

# CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



**Pedro Henrique Abreu Moura**  
**Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro**  
(Organizadores)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



**Pedro Henrique Abreu Moura**  
**Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro**  
(Organizadores)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

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  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas

## Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Pedro Henrique Abreu Moura  
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis 2 / Organizadores Pedro Henrique Abreu Moura, Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-701-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.014212911>

1. Ciências agrárias. I. Moura, Pedro Henrique Abreu (Organizador). II. Monteiro, Vanessa da Fontoura Custódio. III. Título.

CDD 630

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

A agricultura faz parte da área do conhecimento denominada de Ciências Agrárias. Importante para garantir o crescimento e manutenção da vida humana no planeta, a agricultura precisa ser realizada de forma responsável, considerando os princípios da sustentabilidade.

Esta obra, intitulada “Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis 2”, apresenta-se em três volumes que trazem uma diversidade de artigos sobre agricultura produzidos por pesquisadores brasileiros e de outros países.

Neste segundo volume, estão agrupados os trabalhos que abordam temáticas sobre culturas hortícolas, grandes culturas como cana-de-açúcar e soja, pastagens e outros temas correlacionados a produção agrícola.

Agradecemos aos autores dos capítulos pela escolha da Atena Editora. Desejamos a todos uma ótima leitura e convidamos para apreciarem também os outros volumes desta obra.

Pedro Henrique Abreu Moura  
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

HORTICULTURA DO MARANHÃO PORTUGUÊS NOS SÉCULOS XVII E XIX: CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA DOCUMENTAL A PARTIR DAS OBRAS DOS MISSIONÁRIOS CRISTÓVÃO DE LISBOA E FRANCISCO DE NOSSA SENHORA DOS PRAZERES

Jairo Fernando Pereira Linhares

Maria Ivanilde de Araujo Rodrigues

Angela de Cassia Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129111>

### **CAPÍTULO 2..... 15**

A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM DIREÇÃO AO CERRADO NO ESTADO DE GOIÁS – BRASIL

João Baptista Chieppe Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129112>

### **CAPÍTULO 3..... 26**

REDUCCIÓN DE COSTES DE MANTENIMIENTO MEDIANTE ANÁLISIS DE FIABILIDAD EN ACTIVOS DEL SECTOR AZUCARERO

Jose Miguel Salavert Fernández

Rubén Darío Ramos Ciprián

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129113>

### **CAPÍTULO 4..... 41**

MUDANÇAS NAS DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES E AL NO SOLO, RELAÇÕES CLIMÁTICAS E CONSEQUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Dagles Ferreira Lopes

João Pedro de Barros Reicao Cordido

Josimar Nogueira Batista

Luciana Aparecida Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129114>

### **CAPÍTULO 5..... 53**

AS TECNOLOGIAS DE PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR E USO DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

Fabrcio Simone Zera

Leticia Serpa dos Santos

Alice Deléo Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129115>

### **CAPÍTULO 6..... 66**

MEJORA DEL MANTENIMIENTO EN EL PROCESADO DE CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE LA DOCUMENTACIÓN. CASO DE ESTUDIO EN REPÚBLICA DOMINICANA

Rubén Darío Ramos Ciprián

Jose Miguel Salavert Fernández

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129116>

**CAPÍTULO 7..... 80**

ÍNDICE SPAD PARA MONITORAMENTO DA ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA DA BRAQUIÁRIA SUBMETIDA AO ESTRESSE HÍDRICO

Natália Fernandes Rodrigues  
Germana de Oliveira Carvalho  
Silvio Roberto de Lucena Tavares  
Guilherme Kangussu Donagemma  
Eliane de Paula Clemente

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129117>

**CAPÍTULO 8..... 87**

TOLERÂNCIA AO ESTRESSE HÍDRICO DE *BRACHIARIA BRIZANTHA* SOB EFEITO DE FERTILIZANTES A BASE DE ESCÓRIAS DE SIDERURGIA

Germana de Oliveira Carvalho  
Natália Fernandes Rodrigues  
Silvio Roberto de Lucena Tavares  
Guilherme Kangussu Donagemma  
Eliane de Paula Clemente

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129118>

**CAPÍTULO 9..... 92**

PRODUÇÃO DE MASSA SECA, VOLUME RADICULAR E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE FÓSFORO EM *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e Massai (*Panicum maximum* x *P. infestum*)

Elizeu Luiz Brachtvogel  
Andre Luis Sodré Fernandes  
Luis Lessi dos Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0142129119>

**CAPÍTULO 10..... 109**

DOSES DE ÁCIDO HÚMICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CEBOLA

Regina Maria Quintão Lana  
Mara Lúcia Martins Magela  
Luciana Nunes Gontijo  
José Magno Queiroz Luz  
Reginaldo de Camargo  
Lírian França Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291110>

**CAPÍTULO 11..... 118**

SELEÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NA ORQUÍDEA *Cymbidium* sp.

Lílian Estrela Borges Baldotto

Júlia Brandão Gontijo  
Gracielle Vidal Silva Andrade  
Marihus Altoé Baldotto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291111>

**CAPÍTULO 12..... 132**

**ANÁLISE DA PERDA DE BANANA NOS ESTABELECIMENTOS COMERCIALIZADORES DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO - SP**

Teresa Cristina Castilho Gorayeb  
Maria Vitória Cecchetti Gottardi Costa  
Adriano Luis Simonato  
Nelson Renato Lima  
Renato Coelho Uliana  
Thamiris Antiqueira Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291112>

**CAPÍTULO 13..... 145**

**AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE CANOLA NAS CONDIÇÕES DE PONTA PORÃ – MS**

Darian Ian Bresolin Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291113>

**CAPÍTULO 14..... 148**

**INFLUÊNCIA DO HIDROCONDICIONAMENTO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA**

Graciela Beatris Lopes  
Thayná Cristina Stofel Andrade  
Camila Gianlupi  
Tathiana Elisa Masetto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291114>

**CAPÍTULO 15..... 157**

**ESCALADA DA SOJA GM E DO GLIFOSATO, NO BRASIL, ENTRE 2011 E 2018**

Cleiva Schaurich Mativi  
Pierre Girardi  
Sofia Inés Niveiros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291115>

**CAPÍTULO 16..... 171**

**CRESCIMENTO, BIOMASSA, EXTRAÇÃO E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES POR PLANTAS DE COBERTURA**

Valdevan Rosendo dos Santos  
Leonardo Correia Costa  
Antonio Márcio Souza Rocha  
Cícero Gomes dos Santos  
Márcio Aurélio Lins dos Santos  
Flávio Henrique Silveira Rabêlo  
Renato de Mello Prado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291116>

**CAPÍTULO 17..... 194**

QUANTITATIVE ANALYSIS OF PERFORMANCE AND STABILITY OF A LONG AND THIN GRAIN RICE GENOTYPE FOR RICE-GROWING REGION OF MICHOACAN, MEXICO

Juan Carlos Álvarez Hernández

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291117>

**CAPÍTULO 18..... 209**

ANÁLISE DE SOLO EM PROPRIEDADES DA REGIÃO SERRANA E DO PLANALTO MÉDIO DO RIO GRANDE DO SUL

Vanessa Battistella

Lucas André Riggo Piton

Luana Dalacorte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291118>

**CAPÍTULO 19..... 217**

OLIVEIRA, A ANTIGA ARTE DE NÃO MORRER DE FOME NEM DE SEDE: ESTUDOS NO BAIXO ALENTEJO

Maria Isabel Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01421291119>

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 225**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 226**

# CAPÍTULO 1

## HORTICULTURA DO MARANHÃO PORTUGUÊS NOS SÉCULOS XVII E XIX: CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA DOCUMENTAL A PARTIR DAS OBRAS DOS MISSIONÁRIOS CRISTÓVÃO DE LISBOA E FRANCISCO DE NOSSA SENHORA DOS PRAZERES

*Data de aceite:* 01/11/2021

### Jairo Fernando Pereira Linhares

Doutor em Agronomia (Horticultura)  
Universidade Estadual do Maranhão  
São Luís - Maranhão  
<https://orcid.org/0000-0002-6307-7027>

### Maria Ivanilde de Araujo Rodrigues

Doutora em Ciências Biológicas (Botânica)  
Universidade Estadual do Maranhão.  
Departamento de Biologia  
São Luís - Maranhão  
<https://orcid.org/0000-0002-1463-1976>

### Angela de Cassia Costa

Geógrafa, mestranda em Cartografia Social e  
Política da Amazônia  
Universidade Estadual do Maranhão  
São Luís - Maranhão  
<https://orcid.org/0000-0002-2688-8162>

**RESUMO:** Quando os primeiros colonizadores europeus chegaram à nova terra no século XVI, tinham a preocupação de encontrar sucedâneos das especiarias orientais. Alguns desses registros podem ser encontrados em obras escritas por missionários europeus relatando sobre esses recursos. Pesquisas documentais de obras raras, auxiliam a compor a história natural das plantas úteis, como por exemplo, fornecendo informações importantes acerca da sua dispersão, bem como, dos intercâmbios que se deram entre as espécies cultivadas, são algumas das pistas que pesquisas desse tipo podem ajudar a elucidar. O objetivo deste trabalho é fazer o resgate histórico

da horticultura portuguesa no Maranhão (plantas medicinais e alimentares) nos séculos XVII e XIX, baseada em fontes documentais históricas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Etnobotânica histórica. Maranhão. Pesquisa documental. Plantas utilitárias.

### HORTICULTURE IN PORTUGUESE MARANHÃO IN THE XVII AND XIX CENTURIES: CONTRIBUTIONS OF DOCUMENTARY RESEARCH FROM THE WORKS OF MISSIONARIES CRISTÓVÃO DE LISBOA AND FRANCISCO DE NOSSA SENHORA DOS PRAZERES

**ABSTRACT:** When the first European colonizers arrived in the new land in the 16th century, they were concerned to find substitutes for the oriental spices. Some of these records can be found in works written by European missionaries reporting on these resources. Documentary research of rare works helps to compose the natural history of useful plants, for example, by providing important information about their dispersion, as well as the exchanges that took place between the cultivated species. The objective of this work is to rescue the history of Portuguese horticulture in Maranhão (medicinal and food plants) in the 17th and 19th centuries, based on historical documentary sources.

**KEYWORDS:** Historical ethnobotany. Maranhão. Documentary research. Utilitarian plants.

### INTRODUÇÃO

As novas terras conhecidas pelos

européus após as viagens de Cristóvão Colombo em 1492, suscitaram o desenvolvimento de um novo conceito que passou a ser operado pelo colonizador europeu, o de *terra nullius*, ou seja, terras inabitadas do além-mar (DANNENMAIER, 2008).

Contrário ao conceito operado pelo europeu, “as novas terras”, eram povoadas por grupos humanos denominados por indígenas pelo colonizador, que através de cosmologia própria, conheciam e ainda conhecem profundamente os ciclos que regem o ambiente tropical, bem como, a diversidade vegetal existente.

Estudos arqueológicos vem desvendando a influência desses povos na formação de paisagens que anteriormente acreditava-se não terem passado por intervenção humana, pelo aparente estado de equilíbrio que esses ambientes apresentavam, a exemplo dos castanhais encontrados na Amazônia, bem como outros ecossistemas que foram manejados ao longo do tempo, permitindo a permanência de um grande número de habitantes nessa região do planeta.

Desta feita, processos de domesticação, domesticação incipiente, e até de especiação de vegetais, principalmente de frutíferas, hoje já são atribuídos o papel do indígena nesse processo.

Com o início da colonização portuguesa, o intercâmbio de plantas foi se intensificando ao longo de todo o processo de expansão territorial desde o século XV, tornando comum o transplante de espécies, especialmente plantas com potencial de exploração agrícola (PATAÇA, 2016), inclusive no que se refere a introdução de espécies que faziam parte da dieta do colonizador, bem como, a introdução de espécies de uso medicinal.

Dito isto, nos últimos anos, em decorrência do acelerado processo de estreitamento da base genética de cultivos agrícolas, acarretado em parte, pela substituição de espécies e/ou variedades locais por variedades melhoradas, levou pesquisadores das áreas de agronomia, botânica, genética, entre outras, a buscar, e resgatar a diversidade intra e interespecífica das espécies ameaçadas, inclusive mediante consulta a fontes documentais. O objetivo deste trabalho é fazer o resgate histórico da horticultura portuguesa no Maranhão (plantas medicinais e alimentares) nos séculos XVII e XIX, baseada em fontes documentais históricas, e mais especificamente, a partir dos etnômios coletados nas obras, identificar as famílias botânicas, nomes científicos, e procedência das espécies.

## **Conquistadores, viajantes e missionários**

Quando os primeiros colonizadores europeus chegaram à nova terra no século XVI, tinham a preocupação de encontrar sucedâneos das especiarias orientais (CAMARGO, 2014).

Como exemplo de algumas obras escritas por missionários europeus que registraram plantas hortícolas existentes à época no Maranhão podemos citar: o missionário Claude D’Abbeville, quando retorna à França publica “História da missão dos padres capuchinhos na ilha do Maranhão e suas circumvisinhanças” (1614), e nesse mesmo período o padre

também francês, Yves D'Evreux, escreveu a obra intitulada, "Voyage dans le nord du Brésil" escrita entre os anos de 1613 e 1614 (D'EVREUX, 1864).

Com a expulsão dos franceses do Maranhão pelos portugueses, Frei Cristóvão de Lisboa escreve a obra "História dos animais e árvores do Maranhão", escrita provavelmente entre 1624 e 1627, contudo foi publicada apenas em 1967 (LISBOA, 1967). Tempos mais tarde, em 1891, Frei Francisco de Nossa Senhora dos Prazeres escreveu, "Poranduba maranhense: relação histórica da província do Maranhão" (PRAZERES, 1891).

Pesquisas documentais referentes a plantas utilitárias encontradas nas obras dos missionários portugueses, Cristóvão de Lisboa e Francisco de Nossa Senhora dos Prazeres, podem ser encontradas em Linhares et al (2018) e Linhares et al (2019).

Estudos dessa natureza, auxiliam a compor a história natural das plantas úteis, como por exemplo, fornecendo informações importantes acerca da sua dispersão, bem como, dos intercâmbios que se deram entre as espécies cultivadas, são algumas das pistas que pesquisas desse tipo podem ajudar a elucidar.

Nesse sentido, a pesquisa documental contribui com questões importantes sobre a utilização da flora brasileira e extra Brasil em séculos passados através de análise minuciosa das fontes documentais, trazendo essa informação de forma científica e atualizada (MEDEIROS, 2009).

### **Jardins botânicos ou jardins de aclimação?**

A circulação natural de plantas pelos continentes era uma questão relevante para homens de ciência e também para administradores, governadores, vice-reis e ministros, pois se um determinado vegetal existisse nas Américas, era possível que fosse encontrado ou aclimatado no Brasil (KURY, 2013).

A origem dos jardins botânicos remonta ao século XVI, quando foram criados na Europa com o objetivo de cultivar e estudar plantas de uso medicinal, o que deu início às primeiras coleções de plantas desidratadas para fins científicos (PEREIRA; NOVA DA COSTA, 2010).

Em 1877, Domenico Agostino Vandelli, naturalista italiano e primeiro diretor do Jardim Botânico da Ajuda, em Portugal, já chamava atenção para a importância dos Jardins Botânicos na aclimação de plantas úteis vindas de outras regiões.

"Quão grande seja a utilidade de hum Jardim Botânico (alem do gosto de ver juntas as plantas de todas as partes do mundo, e do proveito que dellas recebem, a Medicina, as Artes, o Commercio &c.4 ) para a Agricultura, só o ignora aquelle, que não sabe quantas plantas de regioes remotas por meio dos Jardins são hoje commuas, e ordinarias na Europa" (VANDELLI, 1788).

Rodrigues Ferreira, baiano, ficou conhecido como discípulo de Vandelli, finalizou seus estudos em Portugal em 1756, e trabalhou de 1779 a 1783 como demonstrador de História Natural no Museu de Ajuda, em Lisboa, depois foi incumbido pelo governo

português a retornar ao Brasil e explorar as riquezas naturais na Amazônia (NOGUEIRA, 2000).

É digno de nota, que o único meio de transporte existente na época que podia conectar os dois continentes (americano e europeu) era o transporte marítimo.

Assim sendo, o transporte marítimo das plantas vivas, sementes e estacas envolveu a criação de técnicas e dispositivos nas embarcações e no cotidiano das travessias oceânicas, assegurando a sobrevivência dos vegetais até o seu destino e protegendo as sementes da degradação ou germinação durante as viagens. Desta forma, os navios transformaram-se em laboratórios flutuantes, como espaços de experimentação e de cuidados especiais com as plantas (PATACA, 2016).

Em 1798, de acordo com o Dicionário Histórico-Biográfico das Ciências da Saúde no Brasil (1832-1930), por ordem da rainha D. Maria I através de Carta Régia, foi implantado o Jardim Botânico em Belém do Pará. A construção de um jardim botânico tinha como objetivo prioritário, dispor de um local onde fossem aclimatadas plantas úteis ao comércio de especiarias europeu e ainda onde se conservasse e ampliasse o conhecimento sobre vegetais amazônicos.

Em 1808 D. João instituiu o Jardim da Aclimação no Rio de Janeiro, com o propósito de aclimatar espécies de importância utilitária como a noz moscada, canfora, manga, abacate e espécies de palmeiras, foram as primeiras espécies introduzidas (NOGUEIRA, 2000).

Por fim, esta breve historiografia dos Jardins Botânicos nos dá a certeza que a missão precípua que motivou a sua criação foi a aclimação de plantas com potencial agrícola oriundas das terras recém conquistadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para coleta dos dados, foi consultada a edição fac-símile da obra do Cristóvão de Lisboa intitulada “História dos animais e árvores do Maranhão” (LISBOA, 1967), bem como a obra do missionário Frei Francisco de Nossa Senhora dos Prazeres, intitulada “Poranduba maranhense: relação histórica da província do Maranhão” (PRAZERES, 1891), estas se constituíram nas fontes documentais primárias para elaboração do código das plantas maranhenses nos séculos XVII E XIX, que para efeito deste estudo, passaram a ser designadas como referência direta (RD).

Para fins de padronização das informações, destacamos o uso do termo “castas” que para efeito deste estudo compõem as listas gerais (apêndices 1 e 2) das referências diretas (RD) extraídas das obras dos missionários portugueses Cristóvão de Lisboa e Francisco de Nossa Senhora dos Prazeres, não obstante mereça uma nota explicativa. O termo “castas” foi empregado unicamente na obra do Frei Francisco de Nossa Senhora dos Prazeres, para operar com a noção do termo “casta” como um sinônimo de variedade no

sentido agronômico na medida em que se referia a uma espécie domesticada.

Por outro lado, o mesmo termo, adquire um sentido botânico, quando faz referência a plantas nativas, aí o termo adquire o sentido de diversidade de espécies (interespecífica), ou ainda, o sentido de variação dentro de uma mesma espécie (intraespecífica). Outrossim, para efeito deste estudo, as RD que mencionaram apenas a quantidade de castas existente, ainda assim, foi feito o registro.

Por outro lado, é digno de nota que o uso de etnônimos necessita de um esclarecimento. Se, por um lado, é uma ferramenta indispensável para caracterização das espécies, por outro, pode induzir a erros. O emprego dos etnônimos pode levar a dois fenômenos, a saber: homonímia (um mesmo nome popular para designar plantas de espécies diferentes) e sinonímia (vários nomes populares pelos quais se denominam uma única espécie) (VÁSQUEZ *et al.*, 2014).

As referências diretas citadas em ambas as obras como medicinais, foram intencionalmente destituídas as suas propriedades, uma vez que esses termos mudam de acordo com o contexto e a época em que foram produzidos, portanto, se faz necessário estudos complementar (LINHARES, 2018).

### **Identidade e origem botânica**

Para dar início à identificação botânica, os etnônimos das plantas encontrados foram transcritos conforme as plantas eram conhecidas na época (MEDEIROS, 2009). Como parte dos etnônimos da referência direta teve origem na língua Tupi-Guarani, buscou-se o esclarecimento das identidades botânicas por meio de consultas aos trabalhos de Miranda (1942), Barbosa (1951), Edelweiss (1969), Betts (1981) e Bueno (1982). Complementarmente, foram buscadas informações sobre a identidade botânica através de consultas feitas a dicionários (MEDEIROS, 2009) de língua portuguesa publicados no século XIX e no início do século XX, elaborados por Silva (1831a,1831b) e Figueiredo (1911). Adicionalmente, foram realizadas consultas a “Chambers’s encyclopedia, a dictionary of universal knowledge” (CHAMBERS, 1895).

A iconografia também foi utilizada como recurso para o esclarecimento da identidade botânica, como foi possível lançar mão desse recurso na obra do Frei Cristóvão de Lisboa, ricamente ilustrada por pranchas.

Outro recurso utilizado para à elucidação da identidade botânica levando em consideração a extensão territorial do Estado do Maranhão ter sido bem maior do que é na atualidade, inferimos a possibilidade da existência de corruptelas. A partir disso, compararam se as características das plantas descritas na referência direta com as descrições contidas em manuais de identificação de plantas da atualidade (nomes e características morfológicas que guardem semelhanças) (LINHARES *et al.*, 2018).

A nomenclatura botânica empregada foi atualizada com base no banco de dados do Missouri Botanical Garden’s VAScular Tropicos (VAST) Nomenclatural Data base W3

Tropicos (Missouri Botanical Garden, 2006), além do The International Plant Names Index (IPNI, s. d.), bem como em literatura especializada. Para abreviatura dos nomes dos autores das espécies, adotou-se Brumitt & Powell (1992).

A origem das plantas foi determinada a partir da seguinte maneira: informações contidas nas próprias obras de referência, ou, a partir da determinação de sua identidade botânica e posterior consulta em literatura especializada. As plantas que não tiveram suas identidades botânicas esclarecidas, deu-se em razão das informações contidas nas obras de referência não foram suficientes para desvendar as identidades botânicas, uma vez que as descrições contidas nas obras não obedecem às regras nomenclaturais vigentes na atualidade.

## RESULTADO E DISCUSSÕES

### Horticultura do Maranhão no século XVII

Do total (n=48) de referências diretas extraídas da obra de Frei Cristóvão de Lisboa, 12,5% (n=6) não tiveram suas identidades botânicas esclarecidas. Quanto a origem, a grande maioria, 98% (n=47) é representada por espécies nativas, enquanto apenas 2%(n=1), a pacoueira (*Musa paradisiaca* L. - Musaceae), se tratava de espécie exótica.

A banana ou pacoueira (*Musa paradisiaca* L.; *M. sapientum* L.; Musaceae), planta herbácea originária da Ásia, embora registrada em território maranhense no século XVII segundo à obra de Frei Cristóvão de Lisboa, contudo, já havia registro de seu cultivo no Rio de Janeiro no século XVI (HOHENE, 1937).

Das referências diretas identificadas que apresentaram maior diversidade intraespecífica foram as variedades de mandioca (iuruquo, mandioqua ata, mandioqua ati, maquaxeira), enquanto que os maracujás apresentaram a maior diversidade interespecífica (maracuaia, maracuaihi, maraguomerim, maraquiaia), juntamente das palmeiras (tuqum, naia, pindobaite, morety).

Para consulta do código geral das plantas contidas na obra do Frei Cristóvão de Lisboa com suas respectivas famílias botânicas, nomes científicos, castas, origem, bem como seus usos, podem ser consultadas no apêndice 1 deste capítulo.

### Horticultura do Maranhão no século XIX

Do total (n=77) de referências diretas extraídas da obra de Frei Francisco de Nossa Senhora dos Prazeres, 70% (n=54) correspondem a espécies nativas enquanto que 30% (n=23) correspondem a espécies exóticas extra Brasil, como a mangueira, mastrús, melão, gengibre, milho, jaqueira, mamona, são algumas das espécies que foram introduzidas. Além de espécies que mesmo pertencendo a flora brasileira, são originárias de outras regiões do Brasil, como por exemplo, jaboticabeira e a pitangueira.

O incremento de plantas com o passar do tempo no Maranhão já era esperado na

medida que com a chegada de D. João ao chegar com a corte portuguesa em 1808 e a posterior criação do Jardim da Aclimação no Rio de Janeiro, com o objetivo de aclimatar espécies de importância utilitária como a noz moscada, canfora, manga, abacate e espécies de palmeiras, foram as primeiras espécies introduzidas (NOGUEIRA, 2000).

Por outro lado, um fato que requer muita atenção é no que se refere a identificação botânica em relação ao emprego de sinônimas utilizadas na obra, em algumas situações resultou no tratamento de espécies distintas como sendo uma única espécie (LINHARES et al, 2019).

O cipó-de-cobra (*Cissampelos glaberrima* A. St. -Hil. – Menispermaceae) é uma espécie nativa, enquanto que a raiz-de-cobra (*Polygonum bistorta* L. – Polygonaceae), de origem exótica, já era conhecida pelo colonizador no tratamento contra picada de cobra (CHAMBERS'S, 1895). Chegando no Maranhão, deparou-se com outra planta, o cipó-de-cobra, a que os índios reputavam a mesma propriedade; por essa razão, elas foram agrupadas como pertencendo a uma única espécie (LINHARES et al, 2019). A seguir, imagens das duas espécies (Figuras 1A e 1B).

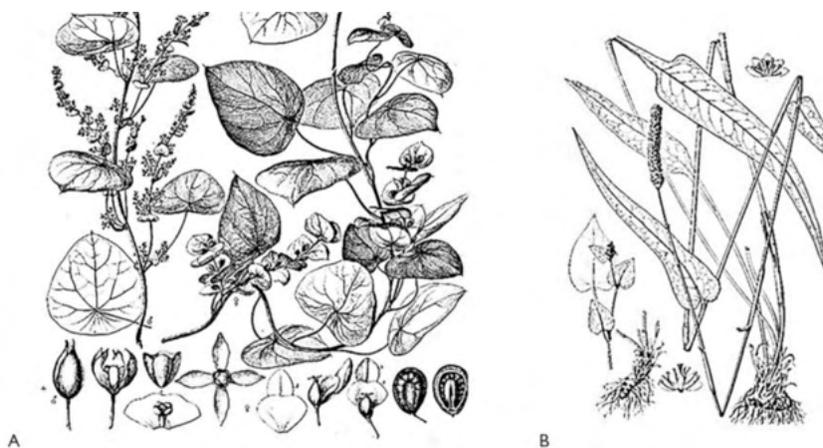


Figura 1. A) Cipó-de-cobra (*Cissampelos glaberrima* A. St. -Hill. – Menispermaceae); B) raiz-de-cobra (*Polygonum bistorta* L. – Polygonaceae). Fontes: Plantillustrations.org (s. d.) (A) e Missouri Botanical Garden (s. d.) (B).

Para consulta do código geral das plantas hortícolas (alimentícias e medicinais) retratadas na obra do Frei Francisco de Nossa Senhora dos Prazeres, com suas respectivas famílias botânicas, nomes científicos, castas, origem, bem como os seus usos, podem ser consultadas no apêndice 2 deste capítulo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como já era esperado, a introdução de plantas exóticas no Estado do Maranhão

foi se intensificando com o passar do tempo, fato este corroborado por registros históricos como a criação Jardim Botânico em Belém do Pará e do jardim da Aclimação no Rio de Janeiro, com a função de aclimatar espécies de importância utilitária, bem como, a introdução de outras espécies que faziam parte dos hábitos alimentares dos colonizadores, além do cultivo de algumas espécies de importância medicinal. A quantidade maior de plantas nativas demonstra o grande interesse do colonizador em conhecer a diversidade vegetal existente no Maranhão, em especial, das plantas utilitárias.

Pesquisas dessa natureza podem subsidiar uma gama de estudos, como por exemplo, estudos relativos a centros de origem e dispersão de espécies, prospecção na área de produtos naturais, levantamento de flora pretérita extinta local ou regionalmente, bem como, redescobrimto de usos de espécies conhecidas na atualidade para emprego nos mais diversas pesquisas que envolvam os recursos vegetais nativos e aclimatados, abrindo um leque para novos campos de investigação científica dentro do campo da horticultura, bem como, pesquisas voltadas para o desenvolvimento de novos produtos, como medicamentos e cosméticos.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, Antônio Lemos. **Pequeno vocabulário Tupi-Português**. Livraria São José, Rio de Janeiro. 1951. p.1-202.

BETTS, La Vera. **Dicionário Paritintin**. Sociedade Internacional de Linguística, Departamento de Programas Linguísticos, Cuiabá. 1981. p.1-231.

BRUMITT, Richard Kenneth; POWELL, Catherine (Ed.), **Authors of plant names: a list of authors of scientific names of plants, with recommended standard forms of their names, including abbreviations**. Royal Botanic Garden Kew, London. 1992.

BUENO, Francisco Silveira, **Vocabulário tupi-guarani português**. Brasil Livros Editor e Distribuidor Ltda., São Paulo. 1982. P. 1-672.

CAMARGO, Maria Thereza Lemos de Arruda. **As plantas medicinais e o sagrado: a etnofarmacobotânica em uma revisão historiográfica da medicina popular no Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Ícone, 2015. 280p.

CHAMBERS, W., 1895. **Chambers's encyclopedia a dictionary of universal knowledge**: v. II: 1-828. Beaugency to cataract. William & Robert Chambers. Limited/J.B. Lippincott Company, London and Edinburgh/Philadelphia.

D'ABBEVILLE, Claude. **História da missão dos padres capuchinhos na ilha do Maranhão e suas circumvisinhanças**. Typ. do Frias, São Luiz. 1874. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/221724>. Acessado em 30.10.2019.

DANNENMAIER, E. Beyond indigenous property rights: Exploring the emergence of a distinctive connection doctrine. **Washington University Law Review** v.86. p. 53-110. 2008.

D'EVREUX, Yves. **Voyage dans le nord du Brésil fait durant les années 1613 et 1614 para le Père Yves D'Evreux**. Publié d'après l'exemplaire unique conservé à la Bibliothèque Impériale de Paris. Avec une introduction et des notes par M. Ferdinand Denis. Paris, 1864. Disponível em: <https://digital.bbm.usp.br/handle/bbm/7655>. Acessado em 02.01.2020.

EDELWEISS, Frederico **Estudos Tupis e Tupis-Guaranis: confrontos e revisões**: Rio de Janeiro. Livraria Brasileira Editora. 1969. P. 1-299.

FIGUEIREDO, Cândido de. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Lisboa. Sociedade Editora Arthur Brandão. 1911. v. I: 1-1010.

HOEHNE, Frederico Carlos. **Botânica e agricultura no Brasil no século XVI**. São Paulo. Companhia Editora Nacional. 1937. 410p.

JARDIM BOTÂNICO DE BELÉM DO PARÁ. **Dicionário Histórico-Biográfico das Ciências da Saúde no Brasil (1832-1930)** Casa de Oswaldo Cruz / Fiocruz – (<http://www.dichistoriasaude.coc.fiocruz.br>).

KURY, Lorelai. **Plantas sem fronteiras: jardins, livros e viagens**. In: KURY, L. Usos e circulação de plantas no Brasil. Séculos XVI-XIX. Andrea Jakobsson Rio de Janeiro Estúdio Editorial Ltda., 2013. 324p.

LINHARES, J. F. P.; Rodrigues, M. I. A.; PINHEIRO, C. U. B. História natural das plantas do Maranhão (Brasil) no século XIX segundo a obra do Frei Francisco de Nossa Senhora dos Prazeres. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 14, p. 209-221, 2019.

LINHARES, J. F. P.; Rodrigues, M. I. A.; PINHEIRO, C. U. B. Etnobotânica Histórica das Plantas do Maranhão no Século XVII Baseada na Obra de Cristóvão de Lisboa. **BIOTA AMAZÔNIA**, v. 8, p. 15-18, 2018.

LISBOA, Frei Cristóvão de **História dos animais e árvores do Maranhão**. Arquivo Histórico Ultramarino/Centro de Estudos Históricos Ultramarinos, Lisboa .p.308. 1967.

MEDEIROS, Maria Franco Trindade. **Etnobotânica histórica: princípios e procedimentos**. Recife. NUPEEA/Sociedade Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia. p. 84, 2009.

MIRANDA, Vicente Chermont de. **Estudos sobre o Nhêngatú**. In: R. GARCIA (Ed.): Exotismos franceses originários da Língua Tupi. Anais da Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro v. 64 p.5-127. 1942.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN, 2006. Disponível em: <http://www1.biologie.uni-hamburg.de/b-online/ibc99/mobot>. Acesso em: 20 julho 2019.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN, [s. d.]. **Tropicos.org**. Disponível em: <http://www.tropicos.org/Image/19782>. Acesso em: 20 julho 2019.

NOGUEIRA, Eliana. **Uma história brasileira da Botânica** - Brasília: Paralelo 15 - São Paulo, Marco Zero, 2000. 256p.

PATACA, E. M. Coleta, transporte e aclimação de plantas no Império Luso-Brasileiro (1777-1822). **Museologia & Interdisciplinaridade** v. 5, n. 9. p. 88-108. 2016. DOI: <https://doi.org/10.26512/museologia.v5i9.17247>

PEREIRA, T. S.; NOVA DA COSTA, M.L.M. Os jardins botânicos brasileiros – desafios e potencialidades. **Ciência e Cultura**, vol. 62 n.1. São Paulo, 2010. p. 23-25. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252010000100010](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252010000100010). Acesso em: 10/09/2021.

PLANTILLUSTRATIONS.ORG, [s. d.]. **Cissampelos glaberrima A.St.-Hil**. Disponível em: [http://www.plantillustrations.org/illustration.php?id\\_illustration=12756&SID=0&mobile=0&co\\_de\\_category\\_taxon=1&size=1](http://www.plantillustrations.org/illustration.php?id_illustration=12756&SID=0&mobile=0&co_de_category_taxon=1&size=1). Acesso em: 20 julho 2019.

SILVA, A. M. **Dicionário da língua portuguesa**: Tomo I: A-E: 1-812. [S. n.], Lisboa. 1831a.

SILVA, A. M. **Dicionário da língua portuguesa**: Tomo II: F-Z: 1-906. [S. n.], Lisboa. 1831b.

THE INTERNATIONAL PLANT NAMES INDEX (IPNI), [s. d.]. Disponível em: <http://www.ipni.org/ipni/plantnamesresearchpage>. Acesso em: 20 julho 2019.

VANDELLI, Domingos. **Memoria sobre a Utilidade dos Jardins Botânicos**. Coimbra. Real Officina da Universidade de Coimbra. 1788.

VÁSQUEZ, S. P. F.; M. S. MENDONÇA e S. N. NODA, 2014. Etnobotânica de plantas medicinais em comunidades ribeirinhas do município de Manacapuru, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica** v. 44 n. 4. p.457-472. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201400423>.

Nº	Família botânica	Nome científico	RD/castas	Origem
01	Anacardiaceae	<i>Anacardium</i> sp.	quaiu <sup>1</sup>	Nativa
02	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	caia <sup>1,2</sup>	Nativa
03	Annonaceae	<i>Duguetia</i> sp.	biriba <sup>1</sup>	Nativa
04	Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	mangauaeira <sup>1</sup>	Nativa
05	Arecaceae	<i>Astrocaryum vulgare</i> Mart.	tuqum <sup>1</sup>	Nativa
06	Arecaceae	<i>Mauritia flexuosa</i> L. f.	morety <sup>1</sup>	Nativa
07	Arecaceae	<i>Maximiliana maripa</i> (Aubl.) Drude	naia <sup>1</sup>	Nativa
08	Arecaceae	<i>Orbignya phalerata</i> Mart.	pindobaite <sup>1</sup>	Nativa
09	Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i> L.	cuiite <sup>1</sup>	Nativa
10	Bromeliaceae	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.	ananas <sup>1</sup>	Nativa
11	Cactaceae	<i>Cerejua jamacaru</i> DC.	comanacaru <sup>1</sup>	Nativa
12	Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	mamão <sup>1</sup>	Nativa
13	Clusiaceae	<i>Platonia insignis</i> Mart.	paquori <sup>1</sup>	Nativa
14	Convolvulaceae	<i>Ipomea</i> sp.	gitica <sup>1</sup>	Nativa
15	Cucurbitaceae	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai	hubahem <sup>1</sup>	Nativa
16	Cucurbitaceae	<i>Cucurbita maxima</i> Duchesne	yeremu <sup>1</sup>	Nativa
17	Cucurbitaceae	Indeterminado	yha <sup>1</sup>	Nativa
18	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea alata</i> L.	cara <sup>1</sup>	Nativa
19	Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	iuruquo <sup>1</sup>	Nativa
20	Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	mandioqua ata <sup>1</sup>	Nativa

21	Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	mandioqua ati <sup>1</sup>	Nativa
22	Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	maquaxeira <sup>1</sup>	Nativa
23	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia cotinifolia</i>	timbo <sup>2</sup>	Nativa
24	Fabaceae	<i>Arachys hypogea</i> L.	mendoim <sup>1</sup>	Nativa
25	Fabaceae	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	comenda <sup>1</sup>	Nativa
26	Fabaceae	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Mills	comemdagura <sup>1</sup>	Nativa
27	Lecythidaceae	<i>Lecythis</i> sp.	anhauba <sup>1</sup>	Nativa
28	Lecythidaceae	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	sapuquia <sup>1</sup>	Nativa
29	Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i> sp.	morecim <sup>1</sup>	Nativa
30	Malvaceae	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	ibomguiua <sup>1</sup>	Nativa
31	Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	pacoueira <sup>1</sup>	Exótica
32	Myrtaceae	<i>Psidium kennedyanum</i> Morong	arasa <sup>1</sup>	Nativa
33	Myrtaceae	<i>Psidium</i> sp.	aracarainha <sup>1</sup>	Nativa
34	Myrtaceae	<i>Psidium</i> sp.	arasa asu <sup>1</sup>	Nativa
35	Myrtaceae	<i>Psidium</i> sp.	arasa una <sup>1</sup>	Nativa
36	Passifloraceae	<i>Jaracatia</i> Marcgr. ex Endl.	iaraquatia <sup>1</sup>	Nativa
37	Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp.	maracuia <sup>1</sup>	Nativa
38	Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp.	maracuiahi <sup>1</sup>	Nativa
39	Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp.	maraguomerim <sup>1</sup>	Nativa
40	Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp.	maraquiaia <sup>1</sup>	Nativa
41	Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	genipapo <sup>1</sup>	Nativa
42	Solanaceae	<i>Capsicum</i> sp.	quiinha <sup>1</sup>	Nativa
43	Indeterminada	Indeterminado	amingua <sup>1</sup>	Nativa
44	Indeterminada	Indeterminado	tamotarana <sup>1</sup>	Nativa
45	Indeterminada	Indeterminado	ubapeua <sup>1</sup>	Nativa
46	Indeterminada	Indeterminado	vuaxainha <sup>1</sup>	Nativa
47	Indeterminada	Indeterminado	yuambu <sup>2</sup>	Nativa
48	Indeterminada	Indeterminado	ynambucaru <sup>1</sup>	Nativa
Total		42 identificadas 6 indeterminadas	48 etnômios	Nativas (n=47) Exóticas (n=1)

Apêndice 1. Referências diretas (RD) citadas na obra de Frei Cristóvão de Lisboa referentes às espécies hortícolas maranhenses no século XVII, com as respectivas famílias botânicas, nomes científicos, origem das plantas e usos, onde: alimentação humana (1); medicinal (2).

Nº	Família botânica	Nome científico	RD/castas	Origem
01	Amaranthaceae	<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) <i>Mosyakin &amp; Clemants</i>	mastrús <sup>2</sup>	Exótica
02	Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	cajeiro <sup>1</sup> (vermelho e amarelo)	Nativa
03	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	mangueira <sup>1</sup> (duas castas)	Exótica
04	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	cajazeiras <sup>1</sup>	Nativa
05	Annonaceae	<i>Annona coriacea</i> Mart.	araticum <sup>1</sup>	Nativa
06	Annonaceae	<i>Duguetia furfuracea</i> (A.St.-Hil.) Saff.	ateira <sup>1</sup>	Nativa
07	Annonaceae	<i>Annona squamosa</i> L.	condeceira <sup>1</sup>	Nativa
08	Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	mangabeira <sup>1</sup> (mangabeira brava)	Nativa
09	Apocynaceae	<i>Parahancornia amapa</i> (Huber) Ducke	mapá <sup>2</sup>	Nativa
10	Araceae	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	inhame <sup>1</sup>	Nativa
11	Arecaceae	<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E. Moore	carnaúba <sup>1</sup>	Nativa
12	Arecaceae	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	juçara <sup>1</sup>	Nativa
13	Arecaceae	<i>Maximiliana maripa</i> (Aubl.) Drude	anajá <sup>1</sup>	Nativa
14	Arecaceae	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	bacába <sup>1</sup>	Nativa
15	Arecaceae	<i>Orbignya phalerata</i> Mart.	palmeira ou pindobeira <sup>1</sup>	Nativa
16	Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	urucú <sup>2</sup>	Nativa
17	Bromeliaceae	<i>Ananas</i> Mill.	ananozeiro ou ananáz <sup>1,2</sup>	Nativa
18	Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	almécega ou páo de breu <sup>2</sup>	Nativa
19	Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	mamoeiro <sup>1,2</sup> (existem três castas)	Nativa
20	Cariocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	pequizeiro <sup>1</sup> (existem duas castas)	Nativa
21	Clusiaceae	<i>Platonia insignis</i> Mart.	bacurizeiro <sup>1</sup> (branco, vermelho, amarelo)	Nativa
22	Convolvulaceae	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	batata <sup>1</sup>	Nativa
23	Cucurbitaceae	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai	melancia <sup>1</sup>	Exótica
24	Cucurbitaceae	<i>Cucumis melo</i> L.	melão <sup>1</sup>	Exótica
25	Cucurbitaceae	<i>Sicana odorifera</i> (Vell.) Naudin	croá ou melão de cabôclo <sup>1</sup>	Nativa
26	Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i> L.	são-caetano <sup>2</sup>	Exótica
27	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea alata</i> L.	cará <sup>1</sup> (duas variedades não especificadas)	Nativa
28	Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	mandioca, maniva, aipim; macaxeira <sup>1</sup>	Nativa
29	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	carrapateiro ou mamona <sup>2</sup>	Exótica
30	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i> L.	capéva ou erva de Santa Luzia <sup>2</sup>	Nativa
31	Fabaceae	<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	alcaçú <sup>2</sup>	Exótica
32	Fabaceae	<i>Arachys hypogea</i> L.	mandubi <sup>1</sup>	Nativa
33	Fabaceae	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth.	guandú <sup>1</sup>	Exótica
34	Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá <sup>1</sup>	Nativa
35	Fabaceae	<i>Inga</i> Mill	ingá <sup>1</sup>	Nativa
36	Fabaceae	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	feijão <sup>1</sup>	Exótica
37	Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	tamarindo <sup>1,2</sup>	Exótica

38	Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	angico ou paricá <sup>2</sup>	Nativa
39	Fabaceae	<i>Copaiva officinalis</i> Jacq.	copaúba ou copahiba <sup>2</sup>	Nativa
40	Geraniaceae	<i>Geranium</i> L.	almisca <sup>2</sup>	Exótica
41	Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	abacateiro <sup>1</sup>	Exótica
42	Lecythidaceae	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	sapucaia <sup>1,2</sup>	Nativa
43	Loranthaceae	<i>Struthanthus</i> Mart. <i>Phthirusa pyrifolia</i> (Kunth) Eichler <i>Psittacanthus</i> Mart.	erva de passarinho ou temtém <sup>2</sup>	Nativa
44	Malvaceae	<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench.	kiabeiro ou kingobô <sup>1</sup> (existe uma casta)	Exótica
45	Malvaceae	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	vinagreira <sup>1</sup>	Exótica
46	Malvaceae	<i>Theobroma cacao</i> L.	cacauzeiro <sup>1</sup>	Nativa
47	Melastomataceae	<i>Mouriri</i> Aubl.	criurí <sup>1</sup>	Nativa
48	Meliaceae	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	andirobeira	Nativa
49	Menispermaceae	<i>Tiliacora chrysobotrya</i> Welw. ex Ficalho	bútua <sup>2</sup>	Nativa
50	Moraceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	jaqueira <sup>1</sup>	Exótica
51	Moraceae	<i>Dorstenia brasiliensis</i> Lam.	contraerva <sup>2</sup>	Nativa
52	Moraceae	<i>Ficus</i> L.	gameleira <sup>2</sup>	Nativa
53	Musaceae	<i>Musa × paradisiaca</i> L.	bananeira ou pacoveira <sup>1</sup> (curta, comprida, rabixa, tangerina).	Exótica
54	Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Mart. ex O. Berg.	guabirabeira <sup>1</sup>	Nativa
55	Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	pitanga <sup>1</sup>	Nativa
56	Myrtaceae	<i>Myrciaria cauliflora</i> (Mart.) O. Berg.	jaboticabeira <sup>1</sup>	Nativa
57	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	goiabeira <sup>1</sup>	Nativa
58	Myrtaceae	<i>Psidium kennedyanum</i> Morong.	araçá <sup>1</sup>	Nativa
59	Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	jambeiro <sup>1</sup>	Exótica
60	Orchidaceae	<i>Vanilla</i> Mill.	baunilha <sup>1</sup>	Nativa
61	Passifloraceae	<i>Passiflora</i> L.	maracujá <sup>1,2</sup>	Nativa
62	Poaceae	<i>Zea mays</i> L.	milho ou milho <sup>1</sup>	Exótica
63	Polygonaceae	<i>Polygonum punctatum</i> Elliot	erva de bixo <sup>2</sup>	Nativa
64	Polygonaceae	<i>Polygonum bistorta</i> L.	raiz de cobra <sup>2</sup>	Exótica
65	Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	genipapeiro <sup>1</sup>	Nativa
66	Rubiaceae	<i>Psychotria ipecacuanha</i> (Brot.) Standl.	ipecacuanha ou pacacôha <sup>2</sup> (escura, parda, branca)	Nativa
67	Rubiaceae	<i>Cinchona</i> L.	quina <sup>1</sup>	Nativa
68	Rutaceae	<i>Citrus × aurantium</i> L.	limoeiro <sup>1</sup>	Exótica
69	Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck.	laranjeira <sup>1</sup>	Exótica
70	Sapindaceae	<i>Talisia esculenta</i> (A. St.-Hill.) Radlk.	pitombeira <sup>1</sup>	Nativa
71	Solanaceae	<i>Capsicum frutescens</i> L.	pimentas <sup>1</sup> (malagueta e várias outras castas)	Nativa
72	Talinaceae	<i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd.	joão-gomes <sup>1</sup>	Nativa
73	Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	erva de xumbo <sup>2</sup>	Nativa

74	Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i> L.	parreira ou videira <sup>1</sup>	Exótica
75	Zingiberaceae	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	gengibre <sup>2</sup> (branco e amarelo)	Exótica
76	Indeterminada	Indeterminado	jacaré-catinga <sup>1</sup>	Nativa
77	Indeterminada	Indeterminado	jaracatutiba <sup>1</sup>	Nativa
Total		75 identificadas 2 indeterminadas	77 etnônios	Nativas (n=54) Exóticas (n=23)

Apêndice 2. Referências diretas (RD) citadas na obra de Francisco de Nossa Senhora dos Prazeres referentes às espécies hortícolas maranhenses no século XIX, com as respectivas famílias botânicas, nomes científicos, origem das plantas, e usos, onde: alimentação humana (1); medicinal (2).

# CAPÍTULO 2

## A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM DIREÇÃO AO CERRADO NO ESTADO DE GOIÁS – BRÁSIL

Data de aceite: 01/11/2021

**João Baptista Chieppe Junior**

Professor Pesquisador Doutor do  
Departamento de Áreas Acadêmicas IFGoiás-  
Campus Inhumas  
Inhumas-GO-Brasil

**RESUMO:** Este trabalho tem por objetivo apresentar resultados de uma revisão de trabalhos apresentados sobre o tema dos impactos do avanço do setor sucroalcooleiro em Goiás relacionados com a expansão da fronteira agrícola. Pode-se perceber que, através da expansão da fronteira agrícola no cerrado goiano, a vegetação natural deu lugar ao cultivo da soja e áreas de pastagens, e mais recentemente, da cana-de-açúcar, constatando que as usinas estão sendo consolidadas em todas as áreas do estado em função do aumento da demanda por produtos do setor sucroalcooleiro, as quais tem intensificado as discussões do processo de degradação e dos problemas e consequências ambientais e socioeconômicas nessas áreas. Esse aumento, justifica-se a um grande potencial para expansão da atividade canavieira, uma vez que há disponibilidade e preço baixo das terras, baixo custo de produção, associado à alta rentabilidade, além do setor atrair consideráveis investimentos. Outros fatores, como, benefícios fiscais, recursos hídricos abundantes, clima e topografia favorável, estão estimulando a expansão sucroalcooleira no Estado de Goiás.

**PALAVRAS – CHAVE:** Cana-de-açúcar, cerrado,

meio ambiente.

### THE EXPANSION OF CANE SUGAR TOWARDS CLOSED IN GOIÁS STATE - BRAZIL

**ABSTRACT:** This paper aims to show results of a literature and documental review about the impacts of sucroalcooleiro sector growth in Goiás state, related to the expansion of the agricultural belt. It's been noticed that, the agricultural belt expansion in "Cerrado goiano", the natural vegetation was first replaced by soybean cultivation and pasture areas, and more recently, sugar cane. It is also noticed that Ethanol industries are being consolidated in all state areas in response to the increasing rate of sucroalcooleiro sector products offering, which has intensified the discussions of the degradation process, as well as the problems and environmental and socioeconomic consequences in these areas. This growth is justified to a great potential for expanding sugar cane production, as there is availability and cheapness of land, low cost production, due to the high profitability and significant investment attraction in the sector. Other reasons, such as, tax benefits, abundant water resources, favorable climate and topography are stimulating the sucroalcooleira expansion in Goiás State.

**KEYWORDS:** Sugar cane, cerrado, environment.

### INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A região Centro-Oeste transformou-se em referência nacional como área de grande potencial agrícola, principalmente na produção

de grãos. Porém, atualmente, há uma forte difusão do setor sucroalcooleiro em Goiás, estado que apresenta grande potencial para expansão da atividade canavieira, uma vez que há disponibilidade e preço baixo das terras, baixo custo de produção, associado à alta rentabilidade, além do setor atrair consideráveis investimentos. Tudo isso vem transformando Goiás em um dos maiores pólos energéticos do país (Carrijo & Miziara, 2009).

O Brasil é o principal produtor mundial de cana-de-açúcar, visto que, na safra 2009/2010 foram produzidos 589 milhões de toneladas e que a previsão para próxima safra é de 640 milhões de toneladas de cana, em cerca de 8 milhões de hectares (Carvalho, 2010). Desse total, Goiás tem 7,34% com 599,31 mil hectares, sendo o quarto no ranking nacional, atrás de São Paulo, Minas Gerais e Paraná, conforme resultado do segundo levantamento da safra, divulgado pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2010).

A ocupação das áreas de Cerrado ocorreu nas três últimas décadas alterando consideravelmente o perfil da região, na zona rural com a mecanização, pecuária extensiva e cultura de exportação e na zona urbana com o crescimento instantâneo das cidades (PIRES, 2007). Sabe-se que a fronteira agrícola nas áreas de Cerrado está em expansão, pois o mesmo deu espaço a um “mar” de cana-de-açúcar, que até pouco tempo era ocupado, principalmente, pela monocultura da soja, modificando quase que totalmente a paisagem predominante (PIRES, 2007). Pode se observar que Goiás, ao longo dos últimos anos, tem se especializado cada vez mais nas culturas da soja e da cana-de-açúcar (PIRES, 2007).

O crescimento da cultura da cana na fronteira agrícola de Goiás, (e mais ainda da agricultura brasileira, como um todo) levanta questões sobre a disponibilidade e limitações de áreas adequadas; as áreas e locais utilizados nos últimos anos e as tendências para os próximos anos (Carrijo & Miziara, 2009).

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de trabalhos apresentados pertinente ao tema, procurando encontrar e discutir os possíveis impactos e mudanças nas estruturas produtivas evidenciados pelo crescimento do setor sucroalcooleiro, enfatizando o deslocamento da fronteira agrícola no Estado de Goiás e suas consequências sobre o bioma cerrado.

## **REVISÃO DE RESULTADOS DE CASOS ESTUDADOS**

### **EXPANSÃO DA FRONTEIRA AGRÍCOLA NO ESTADO DE GOIÁS**

#### **Bioma Cerrado e os impactos ambientais e sociais da atividade sucroalcooleira**

Segundo maior bioma do país, a região dos Cerrados, destacando-se pela riqueza de sua biodiversidade, que pode ser interpretada pela sua vasta extensão territorial, pela sua posição geográfica privilegiada, pela heterogeneidade vegetal, e por ser cortado pelas

três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (MMA, 1998).

O Cerrado possui duas estações bem definidas: um verão chuvoso e um inverno seco e faz-se presente em 12 Estados, tendo ênfase na região Centro-Oeste, que nos últimos anos se transformou em verdadeiro celeiro de produção agrícola e pecuária (PIRES, 2007).

Até meados 1960 o Cerrado foi praticamente ignorado. Como se sabe, houve um desmatamento acelerado, ocorrido basicamente na década de 1970, restando poucos hectares com áreas de preservação ambiental com o incremento da produtividade de cana-de-açúcar gerando a abertura de novas áreas em regiões ainda preservadas (PIRES, 2007).

O desmatamento para a retirada de madeira e produção de carvão vegetal, foram, e ainda são atividades que antecederam e, de certa maneira, viabilizaram a ocupação agropecuária do Cerrado (PIRES, 2007).

(MARTINS, 1997)

Caracterizado como fronteira agrícola e celeiro do mundo, possui uma importância econômica muito grande pela sua capacidade de produzir alimentos (grãos, cana-de-açúcar, fibras, carne e leite, além de frutas e hortaliças), requerendo assim, uma utilização racional e sustentável para que continue a produzir e, ao mesmo tempo, seja preservado. Para atingir essa condição, o Cerrado foi alterado profundamente na sua forma e no seu conteúdo, e sua vegetação deu espaço às contínuas e imensas lavouras de soja, milho, algodão, tomate, sorgo, cana-de-açúcar ou vastas áreas cobertas por pastagens.

**Segundo Pires (2007)**

A não preservação das áreas de Cerrado, é devido ao aumento de produção nas áreas que já são ocupadas com várias culturas, ocasionando o aumento a expansão das áreas de desflorestamento em suas pequenas manchas de vegetação nativa, para darem espaço a outras monoculturas, como, por exemplo, a cana-de-açúcar em Goiás, com a implantação de inúmeras usinas do setor sucroalcooleiro. As áreas já ocupadas por outras culturas têm sido substituídas, em pequena proporção, por cana-de-açúcar. A maior área de expansão ocorre no sudeste goiano, região tradicional de agropecuária, onde a cana passa a ocupar principalmente áreas de pastagens.

**Para VIEIRA JR et al.(2007)**

A limitação da expansão em São Paulo estimulou a migração da cana-de-açúcar para a região do Triângulo Mineiro em Minas Gerais e os Estados da região Centro-Oeste, a qual apresentou a maior taxa de crescimento no país, notadamente após o ano de 1990. A região apresenta terrenos com topografia propícia à mecanização e dispõe de, aproximadamente, 17 milhões de hectares cultivados com lavouras temporárias, sendo que apenas 3,3% Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2007), estão ocupados com cana-de-açúcar.

**Para CARRIJO & MIZIARA (2009).**

É importante salientar que a atuação do Estado foi decisiva para que houvesse

a ocupação do Cerrado. Os planos governamentais, a infra-estrutura, as modificações da base técnica agropecuária, os modelos desenvolvidos pela revolução verde, que, por meio da tecnologia, resolveram problemas da fertilidade do solo e contribuíram para expansão da fronteira agrícola nesta região.

Neste sentido, a região Centro-Oeste transformou-se em referência nacional como área de grande potencial agrícola, principalmente na produção de grãos. Porém, atualmente, há uma forte difusão do setor sucroalcooleiro em Goiás, estado que apresenta grande potencial para expansão da atividade canieira. Tudo isso vem transformando Goiás em um dos maiores pólos energéticos do país.

De acordo com Pires (2007), os impactos desse crescimento, acarretarão vários problemas, que vão desde a incorporação de terras próprias ou arrendadas, reduzindo o número de pequenos agricultores, à homogeneização da paisagem com os extensos plantios da cana.

## O SETOR SUCROALCOOLEIRO

No Brasil encontra condições climáticas favoráveis para se desenvolver em quase todo território, exceto no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Figura 1), devido ao risco de geadas (CASAGRANDE, 1991; CAMARA & OLIVEIRA, 1993).

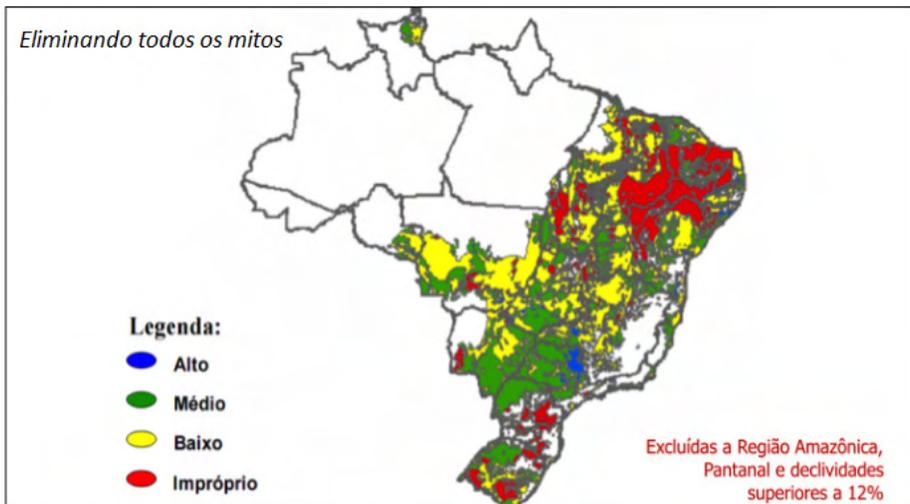


FIGURA 1- Solo e clima adequados a produção de cana-de-açúcar sem irrigação

Fonte: ÚNICA

É importante salientar que o país exerce liderança tanto na produção canieira quanto nos segmentos da cadeia sucroalcooleira como açúcar e álcool. Figura (2).

Além da energia química (etanol), a cana-de-açúcar diversifica a matriz energética com a produção de energia elétrica e calor a partir do bagaço e dos restos culturais, contribuindo assim, para a redução no uso de energia fóssil e a poluição ambiental (ANDREOLI & SOUZA, 2007).

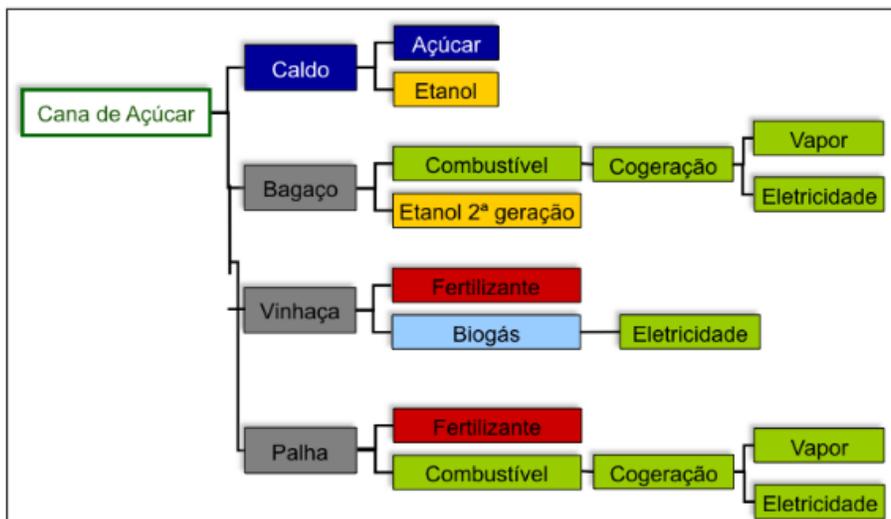


FIGURA 2- