

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA
Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

THAIS GRASSI GERICÓ

**EFEITOS DA UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO
DE PLANTAS NO DESENVOLVIMENTO E NA PRODUTIVIDADE DO
AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.)**

TUPÃ-SP
2019

THAIS GRASSI GERICÓ

**EFEITOS DA UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO
DE PLANTAS NO DESENVOLVIMENTO E NA PRODUTIVIDADE DO
AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Tupã, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento.

Área de concentração: Agronegócio e Desenvolvimento

Linha de pesquisa: Competitividade de Sistemas Agroindustriais

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Cristina de Oliveira

Coorientadores: Profa. Dra. Ana Elisa B. Smith Lourenzani e Prof. Dr. André Rodrigues dos Reis

TUPÃ-SP

2019

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação da FCE, Câmpus Tupã (SP):

G369i Gericó, Thais Grassi.
Efeitos da utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas no desenvolvimento e na produtividade do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) / Thais Grassi Gericó. – Tupã: [s.n.], 2019. 54 f.; grafs.

Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Faculdade de Ciências e Engenharia – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2019.

Orientador: Sandra Cristina de Oliveira
Coorientadora: Ana Elisa Bressan Smith Lourenzani Coorientador
Coorientador: André Rodrigues dos Reis
Inclui bibliografia

1. *Arachis hypogaea*. 2. *Bradyrhizobium*. 3. *Azospirillum brasilense*. 4. Inoculação de sementes. 5. Produtividade do amendoim I. Título. II. Autor.

Fonte: Eliana Kátia Pupim Bibliotecária CRB 8 – 6202. “Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte”



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITOS DA UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE PLANTAS NO DESENVOLVIMENTO E NA PRODUTIVIDADE DO AMENDOIM (*Arachis hypogaea*)

AUTORA: THAIS GRASSI GERICO

ORIENTADORA: SANDRA CRISTINA DE OLIVEIRA

COORIENTADORA: ANA ELISA BRESSAN SMITH LOURENZANI

COORIENTADOR: ANDRÉ RODRIGUES DOS REIS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONEGÓCIO E DESENVOLVIMENTO, pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. SANDRA CRISTINA DE OLIVEIRA

Coordenadora do Curso de Administração / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP



Prof.ª DR.ª ANGELA VACARO DE SOUZA

Coordenadora do Curso de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP



Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Econômica / Faculdade de Engenharia - FEIS - UNESP - Ilha Solteira/SP

Tupã, 22 de fevereiro de 2019

A minha avó Maria Luiza e aos meus pais Jurandir e Adenir, que foram as minhas bases até aqui.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a intercessão de Nossa Senhora Aparecida, que me conduziram até aqui. Aos meus pais, Adenir Grassi Gericó, Jurandir de Souza Gericó a minha avó Maria Luiza Belamolli Grassi, aos meus irmãos Tiago Grassi Gericó, João Vitor Grassi Gericó, que são as pessoas mais importantes da minha vida e a minha cunhada Larissa Sienna Rocha, a qual eu tenho um imenso carinho.

Agradeço as minhas tias, Dirce Grassi Baquete, Marisa de Souza Girico, Meire de Souza Giricó e Luzia Rosalina Grassi, que são como mães e sempre fizeram tudo por mim e também as minhas tias Dalila Ferreira da Silva Grassi, Nadir Grassi Zaparoli e Silmara Neves Grassi. Aos meus primos Fernando Martins Grassi, Dantielli Andressa Grassi Secco, Priscila Grassi Borim, Gabriela Grassi Baquete, Leandro Zaparoli, Leonardo Grassi Baquete, David Anderson Grassi e Juliana Soares Gericó, Janine Buque de Oliveira, Leandro Cândido Secco, Valdir Tiardelli de Carvalho Junior, os quais eu tenho um imenso amor e carinho e ao meu padrinho Antônio Baquete.

Agradeço imensamente aos meus amigos, Luana Valera Bombarda, Aline Cristina Barbosa dos Santos, Luana Cristina dos Santos, Laila Suiama Gomes de Lima, Bárbara Ribeiro de Carvalho, Jéssica Pacheco de Lima, Sodálio Dallaqua Cardoso Júnior, Nayara Guastalli Andriani, que em todo sempre me apoiam e me incentivam. E em especial tia Edna Cristina dos Santos que sempre me colocou em suas orações, as quais com certeza me conduziram até aqui. Ao engenheiro agrônomo Rodolfo Pires Ribeiro que contribuiu com toda a parte experimental da minha dissertação, me ajudando e me orientando, sendo um verdadeiro professor para mim.

A minha orientadora Prof^ª. Dra. Sandra Cristina de Oliveira, que me acompanhou e me incentivou durante todo o mestrado. O Prof. Dr. André Rodrigues dos Reis que contribui com toda a parte das análises bioquímicas e produção de artigos e a Prof^ª. Dra. Ana Elisa B. Smith Lourenzani, ambos participaram do meu comitê de coorientação. E por fim, a todos os professores do curso de pós-graduação em agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências e Engenharia, Campus de Tupã, que contribuíram significativamente com a minha formação em especial a Prof^ª. Dra. Cristiane Hengler Corrêa Bernardo. E por fim, porém, não menos importante agradeço ao servidor administrativo que auxilia o programa na execução de tarefas ao Fábio Fontolan Sampaio.

É preciso amor pra poder pulsar

É preciso paz pra poder sorrir

É preciso a chuva para florir...

(Almir Sater e Renato Teixeira, 1990)

GERICÓ, Thais Grassi. Efeitos da utilização de bactérias promotoras do crescimento de plantas no desenvolvimento e na produtividade do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). 2019. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Tupã, 2019.

RESUMO

Esta dissertação teve como objetivo principal, averiguar os efeitos da inoculação de sementes de amendoim, com as bactérias *Bradyrhizobium* sp. e *Azospirillum brasilense* de forma isolada e em conjunto (coinoculação). Para tanto foram realizadas análises bioquímicas das folhas, a fim de analisar os teores de compostos fotossintetizantes, açúcares solúveis totais, ureídeos, feofitinas totais e compostos nitrogenados e também foram feitas avaliações referentes a parâmetros fitotécnicos. Primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica por meio de levantamentos de dados sobre o panorama da produção de amendoim a nível mundial, nacional e algumas cidades localizadas no Oeste paulista, região a qual é destaque na produção de amendoim. Além do levantamento bibliográfico, foi realizado um experimento à campo e em laboratório, a fim de investigar os efeitos da inoculação e coinoculação em sementes de amendoim com bactérias promotoras do crescimento de plantas. Na parte experimental utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições e sete tratamentos, sendo: Controle (sem inoculação); Az 2 mL kg⁻¹ (*Azospirillum brasilense* na dose de 2 mL para 1 kg de sementes); Az 4 mL kg⁻¹ (*Azospirillum brasilense* na dose de 4 mL para 1 kg de sementes); Bd 2 mL kg⁻¹ (*Bradyrhizobium* sp. na dose de 2 mL para 1 kg de sementes); Bd 4 mL kg⁻¹ (*Bradyrhizobium* sp. na dose de 4 mL kg⁻¹ para 1 kg de sementes); Az + Bd 2 mL kg⁻¹ (*Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium* sp. Na dose de 2 mL para 1 kg de sementes); Az + Bd 4 mL kg⁻¹ (*Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium* sp. na dose de 4 mL para 1 kg de sementes). As sementes foram inoculadas momentos antes da semeadura. A partir dos resultados obtidos conclui-se que o melhor tratamento foi a inoculação de sementes na dose de 2 mL kg⁻¹, este promoveu a maior produtividade de vagens chegando a 5,5 toneladas por hectare.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea*. *Bradyrhizobium* SEMIA 6144. *Azospirillum brasilense* Estirpe AbV5 AbV6. fixação biológica. inoculação de sementes.

GERICÓ, Thais Gericó Effects of the use of plant growth promoting bacteria on the development and productivity of the peanut (*Arachis hypogaea* L.). 2019. 52. Dissertation (Master in Agribusiness and Development) – São Paulo State University (UNESP), School of Sciences and Engineering. Tupã, 2019.

ABSTRACT

This dissertation had as main, the investigation of the inoculation of peanut seeds, with the bacteria *Bradyrhizobium* sp. and *Azospirillum brasilense* in isolation and jointly (coinoculation). The samples were analyzed biochemical of leaves, in order to analyze the compounds of photosynthesizers, soluble sugars in weight, ureides, pheophytin and nitrogen compounds and were inserted in parameters for phytotechnics. Firstly, it was a bibliographical review of the world panorama of data on the panorama of the production of peanuts in the world, national and some cities in the west of São Paulo, a prominent region in the production of peanuts. In addition to the literature review, an experiment was carried out in the field and in the laboratory, with the objective of investigating the effects of inoculation and co-injection of peanut seeds with plant growth promoters. In the experimental part, the experimental design of blocks with different repetitions and seven sessions was used: Control (without inoculation); Az 2 mL kg⁻¹ (*Azospirillum brasilense* at the dose of 2 mL to 1 kg of seeds); Az 4 mL kg⁻¹ (*Azospirillum brasilense* at the dose of 4 mL to 1 kg of seeds); Bd 2 mL kg⁻¹ (*Bradyrhizobium* at the dose of 2 mL for 1 kg of seeds); Bd 4 mL kg⁻¹ (dose of *Bradyrhizobium* sp. At the dose of 4 mL kg⁻¹ for 1 kg of seeds); Az + Bd 2 mL kg⁻¹ (*Azospirillum brasilense* + dose of *Bradyrhizobium* sp. Na of 2 mL to 1 kg of seeds); Az + Bd 4 mL kg⁻¹ (*Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium* at the dose of 4 mL to 1 kg of seeds). The seeds were inoculated from a dose of 2 mL kg⁻¹, with a higher productivity of 5.5 tons per hectare.

Keywords: *Arachis hypogaea*. *Bradyrhizobium* SEMIA 6144. *Azospirillum brasilense* Strain AbV5 AbV6. biological penalty. seed inoculation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Principais países importadores de amendoim em grão (mil toneladas) em 2018.....22
- Figura 2** - Principais países exportadores de amendoim em grão (mil toneladas) em 2018.....22
- Figura 3** - Produção de Amendoim no Brasil (toneladas).....23
- Figura 4** - Produtividade Média de Amendoim do Brasil (kg/ha).....23
- Figura 5** - Área plantada (em ha) com amendoim em cidades da região da Alta Paulista.....24
- Figura 6** - Produção de amendoim em municípios da região da Alta Paulista (toneladas).....24
- Figura 7** - Massa fresca de parte aérea de plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....35
- Figura 8** - Massa fresca de raízes e massa seca de raízes de plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....36
- Figura 9** - Heatmap dos coeficientes de correlação de Pearson obtidos a partir de variáveis extraídas de plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*). * indica correlação significativa (p < 0,05).....37
- Figura 10** - Número de nódulos e Peso de nódulos frescos em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....38
- Figura 11** - Rendimento de vagens secas em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....38
- Figura 12** - Concentração de clorofila a clorofila b, clorofila total e carotenóides em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....39
- Figura 13** - Concentração de feofitina a, feofitina b e feofitina total em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....40

Figura 14 - Concentração de sacarose e açúcares totais em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....41

Figura 15 - Heatmap dos coeficientes de correlação de Pearson obtidos a partir de variáveis extraídas de plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*). * indica correlação significativa ($p < 0,05$).....42

Figura 16 - Concentração de ácido alantóico, alantoína e ureídeos totais em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....43

Figura 17 - Concentração de nitrato, amônio, aminoácidos e compostos nitrogenados totais em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção mundial de amendoim.....	21
Tabela 2 – Consumo de amendoim no mundo em 2018.....	21
Tabela 3 - Descrição dos tratamentos estudados.....	30

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
BPCP	Bactérias promotoras do Crescimento de Plantas.
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento.
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
FBN	Fixação biológica do nitrogênio.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Instituto de Economia Agrícola.
N	Nitrogênio.
NO ²⁻	Nitrito
NO ³⁻	Nitrato
NH ₃	Amônia
NH ₄ ⁺	Amnio
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	15
1.1	Objetivos	16
1.2	Referências Bibliográficas.....	17
2	PANORAMA DA PRODUÇÃO DE AMENDOIM NO BRASIL E MUNICÍPIOS PERTENCENTES À ALTA PAULISTA DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	18
2.1	Introdução.....	19
2.2	Objetivo	20
2.3	Procedimentos Metodológicos	20
2.4	Resultados e Discussões	20
2.5	Conclusões.....	25
2.6	Referências bibliográficas	25
3	Inoculação e coinoculação em sementes de amendoim (<i>Arachis hypogaea</i> L.) com as bactérias <i>Bradyrhizobium</i> sp. e <i>Azospirillum brasilense</i> , sob diferentes parâmetros bioquímicos e fitotécnicos 27	
3.1	Introdução.....	28
3.2	Material e Métodos.....	29
3.2.1.	Descrição do local de estudo e configuração experimental.....	29
3.2.2.	Avaliações fitotécnicas das plantas de amendoim.....	31
3.2.3	Análises bioquímicas.....	31
3.2.4	Produtividade de vagens.....	34
3.2.5	Análise estatística	34
3.3	Resultados e Discussões	34
3.5	Conclusões.....	47
3.6	Referências Bibliográficas.....	47
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea*) é uma planta herbácea de ciclo anual pertencente à família das fabaceae, cujos grãos contêm em torno de 25% de proteína e de 45% a 50% de óleo comestível. Além disso, é rico em vitaminas e aminoácidos, sendo considerado um alimento de alto teor energético (BELTRÃO, 2011). Sua origem é a América do Sul e atualmente é produzido em diferentes países (KRAPOVICKAS, 1995).

Atualmente o Brasil ocupa o 13º lugar no ranking dos países produtores de amendoim (USDA, 2018). Apesar de o país não ocupar uma posição de destaque, a cultura é importante para o estado de São Paulo, que responde por 90% da produção brasileira. Dentro do estado, destaque para as regiões Nordeste (Alta Mogiana) e Centro Oeste (Nova Alta Paulista), que são os principais polos de produção de amendoim do estado de São Paulo e do Brasil (MARTINS, 2017).

Os municípios de Tupã, Herculândia, Pompéia, Marília, Quintana e Iacri contribuem com a produção de amendoim da região da Alta Paulista. A produção total desses municípios soma 85,5 mil toneladas (IBGE, 2018).

A planta do amendoim por ser uma leguminosa, estabelece simbiose com algumas bactérias presentes no solo. Uma vez estabelecido o processo simbiótico, entre planta e bactéria o N₂ disponível na atmosfera é transformado em amônia forma a qual a planta consegue utilizá-lo. Esse processo já ocorre naturalmente devido a presença de rizóbios nativos, presentes no solo (RUIZ-DÍEZ e COLS., 2012).

No entanto trabalhos mais recentes mostram alguns benefícios da aplicação da técnica de inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio em sementes de amendoim. Mello et al (2016) ao inocular em sementes de amendoim com a bactéria *Bradyrhizobium* SEMIA 6641, obteve incrementos na produção de vagens.

A utilização de inoculantes é uma das técnicas mais relevantes na atualidade, dentro do cultivo da soja e outras leguminosas. Isso porque, além de aumentar a produtividade a sua aplicação tem baixos custos, em torno de R\$15,00/ha (HUNGRIA, 2011).

A partir da utilização de bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) é possível aumentar o desenvolvimento das raízes e conseqüentemente a absorção de água e nutrientes. Em algumas culturas agrícolas de importância econômica, como a soja e o feijão, a técnica já é estabelecida e a inoculação com essas bactérias antes do plantio é um procedimento indispensável.

