14% acima do controle, assim como massa fresca de raiz com 16%, massa seca da parte aérea com 12% e massa seca de raiz com 27 % de superioridade (Tabela 19).

Na coleta realizada aos 60 dias a mesma tendência de significância foi observada, sendo que na última coleta foram observadas significâncias para os valores de massa fresca e seca de raiz, com incremento de 13% e 7% (Tabela 19), respectivamente, mostrando o potencial destas bactérias na promoção do crescimento vegetal e que estudos à campo devem ser conduzidos para melhor compreender a interação genótipo da planta e microrganismos.

Vale ressaltar que a utilização massiva de herbicidas na agricultura brasileira se dá em virtude da rápida resposta, reduzida necessidade de mão de obra e grande eficiência deste método no controle das plantas daninhas. Assim os resultados obtidos no presente estudo demonstraram que não há impacto dos herbicidas testados nas variáveis microbiológicas avaliadas, todavia, estudos mais detalhados, com outros ingredientes ativos e com maior duração de tempo devem ser desenvolvidos a fim de garantir o não comprometimento da qualidade microbiológica dos solos agricultáveis.

**Tabela 18.** Valores médios dos fatoriais comparado com o tratamento controle, de plântulas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quinclorac, Penoxsulam e Cialofope-butílico. Seropédica-RJ, 2018.

		Quinclorac (375 g i.a ha <sup>-1</sup> )							
		NSG	NR	MFPA	MFR	MSR	MSPA	CPA	CR
<b>F</b>		21,47	11,16	1,46	1,86	0,14	0,02	10,15	9,89
<b>C</b>		22,00	10,50	1,20	1,89	0,13	0,01	9,30	9,50
		Penoxsulam (60 g i.a ha <sup>-1</sup> )							
<b>F</b>		21,47	10,95	1,55	1,86	0,140	0,017	9,86	9,62
<b>C</b>		22,00	10,50	1,20	1,89	0,139	0,013	9,30	9,50
		Cialofope-butílico (225 g i.a ha <sup>-1</sup> )							
<b>F</b>		21,45	11,02	1,54	1,89	0,139	0,016	9,93	9,63
<b>C</b>		22,00	10,50	1,20	1,86	0,138	0,013	9,30	9,50

Valores não significativos pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. NSG: número de sementes germinadas; NR: número de raízes; MFPA (g): massa fresca da parte aérea; MFR (g): massa fresca de raiz; MSPA: (g) massa seca da parte aérea; MSR: (g) massa seca de raiz; CPA (cm): comprimento da parte aérea; CR (cm): comprimento de raiz. F: média do fatorial; C: média do controle.

**Tabela 19.** Valores médios dos fatoriais comparado com o tratamento controle, de plantas de arroz Vermelho Pequeno, inoculadas com estirpes de bactérias diazotróficas, na presença ou ausência dos herbicidas Quinclorac, Penoxsulam e Cialofope-butílico. Seropédica-RJ, 2018.

		30 dias																			
		AF		MFPA		MFR		MSPA		MSR		NP		NT		NMPA		NMPR			
<b>F</b>		60,6	a	10,8	a	28,5	a	0,8	a	4,4	a	3,4	a	1,1	a	35856770	a	37344791	a		
<b>C</b>		58,1	a	9,2	b	23,9	b	0,7	b	3,2	b	3,0	a	1,0	a	56500000	a	13000000	a		
		60 dias																			
<b>F</b>		93,1	a	35,0	a	35,0	a	2,0	a	4,9	a	6,3	a	1,0	a	25846354	a	64104167	a		
<b>C</b>		85,7	a	27,5	b	28,4	b	1,7	b	3,8	b	0,9	a	0,9	a	4562500	a	37375000	a		
		Ciclo Final																			
		AF		MFPA		MFR		MSPA		MSR		NP		NMPA		NMPR		M100		MG	
<b>F</b>		173,2	a	63,6	a	46,1	a	7,0	a	7,9	a	6,6	a	2928125	a	58276042	a	2,2	a	15,2	a
<b>C</b>		170,9	a	58,9	a	39,8	b	7,3	a	7,3	b	6,5	a	2725000	a	16875000	a	2,1	a	14,9	A

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste F da análise de variância, a 5% de probabilidade. AF (cm<sup>2</sup>): área foliar; MFPA (g): massa fresca da parte aérea; MFR (g): massa fresca de raiz; MSPA: (g) massa seca da parte aérea; MSR: (g) massa seca de raiz; NP: número de perfilhos; NT (%): nitrogênio total da parte aérea; NMPA (células/mL): número mais provável presente na parte aérea; NMPR (células/ mL): número mais provável presente na raiz; M100 (g): massa de 100 grãos; MG (g): massa de grãos. F: média do fatorial; C: média do controle.

## 6 CONCLUSÃO

Os herbicidas Quincloraque, Penoxsulam e Cialofop-butílico não impactam as estirpes bacterianas de *Azospirillum* e *Herbaspirillum*.

A inoculação com estirpes bacterianas contribui para o aumento do número de raízes, biomassa da parte aérea, biomassa da raiz e massa de grãos de arroz, variedade Vermelho Pequeno.

*Azospirillum brasilense* 245 e *Herbaspirillum seropedicae* ZA25, nas condições estudadas, são as que apresentam melhor desempenho.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Pelota/RS: UFPel, 2014, 398p.

AHEMAD, M.; KHAN, M. S. Toxicological effects of selective herbicides on plant growth promoting activities of phosphate solubilizing *Klebsiella sp.* strain PS19. **Current microbiology**, v. 62, n. 2, p. 532-538, 2010.

