



---

# Agronomia: Elo da Cadeia Produtiva 5

Diocléa Almeida Seabra Silva  
(Organizadora)

---

**Atena**  
Editora  
Ano 2019



---

# Agronomia: Elo da Cadeia Produtiva 5

Diocléa Almeida Seabra Silva  
(Organizadora)

---

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



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
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. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobom – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
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. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
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. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
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. 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. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

| <b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)<br/>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b> |   |
|---|---|
| A281  | <p>Agronomia [recurso eletrônico] : elo da cadeia produtiva 5 /<br/>Organizadora Diocléa Almeida Seabra Silva. – Ponta Grossa,<br/>PR: Atena Editora, 2019. – (Agronomia: Elo da Cadeia Produtiva;<br/>v. 5)</p> <p>Formato: PDF<br/>Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader<br/>Modo de acesso: World Wide Web<br/>Inclui bibliografia<br/>ISBN 978-85-7247-824-3<br/>DOI 10.22533/at.ed.243190312</p> <p>1. Agricultura – Economia – Brasil. 2. Agronomia – Pesquisa –<br/>Brasil. I. Silva, Diocléa Almeida Seabra. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 630.981</p> |
| <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 cadeia produtiva do agronegócio tem como finalidade um conjunto de ações que são inseridas em um determinado produto até a chegada no consumidor. Muitas das vezes essas ações, que na realidade, se constituem em etapas de como trabalhar um determinado produto até que este esteja pronto para ser comercializado, levando-se em consideração as características que proporcionará o grau de satisfação dos clientes.

A satisfação se faz presente, devido o aprimoramento do produto de forma eficiente, que somente se torna possível, através de pesquisas que estejam relacionadas com a produção agropecuária a se destacar no mercado, como o preparo de solo, classes de aptidão de terras agrícolas, adubação, seleção de mudas, preparo de sementes, nutrição mineral de plantas, tratos culturais, plantas medicinais, alelopáticas e o uso da terra e etc. Estas pesquisas nos incentivaram na elaboração deste volume – AGRONOMIA: ELO DA CADEIA PROTUVIA 5, VOL.5, que significa que os trabalhos aqui contextualizados seguem um roteiro diversificado de parâmetros / ações que definem com clareza o conceito de cadeia produtiva, o que na realidade retrata os acontecimentos que levam as instituições públicas e privadas como as Universidades, Embrapas, propriedades rurais e etc., serem responsáveis por novas descobertas científicas e pelo aprimoramento deste conhecimento, no sentido de melhorar os elos da cadeia produtiva do agronegócio que estão contidos nos artigos, cujos capítulos apontam pesquisas recentes cujo fundamento é aumentar a produção agrícola do Brasil.

Isso é tão verdade, que segundo <sup>1</sup>Castro; Lima; Cristo (2002) a cadeia produtiva do agronegócio parte da premissa que a produção de bens pode ser representada como um sistema, onde os atores estão interconectados por fluxo de materiais, de capital, de informação, com o objetivo de suprir um mercado consumidor final com os produtos do sistema. Isso nos levará a melhoria da competitividade do mercado em que para que todo produto seja comercializado, será necessário que antes haja pesquisas voltadas ao seu aprimoramento para a conquista do consumidor final.

Diocléa Almeida Seabra Silva

---

<sup>1</sup> CASTRO, A. M. G.; LIMA, S. M. V.; CRISTO, C. M. P. N. Cadeia produtiva: marco conceitual para apoiar a prospecção tecnológica. In: **Anais do XXII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica**. Salvador, 2002.

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....   | <b>1</b>  |
| DIAGNÓSTICO DA CAFEICULTURA DOS MUNICÍPIOS DE ALFENAS, CAMPESTRE, PARAGUAÇU E SERRANIA  |           |
| Nilson Pereira Gomes<br>Kleso Silva Franco Junior<br>Eduardo Vinicius Franco da Silva<br>Ramon Mendes de Souza Dias<br>Wagner Borim Teixeira<br>Edimar de Paiva   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2431903121</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....   | <b>15</b> |
| A PRODUÇÃO DE FIBRA DE MALVA ( <i>URENA LOBATOL.</i> ) NO ESTADO DO PARÁ: PERSPECTIVAS E REALIDADES BASEADAS NOS ANOS DE 1990 A 2017  |           |
| Alasse Oliveira da Silva<br>Elane Cristina da Silva Conceição<br>Roberta Carvalho Gomes<br>Diocléa Almeida Seabra Silva<br>Ismael de Jesus Matos Viégas<br>Antonia Kilma de Melo Lima<br>Danilo Mesquita Melo<br>Joaquim Alves de Lima Júnior<br>Ebson Pereira Cândido<br>Eduardo da Silva Leal |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2431903122</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....   | <b>24</b> |
| UTILIZAÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS: NA PERCEPÇÃO DE UMA LOCALIDADE NO SUL DO BRASIL   |           |
| Paulo Barrozo Cassol<br>Maria Teresa Aquino de Campos Velho<br>Alberto Manuel Quintana  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2431903123</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....   | <b>36</b> |
| ABORDAGENS DE BIOINFORMÁTICA PARA VACINAS CONTRA O VÍRUS DA FEBRE AFTOSA NA AMÉRICA DO SUL  |           |
| Mateus Gandra Campos<br>Giuliana Loreto Saraiva<br>Pedro Marcus Pereira Vidigal<br>Abelardo Silva Júnior<br>Márcia Rogéria de Almeida   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2431903124</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....   | <b>50</b> |
| ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA DA CULTURA DA SOJA: INFLUÊNCIA SOBRE A PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E TEORES DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS  |           |
| Lucio Pereira Santos<br>Clibas Vieira   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.2431903125</b>  |           |

**CAPÍTULO 6 ..... 67**

ALLELOPATHIC EFFECTS OF AQUEOUS EXTRACTS OF *Leucaena leucocephala* (Lam) OF WIT.  
ON LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) SEEDS

Cláudio Brito Coêlho  
Maria Eduarda Batista Vieira Fernandes  
Emmanoella Costa Guaraná Araujo  
Thiago Cardoso Silva  
Cibelle Amaral Reis  
Tarcila Rosa da Silva Lins  
Letícia Siqueira Walter  
Júlia Andresa Freitas da Silva  
Anderson Oliveira de Lima  
Iaci Dandara Santos Brasil  
Marks Melo Moura  
Ernandes Macedo da Cunha Neto  
Tarcísio Viana de Lima

**DOI 10.22533/at.ed.2431903126**

**CAPÍTULO 7 ..... 76**

ALLELOPATHIC EFFECTS OF *Corymbia torelliana* ON THE GERMINATION AND INITIAL  
DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL AND FOREST SPECIES

Lucas Araújo Moura  
Emmanoella Costa Guaraná Araujo  
Thiago Cardoso Silva  
Antonio Leonardo Sousa Modesto  
Tarcila Rosa da Silva Lins  
Letícia Siqueira Walter  
Cibelle Amaral Reis  
Iaci Dandara Santos Brasil  
Ernandes Macedo da Cunha Neto  
Jade Cristynne Franco Bezerra  
Marks Melo Moura  
Tarcísio Viana de Lima

**DOI 10.22533/at.ed.2431903127**

**CAPÍTULO 8 ..... 88**

ALTERAÇÕES NO METABOLISMO DE NITROGÊNIO E CARBONO EM PLANTAS DE ARROZ  
SUBMETIDAS A DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES

Erinaldo Gomes Pereira  
Albiane Carvalho Dias  
Camilla Santos Reis de Andrade da Silva  
Liliandra Barreto Emídio Gomes  
Lorraine Cristina Henrique Almeida  
Natália dos Santos Ferreira  
Otavio Augusto Queiroz dos Santos  
Octávio Vioratti Telles de Moura  
Cássia Pereira Coelho Bucher  
Carlos Alberto Bucher  
Everaldo Zonta  
Manlio Silvestre Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.2431903128**

**CAPÍTULO 9 ..... 100**

APTIDÃO AGRÍCOLA DOS SOLOS: METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

Karla Nayara Santos de Almeida

João Batista Lopes da Silva  
Júlio César Azevedo Nóbrega  
Rafael Felipe Ratke  
Kaíse Barbosa de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.2431903129**

**CAPÍTULO 10 ..... 113**

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES ALTURAS DAS PLANTAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO TOMATEIRO EM CULTIVO ORGÂNICO

Belmiro Saburo Shimada  
Gustavo Roque Goulart  
Juliano Cordeiro  
Alessandro Jefferson Sato

**DOI 10.22533/at.ed.24319031210**

**CAPÍTULO 11 ..... 124**

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO TOMATEIRO ENXERTADO EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO SOB CULTIVO PROTEGIDO

Gilmar Batistella  
José Ricardo Peixoto

**DOI 10.22533/at.ed.24319031211**

**CAPÍTULO 12 ..... 134**

AÇÃO FITOQUÍMICA DE *ARTEMISIA ANNUA* L. EM MANEJOS PÓS-COLHEITAS

Thalita Cristina Marques Cervezan  
Melissa Jean Towler  
Pamela Weathers  
Pedro Melillo de Magalhães  
Adilson Sartoratto  
Aline Cristina Rabonato  
Glyn Mara Figueira  
Fernando Broetto

**DOI 10.22533/at.ed.24319031212**

**CAPÍTULO 13 ..... 147**

BEEF MARKETING AND QUALITY IN URUGUAY

Fabio Montossi  
Fiorella Cazzuli

**DOI 10.22533/at.ed.24319031213**

**CAPÍTULO 14 ..... 164**

BIOPROMOTORES E LUZ NO CRESCIMENTO DE *Brachiaria brizantha*

Monyck Jeane dos Santos Lopes  
Moacyr Bernardino Dias Filho  
Thomaz Henrique dos Reis Castro  
Gisele Barata da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.24319031214**

**CAPÍTULO 15 ..... 175**

CARBONO ORGÂNICO AFETADO POR SISTEMAS DE CULTIVO DE LONGA DURAÇÃO

Felipe Camargo de Paula Cardoso  
João de Deus Gomes dos Santos Junior  
Eiyti Kato  
Nericlenes Chaves Marcante



**CAPÍTULO 16 ..... 193**

COMPATIBILIDADE DO FERTILIZANTE NUCLEOS O-PHOS COM *Trichoderma asperellum*

Daniela Tiago da Silva Campos  
Mayco Mascarello Richardi  
Matheus de Medeiros Bagli  
Marcelo Augusto Cruz Filho  
Ligia Bronholi Pedrini  
Renato de Almeida Jr

DOI 10.22533/at.ed.24319031216

**CAPÍTULO 17 ..... 197**

CONTAMINAÇÃO MICROBIANA E PARASITÁRIA NO CULTIVO DE HORTALIÇAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Juciene de Jesus Barreto da Silva  
Ana Lúcia Moreno Amor  
Isabella de Matos Mendes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.24319031217

**CAPÍTULO 18 ..... 218**

CRESCIMENTO DE BANANEIRAS E BARUEIROS EM CONSÓRCIO COM PLANTAS DE COBERTURA EM SISTEMA AGROFLORESTAL

Everton Martins Arruda  
Leonardo Santos Collier  
Rilner Alves Flores  
Bruna Bandeira do Nascimento  
Leonardo Rodrigues Barros  
Risely Ferraz Almeida  
Marcos Paulo dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.24319031218

**CAPÍTULO 19 ..... 230**

CRESCIMENTO DE PLANTAS DE MAMOEIRO 'THB' EM CAMPO

Karina Tiemi Hassuda dos Santos  
Renan Garcia Malikowski  
Vinicius de Souza Oliveira  
Geraldo Antônio Ferreguetti  
Gleyce Pereira Santos  
Omar Schmildt  
Marcio Paulo Czepak  
Edilson Romais Schmildt

DOI 10.22533/at.ed.24319031219

**CAPÍTULO 20 ..... 235**

CRESCIMENTO MICELIAL DE *COLLETOTRICHUM* spp. EM DIFERENTES MEIOS DE CULTURA

Elisson Felipe Rezende Cano  
Marta Sabrina Nimet  
Mayco Antonio Batistella  
Fabio Mattes Maiorki  
Felipe José Gibbert  
Márcia de Holanda Nozaki

DOI 10.22533/at.ed.24319031220

**CAPÍTULO 21 ..... 242**

DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO E MAGNÉSIO AFETA O METABOLISMO DE NITROGÊNIO E O DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

Erinaldo Gomes Pereira  
Albiane Carvalho Dias  
Camilla Santos Reis de Andrade da Silva  
Liliandra Barreto Emídio Gomes  
Lorraine Cristina Henrique Almeida  
Natália dos Santos Ferreira  
Otavio Augusto Queiroz dos Santos  
Octávio Vioratti Telles de Moura  
Cássia Pereira Coelho Bucher  
Carlos Alberto Bucher  
Everaldo Zonta  
Manlio Silvestre Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.24319031221**

**CAPÍTULO 22 ..... 255**

DIMENSIONAMENTO AMOSTRAL PARA MAMOEIRO 'ALIANÇA' EM CAMPO

Omar Schmildt  
Karina Tiemi Hassuda dos Santos  
Renan Garcia Malikouski  
Vinicius de Souza Oliveira  
Adriel Lima Nascimento  
Gleyce Pereira Santos  
Geraldo Antônio Ferreguetti  
Edilson Romais Schmildt

**DOI 10.22533/at.ed.24319031222**

**CAPÍTULO 23 ..... 261**

DINÂMICAS DE USO DA TERRA NA AGRICULTURA FAMILIAR: O CASO DA COMUNIDADE RURAL DE TATAJUBA, VISEU-PARÁ

Alasse Oliveira da Silva  
Antônio Mariano Gomes da Silva Júnior  
Liliane Marques de Sousa  
Daiane Pantoja de Souza  
Lívia Tálita da Silva Carvalho  
Henrique da Silva Barata  
Jonathan Braga da Silva  
Hiago Marcelo Lima da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.24319031223**

**CAPÍTULO 24 ..... 270**

EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO DE CROTALARIA EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DE SEMEADURA EM SOLO ARENOSO

Everton Martins Arruda  
Geyson da Silva Prado  
Kevein Ruas de Oliveira  
Marcos Paulo dos Santos  
Leonardo Rodrigues Barros

**DOI 10.22533/at.ed.24319031224**

**CAPÍTULO 25 ..... 282**

FREQUÊNCIA DE NEMATOIDES NA REGIÃO CENTRO-OESTE

Rayane Gabriel Da Silva

Danieli Rayane Gabriel Da Silva Maria

Eduarda Ferreira Nantes

**DOI 10.22533/at.ed.24319031225**

**CAPÍTULO 26 ..... 283**

GESTÃO DE GASTOS DA PEQUENA PROPRIEDADE RURAL FAMILIAR PARA MELHORAR O SEU DESEMPENHO ECONÔMICO

Nestor Bremm

Daniela Martinelli

Lauri Aloisio Heckler

**DOI 10.22533/at.ed.24319031226**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 290**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 291**

