

# Solos nos Biomas Brasileiros

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
(Organizadores)



 **Atena**  
Editora

Ano 2018

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
(Organizadores)

# Solos nos Biomas Brasileiros

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
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  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

S689 Solos nos biomas brasileiros [recurso eletrônico] / Organizadores  
Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Ponta Grossa (PR):  
Atena Editora, 2018. – (Solos nos Biomas Brasileiros; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-008-7

DOI 10.22533/at.ed.087181412

1. Agricultura. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Sustentabilidade.  
I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. III. Série.

CDD 631.44

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

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.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Solos nos Biomas Brasileiro*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu volume I, apresenta, em seus 18 capítulos, conhecimentos tecnológicos para Ciências do solo na área de Agronomia.

O uso adequado do solo é importante para a agricultura sustentável. Portanto, com a crescente demanda por alimentos aliada à necessidade de preservação e reaproveitamento de recursos naturais, esse campo de conhecimento está entre os mais importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

As descobertas agrícolas têm promovido o incremento da produção e a produtividade nos diversos cultivos de lavoura. Nesse sentido, as tecnologias nas Ciências do solo estão sempre sendo atualizadas e, em constantes mudanças para permitir os avanços na Ciências Agrárias. A evolução tecnológica, pode garantir a demanda crescente por alimentos em conjunto com a sustentabilidade socioambiental.

Este volume dedicado à Ciência do solo traz artigos alinhados com a produção agrícola sustentável, ao tratar de temas como o uso de práticas de manejo de adubação, inoculação de microorganismos simbióticos para a melhoria do crescimento das culturas cultivadas e da qualidade biológica, química e física do solo. Temas contemporâneos de interrelações e responsabilidade socioambientais tem especial apelo, conforme a discussão da sustentabilidade da produção agropecuária e da preservação dos recursos hídricos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências 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 de Agronomia e, assim, garantir incremento quantitativos e qualitativos na produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO MILHO	
<i>Maikon Douglas Ribeiro Almeida</i>	
<i>Mylena Ferreira Alves</i>	
<i>Gabriel Ferreira Barcelos</i>	
<i>Dayane Machado Costa Alves</i>	
<i>Suane Rodrigues Martins</i>	
<i>Heliomar Baleeiro de Melo Júnior</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814121</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO	
<i>Gabriel Ferreira Barcelos</i>	
<i>Mylena Ferreira Alves</i>	
<i>Maikon Douglas Ribeiro Almeida</i>	
<i>Suane Rodrigues Martins</i>	
<i>Dayane Machado Costa Alves</i>	
<i>Heliomar Baleeiro de Melo Júnior</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814122</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>30</b>
ANÁLISE MORFOLÓGICA DO SOLO EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA, EM TUCURUÍ-PA	
<i>Kerciane Pedro da Silva</i>	
<i>Raiana Arnaud Nava</i>	
<i>Thays Thayla Santos de Almeida</i>	
<i>Matheus da Costa Gondim</i>	
<i>Dihego Rosa das Chagas</i>	
<i>Sandra Andréa Santos da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814123</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
ARMAZENAGEM DE ÁGUA EM SOLO INFECTADO COM FUSÁRIO E CULTIVADO COM MARACUJAZEIRO, CULTIVAR BRS RUBI EM QUATRO COMBINAÇÕES COPA:ENXERTO	
<i>Marcelo Couto de Jesus</i>	
<i>Alexsandro dos Santos Brito</i>	
<i>Flavio da Silva Gomes</i>	
<i>Suane Coutinho Cardoso</i>	
<i>Onildo Nunes de Jesus</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814124</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
ATRIBUTOS DE SOLOS, DINÂMICA E EVOLUÇÃO DE PROCESSO EROSIVO NA MICROBACIA DO CÔRREGO MARIANINHO, EM FRUTAL/MG	
<i>Marcos Vinícius Mateus</i>	
<i>José Cláudio Viégas Campos</i>	
<i>Luana Caetano Rocha Andrade</i>	
<i>Nathalia Barbosa Vianna</i>	
<i>Matheus Oliveira Alves</i>	
<i>José Luiz Rodrigues Torres</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814125</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 66**

AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS DE TRÊS CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa*) SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE AMÔNIO

*Ana Carolina Oliveira Chapeta*  
*Erinaldo Gomes Pereira*  
*Carlos Alberto Bucher*  
*Manlio Silvestre Fernandes*  
*Cassia Pereira Coelho Bucher*

**DOI 10.22533/at.ed.0871814126**

**CAPÍTULO 7 ..... 76**

AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA PALMA DE ÓLEO SOB APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE MAGNESIANO

*Shirlene Souza Oliveira*  
*Eduardo Cezar Medeiros Saldanha*  
*Marluce Reis Souza Santa Brígida*  
*Henrique Gusmão Alves Rocha*  
*Gabriela Mourão de Almeida*  
*Maria Soraia Fortado Vera Cruz*  
*Jose Leandro Silva de Araújo*  
*Ana Carolina Pinguelli Ristau*  
*Noéle Khristinne Cordeiro*  
*Whesley Thiago dos Santos Lobato*

