

# Ciências Agrárias: Campo Promissor em Pesquisa 5

**Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)**

**Jorge González Aguilera**  
**Alan Mario Zuffo**  
(Organizadores)

**Ciências Agrárias: Campo Promissor  
em Pesquisa**  
**5**

**Atena Editora**  
**2019**

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.ª Dr.ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C569	Ciências agrárias [recurso eletrônico] : campo promissor em pesquisa 5 / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ciências Agrárias. Campo Promissor em Pesquisa; v. 5)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-419-1 DOI 10.22533/at.ed.191192006  1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária – Brasil. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario. III. Série. CDD 630
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Agrárias: Campo Promissor em Pesquisa*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta seu volume 5, em seus 22 capítulos, conhecimentos aplicados as Ciências Agrárias e do Solo.

A produção de alimentos nos dias de hoje enfrenta vários desafios e a quebra de paradigmas é uma necessidade constante. A produção sustentável de alimentos vem a ser um apelo da sociedade e do meio acadêmico, na procura de métodos, protocolos e pesquisas que contribuam no uso eficiente dos recursos naturais disponíveis e a diminuição de produtos químicos que podem gerar danos ao homem e animais.

Este volume traz uma variedade de artigos alinhados com a produção de conhecimento na área das Ciências Agrárias e do Solo, ao tratar de temas como fertilidade e qualidade do solo, conservação de forragem, retenção de água no solo, biologia do solo, entre outros. São abordados temas inovadores relacionados com a cultura da canola, milho, feijão, melão, soja, entre outros cultivos. Os resultados destas pesquisas vêm a contribuir no aumento da disponibilidade de conhecimentos úteis a sociedade.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Agrárias e do Solo, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Agronomia e do Solo, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 1 ..... 1

#### ADAPTAÇÃO DA CANOLA EM CONDIÇÃO DE SAFRINHA NO PLANALTO SERRANO DE SANTA CATARINA

*Thaís Lemos Turek*  
*Luiz Henrique Michelin*  
*Jonathan Vacari*  
*Robson Drun*  
*Volni Mazzuco*  
*Ana Flávia Wuaden*

**DOI 10.22533/at.ed.1911920061**

### CAPÍTULO 2 ..... 14

#### APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO RÁPIDO DA ESTRUTURA DO SOLO (DRES) NO PROJETO DE ASSENTAMENTO NOSSA SENHORA DO PERPÉTUO SOCORRO

*Thamires Oliveira Gomes*  
*Gleidson Marques Pereira*  
*Thayrine Silva Matos*  
*Jhuan Santana Silva Brito*  
*Eliane de Castro Coutinho*  
*Gleicy Karen Abdon Alves Paes*  
*Seidel Ferreira dos Santos*

**DOI 10.22533/at.ed.1911920062**

### CAPÍTULO 3 ..... 22

#### AValiação da fertilidade do Latossolo Amarelo textura média sob o efeito residual de adubação em plantas de “SORRISO DE MARIA” (ASTER ROX) na região do Nordeste Paraense

*Hiago Marcelo Lima da Silva*  
*Alasse Oliveira da Silva*  
*Dioclea Almeida Seabra Silva*  
*Ismael de Jesus Matos Viégas*  
*Camilly Ribeiro Fernandes*

**DOI 10.22533/at.ed.1911920063**

### CAPÍTULO 4 ..... 29

#### AValiação da fertilidade do solo em um ecótono floresta-cerrado da floresta Nacional de Carajás

*Álisson Rangel Albuquerque*  
*Milena Pupo Raimam*  
*André Luís Macedo Vieira*  
*Jadiely Camila Farinha da Silva*  
*Islen Theodora Saraiva Vasconcelos Ramos*  
*Joyce Santos de Bezerra*  
*Emilly Gracielly dos Santos Brito*  
*Oswaldo Ribeiro Nogueira Neto*  
*Thais Binow Dias*  
*Tales Caldas Soares*  
*João Enrique Oliveira de Paiva*  
*Thiago Martins Santos*

**DOI 10.22533/at.ed.1911920064**

<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>37</b>
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO NO SETOR DE AGRICULTURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA EM BANANEIRAS-PB	
<i>David Marx Antunes de Melo</i>	
<i>Ivan Sérgio da Silva Oliveira</i>	
<i>Thiago do Nascimento Coaracy</i>	
<i>Fabiana do Anjos</i>	
<i>Sara Beatriz da Costa Santos</i>	
<i>André Carlos Raimundo da Silva</i>	
<i>Alexandre Eduardo de Araújo</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1911920065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>47</b>
AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE SOLO SOB TRATAMENTO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DO HERBICIDA GLIFOSATO	
<i>Jaíne Ames</i>	
<i>Antônio Azambuja Miragem</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1911920066</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>54</b>
CAPSULA DE CULTIVO AUTO-SUFICIENTE, LIBRE DE CONTAMINACIÓN, INDEPENDIENTE DE LA ATMÓSFERA, CON LA UTILIZACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO	
<i>Juan Manuel Silva López</i>	
<i>Flavia Cordeiro Da Silva Alamini</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1911920067</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>66</b>
CONSERVAÇÃO DE FORRAGEM NA FORMA DE SILAGEM: UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA E PRÁTICA	
<i>Robson Vinício do Santos</i>	
<i>Marta Xavier de Carvalho Correia</i>	
<i>Mércia Cardoso da Costa Guimarães</i>	
<i>Paulo Márcio Barbosa de Arruda Leite</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1911920068</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>72</b>
DINÂMICA DA RESISTÊNCIA DO SOLO EM ÁREA CULTIVADA COM MILHETO NO SEMIARIDO	
<i>Priscila Pascali da Costa Bandeira</i>	
<i>Jonatan Levi Ferreira de Medeiros</i>	
<i>Poliana Maria da Costa Bandeira</i>	
<i>Ana Beatriz Alves de Araújo</i>	
<i>Suedêmio de Lima Silva</i>	
<i>João Paulo Nunes da Costa</i>	
<i>Antônio Diego da Silva Teixeira</i>	
<i>Erllan Tavares Costa Leitão</i>	
<i>Elioneide Jandira de Sales Pereira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1911920069</b>	