# CAPÍTULO 21

## DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO E MAGNÉSIO AFETA O METABOLISMO DE NITROGÊNIO E O DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

### **Erinaldo Gomes Pereira**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Departamento de Solos  
Seropédica – Rio de Janeiro

### **Albiane Carvalho Dias**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Departamento de Solos  
Seropédica – Rio de Janeiro

### **Camilla Santos Reis de Andrade da Silva**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Departamento de Solos  
Seropédica – Rio de Janeiro

### **Liliandra Barreto Emídio Gomes**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Departamento de Solos  
Seropédica – Rio de Janeiro

### **Lorraine Cristina Henrique Almeida**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Departamento de Solos  
Seropédica – Rio de Janeiro

### **Natália dos Santos Ferreira**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Departamento de Solos  
Seropédica – Rio de Janeiro

### **Otavio Augusto Queiroz dos Santos**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Departamento de Solos  
Seropédica – Rio de Janeiro

### **Octávio Vioratti Telles de Moura**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Departamento de Solos  
Seropédica – Rio de Janeiro

### **Cássia Pereira Coelho Bucher**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Departamento de Solos  
Seropédica – Rio de Janeiro

### **Carlos Alberto Bucher**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Departamento de Fitotecnia  
Seropédica – Rio de Janeiro

### **Everaldo Zonta**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Departamento de Solos  
Seropédica – Rio de Janeiro

### **Manlio Silvestre Fernandes**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Departamento de Solos  
Seropédica – Rio de Janeiro

**RESUMO:** A nutrição adequada das plantas é um ponto chave para um bom desenvolvimento e produção. O desbalanço nutricional pode acarretar em alterações metabólicas e interferir de forma negativa no ciclo vital das plantas. Objetivou-se com este trabalho examinar alterações no metabolismo de nitrogênio (N) em plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) submetidas a deficiência de cálcio e magnésio. Para isso as plantas foram cultivadas em solução nutritiva modificada de Hoagland e Arnon, 1950, a 1/2 de força iônica, 1,5 mM de  $\text{NO}_3^-$  mais 0,5 mM de  $\text{NH}_4^+$  e pH 5,8, por duas semanas antes do

início do tratamento. Posteriormente foram divididas em três grupos, sendo o primeiro grupo como controle (solução nutritiva completa), e os outros dois grupos com plantas cultivadas em solução nutritiva sem cálcio ou magnésio. A solução foi reposta a cada três dias. Após 15 dias nestas condições as plantas foram coletadas, seccionadas em raízes bainhas e folhas. Foram determinados os seguintes parâmetros: massa fresca de raízes, bainhas e folhas, atividade da enzima nitrato redutase, e os teores internos de nitrato, amônio, aminoácidos totais e açúcares totais. As plantas submetidas a deficiência nutricional apresentaram diminuição da atividade da NR nas folhas e aumento nas raízes. Foi registrado menor teor de  $\text{NO}_3^-$ , e acúmulo de  $\text{NH}_4^+$ , aminoácidos totais e açúcares solúveis nas raízes, bainhas e folhas, além de redução na massa fresca total. Os resultados sugerem interferência direta do cálcio e magnésio na absorção e assimilação do N.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nitrato, amônio, aminoácidos, açúcares solúveis

## CALCIUM AND MAGNESIUM DEFICIENCY AFFECT NITROGEN METABOLISM AND RICE PLANT DEVELOPMENT (*Oryza sativa* L.)

**ABSTRACT:** Proper plant nutrition is a key point for good development and production. Nutritional imbalance can lead to metabolic changes and negative interferences in plant life cycle. The objective was to use analytical changes in nitrogen (N) metabolism in rice (*Oryza sativa* L.) plants submitted to calcium and magnesium deficiency. For this, the plants were grown in modified nutrient solution of Hoagland and Arnon, 1950, a half of ionic strength, 1.5 mM  $\text{NO}_3^-$  plus 0.5 mM  $\text{NH}_4^+$  and pH 5.8, by weeks before from the beginning of the exercise. treatment. Subsequently, they were divided into three groups, the first group being control, and the other two groups with plants grown in nutrient solution without calcium or without magnesium. The solution was replaced every three days. After 15 weeks the plants were collected, sectioned on sheath roots and leaves. The following parameters were: fresh mass of roots, sheaths and leaves, activity of nitrate reductase enzyme, and internal levels of nitrate, ammonium, total amino acids and total sugars. As plants subjected to nutritional deficiency, NR activity in leaves and root increase. Lower  $\text{NO}_3^-$  content, higher content of  $\text{NH}_4^+$ , amino acids and soluble sugars in the sheath and leaf roots, as well as reduction in total fresh mass. The results suggest that calcium and magnesium in the absorption and assimilation of N.

**KEYWORDS:** Nitrate, ammonium, amino acids, soluble sugars.

## 1 | INTRODUÇÃO

Cálcio e Magnésio são macronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. São classificados como essenciais por atenderem os três critérios propostos por Arnon & Stout (1939), sendo eles: a ausência desses elementos impede que a planta complete o ciclo vital; eles não podem ser substituídos por outros elementos

com propriedades similares; e participam diretamente no metabolismo das plantas, e os seus benefícios não estão relacionados somente ao fato de melhorar as características do solo, mas também o crescimento da microflora ou alguma efeito similar.

De acordo com a lei do mínimo proposta por Liebig (1840) a produção é limitada pelo fator que estiver no mínimo, desse modo a deficiência de Cálcio e Magnésio ocasiona, entre outras alterações, a diminuição na produção.

O cálcio é absorvido pelas raízes das plantas e distribuído para a parte aérea pelo xilema. Possui baixa mobilidade nas plantas e encontra-se firmemente ligado a estruturas no apoplasto. Grande parte do cálcio absorvido pode ser encontrada nos vacúolos das células (ISAYENKOV et al., 2010), baixas concentrações são encontradas no simplasto e no floema.

A maior parte de sua atividade está relacionada à sua capacidade para a coordenação, pelo qual fornece estabilidade nas ligações intermoleculares reversíveis, predominantemente nas paredes celulares e na membrana plasmática (WHITE; BROADLEY, 2003). Um sinal de Ca está envolvido na regulação de células de alongação e divisão e podem ser encontrados no fuso mitótico é também crítico nas vias de transdução de sinal (FEDRIZZI et al., 2008) por ligação com calmodulina, uma proteína citosólica de plantas (PALIYATH; THOMPSON, 1987).

As deficiências de cálcio raramente aparecem no campo, porque os efeitos secundários limitam primeiro a produção. Os sintomas de deficiência são mais comuns em hortícolas, e a indisponibilidade está mais relacionada a incapacidade da planta de translocar o cálcio para a parte afetada do que a própria deficiência devido a níveis insuficientes (WHITE; BROADLEY, 2003). Isso ocorre porque o cálcio não pode ser mobilizado de tecidos antigos e redistribuído pelo o floema.

Como principais sintomas de deficiência apresentado pelas plantas pode-se citar: limitação do crescimento, escurecimento e apodrecimento do sistema radicular; clorose internerval nas folhas mais novas, podendo ocorrer também morte de tecidos do caule e pecíolo das folhas; queda das flores e mau desenvolvimento das sementes; tecidos jovens e folhas novas apresentam aspecto gelatinoso nas pontas e nos pontos de crescimento, geralmente ocasionado pela falta de pectato de Ca para a formação da parede celular. Em condições de deficiência mais severa as flores podem abortar e os pontos de crescimento de novas folhas podem aparecer queimados ocasionando a morte.