**DOI 10.22533/at.ed.0871814127**

**CAPÍTULO 8 ..... 84**

BIOINDICADORA PARA DIAGNÓSTICO DE RESÍDUO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NO SOLO

*Camila Ferreira de Pinho*  
*Gabriella Francisco Pereira Borges de Oliveira*  
*Jéssica Ferreira Lourenço Leal*  
*Amanda dos Santos Souza*  
*Samia Rayara de Sousa Ribeiro*  
*Gledson Soares de Carvalho*  
*André Lucas Simões Araujo*  
*Rúbia de Moura Carneiro*  
*Gabriela de Souza Da Silva*  
*Ana Claudia Langaro*

**DOI 10.22533/at.ed.0871814128**

**CAPÍTULO 9 ..... 92**

BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA EM DIFERENTES USOS DO SOLO NA REGIÃO DO CERRADO - MUNICÍPIO DE PALMAS, TO

*Lidia Justen*  
*Michele Ribeiro Ramos*  
*Nayara Monteiro Rodrigues*  
*Alexandre Uhlmann*

**DOI 10.22533/at.ed.0871814129**

**CAPÍTULO 10 ..... 106**

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO COMUM SOB INFLUÊNCIA DO USO DE BORO

*Rodrigo Ribeiro Fidelis*  
*Karen Cristina Leite Silva*  
*Ricardo de Oliveira Rocha*

*Lucas Xaubet Burin  
Jânio Milhomens Pimentel Júnior  
Patricia Sumara Fernandes  
Pedro Lucca Reis Souza  
Danilo Alves Veloso*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141210**

**CAPÍTULO 11 ..... 114**

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO EM PLANTAÇÃO DE PALMA DE ÓLEO NA PRESENÇA DE DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE MAGNESIANO

*Shirlene Souza Oliveira  
Eduardo Cezar de Medeiros Saldanha  
Marluce Reis Souza Santa Brígida  
Henrique Gusmão Alves Rocha  
Gabriela Mourão de Almeida  
Jose Leandro Silva de Araújo  
Ana Carolina Pinguelli Ristau  
Noéle Khristinne Cordeiro  
Bruna Penha Costa  
Whesley Thiago dos Santos Lobato*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141211**

**CAPÍTULO 12 ..... 124**

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO COMPOSTO ORGÂNICO ORIUNDO DE BORRA DE CAFÉ

*Jamerson Fábio Silva Filho  
Dalcimar Regina Batista Wangen  
Alessandra Vieira da Silva  
Kerly Cristina Pereira  
Jaberson Basílio de Melo  
Ivaniele Nahas Duarte*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141212**

**CAPÍTULO 13 ..... 129**

COMPOSTO DE BORRA DE CAFÉ NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.)

*Alessandra Vieira da Silva  
Dalcimar Regina Batista Wangen  
Jamerson Fábio Silva Filho  
Kerly Cristina Pereira  
Lara Gonçalves de Souza  
Ivaniele Nahas Duarte*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141213**

**CAPÍTULO 14 ..... 138**

CONTRIBUIÇÃO DA FRAÇÃO GALHOS FINOS NA SERAPILHEIRA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ATLÂNTICA, EM MACAÍBA, RN

*Luan Henrique Barbosa de Araújo  
José Augusto da Silva Santana  
Wanctuy da Silva Barreto  
Camila Costa da Nóbrega  
Juliana Lorensi do Canto  
César Henrique Alves Borges*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141214**

<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>145</b>
CORRELAÇÃO E VARIABILIDADE ESPACIAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE NEOSSOLOS, SOB CULTIVO DE SOJA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	
<i>Guilherme Guerin Munareto</i> <i>Claiton Ruviano</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141215</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>154</b>
CULTIVO DE RABANETE EM SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS ADICIONADOS DE CINZA DE JATOBÁ ( <i>Hymenaea courbaril</i> L.)	
<i>Liliane Pereira Campos</i> <i>Gasparino Batista de Sousa</i> <i>Alexandra Vieira Dourado</i> <i>Tamires Soares da Silva</i> <i>Mireia Ferreira Alves</i> <i>Barbemile de Araújo de Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141216</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>160</b>
DEPOSIÇÃO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO DA SERAPILHERIA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA	
<i>Thaise Cristina dos Santos Padilha</i> <i>Walmer Bruno Rocha Martins</i> <i>Gracialda Costa Ferreira</i> <i>Ellen Gabriele Pinto Ribeiro</i> <i>Richard Pinheiro Rodrigues</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141217</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>171</b>
DEPOSIÇÃO DE MICRONUTRIENTES DA SERAPILHERIA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA	
<i>Thaise Cristina Dos Santos Padilha</i> <i>Walmer Bruno Rocha Martins</i> <i>Gracialda Costa Ferreira</i> <i>Ellen Gabriele Pinto Ribeiro</i> <i>Richard Pinheiro Rodrigues</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141218</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>183</b>

## AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS DE TRÊS CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa*) SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE AMÔNIO