**CAPÍTULO 10 ..... 83**

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO ESCARIFICADO

*Leonardo Rodrigues Barros*

*Vladiá Correchel*

*Adriana Aparecida Ribon*

*Everton Martins Arruda*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200610**

**CAPÍTULO 11 ..... 94**

EFEITO DE DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO NO FEIJOEIRO IRRIGADO NA REGIÃO DE ALEGRETE-RS

*Laura Dias Ferreira*

*Ana Rita Costenaro Parizi*

*Luciane Maciel Arce*

*Chaiane Guerra da Conceição*

*Giulian Rubira Gauterio*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200611**

**CAPÍTULO 12 ..... 103**

EFEITOS DOS MICRORGANISMOS SOBRE O PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS NO LEITE E DERIVADOS

*Tiago da Silva Teófilo*

*Maria Vivianne Freitas Gomes de Miranda*

*Mylena Andréa Oliveira Torres*

*Taliane Maria da Silva Teófilo*

*Tatiane Severo Silva*

*Eugênia Emanuele dos Reis Lemos*

*Lúcia Mara dos Reis Lemos*

*Nayane Valente Batista*

*Vitor Lucas de Lima Melo*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200612**

**CAPÍTULO 13 ..... 113**

IMPACTO DE DIFERENTES USOS DO SOLO SOBRE OS ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO EM ÁREAS DE CERRADO

*Hamanda Candido da Silva*

*Isabella Larissa Marques Macedo*

*Thaimara Ramos de Souza*

*Ângela Bernardino Barbosa*

*Adilson Alves Costa*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200613**

**CAPÍTULO 14 ..... 119**

IMPACTO NO DESENVOLVIMENTO RURAL: O CASO DO MELÃO NO PROJETO LAGO DE SOBRADINHO

*José Maria Pinto*

*Jony Eishi Yury*

*Nivaldo Duarte Costa*

*Rebert Coelho Correia*

*Marcelo Calgato*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200614**

**CAPÍTULO 15 ..... 126**

**INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO PA**

*Maria Lucilene de Oliveira Gonçalves  
Júlia Karoline Rodrigues das Mercês  
Wesley Nogueira Coutinho  
Amanda Catarine Ribeiro Da Silva  
Jackeline Araújo Mota Siqueira  
Carina Melo da Silva  
Alberto Cruz da Silva Júnior  
Cássio Rafael Costa dos Santos  
Carolina Melo da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200615**

**CAPÍTULO 16 ..... 138**

**POTENCIAL DE NODULAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA DE BACTÉRIAS ISOLADAS DE NÓDULOS DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM SOLOS DA CAATINGA EM ALAGOAS**

*Ana Jéssica Gomes Guabiraba  
Jéssica Moreira da Silva Souza  
Jônatas Oliveira Costa  
José Vieira Silva  
Flávia Barros Prado Moura  
Jakson Leite*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200616**

**CAPÍTULO 17 ..... 149**

**REAÇÃO DE PLANTAS DANINHAS A *Meloidogyne javanica***

*Ricardo Rubin Balardin  
Cristiano Bellé  
Rodrigo Ferraz Ramos  
Lisiane Sobucki  
Daiane Dalla Nora  
Zaida Inês Antonioli*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200617**

**CAPÍTULO 18 ..... 158**

**SIMULAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO DO SOLO SOB PLANTIO CONVENCIONAL E DIRETO NA REGIÃO DO CERRADO DA BAHIA**

*Luciano Nascimento de Almeida  
Adilson Alves Costa*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200618**

**CAPÍTULO 19 ..... 172**

**SIMULAÇÃO E CALIBRAÇÃO DO MODELO AQUACROP PARA A ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA**

*Gutemberg Porto de Araujo  
Marcos Antônio Vanderlei Silva  
Evandro Chaves de Oliveira  
Ramon Amaro de Sales  
Silas Alves Souza*

**DOI 10.22533/at.ed.19119200619**

<b>CAPÍTULO 20 .....</b>	<b>182</b>
TEMPO DE CONTATO SOLO: SOLUÇÃO E VELOCIDADE DE AGITAÇÃO NA EXTRAÇÃO DE FÓSFORO DISPONÍVEL POR MEHLICH-1	
<i>Estefenson Marques Morais</i>	
<i>Sara Letícia Paixão da Silva</i>	
<i>Naryel Santos Batista</i>	
<i>Julian Junio de Jesus Lacerda</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.19119200620</b>	
<b>CAPÍTULO 21 .....</b>	<b>184</b>
USO DE POLÍMERO HIDRORETENTOR NA PRODUÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA	
<i>Pablo Ramon da Costa</i>	
<i>Sueni Medeiros do Nascimento</i>	
<i>Emerson Moreira de Aguiar</i>	
<i>Alysson Lincoln da Costa Silva Júnior</i>	
<i>Jefferson Avelino da Costa</i>	
<i>Wanderson Câmara dos Santos</i>	
<i>João Manuel Barreto da Costa</i>	
<i>Samuel Noberto Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.19119200621</b>	
<b>CAPÍTULO 22 .....</b>	<b>193</b>
USO DO FOGO PARA IMPLANTAÇÃO DE ROÇADOS POR AGRICULTORES FAMILIARES DE CHAPADINHA-MA	
<i>Gênesis Alves de Azevedo</i>	
<i>James Ribeiro de Azevedo</i>	
<i>Mauricio Marcon Rebelo Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.19119200622</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b>	<b>197</b>

## POTENCIAL DE NODULAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FENOTÍPICA DE BACTÉRIAS ISOLADAS DE NÓDULOS DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM SOLOS DA CAATINGA EM ALAGOAS

### Ana Jéssica Gomes Guabiraba

Universidade Federal de Alagoas, *Campus*  
Arapiraca, Arapiraca - Alagoas

### Jéssica Moreira da Silva Souza

Universidade Federal de Alagoas, *Campus*  
Arapiraca, Arapiraca - Alagoas

### Jônatas Oliveira Costa

Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde,  
Universidade Federal de Alagoas, *Campus* A. C.  
Simões, Maceió - Alagoas