O Magnésio é absorvido pelas raízes das plantas, mas, para que ocorra a absorção é necessário que a raiz entre em contato com este elemento, seja por interceptação radicular, por difusão ou por fluxo de massa, sendo este último o processo responsável pela maior proporção de cátions bivalentes com a raiz.

Uma vez dentro das plantas o magnésio exerce diversas funções, sendo estas funções relacionadas a capacidade desse elemento em interagir com ligantes nucleofílicos. O Magnésio, juntamente com o nitrogênio, são os únicos nutrientes do

solo que são constituintes da clorofila.

A ativação enzimática é um dos papéis de destaque desse elemento, sendo cofator de quase todas as enzimas fosforilativas. Atribui-se também a esse elemento a função de carreador de fósforo, possivelmente devido ao aumento na absorção de fósforo na presença do Magnésio.

Por ser um elemento móvel nas plantas a deficiência desse nutriente acontece primeiramente nas folhas mais velhas. Os principais sintomas de deficiência são o amarelecimento, bronzeamento e vermelhidão das folhas, enquanto as nervuras permanecem verdes.

Deficiência de magnésio resulta também em aumentos dramáticos na acumulação de carboidratos no tecido de origem, alterando o metabolismo fotossintético de carbono e restringindo a fixação de  $\text{CO}_2$  (HERMANS et al., 2004).

O arroz, por ser um alimento consumido diariamente por grande parte da população mundial, requer grande quantidade de nutrientes para que a produção seja possível. Desbalanços nutricionais podem acarretar problemas graves no metabolismo e conseqüentemente na produção.

Objetivou-se com este trabalho examinar alterações no metabolismo de nitrogênio (N) de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.), variedade Piauí, submetidas a deficiência de cálcio e magnésio.

## 2 | MATERIAL MÉTODOS

### 2.1 Condições de cultivo

O experimento foi conduzido em câmara de crescimento do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas (LNMP), localizado no Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Sementes de arroz, variedade Piauí, foram desinfestadas em hipoclorito de sódio 2,5 %, germinadas sob gases em vasos contendo água destilada, e transferidas para solução nutritiva modificada de Hoagland e Arnon, 1950, a 1/2 de força iônica, 1,5 mM de  $\text{NO}_3^-$  mais 0,5 mM de  $\text{NH}_4^+$  e pH 5.8, por duas semanas antes do início do tratamento. As plantas foram cultivadas a uma temperatura de 28 °C/24 °C (dia/noite), fotoperíodo de 14h/10h (luz/escuro), fluxo de fótons fotossintético de 400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e umidade relativa de 70%. A solução nutritiva foi substituída a cada três dias. Para gerar deficiência individual dos macronutrientes em estudo,  $\text{CaSO}_4$  foi retirado para deficiência de Ca,  $\text{MgSO}_4$  retirado para deficiência de Mg. As plantas permaneceram 15 dias nessas condições, com troca de solução a cada três dias. Passado esse período as plantas foram coletadas, seccionadas em raízes bainhas e folhas, e pesadas para determinação da massa fresca.

## 2.2 Determinação da atividade da enzima Nitrato Redutase

A determinação da atividade da enzima nitrato redutase foi realizada em 0,2 gramas de raízes e folhas, de acordo com Jaworski (1971).

## 2.3 Determinação de frações solúveis

Durante a coleta 0,5 gramas de raízes, bainhas e folhas foram armazenados em 20 mL de etanol 80%, particionadas de acordo com Fernandes (1984), e utilizadas para determinação dos teores de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , aminoácidos totais e açúcares solúveis, de acordo com Miranda et al, 2001, Felker, 1977, Yemm e Cocking, 1995, Yemm e Willis, 1954, respectivamente.

## 2.4 Determinação de parâmetros radiculares

Uma raiz intacta, de cada repetição, foi separada e armazenada em etanol 50% para determinação dos parâmetros radiculares. Estas raízes foram scaneadas em scanner de mesa e analisadas com o auxílio do programa WinRHIZO 2012b, o qual identificou e quantificou os seguintes parâmetros: comprimento total de raízes, área de superfície radicular, área de projeção, volume radicular, diâmetro médio, número de pontas, bifurcamento e número de cruzamentos.

## 2.5 Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias analisadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

As correlações de Pearson foram realizadas com o teste t ( $p < 0,05$ ).

# 3 | RESULTADOS

## 3.1 Massa fresca

As plantas submetidas a deficiência nutricional tiveram o desenvolvimento prejudicado, apresentando menor produção de massa fresca de raízes, bainhas e folhas, se comparadas ao controle (Tabela 1).

| Tratamentos  | Raiz (g) | Bainha (g) | Folha (g) | Razão P.A/R |
|--------------|----------|------------|-----------|-------------|
| Controle     | 0,77 a   | 0,80 a     | 0,56 a    | 1,76 a      |
| (-) Cálcio   | 0,58 b   | 0,68 b     | 0,29 b    | 1,70 a      |
| (-) Magnésio | 0,64 ab  | 0,60 b     | 0,50 ab   | 1,74 a      |

Tabela 1. Massa fresca e razão parte aérea/raiz (P.A/R) de plantas de arroz submetidas a deficiência de Nitrogênio, Fósforo e Potássio.

Médias seguidas de letras minúsculas iguais entre linhas não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.



A menor produção de massa fresca de raízes (-25%) e folhas (-48%) foi verificada em plantas submetidas a deficiência de cálcio, o que resultou em menor relação parte aérea/raiz (Tabela 1). Plantas com deficiência de magnésio tiveram uma redução de 17% na massa fresca de raízes, de 11% na massa fresca de folhas e de 25% na produção de bainha (Tabela 1).

### 3.2 Parâmetros radiculares

Para caracterizar alterações no sistema radicular em plantas submetidas a deficiência de cálcio e magnésio foram determinados os seguintes parâmetros radiculares: comprimento, área de projeção, área de superfície, volume, número de pontas, diâmetro médio, bifurcamento e número de cruzamentos (Figura 1).