### Ana Carolina Oliveira Chapeta

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –  
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica  
- RJ

### Erinaldo Gomes Pereira

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –  
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica  
- RJ

### Carlos Alberto Bucher

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
– UFRRJ – Departamento de Fitotecnia –  
Seropédica - RJ

### Manlio Silvestre Fernandes

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –  
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica  
- RJ

### Cassia Pereira Coelho Bucher

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –  
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica  
– RJ

**RESUMO:** O amônio é uma fonte inorgânica de nitrogênio muito importante para o desenvolvimento das plantas, porém em faixas de concentrações milimolares pode causar toxidez, uma vez que nessas faixas as raízes preferem captar o amônio em detrimento ao nitrato. Uma das grandes vantagens do uso de fontes amoniacais para as plantas é a diminuição no gasto energético, uma vez que o amônio ao ser absorvido já se encontra em uma

forma prontamente assimilável, ao contrário do nitrato que necessita de um gasto de oito elétrons para ser reduzido a amônio e poder ser assimilado. O objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento de três variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), duas variedades nativas do Maranhão (Manteiga e Piauí) e a variedade (IAC-47) em diferentes concentrações de  $\text{NH}_4^+$  (0,2 mM de  $\text{NH}_4^+$  (trat 1), 1 mM de  $\text{NH}_4^+$  (trat 2) e 1 mM de  $\text{NH}_4^+$  com privação de N e posterior ressuprimento (trat 3)). Foi possível verificar que as variedades Maranhenses, quando comparadas a variedade IAC-47, apresentaram maiores teores de amônio nas bainhas e nas folhas nos tratamentos 2 e 3, e aminoácidos livres nessas mesmas partes para o tratamento 3. Esse maior teor de amônio e aminoácidos livres relatado nas variedades maranhenses no tratamento 3 foi acompanhado de uma maior atividade da GS nas raízes e folhas, sugerindo que essas variedades possuem uma maior capacidade de absorver o N- $\text{NH}_4^+$  aplicado no solo e de remobilizar este nutriente em ocasiões que se faça necessário, colaborando para a diminuição de perdas ambientais.

**PALAVRAS CHAVES:** Toxidez, Manteiga, Piauí.

**ABSTRACT:** Ammonium is an inorganic source of nitrogen very important for the development of plants, but in bands of millimolar concentrations

can cause toxicity, since in these bands the roots prefer to capture ammonium instead of nitrate. One of the great advantages of the use of ammoniacal sources for plants is the reduction in the energy expenditure, since the ammonium to be absorbed is already in a form readily assimilable, unlike the nitrate that needs an expense of eight electrons to be reduced to ammonia and can be assimilated. The objective of this work was to evaluate the behavior of three rice varieties (*Oryza sativa* L.), two native varieties of Maranhão (Manteiga and Piauí) and variety (IAC-47) in different  $\text{NH}_4^+$  concentrations (0.2 mM  $\text{NH}_4^+$  (trat 1), 1 mM  $\text{NH}_4^+$  (trat 2) and 1 mM  $\text{NH}_4^+$  with N deprivation and subsequent resupure (trat 3). It was possible to verify that the Maranhenses varieties, when compared to the IAC-47 variety, had higher levels of ammonium in the sheaths and leaves in the treatments 2 and 3, and free amino acids in the same parts for the treatment 3. This higher ammonium and amino acids content free yields reported in the Maranhão varieties in treatment 3 was accompanied by a higher GS activity in the roots and leaves, suggesting that these varieties have a greater capacity to absorb the  $\text{N-NH}_4^+$  applied to the soil and to remobilize this nutrient in occasions that is necessary, contributing to the reduction of environmental losses.

**KEY WORDS:** Toxicity, Manteiga, Piauí.

## 1 | INTRODUÇÃO

No Brasil há o predomínio de clima tropical, que representando para o solo baixos teores ou rápida disponibilidade de nutrientes, interferindo no desenvolvimento da cultura. O Nitrogênio está disponível no solo em diversas formas, incluindo amônio, nitrato, aminoácidos, peptídeos e formas complexas insolúveis. As espécies vegetais diferem na sua preferência por fontes de nitrogênio, mas o absorvem principalmente sob formas inorgânicas, como nitrato ou amônio (Williams & Miller, 2001). É um elemento facilmente perdido nos solos de regiões tropicais, pois são solos altamente intemperáveis, o que reflete em características químicas e físicas que propiciam a maior perda de nitrogênio. Por esses motivos é um dos nutrientes mais limitantes para o desenvolvimento da cultura.

O amônio é a forma predominante de nitrogênio no solo e, também a forma preferencial de absorção quando as plantas estão sujeitas a deficiência. No entanto, absorções excessivas de amônio podem ser tóxicas as plantas, por isso quando absorvido deve ser assimilado rapidamente, de forma que não acumule nos tecidos, além das plantas desenvolverem mecanismos que evitem a toxidez. O transporte de oxigênio via aerênquima até as raízes cria condições favoráveis para o desenvolvimento de bactérias nitrificantes (Kirk, 2001; Li et al., 2006) levando a oxidação de amônio a nitrato e reduzindo conseqüentemente a disponibilidade de amônio na solução do solo, sugerindo que seja um mecanismo responsável por minimizar a quantidade de amônio absorvido, reduzindo a toxidez e fornecendo  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  (Kronzucker et al., 2000, Briones Jr. et al., 2003; Kirk & Kronzucker, 2005; Duan et al., 2006).