### José Vieira Silva

Universidade Federal de Alagoas, *Campus*  
Arapiraca, Arapiraca - Alagoas

### Flávia Barros Prado Moura

Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde,  
Universidade Federal de Alagoas, *Campus* A. C.  
Simões, Maceió - Alagoas

### Jakson Leite

Universidade Federal de Alagoas, *Campus*  
Arapiraca, Arapiraca - Alagoas

**RESUMO:** A Caatinga é rica em espécies de leguminosas, mas o potencial de nodulação destas leguminosas e a diversidade das bactérias associadas aos seus nódulos ainda é pouco conhecido. Este estudo objetivou avaliar o potencial de nodulação de leguminosas arbóreas (*Chloroleucon dumosum*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Erythrina velutina* e *Leucaena leucocephala*) com os rizóbios de amostras de solo coletadas

em áreas da Caatinga e caracterizar o fenótipo das bactérias isoladas dos nódulos. Amostras de solo foram coletadas em quatro áreas no estado de Alagoas. As espécies foram cultivadas nas quatro amostras de solo em casa de vegetação e os nódulos coletados aos 60 dias após a emergência. As bactérias foram isoladas e caracterizadas. A nodulação variou conforme os solos e as leguminosas arbóreas. *C. dumosum* e *E. contortisiliquum* mostraram melhor nodulação e variabilidade de rizóbios em todas as áreas. *E. velutina* apresentou nodulação baixa em todas as áreas, seguindo de *L. leucocephala* que teve o pior desempenho na nodulação com as populações nativas de rizóbios, inclusive ocorrendo a não formação de nódulos no solo coletado em Delmiro Gouveia área 2 (DG2). Na coleção de 129 bactérias obtida após os isolamentos foram encontrados seis grupos fenotípicos. Três grupos (G1, G2 e G3) reuniram as bactérias de crescimento lento, que representam 64% da coleção e três grupos (G4, G5 e G6) que congregaram as bactérias de crescimento rápido. *C. dumosum*, *E. contortisiliquum*, *E. velutina* e *L. leucocephala* apresentam variabilidade de nodulação nos solos de Caatinga e seus nódulos abrigam diferentes populações de bactérias fenotipicamente diversas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rizóbios, Fixação Biológica de Nitrogênio, Simbiose.

**ABSTRACT:** The Caatinga is rich in legume species, but the nodulation potential of these legumes and the diversity of the bacteria associated with their nodules is still poorly explored. We aimed to evaluate the nodulation potential of tree legumes (*Chloroleucon dumosum*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Erythrina velutina* and *Leucaena leucocephala*) with the rhizobia population from Caatinga soils and to characterize the bacteria isolated from the nodules. Soil samples were collected in four areas in the state of Alagoas. The species were cultivated in the four soil samples in greenhouse and nodules collected 60 days post emergence. Bacteria were isolated from nodules and characterized. The nodulation varied according to the soils and the tree legumes. *C. dumosum* and *E. contortisiliquum* performed better on nodulation and bacterial phenotypic variability of rhizobia in all areas. *E. velutina* presented low nodulation in all areas, followed by *L. leucocephala*, which had the worst nodulation performance, including the occurrence of no nodules in the soil collected in Delmiro Gouveia area 2 (DG2). The 129 isolated bacteria formed six phenotypic groups. Three groups (G1, G2 and G3) assembled the slow-growing bacteria, which represent 64% of the collection, and three groups (G4, G5 and G6) that congregated fast-growing bacteria. *C. dumosum*, *E. contortisiliquum*, *E. velutina* and *L. leucocephala* showed nodulation variability in Caatinga soils and their nodules harbor phenotypically diverse bacteria.

**KEYWORDS:** Rhizobia, Biological Fixation Nitrogen, Symbiosis.

## 1 | INTRODUÇÃO

O processo de restauração da Caatinga enfrenta dois grandes filtros: a baixa disponibilidade de água durante a maior parte do ano e a de nitrogênio nos solos. O nitrogênio é um dos elementos que mais limita o crescimento vegetal e a sua baixa disponibilidade nos solos da Caatinga limita o crescimento das plantas. Contra esse cenário, as matas da Caatinga são ricas em presença de espécies da família Fabaceae (=Leguminosae), sendo uma das famílias botânicas mais representadas no bioma (Queiroz, 2009).

Muitas leguminosas podem obter o nitrogênio necessário para seu crescimento através da simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, genericamente chamadas de rizóbios (Moreira e Siqueira, 2006). Em simbiose com os rizóbios, algumas leguminosas da Caatinga superam o filtro da baixa disponibilidade de nitrogênio do solo, garantindo o nitrogênio para seu crescimento e contribuindo para a entrada de N no ecossistema a partir da fixação biológica de nitrogênio (Freitas et al., 2010).

Na fixação biológica de nitrogênio (FBN), o rizóbio captura o N<sub>2</sub> da atmosfera e converte em NH<sub>4</sub>, que posteriormente é disponibilizado para as plantas (Moreira e Siqueira, 2006). Essa conversão de nitrogênio atmosférico em N amoniacal acontece dentro dos nódulos, que são estruturas hipertróficas nas raízes ou caule onde as

bactérias são abrigadas (Cassetari, et al., 2016). A presença de nódulos nas raízes ou caule das leguminosas caracteriza o fenótipo resultado da interação entre leguminosas e rizóbios.

A maioria das espécies de leguminosas da Caatinga é capaz de se associar a espécies de bactérias fixadoras de nitrogênio (Freitas et al., 2011). Como os solos da Caatinga são pobres em matéria orgânica, e nestas áreas é muito raro o uso de fertilizantes nitrogenados, a fixação biológica do nitrogênio tem um importante papel na manutenção e crescimento das plantas (Freitas et al., 2010).