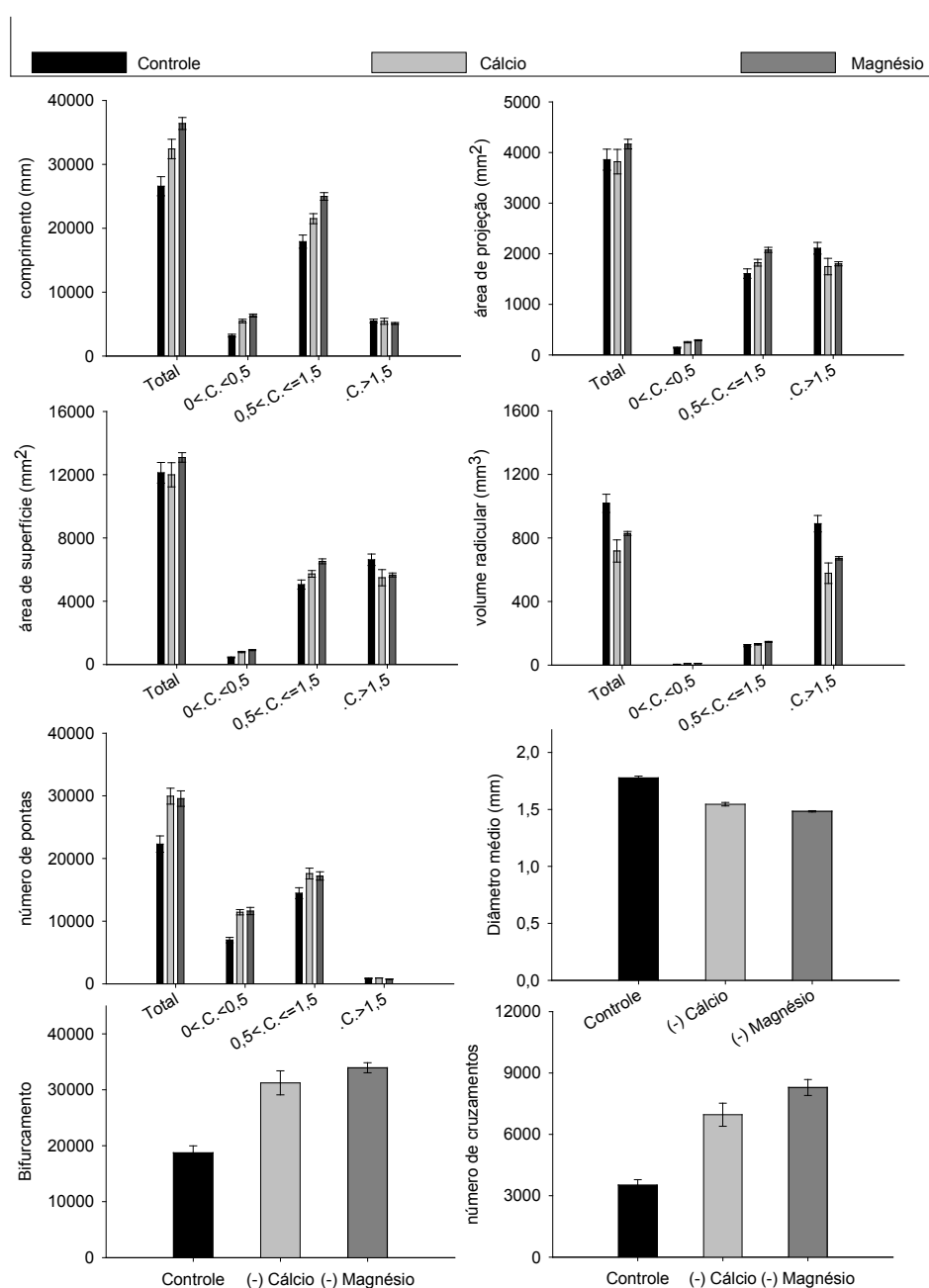


Gráfico 1. Parâmetros radiculares de plantas de arroz (variedade Piauí) submetidas a deficiência de Cálcio e Magnésio.

Examinando os resultados foi possível verificar grande alteração na arquitetura radicular. Quando submetidas a deficiência de cálcio e magnésio as plantas investiram em um sistema radicular com raízes de maior comprimento, de menor diâmetro e mais ramificadas, ramificação representada pelos maiores valores de bifurcamento, cruzamentos e número de pontas (Figura 1).

Menor área de projeção, de superfície e volume radicular, para raízes com diâmetro superior a 1,5 mm, foi verificado nas plantas sob deficiência nutricional. Por outro lado, estas mesmas plantas apresentaram maior investimento nestes mesmos parâmetros para as classes de raízes com diâmetros inferiores a 1,5 mm.

### 3.3 Teores de metabólitos e atividade da enzima nitrato redutase nos tecidos das plantas

A análise do perfil dos metabólitos solúveis demonstrou que a deficiência de cálcio e magnésio ocasionou alterações profundas nos teores da maioria dos metabólitos. Os teores de nitrato, amônio, aminoácidos totais e açúcares solúveis estão apresentados na tabela 2.

| N-nitrato ( $\mu$ moles/g peso fresco) |          |                    |              |
|--|----------|--------------------|--------------|
| Partes                                 | Controle | (-) Cálcio         | (-) Magnésio |
| Raiz                                   | 10,37a   | 7,34b              | 8,80b        |
| Bainha                                 | 14,23a   | 8,55b              | 9,62b        |
| Folha                                  | 4,24a    | 2,35c              | 3,73b        |
| N-amônio ( $\mu$ moles/g peso fresco)  |          |                    |              |
| Raiz                                   | 2,96b    | 3,26ab             | 3,99a        |
| Bainha                                 | 4,21b    | 6,78 <sup>a</sup>  | 4,58b        |
| Folha                                  | 6,58b    | 12,35 <sup>a</sup> | 7,21b        |
| N-Amino ( $\mu$ moles/g peso fresco)   |          |                    |              |
| Raiz                                   | 8,14c    | 17,49 <sup>a</sup> | 10,20b       |
| Bainha                                 | 14,06c   | 35,57 <sup>a</sup> | 16,72b       |
| Folha                                  | 26,12c   | 53,38 <sup>a</sup> | 45,48b       |
| Açúcares totais (%)                    |          |                    |              |
| Raiz                                   | 2,22c    | 2,97b              | 9,75a        |
| Bainha                                 | 2,20c    | 6,40b              | 9,84a        |
| Folha                                  | 3,31c    | 9,36 <sup>a</sup>  | 4,62b        |

Tabela 2. Teores de frações solúveis em plantas de arroz submetidas a deficiência de Nitrogênio, Fósforo ou Potássio.

Médias seguidas de letras minúsculas iguais entre colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de nitrato nas raízes e nas bainhas foram menores nas plantas sob deficiência nutricional. Esse menor teor de nitrato foi acompanhado por acúmulo de amônio, aminoácidos totais e açúcares solúveis em todas as partes analisadas.

Entre as deficiências em estudo os maiores acúmulos de amônio foram registrados nas bainhas (61%) e folhas (88%) das plantas deficientes em cálcio. Nestas mesmas plantas foram registrados acúmulos de 115%, 153%, 104%, 34%, 190%, 178%, de aminoácidos totais e açúcares solúveis nas raízes, bainhas e folhas, respectivamente.

Os maiores acúmulos de açúcares solúveis foram verificados nas raízes (340%) e bainhas (347%) das plantas sob deficiência de magnésio. Estas plantas apresentaram também o maior acúmulo de 35%.

Apesar do menor teor de  $\text{NO}_3^-$  apresentado nas raízes as plantas submetidas a deficiência de cálcio e magnésio tiveram aumento de 36% e 34%, respectivamente, na atividade da enzima NR. No entanto, a atividade da NR nestas foi reduzida em 40% e 72%.

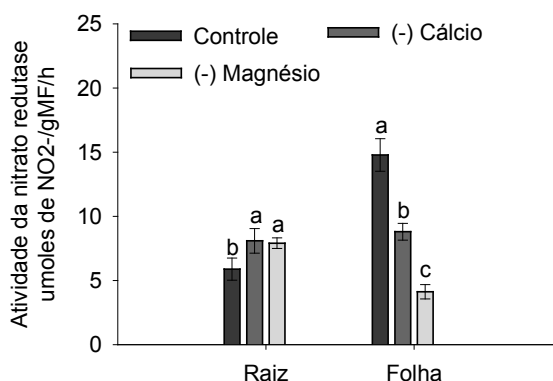


Gráfico 2. Atividade da enzima nitrato redutase em plantas de arroz (variedade Piauí) submetidas a deficiência de Cálcio e Magnésio.

### 3.4 Correlação de Pearson

Os resultados da análise de correlação dos metabólitos solúveis em diferentes partes das plantas cultivadas em condições padrão, sob deficiência de cálcio e magnésio são apresentados nas figuras 3, 4 e 5, respectivamente.

Alterações nas taxas de correlação foi observada em todas as associações quando as condições de cultivo foram modificadas (imposição das deficiências nutricionais).