Os tecidos vegetais possuem um eficiente sistema de assimilação que funciona em baixas concentrações de  $\text{NH}_4^+$ . A enzima responsável é a glutamina sintetase (GS), que catalisa a união do  $\text{NH}_4^+$  com o glutamato para formar glutamina (Kerbaux, 2008). A eficiência desse processo é muito superior à taxa de produção de amônio formada principalmente pela redução de nitrato. Dessa forma, em condições normais, o  $\text{NH}_4^+$  é mantido em concentrações baixas nos tecidos vegetais.

A capacidade fotossintética das plantas, de um modo geral, é grandemente dependente da disponibilidade de nitrogênio, sendo este nutriente necessário para garantir a integridade estrutural e funcional da fotossíntese por fazer parte das proteínas, e clorofilas (Kerbaux, 2008). Para a cultura do arroz obter alto desenvolvimento é importante que os nutrientes estejam prontamente disponíveis, não limitando a produtividade. Variedades de arroz que apresentam alta eficiência no uso do nitrogênio são desejáveis agronomicamente, pois utiliza genótipos de variedade eficientes pode ser considerada uma maneira de diminuir os custos na produtividade da cultura e aumentar a produtividade dos grãos.

O estado do Maranhão é quinto maior produtor do país e primeiro do nordeste (Conab, 2018), possuindo uma gama de variedades locais com mecanismos que propiciam o melhor aproveitamento do nitrogênio aplicado no solo, acreditando-se que seja devido a adaptação as condições climáticas do estado.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento e metabolismo das variedades Manteiga, Piauí e IAC-47 quando submetidas a baixa e alta dose de nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ). As variedades Manteiga e Piauí são locais do Maranhão e não foram submetidas a um programa de melhoramento genético, já a variedade IAC-47 é originada do estado de São Paulo e melhorada geneticamente de forma convencional.

## **2 | MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Condução do Experimento**

O experimento foi conduzido em câmara de crescimento (luminosidade de aproximadamente  $400 \mu\text{mols f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ; fotoper\u00edodo de 12h/12h, umidade de 70% e temperatura  $28^\circ\text{C}/24^\circ\text{C}$ ), no departamento de solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $3 \times 3 \times 1$  (variedades x tratamentos x coleta) com 4 repeti\u00e7\u00f5es. Foram utilizadas as variedades IAC-47 (variedade melhorada), Piauí e Manteiga (variedades locais do estado do Maranh\u00e3o).

### **2.2 Preparo das sementes**

As sementes foram inicialmente desinfestadas em solu\u00e7\u00e3o de hipoclorito de s\u00f3dio \u00e0 2,5%, sendo agitadas por invers\u00e3o durante 30 minutos e depois lavadas com

água destilada. Após o processo de desinfecção, as sementes foram levadas para a câmara de crescimento e colocadas para germinar em vasos contendo apenas água destilada. Dez dias após a germinação, as plântulas foram submetidas ao cultivo em solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) modificada à meia força iônica (1/2 FI), a qual foi renovada a cada três dias de cultivo.

## 2.3 Tratamentos

As três variedades foram submetidas aos seguintes tratamentos: tratamento 1 (T1) - fornecimento constante de N-amônio na concentração de 0,2 mM; tratamento 2 (T2) - fornecimento constante de N-amônio na concentração de 1 mM; tratamento 3 (T3) - fornecimento constante de N-amônio na concentração de 1 mM até três dias antes da coleta, restrição de N nesses três dias e ressuprimento 5 horas antes da coleta. Como fonte de N foi utilizado o sulfato de amônio.

## 2.4 Coleta do material

Trinta dias após a germinação, as plantas foram coletadas, separadas em raiz, bainha e folha, e armazenadas para análise de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (FELKER, 1997), aminoácidos livres (YEMM & COCKING, 1995), atividade da glutamina sintetase e expressão da isoforma *OsGS1.1*.

## 2.5 Atividade da glutamina sintetase

A atividade da GS foi feita como descrito por FARNDEN & ROBERTSON (1980). A atividade foi realizada em 500µL de uma solução contendo 50mM de Imidazol-HCl pH 7,5, 5mM de hidroxilamina neutralizada com Tris, 20mM de MgCl<sub>2</sub>, 25mM de L-glutamato, 5mM de β-mercaptoetanol e 5mM de ATP. O controle da reação foi realizado sem a adição de ATP no meio de reação. A reação foi paralisada pela adição de 350µL de uma solução composta por 4% (p/v) de ácido tricloroacético – TCA e 3,2% (p/v) de cloreto férrico anidro – FeCl<sub>3</sub> preparada em HCl 0,5N. O γ-glutamil hidroxamato (GHD) foi colorimetricamente determinado em λ=540 nm. Foram utilizados dados de quantificação de proteínas presentes no extrato para fazer os devidos cálculos de atividade de enzima/quantidade de proteína pipetada.