No entanto, são escassos os estudos sobre inoculação e, principalmente, sobre coinoculação de sementes de amendoim. Sendo assim, são poucos os resultados sobre os efeitos da técnica na produção da leguminosa em estudo.

Portanto esta pesquisa torna-se relevante, no sentido de contribuir com o desenvolvimento e aplicação de novas técnicas e manejo que possam tornar a cultura do amendoim mais produtiva. Espera-se que este estudo contribua ainda para o desenvolvimento de futuros trabalhos acadêmico na área de produção vegetal, e que forneça informações técnicas referentes aos impactos da utilização das BPCP, especificamente sobre a cultura do amendoim.

Para melhor compreensão e exploração do conteúdo, esta dissertação está dividida em capítulos, sendo eles: Capítulo 1- Panorama da produção de amendoim no Brasil, com ênfase no Município de Tupã/SP e outros municípios vizinhos e; Capítulo 3- Efeitos da inoculação e coinoculação das bactérias *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium* sp. em sementes de amendoim sobre fixação biológica do nitrogênio.

Diante do contexto apresentado, esta pesquisa buscou responder às seguintes questões:

- 1). Qual o panorama da produção do amendoim no município de Tupã, Herculândia, Pompeia, Marília, Quintana e Iacri?
- 2). Quais os possíveis efeitos da inoculação e coinoculação em sementes de amendoim com produtos formulados a partir das bactérias *Bradyrhizobium* sp. e *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento e na produtividade do amendoim?

1.1 Objetivos

Buscou analisar os efeitos das técnicas de inoculação e coinoculação de bactérias promotoras do crescimento de plantas em sementes de amendoim, sob diferentes parâmetros. E especificamente:

- Elaborar um panorama da produção de amendoim nível mundo, Brasil e alguns municípios da Alta Paulista do estado de São Paulo;
- Avaliar a influência das bactérias *Bradyrhizobium* sp. (SEMIA 6144) e *Azospirillum brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6) inoculadas e coinoculadas em sementes de amendoim.

1.2 Referências Bibliográficas

- AHEMAD M., KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King Saud University-Science**, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2014.
- BELTRÃO, N. E. M.; SOUSA JÚNIOR, S. P.; OLIVEIRA, M. I. P.; FIDELES FILHO, J.; SILVA, M. N. B. Ecofisiologia do amendoim. In: BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. (Eds). **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 125-162.
- DE MELO, E. B. S; DE LIMA, L. M; FERNANDES-JÚNIOR, P. I; DE TARSO ALDAR, S; FREIRE, M. A. O; FREIRE, R. M. M; DOS SANTOS, R. C. Nodulation, gas exchanges and production of peanut cultivated with *Bradyrhizobium* in soils with different textures. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 2, p. 160-166, 2016.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/tupa/pesquisa/14/10193?tipo=grafico>>. Acesso em: 03 jan. 2018.
- KRAPOVICKAS, A. El origen y dispersión de las variedades del maní. Local: Editora, 1995.
- KLOEPPER, J. W. Plant growth-promoting rhizobacteria on radishes. In: **Proc. of the 4th Internat. Conf. on Plant Pathogenic Bacter, Station de Pathologie Vegetale et Phytobacteriologie, INRA, Angers, France, 1978**. 1978. p. 879-882.
- RUIZ-DÍEZ, B; FAJARDO, S; FERNÁNDEZ-PASCUAL, M. Selection of rhizobia from agronomic legumes grown in semiarid soils to be employed as bioinoculants. **Agronomy journal**, v. 104, n. 2, p. 550-559, 2012.
- SAMPAIO, R. M. Amendoim: exportações do grão em alta e do óleo em queda. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v. 12, n. 3, p. 1-4, mar. 2017. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-11-2017.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2018.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Foreign Agricultural Service**. USDA. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home/statsByCountry>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

2 PANORAMA DA PRODUÇÃO DE AMENDOIM NO BRASIL E MUNICÍPIOS PERTENCENTES À ALTA PAULISTA DO ESTADO DE SÃO PAULO

RESUMO

A produção nacional de amendoim é basicamente concentrada no estado de São Paulo, o qual detém 90% de toda produção. Dentro do estado, as regiões da Alta Mogiana e Alta Paulista são os principais polos produtores da leguminosa e de seus subprodutos, sendo o sistema agroindustrial do amendoim um dos principais responsáveis pela economia dessas regiões. Os municípios de Tupã, Herculândia, Pompeia, Marília e Iacri, compõe a produção de amendoim da Alta Paulista do estado de São Paulo. A produção e a exportação do amendoim e de seus subprodutos são responsáveis por gerar boa parte da economia desses Municípios. O objetivo deste estudo foi elaborar um panorama da produção de amendoim no Brasil, com ênfase nos Municípios de Tupã, Herculândia, Pompeia, Marília, Quintana e Iacri, visto a importância econômica que a cultura tem para essa região. A soma total da área cultivada com amendoim dos municípios de Tupã, Herculândia, Pompéia, Marília, Quintana e Iacri é de 31 mil ha e a produção de 85 mil toneladas. O Brasil não está inserido na relação dos principais países produtores de amendoim, no entanto, é considerado um dos principais exportadores de amendoim em grão.

Palavras-chave: *amendoim*. sistema agroindustrial. Alta Paulista. Exportação. agronegócio

2.1 Introdução

O amendoim é um alimento muito nutritivo, rico em óleo, proteína e vitaminas. Devido ao seu sabor agradável, o grão é bastante apreciado. A China, Índia, Nigéria e Estados Unidos são os principais produtores mundiais respectivamente (CONAB, 2019).

O Brasil já foi um importante produtor de amendoim. Na década de 1960, o país ocupava uma posição de destaque, porém, alguns fatores, reduziram a competitividade da cultura no território nacional. Durante as décadas de 1970 e de 1980 a área plantada foi diminuindo e, conseqüentemente, a produção também (FREITAS, 2005).

Esse cenário se manteve inalterado até o início dos anos 1990, quando o mercado passou por algumas transformações. A indústria esmagadora diminuiu as aquisições, e o principal mercado de amendoim passou a ser a indústria de doces e confeitos, que trouxe consigo um alto padrão de qualidade e diversas exigências, principalmente com relação à sanidade dos grãos (MARTINS, 2010).

Segundo Lourenzani et al. (2009), as indústrias de alimentos se tornaram os principais clientes da cadeia produtiva do amendoim, e passaram a exigir um nível de qualidade de seus produtos (matérias-primas) mais elevado do que aquele que era destinado ao esmagamento. A responsabilidade pelo fornecimento de alimentos saudáveis é de toda a cadeia, inclusive do segmento agrícola. Isso explica as principais mudanças nos diferentes elos, de forma a produzir e garantir qualidade elevada do produto. Dentre as mudanças podem ser citadas: 1) incremento de novas tecnologias dentro da produção agrícola, como a produção de novas cultivares; 2) inserção da colheita totalmente mecanizada; 3) secagem artificial dos grãos e; 4) mudanças institucionais, por meio da elaboração de normas e regras de produção, responsáveis principalmente por assegurar a sanidade dos produtos.

Nos últimos anos a cultura do amendoim vem se restabelecendo novamente no país. Na safra 2018/19 a área plantada foi de 148.3 mil hectares, esta por sua vez, não vem apresentando um aumento significativo nos últimos anos, ao contrário da produção, cujo aumento é justificado principalmente pelo incremento na produtividade. Para a safra 2018/19 a produção está estimada em torno de 564.9 mil toneladas e a produtividade 3.809 kg por hectare (CONAB, 2019).

Apesar do Brasil não estar entre os principais produtores de amendoim, a cultura tem grande importância para algumas regiões do país, principalmente para o estado de São Paulo que é responsável por 90% da produção.

Dentro do estado, a região da Alta Mogiana e Alta Paulista são os principais polos produtores de amendoim e de seus subprodutos, sendo o sistema agroindustrial do amendoim

um dos principais responsáveis pela economia dessas regiões, uma vez que gera empregos nos diferentes elos da cadeia produtiva (JOÃO et al., 2007).

O município de Tupã e cidades vizinhas compõe uma parte importante do polo de produção de amendoim da Alta Paulista. A produção e a exportação do amendoim e de seus subprodutos são responsáveis por gerar boa parte da economia desses municípios.

2.2 Objetivo

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi elaborar um panorama da produção de amendoim no Brasil, com ênfase nos municípios de Tupã/SP e em alguns municípios no seu entorno.

2.3 Procedimentos Metodológicos

Para atingir o objetivo proposto nesse estudo, primeiramente foram consultados livros e artigos que abordasse a produção do amendoim. Posteriormente, foram realizados levantamentos de dados sobre a produção, exportação da leguminosa a nível mundo, Brasil, Município de Tupã e algumas cidades do entorno como, Herculândia, Pompeia, Marília, Quintana e Iacri. O levantamento foi realizado em março de 2019, para tanto, foram utilizadas fontes de dados secundários, como: Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Economia Agrícola (IEA). A sistematização dos dados foi realizada por meio de planilhas, gráficos e tabelas no programa Excel.

2.4 Resultados e Discussões

Originária da América do Sul, a planta do amendoim é cultivada em diferentes países (FREITAS, 2003). Segundo dados do USDA (2018), a safra de amendoim 2017/18 obteve uma produção mundial de 42.735 milhões de toneladas.

A China é o maior produtor mundial, e nos últimos sete anos, o país obteve uma produção média de 16,7 mil de toneladas, conforme Tabela 1. Na América do Sul, os maiores produtores são a Argentina e o Brasil, que ocupam respectivamente a 8º e a 13º posição no ranking mundial (USDA, 2018).

Tabela 1- Produção mundial de amendoim entre 2011/2012 e 2017/2018

Produção (mil toneladas)	Safra 2011/12	Safra 2012/13	Safra 2013/14	Safra 2014/15	Safra 2015/16	Safra 2016/17	Safra 2017/18
China	16.046	16.692	16.972	16.482	16.440	17.000	17.000
Índia	6.015	4.334	6.482	4.855	4.470	6.920	5.700
Nigéria	2.963	3.314	2.475	3.413	3.000	3.000	3.200
Estados Unidos	1.660	3.064	1.893	2.354	2.722	2.579	2.482
SUBTOTAL	26.684	27.404	27.822	27.104	26.632	29.499	28.382
Outros	12.680	13.487	14.046	13.351	13.774	13.347	10.020
TOTAL	39.364	40.891	41.868	40.455	40.406	42.846	38.402

Fonte: USDA (2018) apud Agriannual (2017).

Em 2018, o consumo de amendoim em grão no mundo foi de aproximadamente 42.614 mil toneladas. Somente a China foi responsável por 41% desse consumo, seguida da Índia (12%), Nigéria (7%) e Estados Unidos com 5% (Tabela 2).

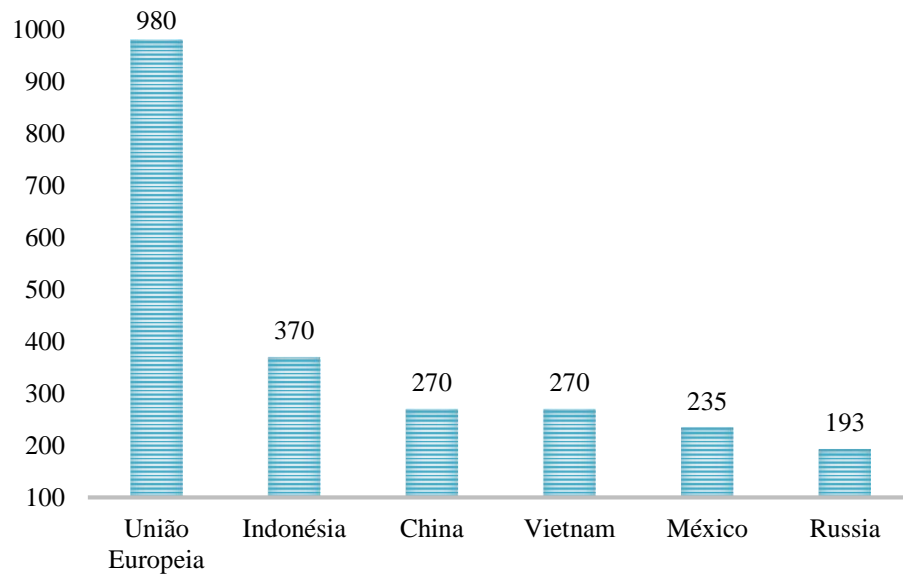
Tabela 2- Consumo de amendoim no mundo entre 2011/2012 e 2017/2018

Consumo (mil toneladas)	Safra 2011/12	Safra 2012/13	Safra 2013/14	Safra 2014/15	Safra 2015/16	Safra 2016/17	Safra 2017/18
China	15.495	16.203	16.434	16.141	16.497	16.750	16.550
Índia	4.400	3.995	5.060	4.250	3.900	5.400	4.400
Nigéria	3.275	3.230	2.620	3.210	3.048	3.046	3.248
Estados Unidos	1.760	1.776	1.850	1.795	2.206	2.134	2.140
SUBTOTAL	24.930	25.204	25.964	25.396	25.651	27.330	26.339
Outros	14.000	14.339	14.856	14.712	15.246	14.924	9.675
TOTAL	38.729	39.543	40.820	40.108	40.897	42.254	36.014

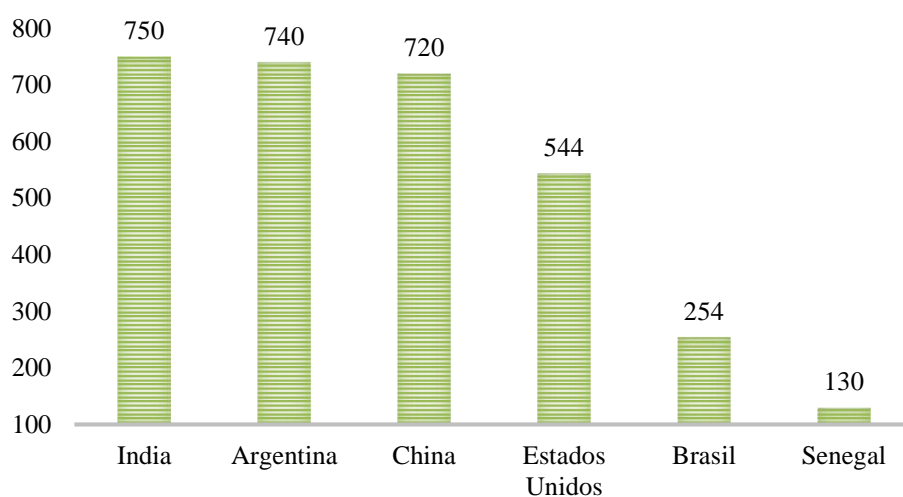
Fonte: USDA (2018) apud Agriannual (2017).

A União Europeia, Indonésia, China, Vietnam, México e Rússia estão entre os maiores importadores de amendoim. Atualmente, a Europa é responsável por 30% das importações de amendoim em grão, conforme apresenta a Figura 1.

Já a Índia, Argentina, China, Estados Unidos, Brasil e Senegal são os principais países exportadores. A partir daí, fica evidente que os países que mais produzem também são os que mais exportam, com exceção da Argentina e do Brasil que, diferente dos demais, não tem um consumo interno elevado. Sendo assim, mesmo não ocupando uma posição de destaque no ranking de produção, estão entre os principais exportadores da leguminosa (Figura 2).