A identificação de parcerias eficientes entre leguminosas e rizóbios dos solos da Caatinga é crucial para a seleção de parceiros simbióticos eficientes em promover, primeiro, o crescimento das leguminosas e, segundo, a entrada de nitrogênio nos solos dessa floresta sazonalmente seca. Nesse processo, o potencial de nodulação das leguminosas com as populações nativas de rizóbios dos solos da Caatinga é a etapa inicial para a identificação de simbioses eficientes. Em adição, o isolamento e a caracterização das bactérias associadas aos nódulos permitem conhecer o espectro de simbiontes possíveis da leguminosa.

Com isso, o objetivo desse estudo foi avaliar o potencial de nodulação de leguminosas arbóreas com as populações de rizóbios de solos de Caatinga e caracterizar o fenótipo das bactérias isoladas dos nódulos.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Coleta de Amostras de Solo

Amostras de solos foram coletadas em quatro áreas sob vegetação da Caatinga do estado de Alagoas no mês de novembro de 2016. As áreas estão dentro dos limites dos municípios Pão de Açúcar (09° 43' 45" S, 37° 27' 21" W), Girau do Ponciano (09° 43' 39" S, 36° 53' 55" W), e duas áreas no município de Delmiro Gouveia: DG 1 (09° 21' 00" S, 37° 59' 24" W), DG 2 (09° 30' 56" S, 37° 54' 23" W). Todas as áreas estão localizadas na região do Baixo São Francisco. Em cada área foram estabelecidas quatro parcelas de 5x5 de onde foi coletada uma amostra composta (2,0 Kg) por 16 subamostras coletadas na profundidade de 0 – 10 cm. Parte das amostras dos solos (0,5 kg) foi utilizada para determinar os atributos químicos (Tabela 1). A outra parte (1,5 Kg) foi utilizada para a o teste de nodulação em leguminosas arbóreas.

Características	DG1	DG2	PA	GP
pH (H <sub>2</sub> O)	5,7	5,3	5,8	5,7
Matéria orgânica (g dm <sup>-3</sup> )	3,0	3,8	4,2	5,1
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	6,2	2,5	1,6	1,8
P (mg dm <sup>-3</sup> )	15,0	4,0	116,0	6,0
K (mg dm <sup>-3</sup> )	144,0	128,0	193,0	180,0

Na (mg dm <sup>-3</sup> )	41,0	30,0	50,0	49,0
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	6,8	5,1	12,6	6,7
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,6	1,6	3,0	3,7
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0
H + Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,1	4,8	3,1	4,4
Soma de base (cmolc dm <sup>-3</sup> )	11,9	7,2	16,3	11,1
CTC (cmolc dm <sup>-3</sup> )	11,9	7,2	16,3	11,1
Saturação de bases - V (%)	79,4	59,9	84,0	71,6

Tabela 1. Características químicas de amostras de solos coletadas em áreas com vegetação de Caatinga do estado de Alagoas.

DG1: Delmiro Gouveia área 1. DG2: Delmiro Gouveia área 2. PA: Pão de Açúcar. GP: Girau do Ponciano.

## 2.2 Teste de Nodulação e Captura das Bactérias

O potencial de quatro leguminosas arbóreas (*Chloroleucon dumosum*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Erythrina velutina* e *Leucaena leucocephala*) em nodular com as populações de rizóbios de quatro amostras de solo foi avaliado em experimento conduzido em casa de vegetação. As plantas foram cultivadas em potes de 500 mL preenchidos com 200 g do solo testado misturados a 50 g de vermiculita estéril. Antes do plantio, as sementes foram escarificadas com lixa e, posteriormente, desinfestadas com álcool (70%) por 1 minuto, hipoclorito de sódio (2%) por 3 minutos e 5 lavagens sucessivas em água destilada estéril. Aos dez dias após emergência foi feito o desbaste das plantas deixando duas plantas por pote. As plantas foram regadas uma vez por semana com 100 mL de solução nutritiva de Norris (Vincent, 1970) isenta de nitrogênio e com água autoclavada sempre que necessário. O experimento teve delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. A coleta das plantas foi realizada aos 60 dias após a emergência para determinação do número de nódulos. Na ocasião da coleta, as raízes foram separadas, lavadas e os nódulos destacados, contados e armazenados em sílica gel desidratada para preservação e posterior isolamento das bactérias. As diferenças no potencial de nodulação pelas leguminosas foram verificadas aplicando análise de variância (ANOVA) com o teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa SISVAR (Ferreira, 2011).

## 2.3 Isolamento das Bactérias dos Nódulos

Os nódulos armazenados foram reidratados em água destilada e autoclavada por 1 hora, seguido de desinfestação em álcool (70%) por 1 minuto e em hipoclorito de sódio (2%) por 5 minutos. Após a desinfestação, os nódulos foram lavados seis vezes em água destilada e autoclavada. O isolamento das bactérias foi macerando os nódulos, com o auxílio de uma pinça, para exposição do líquido interior que foi inoculado em

placas com meio de cultura YMA (Vincent, 1970). A suspensão foi estriada com alça de platina para obtenção das colônias. As placas foram incubadas em BOD a 28°C até o surgimento das colônias.

## 2.4 Caracterização Fenotípica das Bactérias

A caracterização das bactérias isoladas foi feita observando os dois fenótipos que mais caracterizam os grandes grupos de rizóbios: tempo de crescimento para a formação das colônias (rápido: 1 a 3 dias; intermediário: 4 a 5 dias e lento: 6 dias) e alteração do pH no meio de cultura (ácido, neutro e alcalino). As características fenotípicas foram convertidas numa matriz binária de presença (1) ou ausência (0) do fenótipo. A matriz foi utilizada para agrupar os isolados com fenótipos de crescimento idênticos. O agrupamento foi feito aplicando o método de distância UPGMA (*Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages*) utilizando o índice de similaridade de Jaccard (Real e Vargas, 1996). Um dendograma de similaridade foi construído para a formação dos grupos fenotípicos (G). A análise de agrupamento foi realizada empregando o programa PAST (Hammer et al., 2001).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Nodulação das Leguminosas Pelas Populações Nativas de Rizóbios