## 2.6 Extração de RNA total e síntese de cDNA

O RNA total foi extraído segundo GAO et al. (2001) utilizando tampão NTES (0,2 M Tris-Cl pH 8,0; 25 mM EDTA; 0,3 M NaCl; 2% SDS). Amostras de parte aérea e raiz foram maceradas em N<sub>2</sub> e homogeneizadas em uma mistura contendo 1 ml de tampão NTES e 700µL fenol:clorofórmio (1:1). Após centrifugação a 12.000 x g por 10 minutos a 4°C e o sobrenadante transferido para um novo tubo. O RNA total foi precipitado pela adição de 1/10 volume de 2 M acetato de sódio pH 4,8 (NaOAcDEPC) e 1 volume de isopropanol puro gelado. A seguir a mistura foi mantida a -20 °C por 2 horas seguida

de centrifugação a 12.000 x g por 10 min. O precipitado foi solubilizado em 0,5 mL de H<sub>2</sub>O<sub>DEPC</sub> e precipitado novamente pela adição de 0,5 mL de 4 M cloreto de lítio pH 4,8 (LiClDEPC). Após centrifugadas a 12.000g por 10 minutos, o precipitado foi lavado com etanol 70% e dissolvido em 50ul de H<sub>2</sub>O<sub>DEPC</sub>.

A qualidade do RNA extraído foi verificada espectrofotometricamente por meio das relações A260/A230 e A260/A280 e visualização em gel de agarose (1%). As amostras de RNA total utilizadas nas reações de síntese do cDNA foram tratadas com DNase I (Invitrogen) seguindo as recomendações do fabricante. A fita simples de cDNA foi sintetizada utilizando a “TaqMan Reverse Transcription Reagents” (Applied Biosystems)” e primer oligodT de acordo com as recomendações do fabricante.

## 2.7 Expressão gênica

Foi avaliada a expressão do gene que codifica para a isoforma *OsGS 1.1*. Foram utilizados como controle endógeno o gene da actina e do fator de alongamento (JAIN et al., 2006) para o cálculo da expressão gênica relativa

## 2.8 Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste F (ao nível de 5 % de probabilidade), quando houve diferenças significativas reveladas pela ANOVA, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

# 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando submetidas ao tratamento 1 a variedade Manteiga apresentou maiores teores de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> na bainha e nas folhas quando comparada as variedades IAC-47 e Piauí (figura 1 A). A variedade Piauí, nesse mesmo tratamento, apresentou maiores teores de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nas folhas em relação a variedade IAC-47, a qual retornou maior teor de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nas raízes.

No tratamento 2 a variedade Piauí apresentou maior teor de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nas bainhas, enquanto a variedade Manteiga apresentou maior teor nas folhas (Figura 1 B). Nas raízes os maiores teores de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> foram observados na variedade IAC-47.

No tratamento 3 as variedades Manteiga e Piauí apresentaram maiores teores de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nas três partes analisadas (raiz, bainha e folha), quando comparadas a variedade IAC-47 (figura 1C).