Como foi verificado correlações significativas para diversos parâmetros, independentemente dos tratamentos, decidimos por nos ater as correlações entre nitrato nas raízes e folhas com amônio, aminoácidos e açúcares solúveis nestes mesmos órgãos.

Sob condição controle o teor de nitrato nas raízes apresentou alta correlação positiva com amônio nas raízes e folhas ( $r= 0,6$  e  $0,8$ ), aminoácidos nas raízes ( $r= 0,9$ ), e açúcares nas folhas ( $r= 0,8$ ). O teor de nitrato nas folhas apresentou correlação negativa apenas com açúcares nas raízes e folhas ( $r=-1$  e  $-0,6$ ).

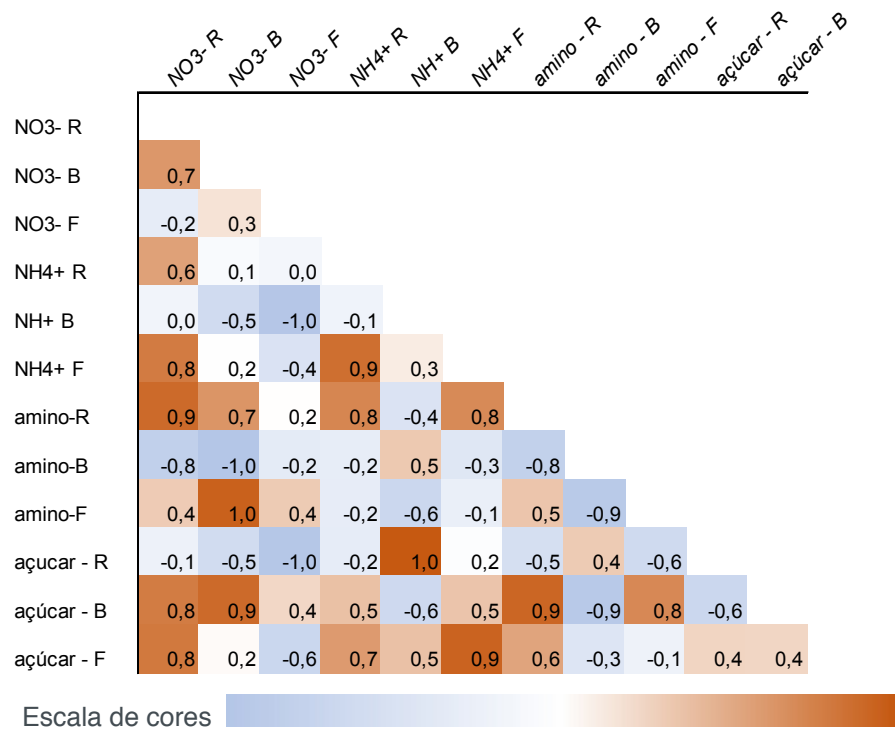


Figura 3. Coeficientes de correlação entre teores de metabólitos solúveis obtidos de plantas de arroz, variedade Piauí, cultivadas em condição padrão (controle)

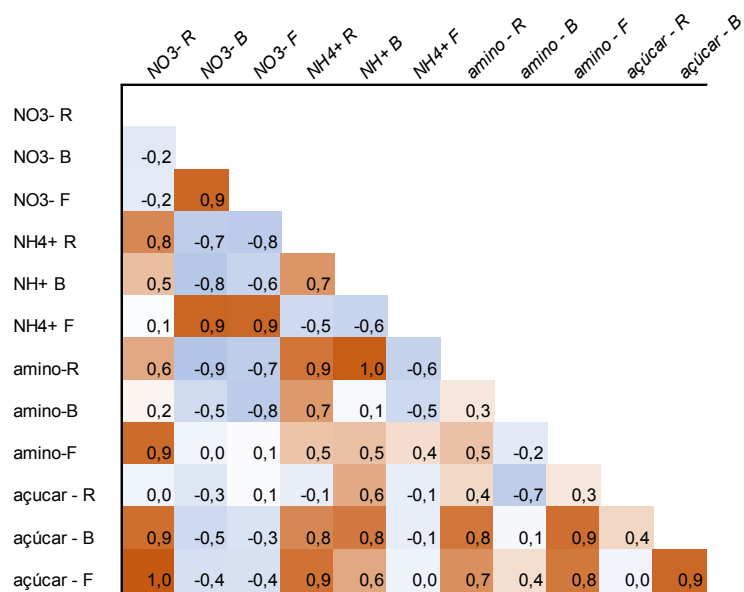


Figura 4. Coeficientes de correlação entre teores de metabólitos solúveis obtidos de plantas de arroz, variedade Piauí, cultivadas em condição de deficiência de cálcio

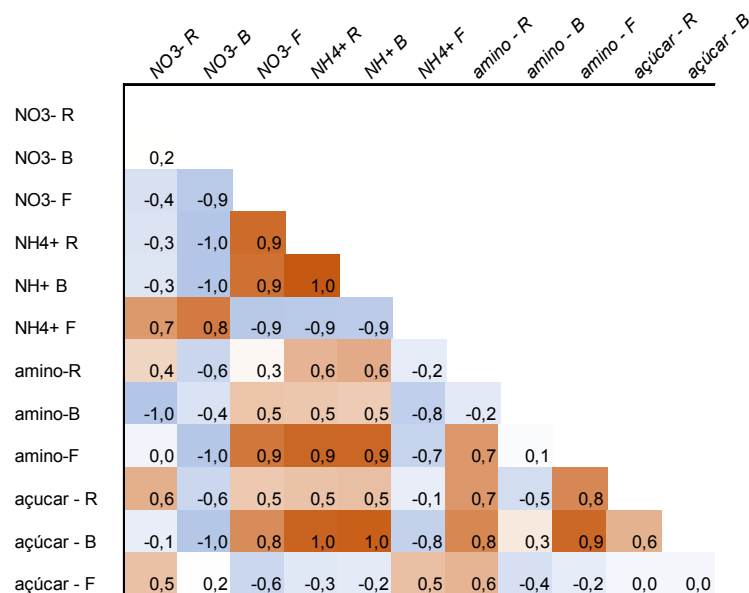


Figura 5. Coeficientes de correlação entre teores de metabólitos solúveis obtidos de plantas de arroz, variedade Piauí, cultivadas em condição de deficiência de magnésio

Quando submetidas a deficiência de cálcio o teor de nitrato nas raízes se correlacionou positivamente com aminoácidos nas raízes ( $r = 0,6$ ) e com açúcares solúveis nas folhas ( $r = 1$ ). O teor de nitrato nas folhas correlacionou negativamente com os teores de amônio e aminoácidos nas raízes ( $r = -0,8$  e  $-0,7$ ).

A deficiência de magnésio resultou em teores de nitrato nas raízes que correlacionaram positivamente com amônio nas folhas ( $r = ,7$ ) e açúcares nas raízes ( $r = 0,6$ ). O teor de nitrato das folhas apresentou correlação positiva com os teores de amônio e aminoácidos nas raízes ( $r = 0,9$ ), e correlação negativa para amônio e açúcares nas folhas ( $r = -0,9$  e  $-0,6$ ).

#### 4 | DISCUSSÃO

Plantas de arroz expostas a deficiência de cálcio e magnésio durante 15 dias exibiram diferenças em termos de crescimento e produção de metabólitos solúveis. De forma não surpreendente o crescimento das plantas em resposta aos tratamentos foi fortemente influenciado.