A nodulação variou conforme os solos e as leguminosas arbóreas (Tabela 2, Figura 1). Em números absolutos, *Chloroleucon dumosum* e *Enterolobium contortisiliquum* mostraram melhor nodulação em todas as áreas (Tabela 2). Esse resultado indica a presença dos simbiossitos de *C. dumosum* e *E. contortisiliquum* em todas as áreas de Caatinga analisadas. Essa característica é importante, em termos ecológicos, pois suporta a colonização das espécies em diferentes ambientes, uma vez que a presença do simbiossito facilita o estabelecimento da leguminosa (Moreira & Siqueira, 2006). As duas espécies são membros da tribo Ingeae (Brown, 2008) e provavelmente compartilhe o mesmo espectro de simbiossitos. Isso explicaria o desempenho de nodulação semelhante para estas espécies neste estudo, não havendo diferenças significativas na nodulação nas mesmas áreas (Figura 1).

Espécie	DG1	DG2	PA	GP	Total
<i>Chloroleucon dumosum</i>	88	23	93	51	255
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	123	27	90	26	266
<i>Erythrina velutina</i>	8	1	14	16	39
<i>Leucaena leucocephala</i>	1	0	20	5	26
Total	220	51	217	98	586

Tabela 2. Número total de nódulos em leguminosas arbóreas cultivadas em amostras de solos coletadas em áreas com vegetação de Caatinga no estado de Alagoas.

DG1: Delmiro Gouveia área 1. DG2: Delmiro Gouveia área 2. PA: Pão de Açúcar. GP: Girau do Ponciano.

As espécies *C. dumosum* e *E. contortisiliquum* estão distribuídas na Caatinga (Almeida et al., 2015; Córdoba et al., 2010; Souza e Queiroz, 1996) e, como espécies fixadoras de nitrogênio, possuem papel importante na ciclagem de nitrogênio. A importância dessas espécies na composição nas matas sazonalmente secas não é refletida no volume de estudos que abordem as relações ecológicas dessas leguminosas e seus simbiontes, permanecendo uma lacuna. Nesse estudo, *C. dumosum* e *E. contortisiliquum* mostraram variabilidade na nodulação nas amostras de solos das áreas estudadas (Figura 1), o que aponta o potencial de seleção de rizóbios para inoculação dessas espécies.

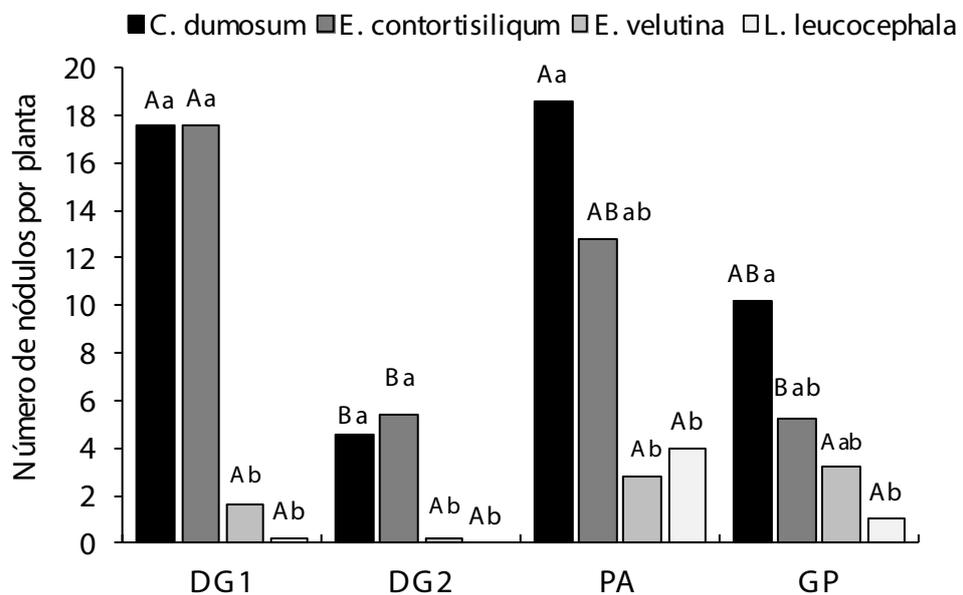


Figura 1. Nodulação de leguminosas arbóreas cultivadas em amostras de solos coletadas em áreas com vegetação de Caatinga em Alagoas. DG1: Delmiro Gouveia área 1. DG2: Delmiro Gouveia área 2. PA: Pão de Açúcar. GP: Girau do Ponciano. Letra maiúscula indica diferenças ( $P < 0,05$ ) na nodulação da leguminosa nas diferentes áreas e letra minúscula indica diferenças ( $P < 0,05$ ) na nodulação entre as leguminosas dentro da mesma área.

*Erythrina velutina* e *Leucaena leucocephala* mostram menor número de nódulos, tanto em número total bem como em cada área avaliada, quando comparadas as leguminosas da tribo Ingeae (*C. dumosum* e *E. contortisiliquum*) (Tabela 2 e Figura 1). Nos solos das áreas mais próximas do litoral, as duas espécies mostram maior média de nódulos, embora não estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