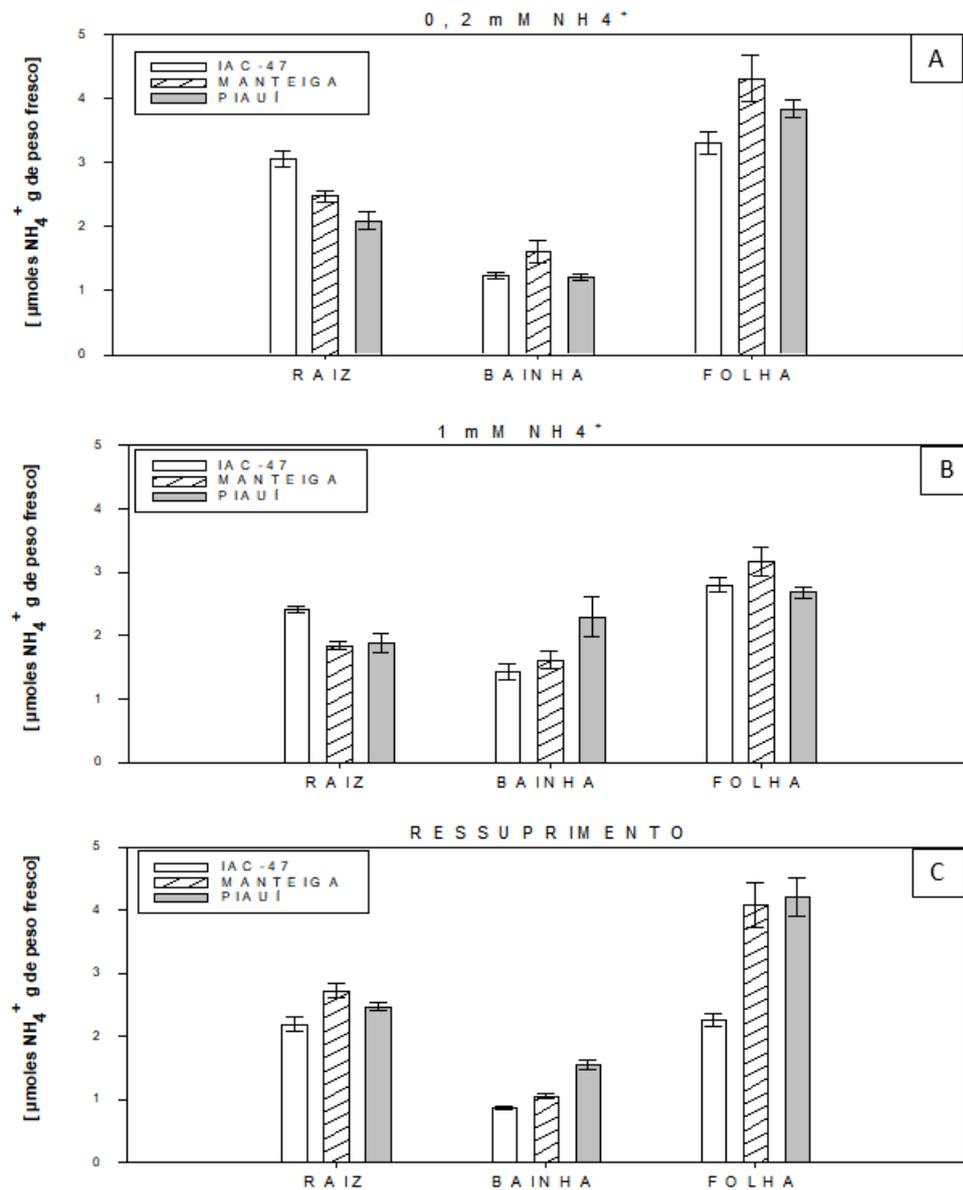


Figura 1: Teores de  $N-NH_4^+$  em tecidos de plantas de arroz, das cultivares IAC-47, Manteiga e Piauí submetidas a três tratamentos, sendo: tratamento 1 (fornecimento constante de 0,2 mM  $NH_4^+$ ); tratamento 2 (fornecimento constante de 1mM  $NH_4^+$ ); tratamento 3 (fornecimento constante de 1mM de  $NH_4^+$  até 3 dias antes da coleta, período no qual as plantas foram submetidas à uma fome de N e, 5 horas antes da coleta, foi realizado o ressurgimento com 1 mM de N).

Os maiores teores de  $NH_4^+$  observados nas folhas das variedades maranhenses indicam um processo mais intenso de remobilização do  $NH_4^+$ , melhor observado no tratamento 3. Essa é uma característica interessante para plantas que são cultivadas em ambientes com uma disponibilidade sazonal de nutrientes, onde a planta precisa suprir de forma mais intensa os órgãos considerados drenos com o  $NH_4^+$  livre.

Os maiores teores de  $NH_4^+$  apresentados nas raízes das variedades maranhenses quando submetidas a fome de N indicam uma taxa de absorção mais rápida desse nutriente, diminuindo o tempo de exposição do mesmo na solução do solo colaborando para minimizar perdas para o ambiente, bem como para a melhoria da eficiência de absorção. As características apresentadas pelas variedades Manteiga e Piauí deve-se possivelmente a uma adaptação sofrida por essas variedades em decorrer do ambiente

de origem, onde os nutrientes são mais disponíveis em determinadas épocas do ano, em decorrer das chuvas irregularmente espaçadas.

Os maiores teores de aminoácidos livres foram observados nas variedades Manteiga e Piauí, comparadas com a variedade IAC-47, no tratamento 3 para as três partes analisadas, sendo que nas folhas e nas bainhas a variedade Piauí apresentou cerca de 30% a mais de aminoácidos livres do que a variedade IAC-47 (figura 2).