ANDRES, A.; CONCENÇO, G.; MELO, P.T.B.S.; SCHMIDT, M.; RESENDE, R.G. Detecção da resistência de capim-arroz (*Echinochloa sp.*) ao herbicida quinclorac em regiões orizícolas do Sul do Brasil. **Planta Daninha**, v. 25, p.221-226, 2007.

ANDRES, A.; MACHADO, S. L. O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JR., A. M. (Eds). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 457-546.

ANDREWS M.; JAMES E. K.; CUMMINGS S. P.; ZAVALIN A. A.; VINOGRADOVA L. V.; MCKENZIE B. A. Use of nitrogen fixing bacteria inoculants as a substitute for nitrogen fertiliser for dryland graminaceous crops: progress made, mechanisms of action and future potential. **Symbiosis**, v. 35, n. 1, p. 209-229, 2003.

ANGUS, AA.; LEE, A.; LUM, M. R.; SHEHAYEB, M.; HESSABI, R.; FUJISHIGE, N. A.; YERRAPRAGADA, S.; KANO, S.; CANÇÃO, N.; YANG, P.; ESTRADA, S. P.; DE FARIA, S. M.; DAKORA, F. D.; WEINSTOCK, G.; HIRSCH, A. M. Nodulation and effective nitrogen fixation of *Macropodium atropurpureum* (siratiro) by *Burkholderia tuberum*, a nodulating and plant growth promoting betaproteobacterium, are influenced by environmental factors. **Plant and Soil**, v. 369, p. 543 – 562, 2013.

ARF, O.; NASCIMENTO, V. do.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVAREZ, R. de C. F.; GITTI, D. de C.; SÁ, M. E. de. Uso de etiltrinexapac em cultivares de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 150-158, 2012.

BABOO, M., PASAYAT, M., SAMAL, A., KUJUR, M., MAHARANA, JK, & PATEL, AK. Effect of four herbicides on soil organic carbon, microbial biomass-C, enzyme activity and microbial populations in agricultural soil. **International Journal of Research in Environmental Science and Technology**, v. 3, n. 4, p. 100-112, 2013.

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

BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I.; DÖBEREINER, J. Inoculation of Rice plants with the endophytic diazotrophs *Herbaspirillum seropedicae* and *Burkholderia spp.* **Biology and Fertility of Soils**, v. 30, p. 485-491, 2000.

BARRIGOSI, J. A. F.; LANNA, A. C.; FERREIRA, E. Agrotóxicos no Cultivo do Arroz no Brasil: análise do consumo e medidas para reduzir o impacto ambiental negativo. **Circular Técnica n. 67**, Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás –GO, 2004.

BASTIANI, J.; ANDRADE, F. F.; CABRERA, I. C. Levantamento da qualidade de sementes de arroz irrigado produzidas fora do sistema de certificação. **Revista da FZVA Uruguiana**, v.19, n.1, p.10-19, 2013.

BERG, G. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 84, n. 1, p. 11-18, 2009.

BHERING, L. L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17, p. 187-190, 2017.

BODDEY, R.M.; POLIDORO, J.C.; RESENDE A.S.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Use of the 15N natural abundance technique for the quantification of the contribution of N2 fixation to sugar cane and other grasses. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.28, p.889-895, 2001.

CARGNIN, A.; SOUZA, M. A.; PIMENTEL, A. J. B.; FOGAÇA, C. M. Diversidade genética em cultivares de arroz e correlações entre caracteres agrônômicos. **Revista Ceres**, v. 57, n. 1, p. 53-59, 2010.

CARVALHO, E. A. Avaliação agrônômica da disponibilização de feijão sob sistema de semeadura direta. 2002. 109p. **Tese (Doutorado em Agronomia)** – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2002.

CASSÁN F.; PERRIG D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, v. 45, n. 1, p. 28-35, 2009.

CASSÁN, F; VANDERLEYDEN, J; SPAEPEN, S. Physiological and agronomical aspects of phytohormone production by model plant bacteria-promoting rhizobacteria (PGPR) belonging to the genus *Azospirillum*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.33, p.44-59. 2014.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Eds). **Feijão**. Viçosa-MG: UFV, 2006. p. 143-159.

CASTILLO J. M.; CASAS J.; ROMERO, E. Isolation of an endosulfan degrading bacterium from a coffee farm soil: persistence and inhibitory effect on its biological functions. **Science of the Total Environment**, v. 412, p. 20-27, 2011.

CENDALES, T. C; GONZÁLEZ, C. A. R; CUASQUER, C. P. V.; ALZATE, O. A. T.; RODRIGUEZ, A. H. Bacillus effect on the germination and growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L). **Acta Biológica Colombiana**, v. 22, n. 1, p. 37-44, 2017.

CHANDRA, P. B.; INGLE, R. W.; TETALI, S. Compatibility of Phosphate solubilizing microorganisms with different agrochemicals. **Plant Archives**, v. 16 n. 1, p. 229-232, 2016.

CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. Implications of narrow crop row spacing and delayed *Echinochloa colona* and *Echinochloa crus-galli* emergence for weed growth and crop yield loss in aerobic rice. **Field Crops Res**, v. 117, p. 177–182, 2010.

CIAGRO - CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS. **Zoneamento macro – Aptidão ecológica da cultura do arroz**. São Paulo – SP, 2009. Disponível em: <[http://www.ciiagro.sp.gov.br/znmt\\_macro\\_5.html](http://www.ciiagro.sp.gov.br/znmt_macro_5.html)>. Acesso em: 10 out. 2016.