*E. velutina* apresentou nodulação baixa mesmo no solo com alto teor de fósforo (PA, Tabela 2), que poderia estimular a nodulação. No entanto, a nodulação ocorreu em todas as áreas. *E. velutina* é uma espécie que compõe a tribo Phaseoleae, a mesma

dos feijões *Phaseolus vulgaris* e *Vigna unguiculata* (Kajita et al., 2001), leguminosas com alta capacidade de nodulação e habilidade para estabelecer simbiose com uma ampla faixa de rizóbios (Martínez-Romero, 2003; Guimarães et al., 2012). Rodrigues et al. (2018) identificaram estirpes de *Bradyrhizobium*, *Rhizobium* e *Paraburkholderia* nodulando *E. velutina* em solos da Caatinga no estado de Pernambuco. O estudo de Rodrigues et al. (2018) caracteriza *E. velutina* como uma leguminosa com ampla faixa hospedeira, podendo nodular com diferentes linhagens de rizóbios da classe Alfaproteobactéria e com rizóbio da classe Betaproteobactéria, semelhante a outras espécies da tribo Phaseoleae, como o *Phaseolus vulgaris* (Martínez-Romero, 2003; Dall'Agnol et al., 2016) e *Vigna unguiculata* (Guimarães et al., 2012). Outra observação que se pode fazer com os resultados desse estudo e o feito por Rodrigues et al. (2018) é que a baixa nodulação parece ser um evento comum na espécie *E. velutina*. Mesmo inoculadas com rizóbios compatíveis e em alta densidade celular ( $10^9$  células por mL), as plantas mostraram nodulação variando de 4 a 20 nódulos por planta (Rodrigues et al., 2018), sendo que dos dez isolados avaliados, sete promoverem nodulação inferior a 16 nódulos por planta, maior média encontrada no presente estudo com nodulação com as populações naturais dos solos de Caatinga no estado de Alagoas.

Por fim, a *L. leucocephala* teve pior desempenho na nodulação com as populações nativas de rizóbios dos solos da Caatinga, inclusive ocorrendo a não formação de nódulos nas plantas cultivadas nas amostras de solo coletadas em Delmiro Gouveia área 2 (DG2). Esse resultado não era esperado, pois *L. leucocephala* é uma espécie com uma ampla faixa hospedeira (). A baixa nodulação por *L. leucocephala* no presente se alinha aos resultados encontrados em estudos anteriores (Souza et al., 2007) que reportaram esse evento. No entanto, a ocorrência de baixa nodulação em solos de Caatinga não parece ser um evento comum em leucena, uma vez que Silva et al. (2016) reportam alta nodulação em plantas de *L. leucocephala* cultivadas em amostras de solos da Caatinga em Pernambuco, com média de 33 a 48 nódulos por planta e biomassa de nódulos secos acima de 180 mg por planta. Souza et al. (2007) perceberam melhor nodulação na leucena no solo com melhor fertilidade química. No nosso estudo, leucena mostrou melhor nodulação no solo coletado em Pão de Açúcar, embora não significativamente diferente ( $p > 0,05$ ). A amostra de solo de PA havia maior teor de fósforo, capacidade de troca catiônica (CTC), soma e saturação de bases (V%), indicando que a nodulação em leucena seja sensível à fertilidade do solo. Essa hipótese encontra fundamento nos resultados do estudo de Carvalho et al. (2012), onde os autores mostram que a aplicação de água de esgoto promoveu a nodulação e o crescimento de plantas de leucena quando inoculadas com estirpes de rizóbio.

*É importante ter em mente que neste estudo as amostras de solo foram misturadas com vermiculita autoclavada na proporção de 4:1. Essa abordagem foi feita para criar um ambiente de “fome” de nitrogênio para forçar a nodulação, além de buscar reduzir os efeitos dos fatores edáficos que poderiam limitar a formação dos nódulos, com o alto valor de condutividade elétrica presente no solo de Delmiro Gouveia área 1 (6,2*

dS m<sup>-1</sup>) (Tabela 1).

### 3.2 Caracterização Fenotípica das Bactérias

Uma coleção de 129 bactérias foi obtida após os isolamentos, sendo 74 de nódulos de *C. dumosum*, 29 de *E. contortisiliquum*, 14 de *E. velutina* e 12 de *L. leucocephala*. Em relação às áreas, 41 bactérias foram isoladas da área 1 e 10 da área 2 de Delmiro Gouveia, 51 isoladas do solo de Pão de Açúcar e 27 da área de Caatinga localizada em Girau do Ponciano.

As bactérias isoladas apresentaram características que possibilitaram a identificação de seis grupos fenotípicos (Figura 2). Três grupos (G1, G2 e G3) reuniram as bactérias de crescimento lento, que representam 64 % da coleção. O metabolismo em relação ao pH no meio de cultivo estratificou as bactérias de crescimento lento nos grupos G1, G2 e G3, sendo o primeiro composto por bactérias que aumentaram o pH do meio (alcalino), o segundo pelas bactérias que não provocaram alteração no pH e último grupo (G3) com as que baixaram o pH para ácido. Os grupos G4, G5 e G6 congregaram as bactérias que crescimento rápido, sendo as do G4 com metabolismo ácido, as do grupo G5 que alcalinizam o meio de culturas e as que compõem o G6 as que não alteram o pH. Os grupos G1 (%) e G2 (%) foram os mais abundantes na coleção e apresentem os fenótipos típicos de *Bradyrhizobium*. O terceiro grupo mais frequente (G4) representa 17,8% da coleção e embora tenha sido encontrado associado à todas leguminosas, não foi encontrado entre os isolados obtidos da área de Caatinga em DG2 (Figura 1).