Figura 1 - Principais países importadores de amendoim em grão (mil toneladas) em 2018

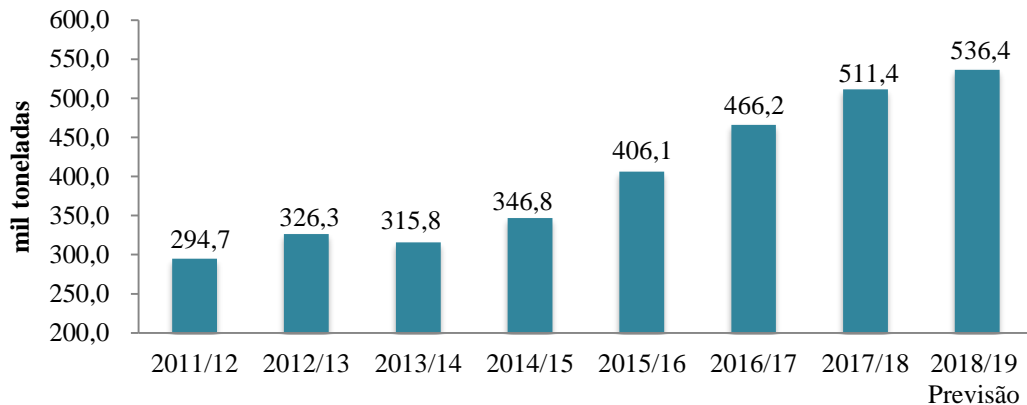
Fonte: Elaborado pela autora com base no USDA (2018).

Figura 2- Principais países exportadores de amendoim em grão (mil toneladas) em 2018

Fonte: Elaborado pela autora com base no USDA (2018).

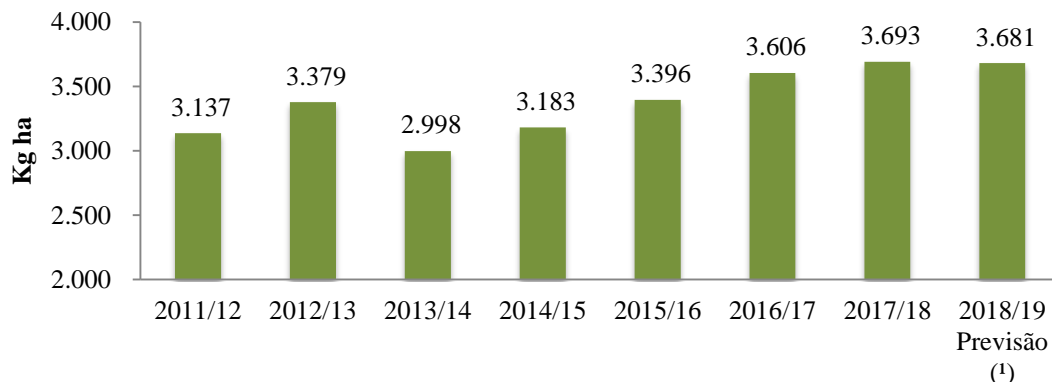
O Brasil, por sua vez, vem ganhando espaço no mercado de exportação de amendoim em grão. Atualmente, ocupa o 5º lugar no *ranking*, chegando a exportar cerca de 80% dos grãos de amendoim colhidos. O mercado Europeu é o principal destino, sendo que, em 2016, o Brasil exportou cerca de 120 toneladas para a Europa (MARTINS, 2017).

A produção de amendoim no Brasil tem aumentado nas últimas décadas. A estimativa para a safra 2018/19 é de 536 mil toneladas, cerca de 242 mil toneladas a mais (45%) que na safra 2011/12 (Figura 3).

Figura 3- Produção de Amendoim no Brasil (toneladas)

Fonte: Elaborado pela autora com base no CONAB (2018)

Ao longo dos últimos anos, a produtividade também tem se elevado. Ao considerar a safra de 2011/12 e a de 2017/18, é possível averiguar um aumento de 556 kg/ha, passando de 3.137 kg/ha para 3.693 kg/ha (15%), conforme mostra a Figura 4.

Figura 4- Produtividade Média de Amendoim do Brasil (kg/ha)

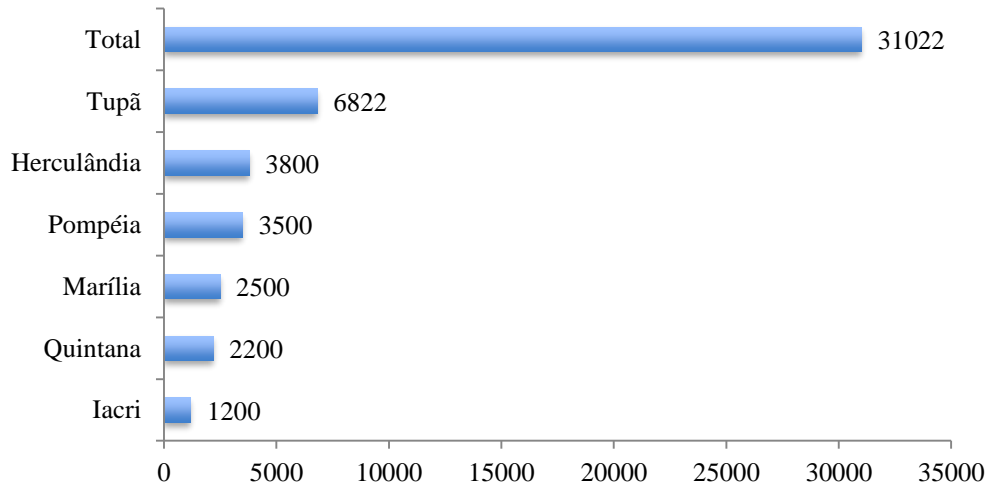
Fonte: Elaborado pela autora com base no CONAB (2018)

A região Nordeste (Alta Mogiana) e Oeste (Alta Paulista) do estado de São Paulo são os principais polos produtores de amendoim do Brasil. A produção da leguminosa é uma importante atividade agroindustrial para ambas as regiões. A expansão da cultura vem proporcionando conquistas e desafios, que contribuem para que o estado seja responsável por mais de 90% da produção nacional. No período de 2007 a 2017 a produção paulista de amendoim cresceu em média 12% ao ano (MARTINS, 2018).

O município de Tupã e alguns municípios ao redor, pertencentes à região da Alta Paulista do estado de São Paulo, tem uma importante participação na produção de amendoim. Um dos fatores é o bom estabelecimento da cultura ao longo dos anos.

A soma total das áreas plantadas com amendoim na safra 2017/18 dos municípios de Tupã, Herculândia, Pompéia, Marília, Quintana e Iacri foi de 31.022 hectares (Instituto Brasileiro de Geografia - IBGE, 2019). Destaque para o município de Tupã que dentre os municípios citados neste estudo, apresenta a maior área cultivada, o que corresponde a 22% do total (Figura 5).

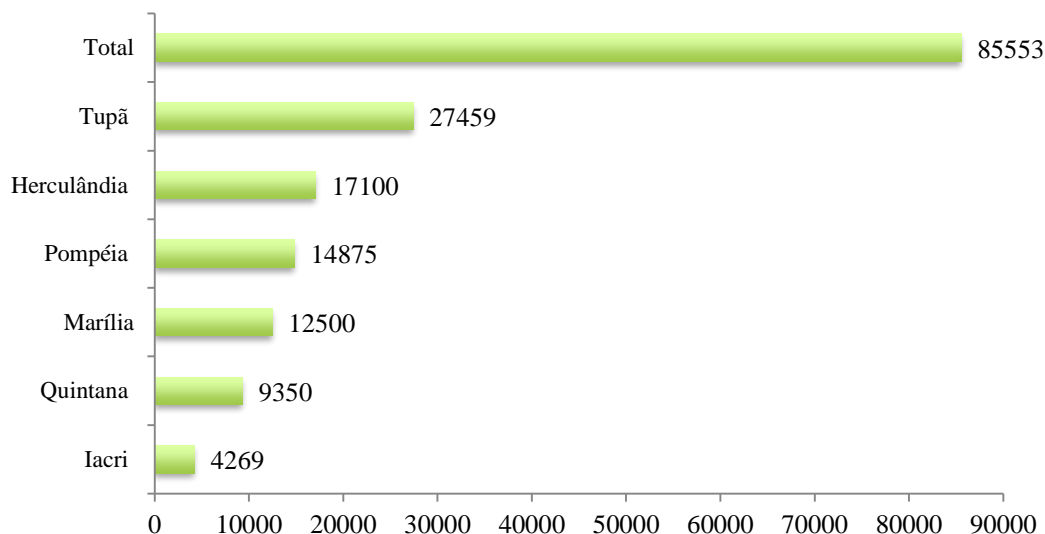
Figura 5 - Área plantada (em ha) com amendoim em cidades da região da Alta Paulista



Fonte: Elaborado pela autora com base no CONAB (2018)

O aumento das exportações especialmente do amendoim descascado, refletiram diretamente no aumento da produção agrícola nas últimas safras. Além do desempenho das lavouras o padrão de qualidade alcançado nos últimos anos vem aumentando o acesso aos mercados de melhor valor (MARTINS, 2018). Na safra 2017/18 a produção total dos seis municípios foi de 85.553 toneladas. Tupã é responsável por 32% dessa produção (Figura 6).

Figura 6 – Produção de amendoim em municípios da região da Alta Paulista (toneladas)



Fonte: Elaborado pela autora com base no CONAB (2018)

Além da produção agrícola do grão, a região também abriga indústrias que utilizam uma parte da produção, como matéria prima, para a fabricação de doces, confeitos, *snaks*, entre outros produtos. Segundo Martins e Perez (2006) este conjunto promove um Arranjo Produtivo Organizado, uma vez que, além da produção agrícola do amendoim, a região também dispõe de indústrias responsáveis pelo processamento dos grãos.

Todos esses fatores, juntamente com o uso de novas tecnologias, como a entrada de novas cultivares a exemplo as do tipo “Runner” que tem um elevado potencial produtivo, foram determinantes para o avanço desta cadeia (SUASSUNA et al., 2015).

2.5 Conclusões

A alta Paulista do estado de São Paulo é um dos principais polos de produção de amendoim do Brasil. A cadeia produtiva do amendoim é responsável por movimentar boa parte da economia de diversos municípios da região. Entre eles os municípios de Tupã, Herculândia, Pompeia, Marília, Quintana e Iacri que contribuem de maneira significativa com a produção nacional de amendoim.

A região é favorecida também pelas agroindústrias que fazem o processamento dos grãos e utilizam o amendoim como matéria prima para a fabricação de diversos produtos.

Mesmo o Brasil não sendo um dos principais países produtores de amendoim o país é um dos principais exportadores de grãos de amendoim. As exportações vêm aumentando principalmente pela qualidade do amendoim paulista, que está conquistando cada vez mais mercados com maior potencial.

2.6 Referências bibliográficas

AGRIANUAL 2017. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Agro Informativos, 2017.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUSA JÚNIOR, S. P.; OLIVEIRA, M. I. P.; FIDELES FILHO, J.; SILVA, M. N. B. Ecofisiologia do amendoim. In: BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. (Eds). **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 125-162.

Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB. **Amendoim total (1ª e 2ª safra) -Brasil: Série histórica da área plantada**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

FREITAS, S. M.; MARTINS, S. S.; NOMI, A. K.; CAMPOS, A. F. Evolução do mercado brasileiro de amendoim. In: SANTOS, R. C. (Ed). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 451 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/tupa/pesquisa/14/10193?tipo=grafico>>. Acesso em: 03 jan. 2018.

JOÃO, J. S. I, LOURENZANI, W. L. Análise da Cadeia Agroindustrial do Amendoim na Região de Tupã e Marília-SP. In: XLV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 2007.

LOURENZANI, W. L; LOURENZANI, A. E. B. S. Perspectivas do agronegócio brasileiro de amendoim. **Informações Econômicas**, v. 39, p. 55-68, 2009.

MARTINS, R; PEREZ, L. H. Amendoim: inovação tecnológica e substituição de importações, Brasil, 1996-2005. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 12, p. 7-19, 2006.

MARTINS, R., VICENTE, J. R. Demandas por inovação no amendoim paulista. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 40, p. 43-5119, 2010.

SAMPAIO, R. M. **Amendoim: exportações do grão em expansão, mar. 2018**. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=14435>. Acessado em 05/01/2019.

SAMPAIO, R. M. Amendoim: exportações do grão em alta e do óleo em queda. **Análises e Indicadores do Agronegócio**. v. 12, n. 3, p. 1-4, mar. 2017. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-11-2017.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

SUASSUNA T. M. F.; SUASSUNA N. D.; MORETZSOHN M. C.; LEAL-BERTIOLI S. C. M.; BERTIOLI D. J.; MEDEIROS E. P. (2015) Yield, Market quality, and leaf spots partial resistance of interspecific peanut progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 15: 1175-180, 2015.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Foreign Agricultural Service**. USDA. Disponível em:

<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home/statsByCountry>. Acesso em: 22 fev. 2018.

3 Inoculação e coinoculação em sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) com as bactérias *Bradyrhizobium* sp. e *Azospirillum brasilense*, sob diferentes parâmetros bioquímicos e fitotécnicos

RESUMO

As plantas leguminosas como o amendoim (*Arachis hypogaea* L.), tem a capacidade de adquirir nitrogênio da atmosfera pelo processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN). Esse processo ocorre pela associação simbiótica entre planta e bactérias. A técnica de inoculação de sementes com microrganismos, além de otimizar o processo da FBN, também estimula o desenvolvimento das plantas, por meio de outros mecanismos, como a produção de fitohormônios. O objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos da inoculação e coinoculação na produção e fluxo de compostos nitrogenados para a parte aérea das plantas, pigmentos fotossintéticos, açúcares solúveis totais e as relações com o desenvolvimento e aumento da produtividade do amendoim. As bactérias utilizadas no experimento foram *Bradyrhizobium* SEMIA 6144 e *Azospirillum brasilense*, estirpes AbV5 e AbV6, ambas fornecidas por meio de produtos comerciais registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo quatro repetições e sete tratamentos: controle (sem inoculação); Az - *Azospirillum brasilense* (2 mL kg⁻¹ de semente); Az - *Azospirillum brasilense* (4 mL kg⁻¹ de semente); Bd - *Bradyrhizobium* sp. (2 mL kg⁻¹ de semente); Bd - *Bradyrhizobium* sp. (4 mL kg⁻¹ de semente); Az + Bd - *Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium* sp. (2 mL kg⁻¹ de semente), e Az + Bd - *Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium* sp. (4 mL kg⁻¹ de semente). A partir dos resultados obtidos, verifica-se uma tendência positiva em virtude da inoculação de sementes na dose de 2 mL kg⁻¹ de Bd e nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹ de Az sobre os pigmentos fotossintetizantes das plantas de amendoim. Tanto a inoculação quanto a coinoculação de sementes de amendoim com as bactérias em estudos, foram benéficas para a produção de ureídeos totais. A inoculação de sementes de amendoim com na dose de 2 mL kg⁻¹ da bactéria *Bradyrhizobium* sp. proporcionou o maior rendimento de vagens.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea*. SEMIA 6144. pigmentos fotossintetizantes. ureídeos. nódulos. produtividade.

3.1 Introdução

Originária da América do Sul, a planta do amendoim (*Arachis hypogaea* L) pertence à família fabaceae. Os grãos contêm altos valores nutricionais, sendo ricos em proteína (25%), óleo comestível (50%), aminoácidos e diferentes vitaminas (BELTRÃO, 2011). A produção e o consumo mundial de amendoim são de aproximadamente 45 e 44 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB, 2018). Além do consumo do grão *in natura*, o mesmo é muito utilizado como matéria-prima na indústria de alimentos, tanto para a fabricação de doces quanto para produção de óleo vegetal (FAYE et al., 2018).