CLERGET, B.; BUENO, C.; QUILTY, J. R.; CORREA JR, T. Q.; SANDRO, J. Modifications in development and growth of a dual-adapted tropical rice variety grown as either a flooded or an aerobic crop. **Field Crops Research**, v. 155, p. 134-143, 2014.

COBUCCI, T.; RABELO, R. R.; SILVA, W. Manejo de plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas na região dos Cerrados. **Circular Técnica n. 42**, Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás –GO, 2001.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília-DF: CONAB, v.4, n.1, 2017, 164p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília-DF, 2015. Disponível em:<<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>>. Acesso em: 08 out. 2016.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília-DF, 2018. Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

CONCEIÇÃO, P. M.; VIEIRA, H. D.; CANELLAS, L. P.; MARQUES JUNIOR, R. B.; OLIVARES, F. L. Recobrimento de sementes de milho com ácidos húmicos e bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 4, p. 545- 548, 2008.

CONCENCO, G.; ANDRÉ, A.; DA SILVA, A. F.; GALON, L.; ALVES, E.; ASPIAZU, I. Ciência das plantas daninhas: Histórico, Biologia, Ecologia e Fisiologia. In: MONQUERO, P. A. **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. (Ed). São Carlos-SP: Rima, 2014. p. 01 – 35.

CORREA, J. B.; MARTÍNEZ, C. P.; CARABALI, S. J. Mejoramiento de la calidad nutricional del arroz para Latinoamérica y el Caribe. In: Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales, 2008, San José, Costa Rica. **Anais...** São Jose: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia em Tecnología Agropecuaria, n. 54, p. 10, 2008.

CURÁ, J.A.; RIBAUDO, C.M.; GAETANO, A.M.; GHIGLIONE, H.O. Utilidad de las bacterias promotoras del crecimiento y fijadoras de nitrógeno en el cultivo del arroz durante las primeras etapas de desarrollo. **Foro**, v.1, n. 11, p. 10 – 12, 2005.

DE CARVALHO, L. B. **Plantas Daninhas**. Lages – SC: Edição do Autor, 2013, 82p.

DE QUADROS, P. D.; ROESCH, L. F. W.; DA SILVA, P. R. F.; VIEIRA, V. M.; ROEHRS, D. D.; DE OLIVEIRA CAMARGO, F. A. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Ceres**, V. 61, n. 2, p. 209 – 218, 2014.

DE SALAMONE, I. E. G.; FUNES, J. M.; DI SALVE, L. P.; ESCOBAR-ORTEGA, J. S.; D'AURIA, F.; FERRANDO, L.; FERNANDEZ-SCAVINO, A. Inoculation of paddy rice with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: impact of plant genotypes on rhizosphere microbial communities and field crop production. **Applied Soil Ecology**, v. 61, p. 196-204, 2012.

DE SOUZA, R.; BENEDUZI, A.; AMBROSINI, A.; DA COSTA, P. B.; MEYER, J.; VARGAS, L. K.; SCHOENFELD, R.; PASSAGLIA, L. M. P. The effect of plant growth-promoting rhizobacteria on the growth of rice (*Oryza sativa* L.) cropped in southern Brazilian fields. **Plant Soil**, v. 366, p.585-603, 2013.

DIDONET, A. D.; MARTIN-DIDONET.; C. C. G.; GOMES, G. F. Avaliação de linhagens de arroz de terras altas inoculadas com *Azospirillum lipoferum* Sp59b e *A. brasilense* Sp245. **Comunicado Técnico n. 69**, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás –GO, 2003.  
DÖBEREINER, J. Avanços recentes na pesquisa em fixação biológica do nitrogênio no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 4, n. 8, p. 144-152, 1990.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas**. Brasília- DF: EMBRAPA – SPI, 1995, 60 p.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de milho**. Guaíba - RS: Agropecuária, 2000, 360 p.

DUTRA, K. O. G. Ecofisiologia e alteração bioquímica do arroz vermelho sob níveis de água no solo e cultivo orgânico. 2014. 72p. **Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)** – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2014.

DŽIDIĆ, S., ŠUŠKOVIĆ, J., KOS, B. Antibiotic Resistance Mechanisms in Bacteria: Biochemical and Genetic Aspects. **Food Technology and Biotechnology**, v. 46, n.1, p. 11- 21, 2008.

ELIAS, M. C. F.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L.; PARAGINSKI, R. T.; SCHIAVON, R. A. Manejo Tecnológico na pós colheita e inovações. In: ELIAS, M. C. F.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L. (Eds). **Qualidade de arroz da pós-colheita ao consumo**. Pelotas-RS: UFPEL, 2012.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília-DF: Embrapa, 2018, 212p.

EPAGRI - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**. Florianópolis-SC: Epagri/Cepa, v. 1, 2015, 156p.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Rice Market Monitor, Abril 2018, Volume XVI - Issue No. 1**. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/I9243EN/i9243en.pdf>>. Acesso em: 08 de julho de 2018.

FARIA, A. T.; SARAIVA, D. T.; PEREIRA, A. M.; ROCHA, P. R. R.; DA SILVA, A. A.; SILVA, D. V.; FERREIRA, E. A.; DA SILVA, G. S. Efeitos de herbicidas na atividade da microbiota rizosférica e no crescimento da cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v.30, n.4, p.1024-1032, 2014.

FAROOQ, M.; BARSA, S. M. A.; WAHID, A. Priming of field-sown rice seed enhances germination, seedling establishment, allometry and yield. **Plant Growth Regulator**, v.49, p.285-294, 2006.