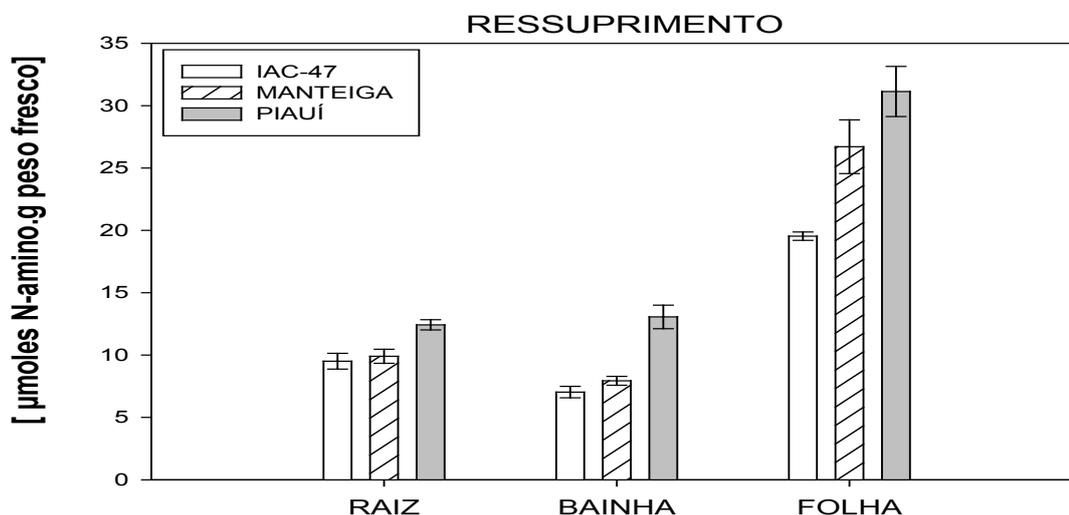


Figura 2: Teores de N-amino em tecidos de plantas de arroz, das cultivares IAC-47, Manteiga e Piauí submetidas a fome de N (fornecimento constante de 1mM de  $\text{NH}_4^+$  até 3 dias antes da coleta, período no qual as plantas foram submetidas à uma fome de N e, 5 horas antes da coleta, foi realizado o ressuprimento com 1 mM de N).

Os teores de aminoácidos livres estão altamente correlacionados com os teores de amônio, reforçando a hipótese de maior taxa de remobilização apresentadas por estas variedades, onde pela ação de proteases ocorre a quebra de proteínas e liberação de aminoácidos e conseqüentemente  $\text{NH}_4^+$ . Esse  $\text{NH}_4^+$  liberado no citosol é exportado para diferentes órgãos e tecidos necessitando ser reassimilado pelas enzimas relacionadas ao ciclo do N. A glutamina sintetase (*OsGS 1.1*), uma enzima extremamente importante para a reassimilação do  $\text{NH}_4^+$ , foi 50% mais expressa nas plantas da variedade Piauí, comparadas as variedades Manteiga e IAC-47 quando as plantas foram submetidas ao tratamento 3 (figura 3), e ao analisar a atividade da GS tanto na raiz quanto na folha no tratamento 3, percebe-se uma maior atividade nas variedades maranhenses, principalmente a variedade Piauí, o que ressalta a maior capacidade de assimilação e remobilização do  $\text{NH}_4^+$ (figura 4).

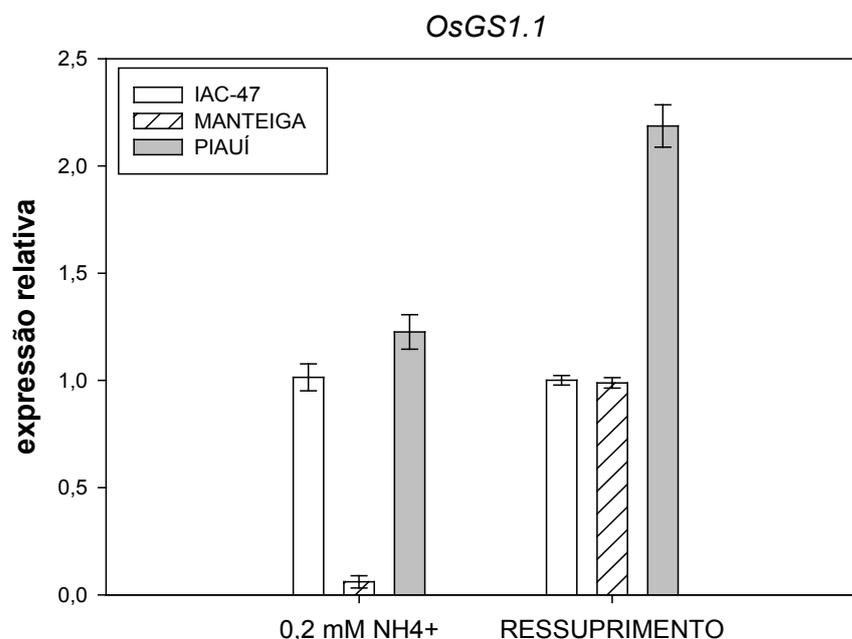


Figura 3. Expressão relativa da isoforma *OsGS1.1* em tecidos de plantas de arroz, das cultivares IAC-47, Manteiga e Piauí submetidas a dois tratamentos, sendo: fornecimento constante de 0,2 mM NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; fornecimento constante de 1mM de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> até 3 dias antes da coleta, período no qual as plantas foram submetidas à uma fome de N e, 5 horas antes da coleta, foi realizado o ressurgimento com 1 mM de N.