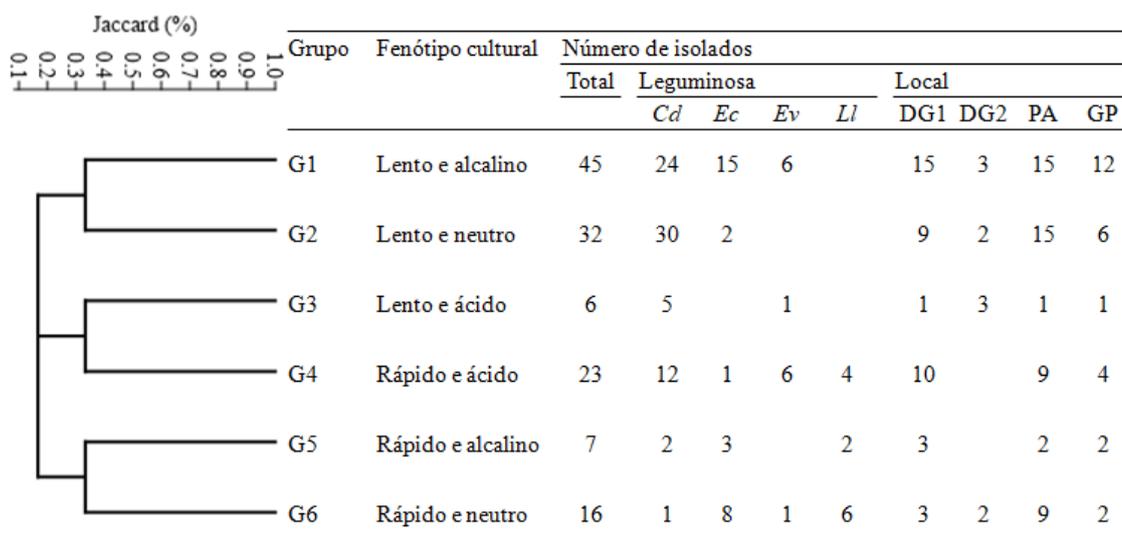


Figura 2. Dendrograma de similaridade entre os grupos fenotípicos de bactérias isoladas de nódulos de leguminosas arbóreas cultivadas em amostras de solos coletadas em áreas com vegetação de Caatinga em Alagoas. Os grupos foram formados com base nas características tempo de crescimento (rápido ou lento) e reação do pH do meio de cultura (ácido, neutro ou alcalino). Cd: *Chloroleucon dumosum*. Ec: *Enterolobium contortisiliquum*. Ev: *Erythrina velutina*. Ll: *Leucaena leucocephala*. DG1: Delmiro Gouveia área 1. DG2: Delmiro Gouveia área 2. PA: Pão de Açúcar. GP: Girau do Ponciano.

As bactérias de crescimento lento com os diferentes tipos de metabolismo (G1,

G2 e G3) e as de crescimento rápido com metabolismo neutro ocorreram em todas as áreas (Figura 2). Bactérias com fenótipo de crescimento rápido e metabolismo ácido ou alcalino ocorreram em 3 (DG1, PA e GP) das 4 áreas estudadas, não ocorrendo no solo da área de Caatinga em DG2. Em relação às leguminosas, as bactérias obtidas de nódulos de *C. dumosum* mostram seis diferentes tipos de fenótipo (Figura 1). A maioria dos isolados dessa leguminosa possui crescimento lento (79%). Dos nódulos de *E. contortisiliquum* foi possível isolar cinco tipos diferentes de bactérias, dois tipos de bactérias lentas representando 59 % da coleção e dois tipos de bactérias rápidas, que corresponderam 41 % da coleção. Esses resultados indicam que *C. dumosum* e *E. contortisiliquum* possam nodular com ambos grupos de rizóbios, mas possam ter preferência pelas bactérias de crescimento lento, os típicos *Bradyrhizobium* spp. Os tipos de rizóbios que nodulam outros dois gêneros (*Calliandra* e *Inga*) da tribo Ingeae já foram descritos. As espécies do gênero *Calliandra* nodulam com *Paraburkholderia* (Silva et al., 2018), quando as espécies de *Inga* com estirpes *Bradyrhizobium* (da Silva et al., 2014). Embora *Calliandra* e *Inga* pertençam à mesma aliança Inga, seus simbioses são filogeneticamente distintos. *C. dumosum* pertence a aliança *Chloroleucon* da qual não se conhece a natureza dos simbioses. *E. contortisiliquum* não tem aliança definida e pouco se conhece sobre a natureza de seus rizóbios simbioses. A identificação genética das bactérias isoladas dos nódulos de *C. dumosum* e *E. contortisiliquum* nesse estudo permitirá conhecer melhor o espectro dos simbioses dentro da tribo Ingeae.

Em *E. velutina*, os 14 isolados obtidos foram agrupadas em quatro fenótipos distintos (G1, G3, G4 e G6) e com bactérias de crescimento lento (50%) e rápido (50%) igualmente representadas. A equidade na ocorrência de bactérias de ambos os tipos de crescimento nesse estudo reforça o relato de Rodrigues et al. (2018), que encontraram estes dois tipos de rizóbios em nódulos de *E. velutina* cultivada em solos de área de Caatinga em Pernambuco.

Por fim, em *L. leucocephala* ocorreu o número fenótipos bacterianos, com todos os 12 isolados sendo de crescimento rápido. Embora *L. leucocephala* seja considerada um hospedeiro com capacidade de estabelecer simbiose com ampla de tipos de rizóbios (Xu et al., 2013), os de crescimento lento não são simbioses comuns dessa leguminosa. Nesse estudo todos os isolados de leucena foram de crescimento rápido.

#### 4 | CONCLUSÕES

As espécies *Chloroleucon dumosum* e *Enterolobium contortisiliquum* mostram melhor desempenho de nodulação em solos de áreas de Caatinga em relação às leguminosas *Erythrina velutina* e *Leucaena leucocephala*. No entanto, o desempenho da nodulação foi dependente da área, com *C. dumosum* e *E. contortisiliquum* mostrando variabilidade entre as áreas e *E. velutina* e *L. leucocephala* maior estabilidade, porém

com baixa nodulação.