FERNANDES, M. F.; PROCOPIO, S. D. O.; TELES, D. A.; DE SENA FILHO, J. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; MACHADO, T. Toxicidade de inseticidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar para a bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae*. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 55, n. 4, p. 318-326, 2012.

FERREIRA, E. P de. B.; KNUPP, A. M.; MARTIN-DIDONET, C. C. G. Crescimento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) influenciado pela inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 655-665, 2014.

FERREIRA, J. S.; SABINO, D. C. C.; GUIMARÃES, S. L.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. Seleção de veículos para inoculante com bactérias diazotróficas para arroz inundado. **Revista Agronomia**, v. 37, n. 2, p. 6-12, 2003.

FIGUEIREDO, M. V. B.; SELDIN, L.; ARAUJO, F. F. Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and applications In: MAHESHWARI, D. K. (Ed.). **Plant growth and health promoting bacteria**. Berlin: Springer-Verlag, v.18, p.45-68, 2010.

FOX, J. E.; GULLEDGE, J.; ENGELHAUPT, E.; BUROW, M. E.; MCLACHLAN, J. A. Pesticides reduce symbiotic efficiency of nitrogen-fixing rhizobia and host plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 24, 2007, p. 10282-10287.

FREIRE, L. R et al., **Manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro**. Brasília-DF: EDITORA Universidade Rural, 2013, 430 p.

FREITAS, J. D.; CANTARELLA, H.; SALOMON, M. V.; MALAVOLTA, V. M. A.; CASTRO, L. H. S. M.; GALLO, P. B.; AZZINI, L. E. Produtividade de cultivares de arroz irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 317-325, 2007.

GHARDE, Y.; SINGH, P. K.; DUBEY, R. P.; & GUPTA, P. K. Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in india. **Crop Protection**, v.107, p. 12-18, 2018.

GILLIS, M.; KERSTERS, K.; HOSTE, B.; JANSSENS, D.; KROPPESTEDT, R.M.; STEPHAN, M. P.; TEIXEIRA, K.R.S.; DÖBEREINER, J. *Acetobacter diazotrophicus* sp. nov., a nitrogen-fixing acetic acid bacterium associated with sugarcane. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 39, n. 3, p. 361-364, 1989.

GIRIO, L. A. S.; FERREIRA DIAS, F. L.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S.; SCHULTZ, N.; BOLONHEZI, D.; MUTTON, M. A. Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pré-brotadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.1, 33-43, 2015.

GITTI, D. D. C.; ARF, O.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C.; RODRIGUES, R. A. F.; KANEKO, F. H. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 71, n. 4, p. 509-517, 2012.

GONÇALVES, A. C. M.; DUARTE, E. C. C.; DA SIMPLÍCIO, S. F.; BARBOSA, W. M. C.; RIBEIRO, R. X.; FELIX, H. R. M.; SOUZA JÚNIOR, S. P. Influência do uso de herbicidas no rendimento e na qualidade de sementes da cultura do arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.). **Agropecuária Técnica**, v. 37, n. 1, p. 63-70, 2016.

GRAY, E. J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracellular PGPR: Commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biol Biochem**, v. 37, p. 395-412, 2005.

GROOT, T.T.; van BODEGOM, P. M.; MEIJER, H. A. J.; HARREN, F. J. M. Gas transport through the root-shoot transition zone of rice tillers. **Plant and soil**, v. 277, n. 1-2, p. 107-116, 2005.

GROSSMANN, K.; KWIATKOWSKI, J. The mechanism of quinclorac selectivity in grasses. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 66, p. 83-91, 2000.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; MORAIS, O. P. Resposta de Cultivares e Linhagens Elites de Arroz de Terras Altas ao Déficit Hídrico. **Comunicado Técnico n. 151**, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás –GO, 2007.

GUIMARÃES, S. L.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. Efeito da inoculação de bactérias diazotróficas endofíticas em Arroz de sequeiro. **Agronomia**, v. 37, n. 2, p. 25 - 30, 2003.

GUIMARÃES, S. L.; BALDANI, V. L. D. Produção de arroz inoculado com bactérias diazotróficas marcadas com resistência induzida ao antibiótico estreptomicina. **Revista Ciência Rural**, v.56, n.1, p. 125-132, 2013.

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

GUPTA, G.; PARIHAR, S. S.; AHIRWAR, N. K.; SNEHI, S. K.; SINGH, V. Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPR): perspectivas atuais e futuras para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável. **J Microb Biochem Technol**, v. 7, n.2, p. 096-102, 2015.

GYANESHWAR, P.; JAMES, E. K.; MATHAN, N. Endophytic colonization of Rice by a diazotrophic strain of *Serratia marcescens*. **Journal of Bacteriology**, v. 183, n. 8, p. 2634 – 2645, 2001.

HAIYAMBO, D. H.; REINHOLD-HUREK, B.; CHIMWAMUROMBE, P. M. Efeitos do crescimento de plantas promovendo isolados bacterianos de Kavango no crescimento vegetativo de *Sorghum bicolor*. **Revista Africana de Pesquisa de Microbiologia**, v. 9, n.10, p. 725-729, 2015.

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, n. 4, p. 579-598, 2010.

HEINEMANN, A. B.; SILVA, S. C.; STEINMETZ, S. **A árvore do conhecimento – Arroz**. Brasília- DF: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2012. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe75winu02wx5eo07qw4xe1eq4gwu.html>>. Acesso em: 06 out. 2017.

HERMAN, P. L.; BEHRENS, M.; CHAKRABORTY, S.; CHRASTIL, B. M.; BARYCKI, J.; WEEKS, D. P. A three-component dicamba O-demethylase from *Pseudomonas maltophilia*, strain DI-6 gene isolation, characterization, and heterologous expression. **Journal of Biological Chemistry**, v. 280, n. 26, p. 24759-24767, 2005.