A planta do amendoim requer grandes quantidades de nitrogênio. O nitrogênio limita a produtividade das plantas, uma vez que é constituinte da célula vegetal, como proteínas, aminoácidos e ácidos nucleicos (MORETTI et al., 2017). A maior parte do nitrogênio utilizado na agricultura é proveniente de fertilizantes sintéticos, os quais são caros e podem apresentar problemas ambientais (POFFENBARGER et al., 2018). O excesso de aplicação de nitrogênio nas lavouras pode levar à contaminação do lençol freático em decorrência da lixiviação (WANG et al., 2018). Estima-se que 50% dos adubos nitrogenados aplicados são perdidos, ocasionando danos econômicos e ambientais (OUYANG et al., 2017). Portanto, são necessários estudos para o desenvolvimento de novas tecnologias e práticas agrícolas que viabilizem a utilização mais eficiente e ecológica do nitrogênio pelas culturas.

Plantas leguminosas como o amendoim tem a capacidade de adquirir nitrogênio da atmosfera pelo processo de fixação biológica do nitrogênio. Esse processo ocorre pela associação simbiótica entre plantas do amendoim e bactérias do gênero *Bradyrhizobium* sp. (CHIBEBA et al., 2018). A simbiose consiste na infecção das bactérias no sistema radicular das plantas que, por meio da ação da enzima nitrogenase presente nos nódulos, captura o nitrogênio atmosférico e reduz para amônia (PAUNGFOO-LONHIENNE et al., 2008; VITOUSEK et al., 2013).

O nitrogênio atmosférico assimilado pelos nódulos é convertido em amônia pela enzima nitrogenase. A amônia é convertida em amônio que por sua vez é reduzida a em ureídeos (alantoína e ácido alantóico) e podem representar até 90% do nitrogênio total transportado no xilema das plantas leguminosas (BARAL et al., 2016). Os ureídeos podem ser acumulados em altas concentrações em diferentes órgãos da planta, sendo considerado um dos principais compostos transportadores de nitrogênio em leguminosas (BARAL e IZAGUIRRE-MAYORAL, 2017). A produção de ureídeos é muito variável entre as plantas leguminosas, portanto, a ferramenta para se avaliar a fixação biológica do nitrogênio em plantas é pela análise dos compostos nitrogenados nitrato, amônia, aminoácidos totais e ureídeos (alantoína e ácido

alantóico) (IZAGUIRRE-MAYORAL et al., 2018). Dessa forma, é possível saber qual a contribuição do tratamento de sementes com bactérias promotoras de crescimento e fixadoras de nitrogênio no processo de fixação biológica do nitrogênio nas plantas de amendoim.

Entre os grupos de bactérias promotoras do crescimento vegetal destaca-se o gênero *Azospirillum brasilense*, que não realizam simbiose com as plantas (HUNGRIA et al., 2013). No entanto, induzem a produção de compostos que são fundamentais para o seu desenvolvimento, como por exemplo as auxinas, fitohormônios que proporcionam o aumento do sistema radicular. Bactérias endofíticas como *Azospirillum brasilense* são conhecidas pela capacidade de aumentar a área transversal dos canais xilemáticos em caule de tomate permitindo a melhor difusão e armazenamento de compostos nitrogenados na parte aérea o que pode estar relacionado com o aumento de produtividade (ROMERO et al., 2014).

A inoculação de sementes com essas bactérias de vida livre deu origem a outra técnica, conhecida como coinoculação, ou inoculação mista (MORETTI et al., 2017). Essa técnica consiste na combinação de diferentes microrganismos, como em bactérias simbióticas e assimbióticas, proporcionando um efeito sinérgico entre as mesmas. No caso de algumas leguminosas, a exemplo da soja, os estudos estão voltados para a coinoculação de *Bradyrhizobium* sp. com *Azospirillum brasilense*. A junção de ambas bacterias promoveram resultados em produção superiores aos obtidos quando utilizadas isoladamente na soja (FERLINI, 2006; BÁRBARO et al., 2008).

Não há informações disponíveis sobre a inoculação e coinoculação de bactérias promotoras de crescimento na cultura do amendoim. Esse estudo tem a hipótese que a inoculação e a coinoculação de sementes de amendoim com as bactérias *Bradyrhizobium* sp. (Bd) e *Azospirillum brasilense* (Az) aumentam a eficiência do processo de fixação biológica do nitrogênio em plantas de amendoim. O objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos da inoculação e coinoculação na produção e fluxo de compostos nitrogenados para a parte aérea das plantas, pigmentos fotossintéticos, açúcares solúveis totais e as relações com o desenvolvimento e aumento da produtividade do amendoim.

3.2 Material e Métodos

3.2.1. Descrição do local de estudo e configuração experimental

O estudo foi desenvolvido no ano agrícola 2017/2018, em uma área comercial de produção de amendoim localizada no município de Tupã, São Paulo, Brasil (21° 56'05" S; 50° 30'49" W, 524 m). De acordo com classificação climática de Köppen, o clima da região é

considerado Cfa, tropical com duas estações do ano bem definidas, chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura e precipitação média anual são de 20,9 °C e 1269 mm, respectivamente.

O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho de textura média, com características químicas na profundidade de 0,00-0,20 m de: 6 g dm⁻³ de matéria orgânica; 5,2 de pH (CaCl₂); 9 mg dm⁻³ de fósforo (resina); 3 mg dm⁻³ de enxofre; 1,7 mmolc dm⁻³ de potássio; 11 mmolc dm⁻³ de cálcio; 6 mmolc dm⁻³ de magnésio; 11 mmolc dm⁻³ de H+Al (tampão SMP); 29,7 mmolc dm⁻³ de capacidade de troca de cátions; 63% de saturação por bases; 0,09 mg dm⁻³ de boro (água quente); 0,4 mg dm⁻³ de cobre (DTPA); 25 mg dm⁻³ de ferro (DTPA); 11,5 mg dm⁻³ de manganês (DTPA) e 0,9 mg dm⁻³ de zinco (DTPA).

O preparo da área teve início dez dias antes da instalação do experimento, com aplicação de calcário dolomítico (PRNT = 90%) na dose de 448 kg ha⁻¹ conforme a necessidade calculada para elevação de saturação por bases a 70%. Posteriormente, o calcário foi incorporado com grade pesada, e outra gradagem leve para nivelamento do terreno. Por ocasião da semeadura do amendoim, realizou-se a adubação com fosfato em área total utilizando 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (fonte superfosfato simples), sendo o mesmo incorporado com uma grade leve na profundidade de 0,00-0,10 m, conforme recomendação de Ribeiro et al. (1999).

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições e sete tratamentos, totalizando 28 parcelas. Para inoculação e coinoculação das sementes, foram utilizados dois produtos comerciais, respectivamente: 1) produto formulado a partir da bactéria *Bradyrhizobium* sp. (SEMIA 6144) na concentração de 1x10⁹; 2) produto formulado a partir da bactéria *Azospirillum brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6) com concentração de 2x10⁸ (Tabela 3).

Tabela 3- Descrição dos tratamentos estudados

TRATAMENTOS	DOSES
Controle	-----
<i>Azospirillum brasilense</i> (Az)	Az 2 mL kg ⁻¹ de sementes
<i>Azospirillum brasilense</i> (Az)	Az 4 mL kg ⁻¹ de sementes
<i>Bradyrhizobium</i> sp. (Bd)	Bd 2 mL kg ⁻¹ de sementes
<i>Bradyrhizobium</i> sp. (Bd)	Bd 4 mL kg ⁻¹ de sementes
Coinoculação (Az + Bd)	Az + Bd 2 mL kg ⁻¹ de sementes
Coinoculação (Az + Bd)	Az + Bd 4 mL kg ⁻¹ de sementes

Fonte: Elaborado pela autora

Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas de quatro metros espaçadas a cada 0,90 m, totalizando uma área útil de 3,6 m². Sendo esta a área útil de cada parcela.

A cultivar utilizada foi a Granoleico, variedade do grupo Virgínia Runner, de porte rasteiro e ciclo longo, de aproximadamente 130 dias. Além dos tratamentos propostos, as sementes foram tratadas com um produto a base de carbendazim (15%) e tiram (35%), duas

semanas antes da sementeira. A inoculação das sementes com os microrganismos, ocorreu no mesmo dia do plantio. A sementeira foi realizada manualmente e foi adotado 28 sementes por metro de sulco como densidade de plantio. As práticas de manejo da cultura seguiram as recomendações técnicas de cultivo e foram procedidas homoganeamente em toda área experimental.

3.2.2. Avaliações fitotécnicas das plantas de amendoim

No período de floração plena do amendoimzeiro, o qual foi registrado aos 37 dias após a germinação das sementes (DAG), foram coletadas quatro plantas aleatoriamente de cada parcela com o auxílio de uma pá reta. Posteriormente as plantas foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificados conforme os tratamentos e blocos em que pertenciam e depois levadas até o laboratório de biologia, onde permaneceram em baixa temperatura.

- Peso da Massa Fresca da parte aérea e raízes

Para determinar o peso da parte aérea, as folhas foram retiradas dos ramos e pesadas. Logo após as raízes foram pesadas e os nódulos retirados.

- Número e peso da massa fresca de nódulos

O número de nódulos por plantas foi quantificado, mediante a contagem e em seguida os mesmos foram pesados para fazer a avaliação de massa fresca.

- Peso de massa Seca de raízes

As raízes foram levadas para a estufa a uma temperatura média de 60°C e circulação de ar forçada, onde permaneceram por cerca de 72 horas e, em seguida foram pesadas.

3.2.3 Análises bioquímicas

Após as avaliações morfológicas, foram retiradas algumas folhas totalmente desenvolvidas do terço médio das plantas. Estas foram armazenadas em sacos plásticos conforme cada tratamento e repetição e levadas até o freezer. E posteriormente masseradas em nitrogênio líquido para realização das análises bioquímicas.

- Análises de pigmentos fotossintéticos

As determinações dos pigmentos fotossintéticos (clorofila, carotenóides e feofitina) foram baseadas na descrição de Lichtenthaler e Wellburn (1983), utilizando como solvente 80% de acetona. A extração foi realizada com 0,5 g de matéria fresca em 5 mL de acetona a 80%. As amostras foram centrifugadas e, em seguida, as leituras de absorbância foram realizadas em diferentes comprimentos de onda, conforme descrito nas equações abaixo. As concentrações de clorofila a, clorofila b, clorofila total, feofitina a, feofitina b, feofitina total e carotenóides foram expressas em $\mu\text{g mL}^{-1}$.

$$\text{Clorofila } a = (12.25 \times \text{ABS663.2}) - (2.79 \times \text{ABS646.8}) \quad (1)$$

$$\text{Clorofila } b = (21.50 \times \text{ABS646.8}) - (5.10 \times \text{ABS663.2}) \quad (2)$$

$$\text{Clorofilas totais} = (7.15 \times \text{ABS663.2}) + (18.71 \times \text{ABS646.8}) \quad (3)$$

$$\text{Carotenoides} = ((1000 \times \text{ABS470}) - (1.82 \times Ca - 85.02 \times Cb)/198) \quad (4)$$

$$\text{Feofitina } a = (22.42 \times \text{ABS665.4}) - (6.81 \times \text{ABS653.4}) \quad (5)$$

$$\text{Feofitina } b = (40.17 \times \text{ABS653.4}) - (18.58 \times \text{ABS665.4}) \quad (6)$$

$$\text{Feofitina totais} = (3.84 \times \text{ABS665.4}) + (33.36 \times \text{ABS653.4}) \quad (7)$$

- Determinação do açúcar total e sacarose

Para a extração e determinação do açúcar total e da sacarose, extraiu-se 1 g da amostra (folhas) da planta em 10 mL de solução de MCW (60% de metanol, 25% de clorofórmio e 15% de H₂O). Após 48 h no refrigerador, uma alíquota de 4 mL do sobrenadante foi removida, e em outro tubo 1 mL de clorofórmio e 1,5 mL de água desionizada foi adicionada. Após a separação de fases, os açúcares totais e a sacarose foram determinados na fase aquosa de acordo com o método descrito por Bielecki e Turner (1966).

Os açúcares totais foram determinados de acordo com Dubois et al. (1956). Para a quantificação total de açúcar, foram utilizados 20 µL do sobrenadante, 0,5 mL de fenol a 5% e 2 mL de ácido sulfúrico. As concentrações totais de açúcar foram determinadas com base na curva padrão de sacarose e os resultados foram expressos como mg g⁻¹ FW. A concentração de sacarose foi realizada utilizando metodologia descrita por Van Handel (1967). A partir da fase aquosa do sobrenadante, uma alíquota de 50 µL da parte aérea e 100 µL da raiz foi removida e 0,5 mL de hidróxido de potássio a 30% e 2 mL de ácido sulfúrico foram adicionados.

Os tubos foram homogeneizados num misturador vortex e levados ao forno a 100°C durante 10 minutos. Após o resfriamento dos tubos, as leituras foram realizadas no comprimento de onda de 490 nm. As concentrações de sacarose foram baseadas na curva padrão de sacarose e os resultados expressos em mg g⁻¹ FW.

- Determinação de ureídeos

Para a determinação de ureídeos (alantoína e ácido alantóico) nas folhas do amendoim foi utilizado o método de Vogels e Van Der Drift (1970). O ensaio consiste em duas fases: Fase 1: Em tubos de ensaio, foi adicionado 250 µL da amostra, 250 µL de NaOH 0,5 M, 1 gota de fenilhidrazina. O ensaio foi aquecido em estufa a 100 °C durante 8 minutos e, em seguida, resfriado à temperatura ambiente. Nesta fase (hidrólise alcalina), a alantoína é hidrolisada a ácido alantóico. Fase 2: Foi adicionado 250 µL de HCl 0,65 N e novamente aquecido a 100 °C durante 4 minutos (hidrólise ácida), quando ocorre a hidrólise do ácido

alantóico para glioxilato. O ensaio foi resfriado à temperatura ambiente e, então, foi adicionado 250 μL de tampão fosfato pH 7,0 0,4 M e 250 μL de solução de fenilhidrazina 0,33%. Após 5 minutos à temperatura ambiente, o ensaio foi incubado em banho de gelo por 5 minutos. Logo após, foi adicionado 1,25 mL de HCl concentrado previamente gelado e 250 μL de solução de ferrocianeto de potássio 1,65%. Os tubos foram retirados do banho de gelo e homogeneizado em vortex. Após 15 minutos em temperatura ambiente, foram realizadas as leituras em espectrofotômetro em $\lambda = 535 \text{ nm}$. A concentração de ureídeos foi calculada com base em curva padrão de solução alantoína. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF peso fresco).

- Determinação de nitrato e amônia

Para a determinação de nitrato em folhas de amendoim foi utilizado o método de Cataldo et al. (1975). Do extrato da fase hidrossolúvel do MCW foi retirada uma alíquota de 0,1 mL e adicionado 0,4 mL ácido salicílico 5% em H_2SO_4 (p/v). Após 20 minutos em temperatura ambiente, foi acrescentado 9,5 mL de NaOH 2N, lentamente. Após resfriar a temperatura ambiente, foram realizadas as leituras em espectrofotômetro em $\lambda = 410 \text{ nm}$. A concentração de nitrato foi determinada utilizando-se curva padrão de solução nitrato de sódio. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF.