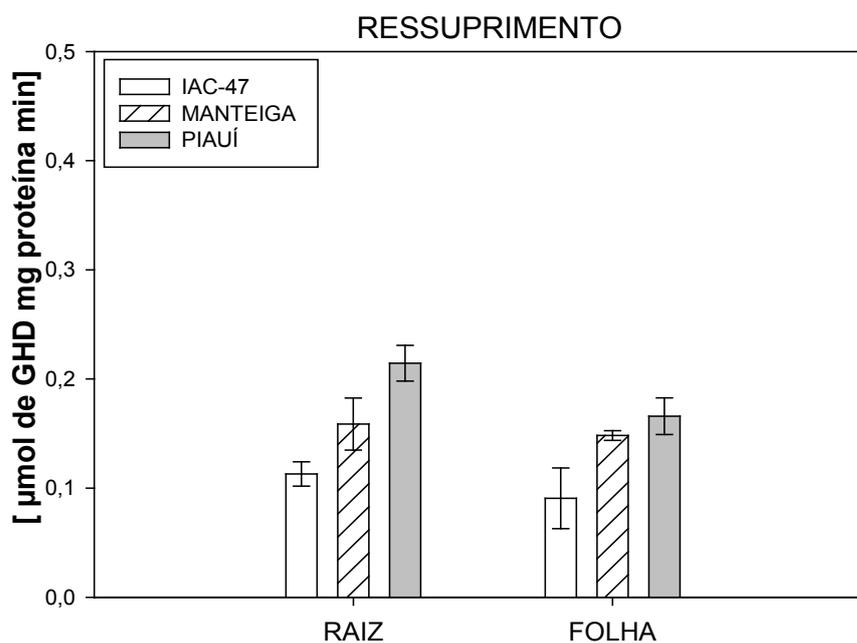


Figura 4: Atividade da GS em tecidos de plantas de arroz, das cultivares IAC-47, Manteiga e Piauí submetidas a fome de N (fornecimento constante de 1mM de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> até 3 dias antes da coleta, período no qual as plantas foram submetidas à uma fome de N e, 5 horas antes da coleta, foi realizado o ressurgimento com 1 mM de N).

## 4 | CONCLUSÕES

Em condições de baixo N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ou disponibilidade sazonal, as cultivares maranhenses apresentaram características que propiciaram um melhor desenvolvimento

nesses ambientes. Outros estudos devem ser realizados para melhor entendimento dos mecanismos fisiológicos apresentados por essas cultivares.

## REFERÊNCIAS

- BRIONES JR., A.M.; OKABE, S.; UMEMIYA, Y.; RAMSING, N.B.; REICHARDT W. & OKUYAMA, H. **Ammoniaoxidizing bacteria on root biofilms and their possible contribution to N use efficiency of different rice cultivars.** Plant Soil, 250:335-348, 2003.
- COELHO, C.P. **Remobilização de Nitrogênio em Variedades de Arroz com e sem Suplementação Nitrogenada.** 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2011
- CONAB, **acompanhamento da safra brasileira de grãos.** V. 5 - SAFRA 2017/18- N. 6 - Sexto levantamento. Março, 2018.
- DUAN, Y.H.; ZHANG, Y.L.; SHEN, Q.R. & WANG, S.W. **Nitrate effect on rice growth and nitrogen absorption and assimilation at different growth stages.** Pedosphere, 16:707-717, 2006.
- FARNDEN, K. J. F. et al. **Methods for studying enzymes involved in metabolism related to nitrogenase.**, p. 265-314, 1980.
- FELKER, P. **Micro determination of nitrogen in seed protein extracts.** Analytical Chemistry, v.49, 1980, 1977.
- GAO, J.W.; LIU, J.Z.; LI, B. AND LI, Z.S. (2001) **Isolation and purification of functional total RNA from blue-grained wheat endosperm tissues containing high levels of starches and flavonoids.** Plant. Mol. Biol. Rep.19:185a-185i.
- HOAGLAND, D. R. & ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil.** California Agricultural Experiment Station, Berkeley, Calif., US., 347P, 1950.
- JAIN, M.; TYAGI, A.K.; KHURANA, J. P. (2006) **Molecular characterization and differential expression of cytokinin-responsive type-A-response regulators in Rice (Oryza sativa).** BMC Plant Bio 16:1
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal.** 2 Ed. Guanabara Koogan, 2008. 472p.
- KIRK G.J.D. **Plant-mediated processes to acquire nutrients: Nitrogen uptake by rice plants.** Plant Soil, 232:129-134, 2001.
- KRONZUCKER, H.J.; GLASS, A.D.M.; SIDDIQI, M.Y. & KIRK, G.J.D. **Comparative kinetic analysis of ammonium and nitrate acquisition by tropical lowland rice: Implications for rice cultivation and yield potential.** New Phytol., 145:471-476, 2000.
- LI, Y.L.; ZHANG, Y.L.; HU, J. & SHEN, Q.R. **Contribution of nitrification happened in rhizospheric soil growing with different rice cultivars to N nutrition.** Biol. Fert. Soils, 43:417-425, 2006.
- MASCLAUX-DAUBRESSE, C.; REISDORF-CREN, M. & ORSEL, M. **Leaf nitrogen remobilization for plant development and grain filling.** Plant Biology, 10:23-36, 2008.
- WILLIAMS, L.E. & MILLER, A.J. **Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes.** Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 2001.

YEMM, E. W. & COCKING, E. C. **The determination of amino-acid with ninhydrin.** **Analytical Biochemistry**, v. 80, p.209-213, 1955.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**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

**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 estres 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 Metharrizum, 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

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-008-7



9 788572 470087