HERRERA S. D.; GROSSI, C.; ZAWOZNIK, M.; GROPPA, M. D. Wheat seeds harbour bacterial endophytes with potential as plant growth promoters and biocontrol agents of *Fusarium graminearum*. **Microbiol Res**, v. 186–187, p. 37–43, 2016.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p.

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

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. **Circular técnica n. 35**, Embrapa Soja, Londrina-PR, 2001.

IMFELDA, G.; VUILLEUMIERB, S. Measuring the effects of pesticides on bacterial communities in soil: A critical review. **European Journal of Soil Biology**, v. 49, p. 22-30, 2012.

JAMES, E. K. Nitrogen fixation in endophytic and associative symbiosis. **Field Crops Research**, v. 65, n. 2-3, p. 197-209, 2000.

KANG, S. M.; KHAN, A. L.; YOU, Y. H.; KIM, J. G.; KAMRAN, M.; LEE, I. J. Gibberellin production by newly isolated strain *Leifsonia soli* se134 and its potential to promote plant growth. **J. Microbiol. Biotechnol**, v. 24, 106-112, 2014.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; AHMED, M.; OVES, M.; WANI, P. A. Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi—current perspective. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 56, n. 1, p. 73-98, 2010.

KOCHAR, M.; UPADHYAY, A.; SRIVASTAVA, S. Indole-3-acetic acid biosynthesis in the biocontrol strain *Pseudomonas fluorescens* Psd and plant growth regulation by hormone overexpression. **Research in Microbiology**, v. 162, n. 4, p. 426-435, 2011.

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. **Fondo de Cultura Económica**. México, 479p, 1948.

KUSS, A. V.; KUSS, V. V.; LOVATO, T.; FLÔRES, M. L. Fixação de nitrogênio e produção de ácido indolacético in vitro por bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n.10, 1459-1465, 2007.

LO, C. C. Effect of pesticides on soil microbial community. **Journal of Environmental Science and Health Part B**, v.45, n.5, p. 348-359, 2010.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; FIALHO, C. M. T.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, M. S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 641-647, 2006.

MADHAIYAN, M.; POONGUZHALI, S.; HARI, K.; SARAVANAN, V. S.; SA, T. Influence of pesticides on the growth rate and plant-growth promoting traits of *Gluconacetobacter diazotrophicus*. **Pesticides Biochemistry and Physiology**, v. 84, p. 143-154, 2006.

MANICKAM, N.; PATHAK, A.; SAINI, H. S.; MAYILRAJ, S.; SHANKER, R. Metabolic profiles and phylogenetic diversity of microbial communities from chlorinated pesticides contaminated sites of different geographical habitats of India. **Journal of Applied Microbiology**, v. 109, n. 4, p. 1458-1468, 2010.

MAPA-MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2016/2017 a 2026/2027**. Brasília-DF: Secretaria de Política Agrícola – SPA, 2017, 125p.

MAPA-MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. Brasília-DF: MAPA/ACS, 2009, 399p.

MATSUMURA, E. E.; SECCO, V. A.; MOREIRA, R. S.; SANTOS, O. J. P.; HUNGRIA, M.; OLIVEIRA, A. L. M. Composition and activity of endophytic bacterial communities in field-grown maize plants inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Annals of Microbiology*, First published online: April 01, 2015, 1-14.

MCGEE, H. **Comida & cozinha: Ciência e Cultura da Culinária**. São Paulo-SP: Editora WMF Martins Fontes, 2014, 992p.

MEHNAZ, S.; LAZAROVITS, G. Inoculation Effects of *Pseudomonas putida*, *Gluconacetobacter azotocaptans*, and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions. **Microbial Ecology**, v. 51, n. 3, p. 326-335, 2006.

MIRANSARI, M. Plant Growth Promoting Rhizobacteria, **Journal of Plant Nutrition**, v. 37, n. 14, p. 2227-2235, 2014.

MISHRA, G.; KUMAR, N.; GIRI, K.; SHAIKESH, P. In vitro interaction between fungicides and beneficial plant growth promoting rhizobacteria. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 45, p. 5630-5633, 2013.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NOBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v.1, p. 74-99, 2010.

MOREIRA, M. F.; KLUGE, R. A. Arroz. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Eds). **Ecofisiologia de cultivos anuais: Trigo, Milho, Soja e Mandioca**. São Paulo-SP: Nobel, 1999. p. 91-107.

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Stabilized nitrogen sources as an alternative for increasing grain yield and nitrogen use efficiency by maize. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n.2, p. 512-522, 2015.

MUBEEN, K.; NADEEM, M. A.; TANVEER, A.; ZAHIR, Z. A. Allelopathic effect of aqueous extracts of weeds on the germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). **Pak. J. Life Soc. Sci**, v.9, n.1, p.7-12, 2011.

NOZAKI, M. H.; LORENZATTO, R.; MANCINI, M. Efeito do *Azospirillum spp.* em associação com diferentes doses de adubação mineral na cultura do trigo. **Ensaios e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 17, n. 6, 2015.

OKON, Y. PGPR - technology cases of application and future prospects. In: HARTMANN, A.; SCHMID, M.; WENZEL, W.; HISINGER, L. (Eds). **Rhizosphere—perspectives and Challenges—a Tribute to Lorenz Hiltner**. Munich, Alemanha: 2005, p. 273-274.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011.

ONU - UNITED NATIONS ORGANIZATION. United Nations, department of economic and social affairs. **The United Nations, Population Division, Population Estimates and Projections Section**. 2012.

OSORIO FILHO, B. D.; BINS, A.; LIMA, R. F.; GIONGO, A.; SÁ, E. L. S. Promoção de crescimento de arroz por rizóbios em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 478 – 485, 2016.

PEDRAZA, R. O.; BELLONE, C. H.; BELLONE, S. C.; SORTE, P. M. F. B.; TEIXEIRA, K. R. S. *Azospirillum* inoculation and nitrogen fertilization effect on grain yield and on the diversity of endophytic bacteria in the phyllosphere of rice rainfed crop. **European Journal of Soil Biology**, v.45, n.1, p. 36-43, 2009.

PEOPLES, M. B.; CRASWELL, E. T. Biological nitrogen fixation, investments, expectations and actual contributions to agriculture. **Plant and Soil**, v. 141, n.1, p.13-39, 1992.

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; FONSECA, J. R.; RIBEIRO, V. Q. Potencial genético de rendimento e propriedades culinárias do arroz vermelho cultivado. **Caatinga**, v. 20, p. 43-48, 2007.

PEREIRA, J. A.; MORAIS, O. P. As variedades de arroz vermelho brasileiras. **Documentos n. 229**, Embrapa Meio-Norte. Teresina-PI, 2014.

PEREIRA, J. A.; RAMOS, S. R. R. Cultura do arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.) no Brasil. **Folder n. 1**, Embrapa Meio-Norte. Teresina-PI, 2004.

PEREIRA, L. D.; COSTA, M. L.; PINTO, J. F. N.; DA ASSUNÇÃO, H. F.; DOS REIS, E. F.; DA SILVA, D. F. P. Propagação de gabirobeiras via estaquia associada ao ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 19-25, 2017.

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

PORTUGAL, J.R.; ARF, O.; LONGUI, W.V. Inoculação com *Azospirillum brasilense* Via Foliar Associada à Doses de Nitrogênio em Cobertura na Cultura do Milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 1413-1419.

PROCÓPIO, S. de. O.; FERNANDES, M. F.; TELES, D. A.; FILHO, J. G. S.; CARGNELUTTI FILHO, A.; RESENDE, M. A.; VARGAS, L. Toxicidade de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar à bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2383-2398, 2014.

PROCÓPIO, S. de. O.; FERNANDES, M. F.; TELES, D. A.; FILHO, J. G. S.; CARGNELUTTI FILHO, A.; VARGAS, L. Tolerância da bactéria diazotrófica *Gluconacetobacter diazotrophicus* a herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 4, 2013.

RATHOD, L. R.; JADHAV, M. D.; KANSE, D. S.; PATIL, D. P.; GULHANE, S. D.; DESHMUKH, P. S. Effects of fungicides on seed borne pathogen of groundnut. **Inter. J. Adv. Biotechnol**, v.1, n.1, p. 17-20, 2010.

REGO, C. H. Q.; CARDOSO, F. B.; COTRIM, M. F.; DA SILVA CÂNDIDO, A. C.; ALVES, C. Z. Ácido giberélico auxilia na superação da dormência fisiológica e expressão de vigor das sementes de graviola. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 5. n. 3, p. 83-86, 2018.

REICHEMBACK, M.P.; ARF, O.; THOMAZINI, G.; RODRIGUES, R.A.F.; GITTI, D.C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* e fontes de nitrogênio mineral em arroz de terras altas irrigado por aspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO ARROZ IRRIGADO, 2011, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2011. v. 2, p. 259-262.

REIS, V. M.; OLIVEIRA, A. L. M.; BALDANI, V. L. D.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, J. I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M. S. (Ed). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa- MG : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p. 153-174.

RICE, L., BONOMO, R. Genetic and Biochemical mechanisms of bacterial. In: VICTOR, L. M. D. (Ed). **Antibiotics in Laboratory Medicine**. New York: Library, 2005 p. 899.

RODRIGUES, M.; ARF, O.; GARCIA, N. F. S.; PORTUGAL, J. R.; BARBIERI, M. K. F. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas irrigados por aspersão. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, p.1234-1241, 2017.

RUBENS, J. C.; SILVA, R.; HUNGRIA, M. Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: Compatibility between seed treatment with fungicides and bradyrhizobial inoculants. **Symbiosis**, v. 48 n.1-3, p.154-163, 2009.

SABINO, D. C. C. Interação planta-bactéria diazotrófica na cultura do arroz. 2007. 54p. **Tese (Doutorado em Ciências)** - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

SABINO, D. C. C.; FERREIRA, J. S.; GUIMARÃES, S. L.; BALDANI, V. L. D.; CONQUISTA, V. Bactérias diazotróficas como promotoras do desenvolvimento inicial de plântulas de arroz. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 2337-2345, 2012.

SALA, V. M. R.; FREITAS, S. S.; DONZELI, V. P.; FREITAS, J. G.; GALLO, P. B.; SILVEIRA, A. P. D. Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 345-352, 2005.

SANTIAGO, C. M.; FERREIRA, C. M. Informações técnicas sobre o arroz de terras altas: estados de Mato Grosso e Rondônia – safras 2010/2011 e 2011/2012. **Documentos n. 268**, Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás-GO, 2012.

SANTOS, C. E.; TREICHEL, M.; BELING, R. R.; FILTER, C. F. **Anuário brasileiro do arroz 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2017. 104 p.

SCHÄFFER, C. J. O. A diversificação de atividades agrícolas na agricultura familiar do município de Sertão Santana, RS, a partir do programa municipal de incentivo à viticultura. 2011. 34p. **Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação Tecnológica em Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, RS, 2011.

SCHULTZ, N.; DA SILVA, J. A.; SOUSA, J. S.; MONTEIRO, R. C.; OLIVEIRA, R. P.; CHAVES, V. A.; PEREIRA, W.; SILVA, M. F.; BALDANI, J. I.; BODDEY, R. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. Inoculation of sugarcane with diazotrophic bacteria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 407–414, 2014.

SCHULTZ, N.; MORAIS, R. F.; SILVA, J. A.; BAPTISTA, R. B.; OLIVEIRA, R.P.; LEITE, J. M.; PEREIRA, W.; CARNEIRO JÚNIOR, J. B.; ALVES, B. J. R.; BALDANI, J. I.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M. Avaliação agronômica de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n.2, p.261-268, 2012.

SECK, P. A.; DIAGNE, A.; MOHANTY, S.; WOPEREIS, M. C. S. Crops That Feed the World 7: Rice. **Food Security**, v. 4, n. 1, p. 7–24, 2012.

SHILEV, S. Soil Rhizobacteria Regulating the Uptake of Nutrients and Undesirable Elements by Plants. In: ARORA, N. K (Ed). **Plant Microbe Symbiosis: Fundamentals and Advances**. Springer, India, 2013, p. 147-50.

SHINDE, S. B.; SADGIR, M. D. Compatibility of phosphate solubilizing fungi with agro chemicals. **International Journal of Plant Protection**, v. 9, n. 1, p. 35-39, 2016.

SILVA, M. R. M.; DURIGAN, J. C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. II – cultivar Caiapó. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 373-379, 2009.

SINGH, M. K.; SINGH, D. P.; MESAPOGU, S.; BABU, B. K.; BONTEMPS, C. Concomitant colonization of nifH positive endophytic *Burkholderia sp.* In rice (*Oryza sativa* L.) promotes plant growth. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 27, n. 9, p. 2023 – 2031, 2011.

SOSBAI - SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves- RS: SOSBAI, 2010, 188 p.

SOSBAI - SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves- RS: SOSBAI, 2016, 199 p.

SPADOTTO, C. A. Comportamento e destino ambiental de produtos fitossanitários. In: CUNHA, J. P. A. R.; ANTUNIASSI, U. R.; ALVARENGA, C. B. (Ed.). **Avanços na tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Botucatu-SP: Editora FEPAF, 2015, p. 1 – 8.

SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J.; REMANS, R. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganismplant signaling. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 31, n. 4, p. 425-448, 2007.

STRECK, N. A.; BOSCO, L.C.; MICHELON, S.; ROSA, H.T.; WALTER, L.C.; PAULA, G.M.; CAMERA, C.; LAGO, I.; MARCOLIN, E. Avaliação da resposta ao fotoperíodo em genótipos de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). **Bragantia**, v. 65, n. 4, p. 533-541, 2006a.

STRECK, N. A.; MICHELON, S.; BOSCO, L. C.; WALTER, L.; C.; MARCOLIN, E. Duração do ciclo de desenvolvimento de genótipos de arroz em função da emissão de folhas no colmo principal. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1086-1093, 2006b.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre – RS: Artmed, 2017, p. 858.

TIAN, S., NAKAMURA, K., KAYAHARA, H. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 15, p. 4808-4813, 2004.

TORTORA, M.L., DÍAZ RICCI, J.C, PEDRAZA R. *Azospirillum brasilense* siderophores with antifungal activity against *Colletotrichum acutatum*. **Archives of Microbiology**, v.193, p. 275-286, 2011.

TRÂN VAN, V.; BERGE, O.; NGO KE, S.; BALANDREAU, J.; HEULIN, T. Repeated beneficial effects of rice inoculation with a strain of *Burkholderia vietnamiensis* on early and late yield components in low fertility sulphate acid soils of Vietnam. **Plant Soil**, v. 218, p. 273–284, 2000.

URQUIAGA, S.; XAVIER, R.P.; MORAIS, R.F. de; BATISTA, R.B.; SCHULTZ, N.; LEITE, J.M.; SÁ, J.M. e; BARBOSA, K.P.; RESENDE, A.S. de; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.

Evidence from field nitrogen balance and <sup>15</sup>N natural abundance data of the contribution of biological N<sub>2</sub> fixation to Brazilian sugarcane varieties. **Plant and Soil**, v.356, p.5-21, 2012.

USDA/FAS - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE/FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE. **World Agricultural Production**. United States, 2018. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 07/07/2018.

UTUMI, M. M. **Sistema de Produção de Arroz de Terras Altas**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2008.

VALÉ, M.; NGUYEN, C.; DAMBRINE, E.; DUPOUEY, J. L. Microbial activity in the rhizosphere soil of six herbaceous species cultivated in a greenhouse is correlated with shoot biomass and root C concentrations. **Soil Biology and Biochemistry**, n. 37, p. 2329 – 2333, 2005.

VIEIRA, A. C. P.; WATANABE, M.; YAMAGUCHI, C. K. ; BRUCH, K. L.; TEIXEIRA, L. X. Rizicultura: a influência das inovações em cultivares da cadeia produtiva na região sul catarinense. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL (SOBER), 2012, Vitória-ES. **Anais...** Vitória-ES: Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.

WALKER, K. A.; RIDLEY, S. M.; LEWIS, T.; HARWOOD, J. L. Action of aryloxyphenoxy carboxylic acids on lipid metabolism. **Reviews in Weed Science**, v.4, p.71-84, 1989.