Apesar da menor massa fresca de raízes, as plantas sob deficiência nutricional exibiram um sistema radicular mais ramificado, com raízes mais finas e compridas. Este comportamento do sistema radicular é típico de plantas com deficiência nutricional, no intuito de explorar melhor o solo.

Cada nutriente teve um grande efeito nos teores internos de nitrato, independente da parte analisada. Sung et al (2018) relatou que plantas de repolho cultivadas em solução nutritiva com ausência de N por 15 dias tiveram uma redução na absorção de cálcio e magnésio, além de outros cátions. Esse comportamento foi atribuído a efeitos sinérgicos e antagônicos entre os nutrientes presentes em solução. Estes efeitos

também foram relatados em outros estudos (MENGEL & KIRKBY., 1987; JONES Jr. et al., 1991; GUNES et al., 1998), sugerindo que alterações no metabolismo de diferentes nutrientes era possível, o que justificou a ideia do presente trabalho em determinar a influencia da deficiência de macronutrientes (cálcio e magnésio) no metabolismo de nitrogênio ( $\text{NO}_3^-$ ).

Uma vez dentro das células radiculares o  $\text{NO}_3^-$  pode ter diferentes destinos: ser reduzido a  $\text{NO}_2^-$  no citosol e posteriormente em  $\text{NH}_4^+$  dentro de plastídeos; estocado em vacúolos para ser assimilado posteriormente; ou exportado via xilema para parte aérea. O primeiro passo para assimilação de  $\text{NO}_3^-$  ocorre no citosol, pela ação da enzima nitrato redutase (NR), resultando na redução de  $\text{NO}_3^-$  à  $\text{NO}_2^-$ , e consumo de poder redutor (NADH ou NADPH). O  $\text{NO}_2^-$  é direcionado a plastídeos ou cloroplastos, onde é reduzido à  $\text{NH}_4^+$  pela ação da enzima nitrito redutase (NiR), utilizando ferredoxina reduzida. O  $\text{NH}_4^+$  resultante da redução do  $\text{NO}_3^-$  é incorporado dentro de esqueletos de carbono pela ação sequencial das enzimas GS/GOGAT (glutamina sintetase/glutamato sintase), e asparagina sintetase (AS) (TEGEDER; MASCLAUX, 2018). Para o correto funcionamento desse processo os mecanismos de sinalização, absorção e assimilação de N tem que estar em perfeita harmonia, deficiência em alguma dessas etapas ocasiona efeitos negativos as plantas. Como foi possível observar, a redução do nitrato pela enzima NR foi severamente afetada nas folhas. Em consequência as plantas aumentaram a atividade da NR nas raízes, possivelmente para assimilar o excesso de  $\text{NO}_3^-$  o qual, em condições normais, seria reduzido em sua maioria na parte aérea.

No geral, a deficiência de cálcio e magnésio resultou em menores teores de  $\text{NO}_3^-$  nos tecidos, bem como acúmulo de  $\text{NH}_4^+$ , aminoácidos totais e açúcares solúveis. A menor concentração de  $\text{NO}_3^-$  dentro das células, principalmente nas células radiculares, pode ter sido ocasionado por diferentes processos. A deficiência de cálcio causa desestruturação de membranas, prejudica a absorção iônica e mecanismos de sinalização, com isso a absorção do  $\text{NO}_3^-$  em solução pode ter sido prejudicada, e parte do N absorvido não foi assimilado com eficiência, resultando no acúmulo de amônio e aminoácidos, assim como de açúcares solúveis que são constituintes estruturais dos aminoácidos e, conseqüentemente, de proteínas.

A deficiência de Magnésio interfere diretamente na eficiência do processo fotossintético, uma vez que 15 a 20% do total de magnésio presente na planta encontra-se nas clorofilas. Além disso a função enzimática desse elemento constitui-se de suma importância para as plantas. É cofator de maioria das enzimas fosforilativas, forma uma ponte entre o pirofosfato do ATP ou do ADP e a molécula da enzima. Desajuste nestes processos resulta em efeitos negativos na fotossíntese, respiração, assimilação de compostos orgânicos, absorção iônica e trabalho mecânico executado pelas plantas. Esses fatores em conjunto ocasionaram possivelmente os menores teores de nitrato e o acúmulo de amônio, aminoácidos e açúcares solúveis nas raízes, bainhas e folhas.

Como consequência da distribuição diferencial dos metabólitos solúveis, apresentada pelas plantas deficientes em cálcio e magnésio comparadas as plantas do tratamento controle, houve mudanças nos padrões de correlação entre os teores de  $\text{NO}_3^-$  e os demais metabólitos em estudo. Em condições normais de cultivo, os teores de  $\text{NO}_3^-$  nas raízes apresentaram alta correlação positiva com os teores de  $\text{NH}_4^+$  e açúcares solúveis nas folhas, o que não foi apresentado pelas plantas sob condição de deficiência, exceto para correlação de  $\text{NO}_3^-$  nas raízes e açúcares solúveis nas folhas ( $r=1$ ) de plantas sob deficiência de cálcio.

## 5 | CONCLUSÃO

A deficiência de cálcio e magnésio estimula a ramificação do sistema radicular, com investimento em raízes mais compridas e de menor diâmetro.

Por outro lado, prejudica a assimilação de nitrogênio, ocasionado o acúmulo de metabólitos solúveis, e redução no desenvolvimento das plantas como um todo.

## REFERÊNCIAS

ARNON, DANIEL ISAAC; STOUT, P. R. **The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper**. *Plant physiology*, v. 14, n. 2, p. 371, 1939.

FEDRIZZI, L., LIM, D.; CARAFOLI, E. (2008). **Calcium and signal transduction**. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 36, 175–180.

FELKER, P. **Micro determination of nitrogen in seed protein extracts**. *Analytical Chemistry*, v.49, 1977.

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

GUNES, A., ALPASLAN, M., INAL, A. (1998): **Critical nutrient concentrations and antagonistic and synergistic relationships among the nutrients of NFT-grown young tomato plants**. *J. Plant Nutr.* 21, 2035–2047.

HERMANS, C., JOHNSON, C. N., STRASSER, R. J., VERBRUGGEN, N. (2004): **Physiological characterization of magnesium deficiency in sugar beet: acclimation to low magnesium differentially affects photosystems I and II**. *Planta* 220, 344–355.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. *California Agricultural of Experimental Station Bull*, v.347, p.1-32, 1950.

ISAYENKOV, STANISLAV; ISNER, JEAN CHARLES; MAATHUIS, FRANS JM. **Vacuolar ion channels: roles in plant nutrition and signalling**. *FEBS letters*, v. 584, n. 10, p. 1982-1988, 2010.

JONES JR., J. B., WOLF, B., MILLS, H. A. (1991): **Plant Analysis Handbook**. **Micro Macro Publishing**, Athens, GA, USA.

LIEBIG, JUSTUS. **Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie**. F. Vieweg und Sohn, 1840.

MENGEL, E. A., KIRKBY, E. A. (1987): **Principles of Plant Nutrition**. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

MIRANDA, J.R.P.; CARVALHO, J.G.; SANTOS, D.R.; FREIRE, A.L.O.; BERTONI, J.C.; MELO, J.R.M. & CALDAS, A.L. **Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de moringa (Moringa oleífera Lam.)**. R. Bras. Ci. Solo, 26:957-965, 2002.

PALIYATH, G. AND THOMPSON, J. E. (1987). **Calcium- and calmodulin regulated breakdown of phospholipid by microsomal membranes from bean cotyledons**. Plant Physiology, 83, 63–68.

SUNG, JWAKYUNG et al. **Changes in mineral nutrient concentrations and C-N metabolism in cabbage shoots and roots following macronutrient deficiency**. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, v. 181, n. 5, p. 777-786, 2018.