As bactérias associadas aos nódulos das leguminosas arbóreas apresentam seis tipos diferentes de fenótipo. As bactérias com fenótipo de crescimento lento foram as mais encontradas associadas aos nódulos.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. G. C.; SOUZA, E. R.; QUEIROZ, L. P. **Flora da Bahia: Leguminosae – Aliança *Chloroleucon* (Mimossoideae: Ingeae)**. Sitientibus série Ciências Biológicas, 15: 10.13102/scb289.
- BROWN, G. K. **Systematics of the tribe Ingeae (Leguminosae-Mimosoideae) over the past 25 years**. Muelleria; v. 26, n.1, p. 27-42, 2008.
- CARVALHO, F. G.; SILVA, A. J. N.; MELO, H. N. S.; MELO, J. L. S. **Effect of Irrigation with Sewage Effluent and Rhizobia Inoculation on Growth of Tropical Tree Legumes in Northeast Brazil**. International Journal of Agriculture and Forestry, v.2, n. 1, p.72-78, 2012.
- CASSETARI, A. S.; SILVA, M. C. P.; CARDOSO, E.J.B.N. Fixação Biológica de Nitrogênio Simbiótica. in: CARDOSO; E.J.B.N.; ANDREOTE; F. D. **Microbiologia do Solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ; cap. 8. p. 111-132. 2016.
- CÓRDULA, E.; QUEIROZ, L. P.; ALVES, M. **Diversidade e distribuição de Leguminosae em uma área prioritária para a conservação da Caatinga em Pernambuco – Brasil**. Revista Caatinga, v. 23, n. 3, p. 33-40, 2010.
- DALL'AGNOL, R.; PLOTTEGHER, F.; SOUZA, R. C.; MENDES, I. C.; REIS-JÚNIOR, F. B.; BÉNA, G.; MOULIN, L.; HUNGRIA, M. **Paraburkholderia nodosa is the main N<sub>2</sub>-fixing species trapped by promiscuous common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the Brazilian 'Cerradão'**. FEMS Microbiology Ecology, v. 92, n. 8, flw108, 2016.
- DA SILVA, K.; DE MEYER, S. E.; ROUWS, L. F. M.; FARIAS, E. N. C., DOS SANTOS, M. A. O.; O'HARA, G.; ARDLEY, J. K.; WILLEMS, A.; PITARD, R. M.; ZILLI, J. E. **Bradyrhizobium ingae sp. nov., isolated from effective nodules of Inga laurina grown in Cerrado soil**. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, v. 64, n. 10, p. 3395-3401, 2014.
- FERREIRA, D.F. **Sisvar: A computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia; Lavras; v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FREITAS, A. D. S.; SILV, T. O.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. R.; FRAGA, V. S. **Nodulação e fixação de nitrogênio por forrageiras da caatinga cultivadas em solos do semiárido paraibano**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 40, n. 9, p.1856-1861, 2011.
- FREITAS, A. D. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SANTOS, C. E. R. S.; FERNANDES, A. R. **Biological nitrogen fixation in tree legumes of the Brazilian semi-arid caatinga**. Journal of Arid Environments, v. 74, n. 3, p. 344-349, 2010.
- GUIMARÃES, A. A.; JARAMILLO, P. M. D.; NÓBREGA, R. S. A.; FLORENTINO, L. A.; SILVA, K. B.; MOREIRA, F. M. S. **Genetic and Symbiotic Diversity of Nitrogen-Fixing Bacteria Isolated from Agricultural Soils in the Western Amazon by Using Cowpea as the Trap Plant**. Applied and Environmental Microbiology, v. 78, n. 18, p. 6726–6733, 2012.
- HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. Palaeontologia Electronica, 2001.

KAJITA, T.; OHASHI, H.; TATEISHI, Y.; BAILEY, C. D.; DOYLE, J. J. ***rbcL* and Legume Phylogeny, with Particular Reference to Phaseoleae, Millettieae, and Allies**. Systematic Botany, v. 26, n. 3, p. 515-536, 2001.

MARTÍNEZ-ROMERO, E. **Diversity of *Rhizobium-Phaseolus vulgaris* symbiosis: overview and perspectives**. Plant and Soil, v. 252, n 1, p 11–23, 2003.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ed. EDUFLA; 2ª Ed. pp. 501-529. 2006.

QUEIROZ, L. P. **Leguminosas da Caatinga**. Feira de Santana, Bahia. 2009. 467p.

REAL, R.; Vargas, J. M. **The Probabilistic Basis of Jaccard's Index of Similarity**. Systematic Biology, v. 45, n. 3, p. 380–385, 1996.

RODRIGUES, D. R., SILVA, A. F. D., CAVALCANTI, M. I. P., ESCOBAR, I. E. C., FRAIZ, A. C. R., RIBEIRO, P. R. D. A., FERREIRA NETO, R. A., FREITAS, A. D. S.D., FERNANDES-JÚNIOR, P. I. **Phenotypic, genetic and symbiotic characterization of *Erythrina velutina* rhizobia from Caatinga dry forest**. Brazilian Journal of Microbiology, v 49, n. 3, p 503-512, 2018.

SILVA, V. C.; ALVES, P. A. C.; RHEM, M. F. K.; SANTOS, J. M. F.; JAMES, E. K.; GROSS, E. **Brazilian species of *Calliandra* Benth.(tribe Ingeae) are nodulated by diverse strains of *Paraburkholderia***. Systematic and Applied Microbiology, v. 41, n. 3, p 241-250, 2018.

SILVA, V. S. G.; SANTOS, C. E. R. E. S.; FREITAS, A. D. S.; STAMFORD, N. P.; SILVA, A. F.; LYRA, M. C. C. P. **Systems of land use affecting nodulation and growth of tree legumes in different soils of the Brazilian semiarid area**. African Journal of Agricultural Research, v. 11, n. 40, p. 3966-3974, 2016.

SOUZA, L. A. G.; NETO, E. B.; SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD, N. P. **Desenvolvimento e nodulação natural de leguminosas arbóreas em solos de Pernambuco**. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 42, n.2, p.207-217, 2007.

SOUZA, E. R.; QUEIROZ, L. P. **O complexo *Pithecellobium* (Lesuminosae: Mimosoideae) na Caatinga do estado da Bahia. I. O gênero *Enterolobium* Mart**. Sitientibus, n.15, p.83-90, 1996.

VINCENT, J.M. **A manual for the practical study of root nodule bacteria**. Oxford: Blackwell Scientific Publications; p 119. 1970.

XU, K. W.; PENTTINEN, P.; CHEN, Y. X.; CHEN, Q.; Zhang, X. **Symbiotic efficiency and phylogeny of the rhizobia isolated from *Leucaena leucocephala* in arid-hot river valley area in Panxi, Sichuan, China**. Applied Microbiology and Biotechnology, v. 97, n. 2, p 783–793, 2013.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Jorge González Aguilera** - Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estresse abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizium, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: [jorge.aguilera@ufms.br](mailto:jorge.aguilera@ufms.br)

**Alan Mario Zuffo** - Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com)

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-419-1