A concentração de amônia foi determinada utilizando o método de McCullough (1967). Em tubos eppendorf, foi adicionado 0,1 mL do extrato hidrossolúvel, 0,5 mL de solução fenol (2,5 g fenol + 12,5 mg nitroprussiato de sódio em volume final de 250 mL) + 0,5 mL de solução fosfato (1,25 g NaOH + 13,4 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 2,5 mL NaOCl 5% em volume final de 250 mL). O ensaio foi incubado por 1 hora a 37 °C. Em seguida, foram efetuadas as leituras em espectrofotômetro em $\lambda = 630 \text{ nm}$. A concentração de amônio foi determinada utilizando-se curva padrão de solução sulfato de amônia. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF.

- Determinação de aminoácidos

Para a determinação de aminoácidos totais livres em folhas de amendoim, foi utilizado o método de Yemm e Cocking (1955). Do extrato hidrossolúvel, foi retirado uma alíquota de 250 μL , adicionado 750 μL água deionizada, 500 μL de citrato de sódio 0,2 M, 200 μL de ninidrina 5% em éter monometílico de etilenoglicol e 1 mL KCN 0,2 mM. O ensaio foi aquecido a 100° C por 15 minutos e, após, resfriado por 10 minutos em água corrente. Acrescentou-se 1 mL de álcool etílico 60%, seguindo-se leitura em espectrofotômetro em $\lambda = 570 \text{ nm}$. A concentração de aminoácidos solúveis totais foi avaliada utilizando-se curva padrão de solução metionina. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF.

- Compostos totais nitrogenados

A quantidade de compostos nitrogenados totais foi calculada pela somatória das variáveis: ureídeos totais (alantoína e ácido alantóico), nitrato, amônio e aminoácidos. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF.

3.2.4 Produtividade de vagens

Ao final do experimento, as vagens das plantas contidas em 4 metros nas 2 linhas centrais das parcelas foram colhidas. Posteriormente, o material foi devidamente seco em estufa a 30 °C de circulação forçada de ar durante 3 dias posteriormente e pesado em balança analítica. Os valores foram ajustados à umidade de 13% e os resultados foram expressos em t ha^{-1} .

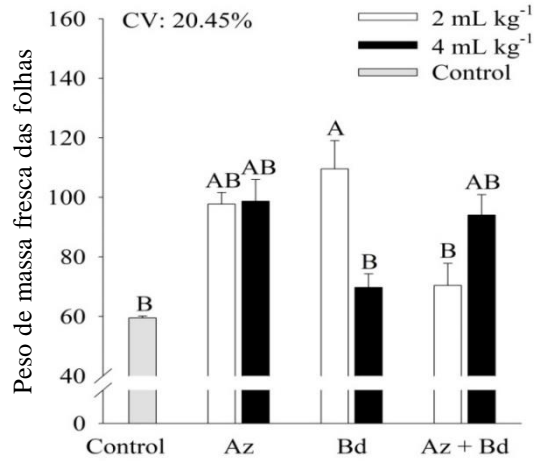
3.2.5 Análise estatística

Por meio do *software* R (R Development Core Team, 2015), os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro e Wilk (1965) e homocedasticidade de Levene, ambos à 0,05 de probabilidade ($p < 0,05$). Posteriormente, os dados normais foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e, quando significativos, as médias foram analisadas pelo teste de Tukey à 0,05 de probabilidade ($p < 0,05$). Procedeu-se à análise de correlação de Pearson ($p < 0,05$) a fim de constatar as variáveis dependentes que se correlacionaram diretamente mediante os tratamentos propostos. O pacote “corrplot” foi acessado para criação do heatmap, utilizando-se as funções “cor” e “cor.mtest” para criação de matrizes de coeficientes e p-valores, respectivamente. A fim de facilitar a visualização das correlações que foram significativas, foram inseridos asteriscos nas células do heatmap.

3.3 Resultados e Discussões

A dose de 2 mL kg^{-1} de Bd foi o único tratamento, que diferiu estatisticamente do controle nas avaliações de Peso Fresco da parte aérea (folhas), diferindo também dos tratamentos Bd (4 mL kg^{-1}) e Az + Bd (2 mL kg^{-1}). Já as duas doses de Az (2 e 4 mL kg^{-1}) e a dose de 4 mL kg^{-1} de Az + Bd não diferiram estatisticamente de nenhum tratamento (Figura 7).

Figura 7 - Massa fresca de parte aérea de plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

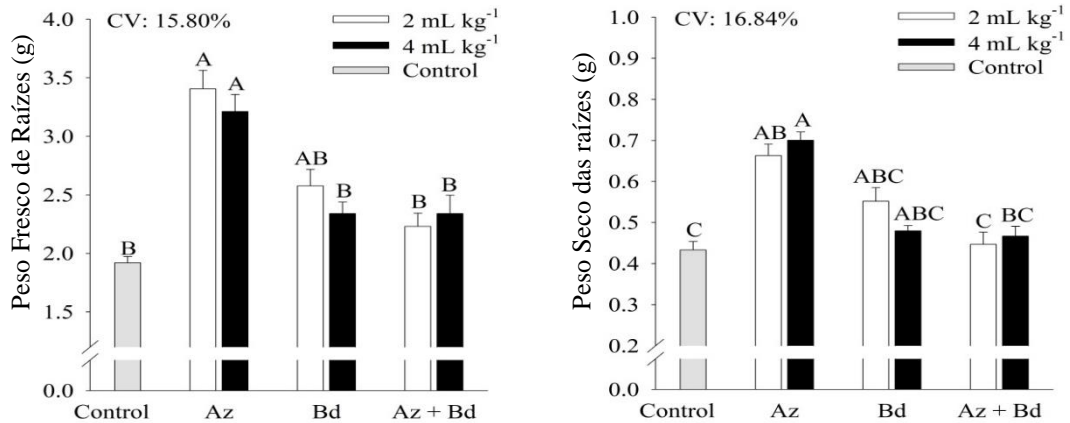


Fonte: Elaborado pela autora

A inoculação com ambas as doses de Az (2 e 4 mL kg⁻¹), promoveram melhores resultados de Peso Fresco de Raízes, quando comparado ao controle, porém não diferiram da dose de 2 mL kg⁻¹ de Bd, este que por sua vez, não apresentou diferenças significativas quanto aos demais tratamentos (controle, 4 mL kg⁻¹ Bd, 2 e 4 mL kg⁻¹ da coinoculação) (Figura 8A).

Nas avaliações referentes ao Peso de Raízes Secas o tratamento Az 4 mL kg⁻¹ diferiu estatisticamente do controle e das duas doses da coinoculação (Az + Bd). O mesmo não apresentou diferenças significativas quando comparado aos tratamentos Az (2 mL kg⁻¹) e Bd (2 e 4 mL kg⁻¹), estes últimos (Bd 2 e 4 mL kg⁻¹) não diferiram do controle e da coinoculação em ambas as doses (Az + Bd 2 e 4 mL kg⁻¹) (Figura 8).

Figura 8 - Massa fresca e massa seca de raízes de plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Elaborado pela autora.

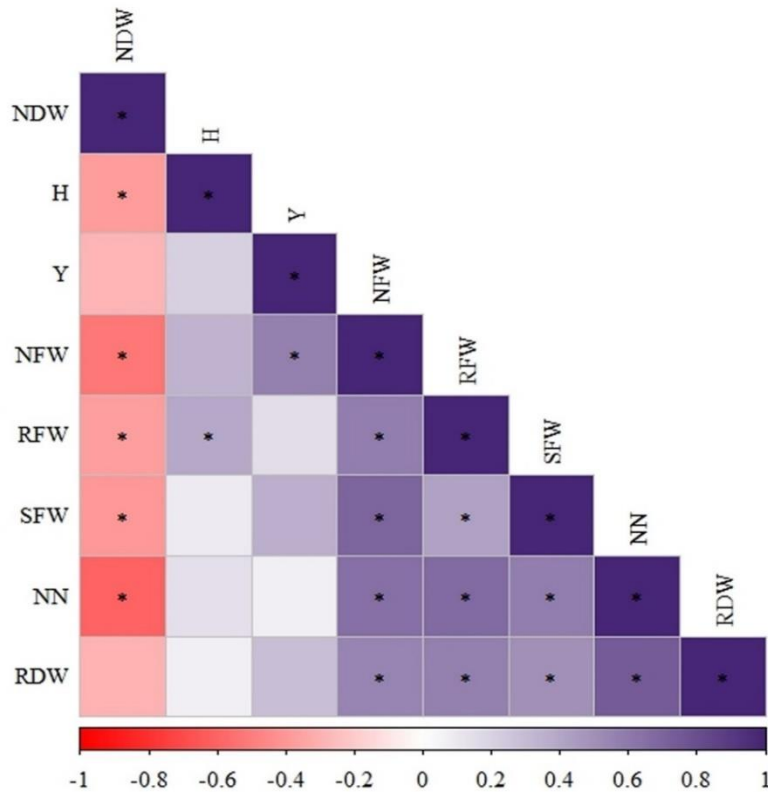
O *Azospirillum brasilense* é uma importante bactéria promotora do crescimento de plantas (BPCP), principalmente por ter uma grande variedade de plantas hospedeiras (CASANOVAS et al., 2015). Ela é caracterizada por estimular a produção de diferentes compostos essenciais para as plantas, dentre eles as auxinas grupo de fito-hormônio, fundamental para o desenvolvimento radicular dos vegetais (MALINICH e BAUER, 2018).

As BPCP favorecem indiretamente o desenvolvimento e a nutrição das plantas, por uma série de mecanismos como, a fixação do N₂, P-mobilização, e ferro quelação. Outro efeito benéfico desses microrganismos é a produção de fito-hormônios e a produção de óxido nítrico que estão associados ao crescimento do sistema radicular (BASHAN e DE-BASHAN, 2010).

A correlação entre massa fresca de parte aérea de plantas e massa fresca de raízes foi positiva (Figura 9). Essa correlação ampara os resultados apresentados nas Figuras 7 e 8, onde os melhores tratamentos referentes ao peso da massa fresca da parte aérea e massa fresca de raízes foram Az (2 e 4 mL kg⁻¹) e Bd (2 mL kg⁻¹), mostrando assim, os efeitos benéficos da desses tratamentos sob esses parâmetros em plantas de amendoim.

Com relação ao número de nódulos (NN), todos os tratamentos foram superiores ao controle. A inoculação com as doses de 2 e 4 mL kg⁻¹ de Az foram os melhores resultados. As doses de 2 e 4 mL kg⁻¹ de Bd e a coinoculação com ambas as doses (2 e 4 mL kg⁻¹) não diferiram entre si (Figura 10).

Figura 9 Heatmap dos coeficientes de correlação de Pearson obtidos a partir de variáveis extraídas de plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*). * indica correlação significativa ($p < 0,05$).



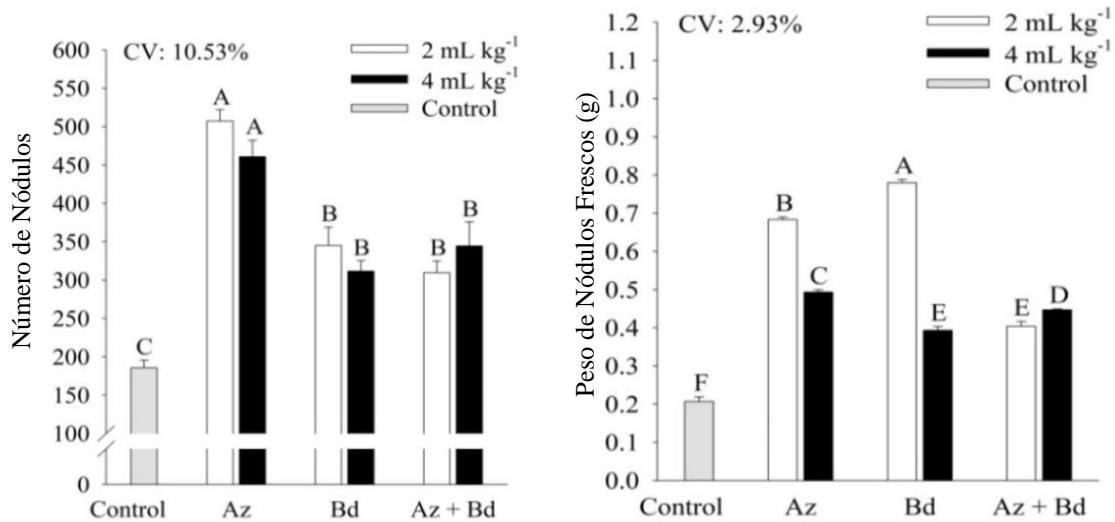
Fonte: Elaborado pela autora.

*Legenda do gráfico de correlação entre as variáveis: Feofitinas a (Ph a), Alantoína (All), Sacarose (Suc), Açúcar (Sug), Nitrato (NO₃), Nitrogênio Total (N), Ácido Alantóico (Al-ac), Ureídeos (Ur), Produtividade (Y), Feofitinas b (Ph b), Aminoácidos (Aa), Carotenoides (Car), Amônia (NH₄), Clorofila b (Chl b), Clorofilas Totais (Chlo), Clorofila a (Chl a), Feofitinas totais (Phe).

A inoculação com Bd 2 mL kg⁻¹ foi o mais eficiente na avaliação de Peso Fresco de Nódulos, seguida da dose de 2 mL kg⁻¹ de Az. A dose de 4 mL kg⁻¹ de Bd e da coinoculação na dose de 2 mL kg⁻¹, não diferiram estatisticamente entre si. O controle foi o tratamento mais ineficiente, obteve pesos mais baixos (Figura 10).

A maioria dos nódulos presentes nas raízes das leguminosas ocorre a partir da simbiose entre planta e rizóbios. É no interior dos nódulos que os bacteroides, promovem a síntese de conversão do NH₃ em N precursores e posteriormente em ureídeos (SOYANO E HOYOSHI, 2014). Segundo Raso (2007), a maior parte do N transportado no xilema das plantas de amendoim são ureídeos (alantoína e ácido alantóico). A bactéria *Bradyrhizobium* sp. SEMIA 6144 utilizada em plantas de amendoim beneficiaram a nodulação, produção de vagens e trocas gasosas do cultivar de amendoim BRS Havana (MELLO et al, 2016).

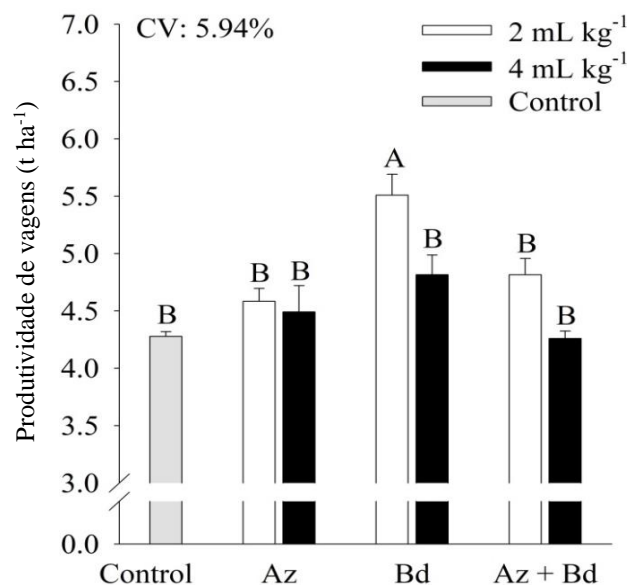
Figura 10 – Número e Peso de nódulos frescos em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Elaborado pela autora.

Nas avaliações de peso de nódulos frescos o melhor tratamento foi a dose de 2 mL kg⁻¹ de *Bradyrhizobium* sp. (Figura 10), o mesmo, proporcionou, maior peso de massa fresca da parte aérea (Figura 7) e a maior produtividade de vagens (5,5 toneladas) (Figura 11). Esses resultados são respaldados pela correlação positiva entre massa fresca de nódulos e produtividade de vagens, conforme Figura 9.

Figura 11 - Rendimento de vagens secas em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



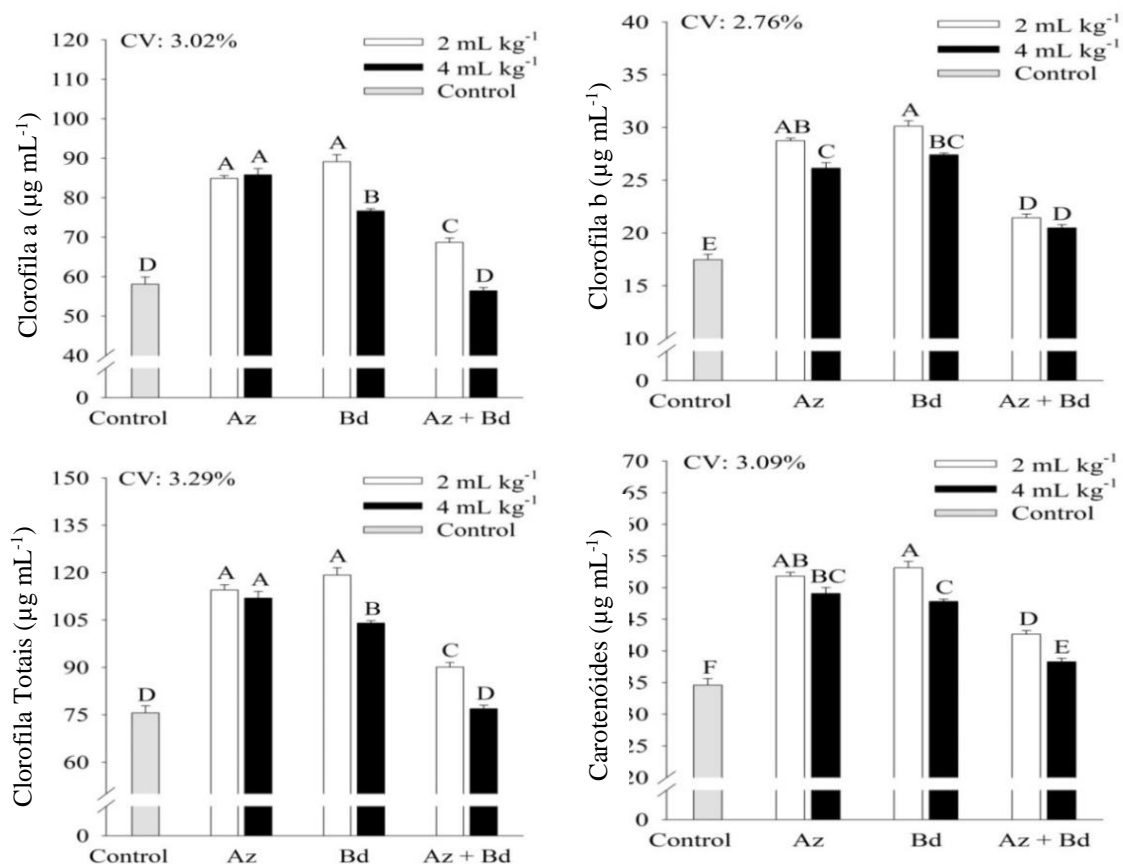
Fonte: Elaborado pela autora.

Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente do controle. A inoculação de Bd 4 mL kg⁻¹ e a coinoculação de Az + Bd na dose de 2 mL kg⁻¹ proporcionaram uma produtividade de 4.8 t ha⁻¹.

3.3.1. Pigmentos fotossintetizantes

As concentrações de clorofila *a* e clorofila total nas folhas de amendoim foram maiores com a inoculação de 2 mL kg⁻¹ de *Bradyrhizobium* sp. (Bd) e nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹ de *Azospirillum brasilense* (Az) (Figura 12). Estes aumentos se deram em 58%, 54% e 53%, respectivamente para as concentrações de clorofila total, quando comparados ao tratamento controle. Nas concentrações de clorofila *b* e carotenóides, a inoculação em sementes de amendoim com Bd e Az separadamente na dose de 2 mL kg⁻¹ foram os resultados que se sobressaíram (Figura 12), obtendo respectivamente 76% e 70% a mais nas concentrações de clorofila *b* e incrementos de 58% e 55% nas análises de carotenóides, quando comparado com o controle.

Figura 12 - Concentração de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e carotenóides em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

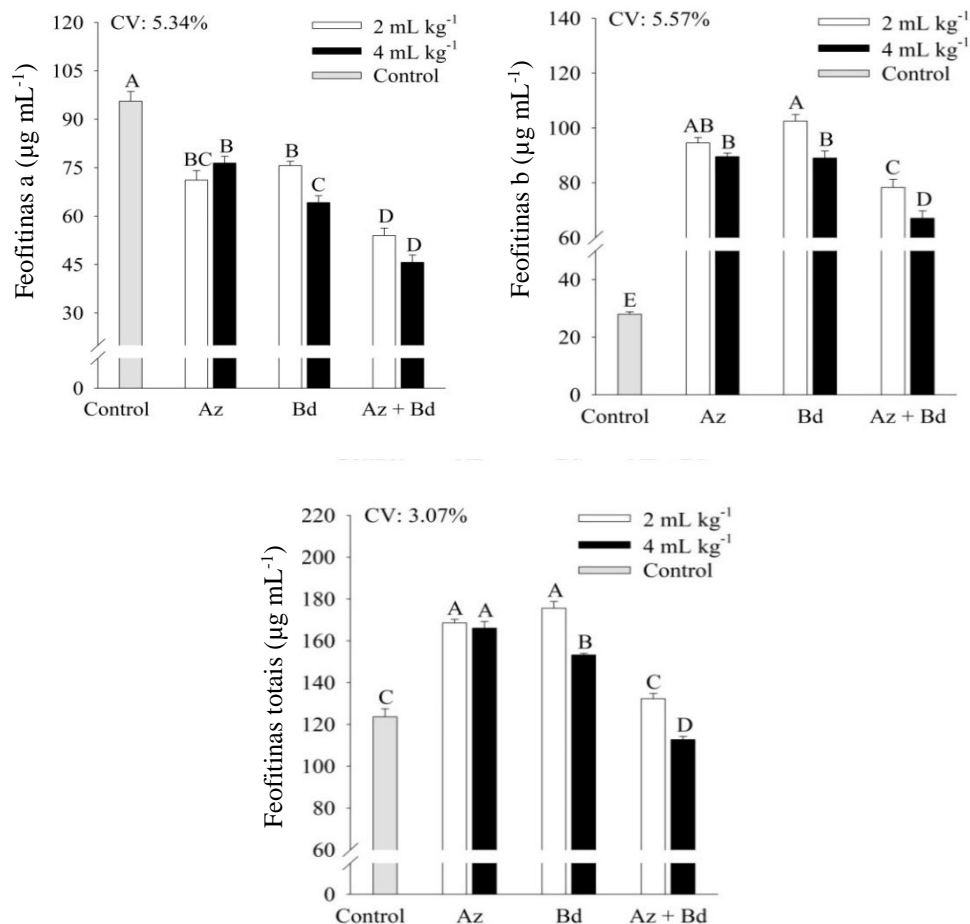


Fonte: Elaborado pela autora.

As menores concentrações de feofitina total observadas foram $115 \mu\text{g mL}^{-1}$, com a coinoculação de 4 mL kg^{-1} de *Bradyrhizobium* sp + *Azospirillum brasilense* (Az + Bd) e $121 \mu\text{g mL}^{-1}$ a partir dos tratamentos controle e Az + Bd 2 mL kg^{-1} (Figura 13). Já as plantas inoculadas com 2 mL kg^{-1} de Bd e 2 e 4 mL kg^{-1} de Az obtiveram aumentos nas concentrações de feofitina total de 50% e 30%, respectivamente, em comparação com as plantas do tratamento controle (Figura 13).

A partir dos resultados obtidos, verifica-se uma tendência positiva em virtude da inoculação de sementes na dose de 2 mL kg^{-1} de Bd e nas doses de 2 e 4 mL kg^{-1} de Az sobre os pigmentos fotossintetizantes das plantas de amendoim.

Figura 13 - Concentração de feofitina a, feofitina b e feofitina total em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg^{-1} . Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Elaborado pela autora

Sementes inoculadas separadamente com Bd e Az proporcionaram plantas com as maiores concentrações de pigmentos fotossintetizantes e carotenóides nas folhas (Figura 12).

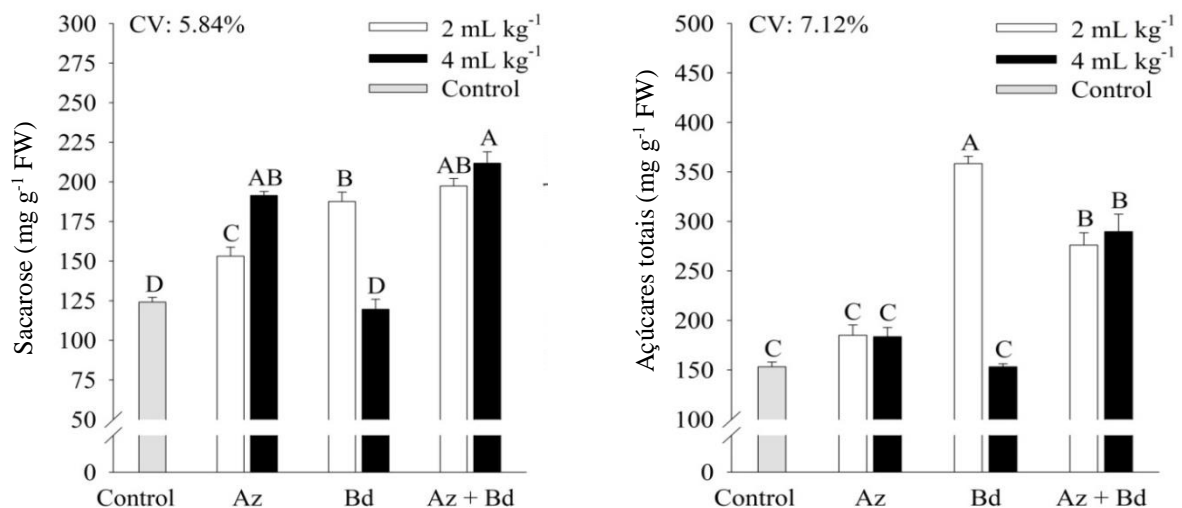
Semelhantemente, notou-se a maior produção de açúcares solúveis totais em plantas inoculadas com *Bradyrhizobium* sp. (Figura 14).

3.3.2. Açúcares totais e sacarose

Os resultados obtidos para as concentrações de açúcares solúveis totais nos tecidos foliares do amendoim foram significativamente maiores com a inoculação de Bd na dose de 2 mL kg⁻¹ (Figura 14). Este aumento se deu em mais de 100% em relação às plantas do tratamento controle. Quando comparado ao com a coinoculação (Az + Bd), este aumento foi de 25% e 23% para as doses de 2 mL kg⁻¹ e 4 mL kg⁻¹, respectivamente. No entanto, a coinoculação em ambas as doses testadas (2 e 4 mL kg⁻¹) promoveram maiores concentrações de açúcares solúveis totais quando comparados ao tratamento controle. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si e do controle (Figura 14).

As concentrações da fração sacarose nos tecidos foliares foram superiores em ambas as doses de Bd + Az e na dose de 2 mL kg⁻¹ de Az (Figura 14). No entanto a dose de 2 mL kg⁻¹ de Az+Bd e de Az, não diferiram estatisticamente da inoculação com Bd na dose de 2 mL kg⁻¹. A coinoculação Bd + Az 4 mL kg⁻¹ promoveu um aumento de 72% na concentração de sacarose quando comparado ao tratamento controle.

Figura 14- Concentração de sacarose e açúcares totais em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Elaborado pela autora.

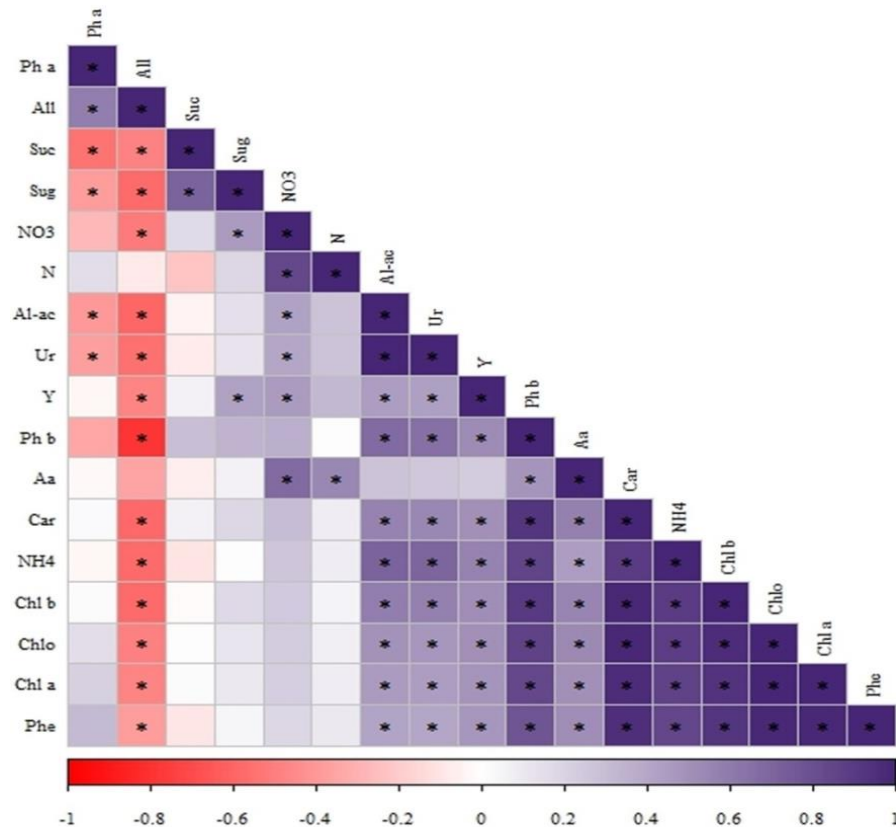
3.3.3. Ureídeos

Quanto ao acúmulo de açúcares totais, este foi influenciado pela fração sacarose, uma vez que a coinoculação (Az + Bd) em ambas as doses e a inoculação com Az na maior dose testada (4 mL kg⁻¹), incrementaram significativamente a produção de sacarose em relação

à testemunha (Figura 14). O tratamento controle apresentou alto teor de feofitina (a) (Figura 8A), este por sua vez, foi negativamente correlacionado com as concentrações de açúcares solúveis e ureídeos totais (Figura 15).

Foi constatado que a concentração da fração alantóina em plantas do tratamento controle obtiveram maiores concentrações (Figura 16). As concentrações de ureídeos totais e ácido alantóico em folhas de amendoim foram maiores a partir da inoculação de Bd nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹ e da coinoculação (Az + Bd 2 mL kg⁻¹), estes não diferiram entre si e apresentaram diferenças significativas quando comparados ao controle. A dose de 4 mL kg⁻¹ de Bd não diferiu de ambas as doses de Az e da coinoculação (Az + Bd 4 mL kg⁻¹). Já a dose de 2 mL kg⁻¹ de Az + Bd não diferiu de ambas as doses de Az (Figura 16).

Figura 15 - Heatmap dos coeficientes de correlação de Pearson obtidos a partir de variáveis extraídas de plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*). * indica correlação significativa ($p < 0,05$).



Fonte: Elaborado pela autora.

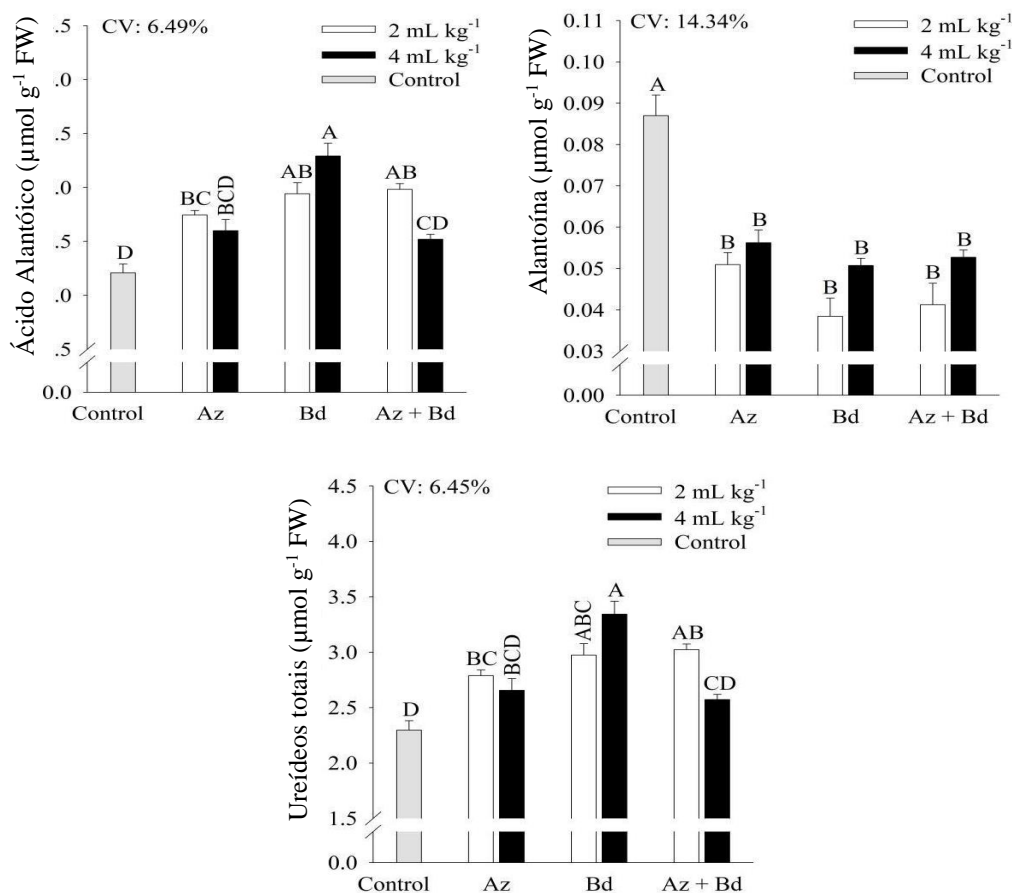
*Legenda do gráfico de correlação entre as variáveis: Feofitinas a (Ph a), Alantóina (All), Sacarose (Suc), Açúcar (Sug), Nitrato (NO₃), Nitrogênio Total (N), Ácido Alantóico (Al-ac), Ureídeos (Ur), Produtividade (Y), Feofitinas b (Ph b), Aminoácidos (Aa), Carotenoides (Car), Amônia (NH₄), Clorofila b (Chl b), Clorofilas Totais (Chlo), Clorofila a (Chl a), Feofitinas totais (Phe).

Observou-se que as plantas inoculadas com 4 mL kg⁻¹ de Bd obtiveram aumento de 28%, tanto na concentração de ácido alantóico, quanto nas análises de ureídeos totais em relação

às plantas do tratamento controle. Estes resultados apontam que há maior influência do ácido alantóico no armazenamento de N em plantas de amendoim, uma vez que a concentração de ureídeos totais não foi influenciada pela fração alantoína.

No que diz respeito ao metabolismo do N nas plantas de amendoim, verificou-se que apenas a concentração de alantoína foi reduzida em virtude da inoculação e coinoculação de BPCP (Figura 16). Em contrapartida, a inoculação com Bd e a coinoculação (Az + Bd) na dose de 2 mL kg⁻¹, promoveram aumentos significativos nas concentrações de ureídeos totais e ácido alantóico, sendo superiores ao tratamento controle (Figura 16). Estes resultados são respaldados pela correlação negativa entre a concentração de alantoína e ureídeos totais (Figura 15). Por outro lado, houve uma correlação positiva entre ácido alantóico e ureídeos totais (Figura 15). Sendo assim, torna-se evidente que os resultados de alantoína não podem ser considerados um fator negativo, visto que a mesma não foi preeminente frente ao acúmulo de ureídeos totais.

Figura 16 - Concentração de ácido alantóico, alantoína e ureídeos totais em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Elaborado pela autora.

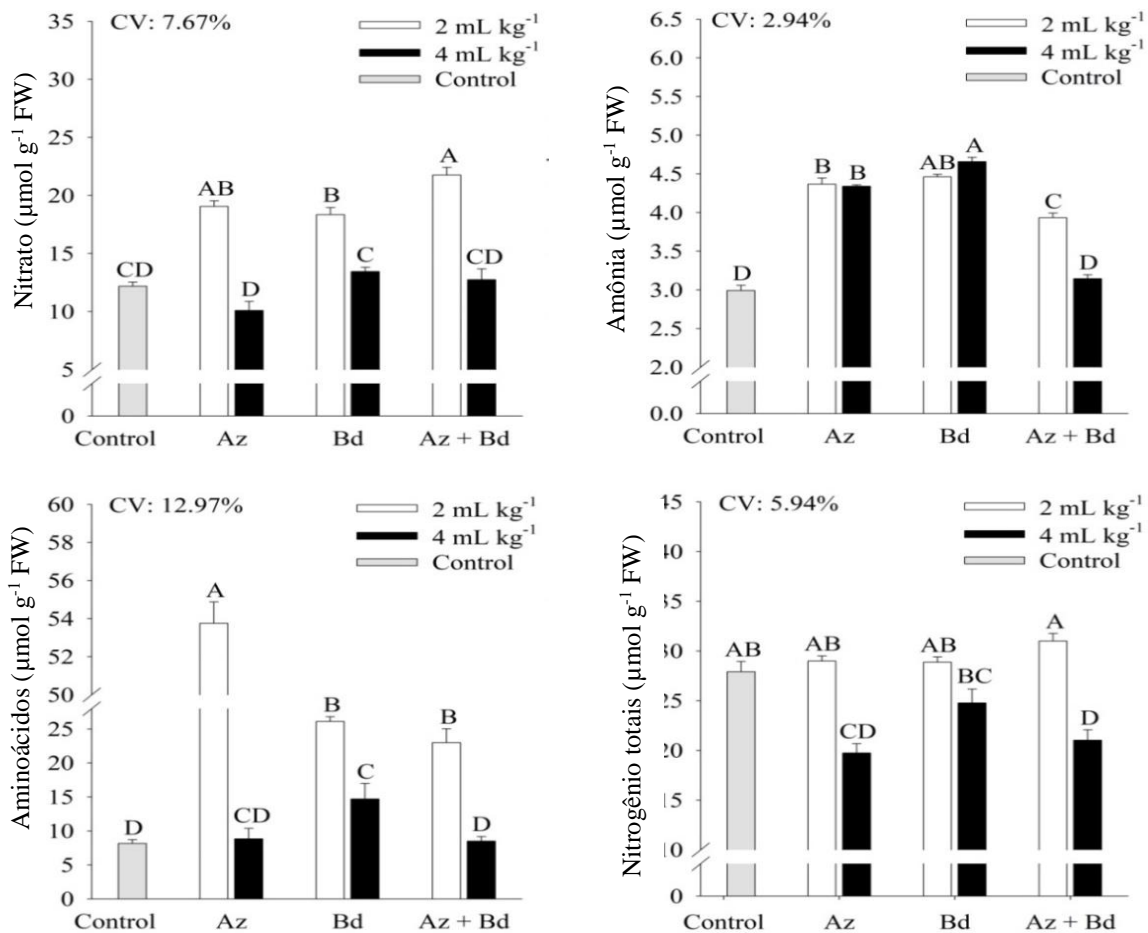
Pressupõe-se que tanto a inoculação quanto a coinoculação de sementes de amendoim com as bactérias em estudos, foram benéficas para a produção de ureídeos totais. Algumas leguminosas como o amendoim exportam o N fixado através dos ureídeos totais (alantoína e ácido alantóico), estes por sua vez são derivados da degradação oxidativa das purinas (CARTER et al., 2016). As concentrações de ureídeos é um forte indicador da fixação biológica do nitrogênio. Teixeira et al., (1981), constatou que as plantas de amendoim inoculadas com rizóbios apresentaram o dobro do teor de ureídeos, quando comparadas às plantas não inoculadas. A sintetização destes compostos ocorre de modo diferente, a alantoína é sintetizada nos peroxissomos a partir do ácido úrico, enquanto o ácido alantóico é sintetizado no retículo endoplasmático a partir da alantoína (LAMBERTO et al., 2010).

3.3.4. Nitrato, amônio, aminoácidos e compostos nitrogenados totais

A concentração de amônio nas folhas indicou o efeito benéfico da inoculação de sementes de amendoim com a bactéria *Bradyrhizobium* sp (Figura 17). Este efeito foi pronunciado nas doses de 4 e 2 mL kg⁻¹, sendo 54% e 50% superiores às plantas do tratamento controle, respectivamente. A inoculação de Az, nas duas doses (2 e 4 mL kg⁻¹) foram 46% superior às plantas do tratamento controle. Já as plantas coinoculadas com 2 mL kg⁻¹, foram 30% superiores, quando comparadas as plantas do controle. A coinoculação com Az + Bd na dose de 4 mL kg⁻¹ não diferiu do controle.

Quanto aos teores de aminoácidos nas folhas de amendoim, estes foram influenciados pela inoculação com Az. (Figura 17). As sementes inoculadas com 2 mL kg⁻¹ de Az apresentaram incrementos na concentração de aminoácidos de 85% em relação às plantas do tratamento controle (Figura 17). A composição de nitrato (NO₃⁻) indicou que a coinoculação de sementes com Az + Bd na dose de 2 mL kg⁻¹, foi 45% superior ao tratamento controle e 46% maior do que o tratamento de sementes com Az + Bd (4 mL kg⁻¹). Sendo 18% e 37% maior que a inoculação de Bd nas doses de 2 mL kg⁻¹ e 4 mL kg⁻¹ respectivamente, e 14% e 55% nas doses de 2 mL kg⁻¹ e 4 mL kg⁻¹ de Az, respectivamente (Figura 17).

Figura 17 - Concentração de nitrato, amônio, aminoácidos e compostos nitrogenados totais em plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) em função de inoculações e coinoculações no tratamento de sementes com bactérias diazotróficas: *Azospirillum brasilense* (Az) e *Bradyrhizobium* sp. (Bd) nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹. Letras classificam médias segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Elaborado pela autora.

A inoculação e coinoculação em sementes de amendoim com BPCP interferiu positivamente nos teores de nitrato, amônio e aminoácidos (Figura 17). De modo geral, as concentrações de nitrato (NO_3^-) se apresentaram mais elevadas do que na forma amoniacal (NH_3^-) (Figura 17). A enzima redutase do nitrato aumenta sua atividade ao receber ambas as fontes de N (NH_4^+ e NO_3^-) e, a partir daí, pressupõe-se que a ação estimulatória do íon de amônio na atividade da enzima favorece a translocação do nitrato (ANDRADE et al. 2001). O acúmulo de nitrato nas folhas aumentou de maneira expressiva por meio da coinoculação de Az + Bd na dose de 2 mL kg⁻¹ e inoculação na dose de 2 mL kg⁻¹ de Az (Figura 17).

As concentrações de aminoácidos foram elevadas a partir da inoculação com a bactéria Az na dose de 2 mL kg⁻¹ (Figura 17). Este aumento pode ser explicado pelo fato do *Azospirillum brasilense* ser uma das bactérias mais eficazes na produção do hormônio responsável pelo crescimento de raízes (auxina), o qual é sintetizado a partir do aminoácido

triptofano (LUGTENBERG, 2009). Segundo Okon et al., (1995), a inoculação mista pode beneficiar o processo da FBN, uma vez que o *Azospirillum brasilense* tem uma mobilidade mais rápida do que o *Bradyrhizobium* sp; desta forma ocupam a rizosfera das leguminosas primeiro, acondicionando as raízes para posteriormente serem colonizadas por microrganismos da família *Rhizobium* como a bactéria *Bradyrhizobium* sp. As respostas positivas com relação ao acúmulo de compostos nitrogenados em plantas coinoculadas e inoculadas podem ser atribuídas aos seguintes fatores: 1) antecipação da nodulação; 2) aumento do número de nódulos; 3) maiores taxas de fixação de N e; 4) melhoria no desenvolvimento radicular (VOLPIN et al., 1994).

Em relação à concentração de amônio, a inoculação com *Bradyrhizobium* sp. nas doses de 2 e 4 mL kg⁻¹ e semelhante estatisticamente as dose 2 e 4 mL kg⁻¹ de Az, foram superiores aos demais tratamentos (Figura 17). Houve uma correlação positiva entre as concentrações de amônio e a produtividade de vagens (Figura 15). Santos et al. (2005) constataram que plantas de amendoim inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium* sp. apresentaram maior acúmulo de nitrogênio e maior produção de biomassa na parte aérea, quando comparadas às plantas não inoculadas, ou em plantas que receberam adubação química nitrogenada. Segundo Hungria et al. (2005) as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* sp. formam nódulos nas raízes das plantas leguminosas. Este processo ocorre a partir da simbiose entre planta/bactéria que possibilita a obtenção de todo o nitrogênio que a cultura necessita para produzir o que eleva a produtividade sem agregar altos custos na produção.

Thies et al. (1991), concluiu que prática de inoculação em sementes de amendoim com bactérias diazotróficas não é recomendável, uma vez que os rizóbios nativos já são eficientes em realizar simbiose com plantas desta espécie. Entretanto, Huang et al., (1990) afirmam que a inoculação é capaz de aperfeiçoar a simbiose e aumentar a produtividade do amendoim. Desde que esta, seja realizada com estirpes selecionadas, é possível garantir maior produtividade em espécies como o amendoim e o feijão, a ponto de dispensar aplicação de fertilizantes nitrogenados advindos da indústria (HUNGRIA et al., 2013).

A inoculação de sementes com produtos formulados a partir das bactérias do gênero *Bradyrhizobium* sp. na soja, já é uma técnica consolidada há alguns anos, onde a partir desta, já foram obtidas produtividades superiores a 4.000 kg ha⁻¹ (HUNGRIA et al., 1997). Assim como na cultura do feijão caupi, onde a produtividade de grãos inoculados com *Bradyrhizobium* sp. superou o controle, produzindo 1.000 kg ha⁻¹ a mais (FILGUEIRAS et al., 2009). Em ensaios realizados por Zilli et al. (2009), a inoculação em sementes de feijão caupi com a estirpe BR 3262 proporcionou rendimentos semelhantes ao tratamento com aplicação de 80 kg ha⁻¹ de

N, em várias aplicações. Na mesma cultura foi constatado um aumento de 41% na produtividade de grãos, quando inoculados com a estirpe INPA 3-11B em regiões do cerrado brasileiro.

No atual estudo a produtividade de vagens de amendoim foi maior em sementes inoculadas com 2 mL kg⁻¹ de *Bradyrhizobium* sp. (Figura 11). A coinoculação de Az + Bd em ambas as doses (2 mL kg⁻¹ e 4 mL kg⁻¹) também foram eficientes. No entanto, foram inferiores à dose de 2 mL kg⁻¹ *Bradyrhizobium* sp. (Figura 11). Sizenando et al. (2016), estudando três isolados de *Bradyrhizobium* sp. em dois genótipos de amendoim (cv. BR 1 e top line L7) verificaram que a inoculação promoveu incrementos na produção de vagens em ambas as cultivares, sendo que, em termos relativos a BR 1, obteve maiores produtividades em virtude da inoculação, quando comparada às demais. A inoculação em sementes de amendoim com a bactéria *Bradyrhizobium* sp. pode promover aumentos de 39% no número de nódulos e 48% no número de vagens (MELLO et al, 2016). Em experimentos realizados em vasos, utilizando à técnica de inoculação com a mesma bactéria em estudo (*Bradyrhizobium* SEMIA 6144), na cultivar de amendoim BR1 Torres-Júnior et al., (2014), alcançou resultados satisfatório em relação a produtividade de vagens.

A dose de 2 mL kg⁻¹ *Bradyrhizobium* sp. elevou as concentrações de amônio, pigmentos fotossintetizantes (feofitina total, clorofila total e carotenoides) e proporcionou a maior produtividade de vagens (Figuras 17,12 e 11). Estes resultados são amparados pela correlação positiva, entre as concentrações de amônio, pigmentos fotossintetizantes (feofitina total, clorofila total e carotenoides) e produtividade de vagens (Figura 15).

3.5 Conclusões

A inoculação em sementes de amendoim com a bactéria *Bradyrhizobium* sp. na dose 2 mL kg⁻¹ elevou o peso de massa fresca da parte aérea e nódulos e também foi o tratamento que proporcionou a maior produtividade de vagens. Sendo assim, nas condições em que este estudo foi desenvolvido a inoculação com Bd na dose de 2 mL kg⁻¹ é o tratamento mais indicado para cultura do amendoim.

3.6 Referências Bibliográficas

ANDRADE, S. R., SANT'ANNA, J., MOSQUIM, P. Efeito da proporção NH₄⁺/NO₃-na distribuição de nitrato e na atividade in vitro da redutase do nitrato de plantas de *Panicum maximum*. **Embrapa Cerrados-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. 12. Planaltina, DF. Brasil. 16 p. 2001.

BARAL, B., IZAGUIRRE-MAYORAL, M. L. Purine-derived ureides under drought and salinity. In: **Advances in Agronomy**. Academic Press, 2017. p. 167-204.

BÁRBARO, I. M.; BRANCALÃO, S. R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. **Técnica alternativa:** co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. [S. l.: s.n.], 2008. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm>. Acesso em: 03 mai. 2018.

BASHAN, Y; DE-BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth—a critical assessment. In: **Advances in agronomy**. Academic Press, 2010. p. 77-136.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUSA JÚNIOR, S. P.; OLIVEIRA, M. I. P.; FIDELES FILHO, J.; SILVA, M. N. B. Ecofisiologia do amendoim. In: BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. (Eds). **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p.125-162.

BENINTENDE, S., UHRICH, W., HERRERA, M., GANGGE, F., STERREN, M., BENINTENDE, M. Comparación entre coinoculación com *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* e inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum* en la nodulación, crecimiento y acumulación de N en el cultivo de soja. **Agriscientia**, Córdoba, v. 27, n. 2, p. 71-77, 2010.

BIELESKI, R.L., TURNER, N.A. Separation and estimation of amino acids in crude plant extratcts by thin-layer electrophoresis and chromatography. **Analitycal Biochemistry**, v. 17, p. 278-293, 1966.

CARTER, A. M., TEGEDER, M. Increasing nitrogen fixation and seed development in soybean requires complex adjustments of nodule nitrogen metabolism and partitioning processes. **Current Biology**, v. 26, n. 15, p. 2044-2051, 2016.

CASANOVAS, E. M; FASCIGLIONE, G; BARASSI, C. A. *Azospirillum* spp. and related PGPRs inocula use in intensive agriculture. In: **Handbook for Azospirillum**. Springer, Cham, 2015. p. 447-467.

CATALDO, D. A., MAROON, M., SCHRADER, L. E., YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 6, n. 1, p. 71-80, 1975.

CHIBEBA, A. M., Kyei-Boahen, S., GUIMARÃES, M. F., NOGUEIRA, M.A., HUNGRIA, M. Feasibility of transference of inoculation-related technologies: A case study of evaluation of soybean rhizobial strains under the agro-climatic conditions of Brazil and Mozambique. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 261, 230-240, 2018.

Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB. Amendoim total (1° e 2° safra) -Brasil: Série histórica da área plantada. Disponível em:<<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

DE MELO, E. B. S; DE LIMA, L. M; FERNANDES-JÚNIOR, P. I; DE TARSO ALDAR, S; FREIRE, M. A. O; FREIRE, R. M. M; DOS SANTOS, R. C. Nodulation, gas exchanges and production of peanut cultivated with *Bradyrhizobium* in soils with different textures. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 2, p. 160-166, 2016.

DUBOIS, M., GILLES, K. A., HAMILTON, J. K., REBERS, P. T., SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

FAYE, B., WEBBER, H., DIOP, M., MBAYE, M., OWUSU-SEKYERE, J., NAAB, J.B., GAISER, T. Potential impact of climate change on peanut yield in Senegal, West Africa. **Field Crops Research**, v. 219, p. 148-159, 2018.

FERLINI, H. A. **Co-Inoculación en Soja (*Glycine max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense***. [S.l.: s.n.], 2006. Disponível em: <http://www.engormix.com/co_inoculacion_soja_glycine_s_articulos_800_AGR.htm>. Acesso: 21. mai. 2018.

FILGUEIRAS, G. C., SANTOS, M. A. S., HOMMA, A. K. O., REBELLO, F. K., CRAVO, M. S. Aspectos socioeconômicos. In: ZILLI, J. E., VILARINHO, A.A., ALVES, J. M. A., eds. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista, Embrapa Roraima, 2009. p.23-58.

HUANG, H. Q., HE, F. R., CHEN, Z. H. Study on the Biological Characteristic of fast-growing peanut rhizobial strains 85-7 and 85-19. **J. Sichuan Agric. Uni**, v. 8, p. 188-193, 1990.

HUNGRIA, M., MEGÍAS, M. Uma década de ouro se aproxima para a microbiologia do solo: expectativas da pesquisa, da indústria, dos agricultores e da sociedade. In: Iberoamerican conference on beneficial plant- microorganism- environment interactions. **Anais... CNPSO**, 2013, p. 510-517, CD-ROM.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J. Fixação biológica do nitrogênio em sistemas agrícolas. In: **Congresso brasileiro de ciência do solo**. SBCS, UFPE Embrapa Solos Pernambuco Rio de Janeiro, 2005.

HUNGRIA, M., VARGAS, M. A. T., CAMPO, R. J. **A inoculação da soja**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1997.

IZAGUIRRE-MAYORAL, M. L., LAZAROVITS, G., BARAL, B. Ureide metabolism in plant-associated bacteria: purine plant-bacteria interactive scenarios under nitrogen deficiency. **Plant and soil**, p. 1-34, 2018.

LAMBERTO, I., PERCUDANI, R., GATTI, R., FOLLI, C. AND PETRUCCO, S. Conserved alternative splicing of Arabidopsis transthyretin-like determines protein localization and S-allantoin synthesis in peroxisomes. **The Plant Cell**, v. 22, n. 5, p. 1564-1574, 2010.

LUGTENBERG, B., KAMILOVA, F. Plant-growth-promoting rhizobacteria. **Annual review of microbiology**, v. 63, p. 541-556, 2009.

MALINICH, E. A; BAUER, C. E. The plant growth promoting bacterium *Azospirillum brasilense* is vertically transmitted in *Phaseolus vulgaris* (common bean). **Symbiosis**, p. 1-12, 2018.

- MCCULLOUGH, H. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. **Clínica química acta**, v. 17, n. 2, p. 297-304, 1967.
- MORETTI, L. G., LAZARINI, E., BOSSOLANI, J.W., PARENTE, T.L., CAIONI, S., ARAUJO, R. S., HUNGRIAM, M. Can Additional Inoculations Increase Soybean Nodulation and Grain Yield?. **Agronomy Journal**, 2017.
- OKON, Y., ITZIGSOHN, R. The development of Azospirillum as a commercial inoculant for improving crop yields. **Biotechnology advances**, v. 13, n. 3, p. 415-424, 1995.
- OUYANG, W., XU, X., HAO, Z., GAO, X. Effects of soil moisture content on upland nitrogen loss. **Journal of hydrology**, v. 546, p. 71-80, 2017.
- PAUNGFUO-LONHIENNE, C., LONHIENNE, T. G., RENTSCH, D., ROBINSON, N., CHRISTIE, M., WEBB, R. I., SCHMIDT, S. Plants can use protein as a nitrogen source without assistance from other organisms. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 11, p. 4524-4529, 2008.
- POFFENBARGER, H.J., SAWYER, J.E., BARKER, D. W., OLK, D.C., SIX, J., CASTELLANO, M. J. Legacy effects of long-term nitrogen fertilizer application on the fate of nitrogen fertilizer inputs in continuous maize. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 265, p. 544-555, 2018.
- RASO, M. J; MUÑOZ, A; PINEDA, M; PIEDRAS, P. Biochemical characterisation of an allantoate-degrading enzyme from French bean (*Phaseolus vulgaris*): the requirement of phenylhydrazine. **Planta**, v. 226, n. 5, p. 1333-1342, 2007.
- R Development Core Team, 2015. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso: 20 set. 2018.
- ROMERO, A. M., VEGA, D., CORREA, O. S. *Azospirillum brasilense* mitigates water stress imposed by a vascular disease by increasing xylem vessel area and stem hydraulic conductivity in tomato. **Applied soil ecology**, v. 82, p. 38-43, 2014.
- SANTOS, C. E. R. S., STAMFORD, N.P., FREITAS, A. D. S., VIEIRA, I. M. M. B., SOUTO, S. M., NEVES, M. C. P., RUMJANEK, N. G. Efetividade de rizóbios isolados de solos da região nordeste do Brasil na fixação do N₂ em amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Acta Scientiarum**, v27, n2, p301-307, 2005.
- SHAPIRO, S. S., WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.
- SIZENANDO, C. I. T., RAMOS, J. P. C., FERNANDES-JÚNIOR, P. I., DE LIMA, L. M., FREIRE, R. M. M., DOS SANTOS, R. C. Agronomic efficiency of Bradyrhizobium in peanut under different environments in Brazilian Northeast. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 37, p. 3482-3487, 2016.
- SOYANO, T; HAYASHI, M. Transcriptional networks leading to symbiotic nodule organogenesis. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 20, p. 146-154, 2014

TEIXEIRA, J. P. F., DA SILVA, M. T. R., LOPES, E. S., GIARDINI, A. R. Ocorrência de ureídeos em folhas de amendoim como indicativo de fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico. **Bragantia**, v. 40, n. 1, p. 193-197, 1981.

THIES, J. E., BOHLOOL, B. B., SINGLETON, P. W. Subgroups of the cowpea miscellany: symbiotic specificity within *Bradyrhizobium* spp. for *Vigna unguiculata*, *Phaseolus lunatus*, *Arachis hypogaea*, and *Macroptilium atropurpureum*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 57, n. 5, p. 1540-1545, 1991.

TORRES-JUNIOR, C. V.; LEITE, J.; DE ROSALIA, C. E.; SANTOS, S.; FERNANDES-JUNIOR, P. I.; ZILLI, J.; XAVIER, G. R. Diversity and symbiotic performance of peanut rhizobia from Southeast region of Brazil. **African Journal of Microbiology Research**, v. 8, n. 6, p. 566-577, 2014.

VAN, E. H. Determination of fructose and fructose-yielding carbohydrates with cold anthrone. **Analytical Biochemistry**, v. 19, n. 1, p. 193-194, 1967.

VITOUSEK, P. M., MENGE, D. N., REED, S. C., CLEVELAND, C. C. Biological nitrogen fixation: rates, patterns and ecological controls in terrestrial ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 368, n. 1621, p. 20130119, 2013.

VOGELS, G. D., VAN DER DRIFT, C. Differential analyses of glyoxylate derivatives. **Analytical biochemistry**, v. 33, n. 1, p. 143-157, 1970.

VOLPIN, H., KAPULNIK, Y. Interaction of *Azospirillum* with beneficial soil microorganisms. **Azospirillum/plant associations**, p. 111-118, 1994.

YEMM, E. W., COCKING, E. C., RICKETTS, R. E. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, n. 948, p. 209-214, 1955.

WANG, X., FAN, J., XING, Y., XU, G., WANG, H., DENG, J., WANG, Y., ZHANG, F., LI, P., LI, Z. The Effects of Mulch and Nitrogen Fertilizer on the Soil Environment of Crop Plants. **Adv. Agron**, v. 153, p.121–173, 2019.

ZILLI, J. E., MARSON, L. C., MARSON, B. F., RUMJANEK, N. G., XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 04, p. 749-758, 2009.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação buscou analisar os efeitos da utilização de bactérias promotoras do crescimento de plantas na cultura do amendoim. Especificamente, procurou elaborar um panorama da produção em cidades do Oeste Paulista (Nova Alta Paulista) e avaliar a influência do uso de BPCP na produção de pigmentos fotossintetizantes açúcares solúveis totais, compostos nitrogenados, parâmetros fitotécnicos e no desempenho da produtividade.

De modo geral, os objetivos foram contemplados, sendo que a inoculação na dose de 2 mL kg⁻¹ de *Bradyrhizobium* sp. foi o tratamento que promoveu a maior produtividade de vagens de amendoim e influenciou no aumento de diferentes compostos bioquímicos e parâmetros fitotécnicos em específico o peso de massa fresca de nódulos e parte aérea.

Inicialmente promoveu-se um levantamento de dados referentes à cultura do amendoim a nível mundo, Brasil e alguns municípios localizados na região da Alta Paulista do estado de São Paulo, dentre eles, o município de Tupã. A partir desse estudo foi possível averiguar a dimensão da produção e da área cultivada com amendoim nessas localidades. Tupã está inserido em uma das regiões que mais contribui com a produção e exportação nacional da leguminosa, o que gera mão de obra nos diferentes segmentos da cadeia produtiva e contribui com o desenvolvimento socioeconômico.

Verificou-se que a inoculação em sementes de amendoim com as bactérias promotoras do crescimento de plantas, como apontado nos capítulos 3 e 4 dessa dissertação, são capazes de promover o melhor desenvolvimento vegetal. Além disso, cabe destacar que são escassos os estudos na cultura do amendoim, ao contrário do observado em outras leguminosas de maior importância econômica em nível nacional como a soja e o feijão. Já a cultura do amendoim tem maior destaque no cenário Paulista, mais especificadamente em duas regiões (Alta Mogiana e Alta Paulista). O atual estudo referente ao capítulo 3 e 4 é um dos estudos pioneiros na área. Sendo assim, é evidente a necessidade de novos estudos voltados principalmente para técnicas e manejo que possam elevar a produtividade da cultura do amendoim sem agregar altos custos na produção.