TEGEDER, M., MASCLAUX-DAUBRESSE, C., 2018. **Source and sink mechanisms of nitrogen transport and use**. New Phytol. 217, 35–53.

WHITE, PHILIP & BROADLEY, MARTIN. (2003). **Calcium in Plants**. *Annals of botany*. 92. 487-511. 10.1093/aob/mcg164.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. **The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone**. Biochemical journal, v. 57, n. 3, p. 508, 1954.

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



## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**DIOCLÉA ALMEIDA SEABRA SILVA** - Possui Graduação em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, atualmente Universidade Federal Rural da Amazônia (1998), especialização em agricultura familiar e desenvolvimento sustentável pela Universidade Federal do Pará – UFPA (2001); mestrado em Solos e Nutrição de Plantas (2007) e doutorado em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia (2014). Atualmente é professora da Universidade Federal Rural da Amazônia, no Campus de Capanema - PA. Tem experiência agricultura familiar e desenvolvimento sustentável, solos e nutrição de plantas, cultivos amazônicos e manejo e produção florestal, além de armazenamento de grãos. Atua na área de ensino de nos cursos de licenciatura em biologia, bacharelado em biologia e agronomia. Atualmente faz mestrado e especialização em educação, na área de tutoria à distância.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Açúcares solúveis 89, 90, 91, 93, 94, 97, 243, 246, 248, 249, 251, 252, 253  
Adaptabilidade 101  
Administração 1, 14, 285, 289  
Agricultura 6, 16, 17, 20, 21, 22, 42, 47, 48, 65, 66, 74, 86, 98, 113, 114, 122, 123, 161, 176, 194, 200, 201, 213, 216, 234, 236, 240, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 268, 269, 271, 281, 283, 285, 290  
Agricultura familiar 16, 17, 20, 200, 213, 216, 261, 262, 263, 264, 265, 268, 269, 283, 290  
Aminoácidos 89, 90, 91, 93, 94, 97, 243, 246, 248, 249, 251, 252  
Amônio 52, 61, 62, 89, 93, 94, 97, 98, 222, 243, 248, 249, 251, 252  
Análise 4, 15, 16, 17, 24, 27, 28, 36, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 53, 56, 57, 58, 63, 64, 68, 74, 77, 86, 92, 96, 97, 101, 104, 112, 116, 124, 136, 138, 139, 168, 172, 179, 195, 204, 208, 210, 216, 221, 223, 235, 238, 240, 241, 246, 248, 249, 257, 272, 274, 285, 286, 288, 289  
Animal welfare 147, 148, 150, 151, 155, 156, 157, 158, 159, 161  
Autonomia 24, 31, 34

### B

Bananeiras 218, 220, 222, 223, 224, 225, 226, 228, 229  
Barueiro 226  
Beef quality 147  
Bradyrhizobium 50, 51, 53, 63, 64, 65

### C

Capim massai 218, 223, 224, 225, 226, 228  
Carica papaya 230, 231, 234, 255, 256  
Classificação de terras 100, 112  
Compostos bioativos 134  
Contaminação 197, 198, 199, 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 210, 212, 214, 215, 216  
Cultivo sustentável 113  
Curva de crescimento 230, 231, 233

### D

Declínio 15, 16, 18, 21, 104, 119  
Dinâmica 22, 46, 187, 190, 191, 261, 262, 263, 264, 268, 288

### E

Enxertia 124, 126, 133  
Épocas de avaliação 230, 258  
Eucalyptus 75, 77, 78, 85, 86, 87  
Experimentação agrícola 113

## F

Filogeografia 36, 39

Forrageira 164, 165, 174

Fósforo 88, 89, 90, 92, 93, 94, 96, 97, 99, 170, 171, 245, 246, 248

Fungo 193, 194, 195, 196, 235, 236, 237, 238, 239, 240

## G

Gerenciamento 283

Germination test 68, 79

Grass-based 147, 152, 154, 155

## I

Índice de manejo do carbono 175

Inhibition 77, 82, 84, 85, 174

Inoculação 50, 65, 164, 166, 168, 169, 171, 172, 238, 239, 240

Intercropping 77, 86

## L

Lavoura temporária 16, 17, 267

Leguminosas 51, 225, 229, 270, 271

## M

Mapa de solos 100, 111

Marketing 147, 148, 150, 151, 155, 157, 158, 159, 160

Mistura 25, 31, 53, 193, 194, 195, 196

Moringa oleífera 77, 87, 254

## N

Nitrato 50, 51, 53, 89, 91, 93, 97, 243, 246, 248, 249, 251, 252

Nitrogenase 50, 51

Nitrogênio 50, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 66, 88, 89, 92, 93, 94, 96, 97, 133, 170, 171, 173, 191, 192, 229, 242, 244, 245, 246, 248, 252, 253, 271

## P

Palhada 222, 224, 228, 270, 271, 273, 275, 276, 277, 278, 279

PGPR 164, 165, 167

Planejamento 1, 3, 6, 13, 23, 101, 112, 114, 255, 284

Planejamento experimental 255

Plantas de cobertura 218, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 270, 271, 272, 275, 276, 278, 279, 280

Plantas medicinais 24, 25, 26, 28, 30, 31, 33, 34, 87, 134, 139

Plantio convencional 175, 176, 177, 178, 180, 184, 187, 188, 189, 190, 208, 212

Plantio direto 175, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 184, 186, 187, 188, 189, 191, 192, 221, 229, 270, 272, 279, 280

Plants 24, 51, 67, 68, 69, 81, 85, 89, 98, 113, 125, 135, 145, 173, 196, 219, 228, 230, 231, 243, 253, 254, 256, 271

Potássio 53, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 133, 222, 229, 246, 248, 273

Produtividade 1, 2, 12, 13, 16, 17, 20, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 107, 113, 114, 118, 119, 120, 121, 124, 130, 132, 165, 166, 200, 212, 222, 223, 224, 236, 256, 263, 285

## Q

Qualidade 1, 12, 13, 20, 22, 24, 25, 26, 29, 31, 33, 34, 90, 102, 113, 114, 121, 122, 123, 127, 129, 131, 132, 134, 135, 144, 175, 177, 181, 186, 188, 189, 190, 197, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 216, 228, 229, 231, 234, 239, 256

Qualidade sanitária 197, 199, 201

## R

Redutase do nitrato 50, 51

Rendimento 16, 17, 19, 20, 50, 54, 56, 57, 58, 59, 62, 64, 65, 105, 114, 120, 206, 240, 280, 283

## S

Sanitary quality 198, 199

Saúde 14, 16, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 87, 125, 197, 198, 201, 202, 204, 205, 206, 207, 210, 211, 213, 214, 215, 216

Secagem 12, 87, 134, 135, 136, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145

Soja 2, 50, 51, 56, 57, 58, 59, 64, 65, 66, 74, 177, 178, 278, 279, 283, 284, 287, 288

Sorotipo A 42

Substrato 77, 126, 235, 280

Sustentabilidade 1, 23, 260, 265

## T

Técnicas agroecológicas 113

## U

Uruguay 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 160, 161, 162

## V

Variabilidade genética 44

Vegetais 22, 26, 30, 90, 137, 175, 182, 189, 190, 197, 199, 200, 202, 205, 206, 207, 211, 216, 219, 220, 237, 274

Vegetation 175, 198, 199, 219

Viabilidade econômica 113, 114, 115

## Z

*Zea mays* 71, 236, 280

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-824-3



9 788572 478243