WALTER, L. C.; ROSA, H. T.; STRECK, N. A. Simulação do rendimento de grãos de arroz irrigado em cenários de mudanças climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 11, p. 1237-1245, 2010.

XIA, X.; ZHAO, M.; WANG, H.; MA, H. Influence of butachlor on soil enzymes and microbial growth, **J. Food Agri. Environ**, v.9, n.2, p. 753-756, 2012.

YONEYAMA, T.; MURAOKA, T.; KIM, T.H.; DACANAY, E.V.; NAKANISHI, Y. The natural <sup>15</sup>N abundance of sugarcane and neighbouring plants in Brazil, the Philippines and Miyako, Japan. **Plant and Soil**, v.189, p.239-244, 1997.

ZHANG, H.; ZHANG, X. H.; MU, W. H.; WANG, J. X.; PAN, H. Y.; LI, Y. Biodegradation of Chlorimuron-ethyl by the Bacterium *Klebsiella jilinsis* 2N3. **Food Contaminants and Agricultural Wastes**, v. 45, n. 6, p. 501-507, 2010.

ZHANG, J.; HUSSAIN, S., ZHAO, F.; ZHU, L.; CAO, X.; YU, S.; JIN, Q. Effects of *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* on nitrogen transformation and enzyme activity in the rice rhizosphere. **Journal of Soils and Sediments**, v. 18, n. 4, p. 1453-1465, 2018.

ZHANG, Y.; LAMM, R.; PILLONEL, C.; LAM, S.; XU, J. R. Osmoregulation and fungicide resistance: the *Neurospora crassa* os-2 gene encodes a HOG1 mitogen-activated protein kinase homologue. **Applied and environmental microbiology**, v. 68, n. 2, p. 532-538, 2002.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. The distribution of phenolic acids in rice. **Food Chemistry**, v. 87, n. 3, p. 401-406, 2004.

## 8 ANEXOS

### 8.1 - Meios de Cultivo

#### Meio NFb

Ácido málico		05 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	sol. 10%	05 mL
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	sol. 10%	02 mL
NaCl	sol. 10%	01 mL
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	sol. 1%	02 mL
Azul de bromotimol	sol. 0,5% em 0,2 N de KOH	02 mL
FeEDTA	sol. 1,64%	04 mL
Sol. de micronutrientes para meio de cultura		02 mL
Vitamina para meio de cultura		01 mL
KOH		4,5 g
Extrato de levedura (para meio sólido)		50 mg

Ajustar o pH para 6,5 com solução de KOH a 10%. Completar para 1000 mL com água destilada. Adicionar 1,6g L<sup>-1</sup> de agar para semi-sólido e 15g L<sup>-1</sup> para sólido, para meio líquido adicionar 1g L<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub>Cl (Cloreto de amônio).

#### Meio JNFb

Ácido Málico		05g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	sol. 10%	06 mL
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	sol. 10%	18 mL
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	sol. 10%	02 mL
NaCl	sol. 10%	01 mL
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	sol. 1%	02 mL
Sol. de micronutrientes para meio de cultura		02 mL
Azul de bromotimol	0,5% em 0,2N de KOH	02 mL
FeEDTA	sol. 1,64%	04 mL
Vitamina para meio de cultura		01 mL
KOH		4,5 g

Ajustar o pH para 5,8 com solução de KOH a 10%. Completar para 1000 mL com água destilada. Adicionar 1,6g L<sup>-1</sup> de agar para semi-

sólido e 15g L<sup>-1</sup> para sólido.

### **Meio DYGS**

Glicose	02g
Ácido málico	02g
Peptona bacteriológica	1,5g
Extrato de levedura	02g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,5g
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,5g
Ácido glutâmico	1,5g

Ajustar o pH com solução de KOH a 10%, 6,0 para *Herbaspirillum* e *Gluconacetobacter* (menos ácido málico) ou pH 6,8 para *Azospirillum*. Completar para 1000 mL com água destilada.

### **Meio Batata**

Batata cozida	200 g
Ácido málico	2,5 g
Açúcar cristal	2,5 g
Solução de micronutrientes	02 mL
Solução de vitaminas	01 mL

Pesar os 200 g de batata e cozinhar em água destilada durante 30 minutos. Paralelamente, adicionar o ácido málico em 50 mL de água destilada com 2 gotas de azul de bromotimol solução a 0,5% em 0,2 N de KOH. Adicionar o açúcar cristal, o micronutriente e a vitamina e ajustar o pH com KOH até atingir pH 6,8 – 7,0. Filtrar a batata em algodão e juntar a solução preparada anteriormente ao filtrado. Completar o volume para 1000 mL. Adicionar 1,84 g L<sup>-1</sup> de ágar para semi-sólido e 15 g L<sup>-1</sup> de agar para sólido.

## **8.2 Soluções**

### **Solução salina para diluição seriada**

K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	sol. 10%	01 mL
MgSO <sub>4</sub>	sol. 10%	0,5 mL
NaCl	sol. 10%	0,2 mL
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	sol. 1%	0,5 mL
FeEDTA	sol. 1,64%	01 mL

Sol. de micronutrientes para meio de cultura 0,5 mL

Ajustar o pH para 6,5 com solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 5%

Completar para 1000 mL com água destilada.

**Solução de micronutrientes para meio de cultura**

Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O 0,200g

MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O 0,235g

H<sub>2</sub>BO<sub>4</sub> 0,280g

CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O 0,008g

ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,024g

Completar para 200 mL com água destilada.

**Solução de vitaminas**

Biotina 10mg

Piridoxol - HCL 20mg

Dissolver em banho-maria e completar o volume para 100 mL com água destilada.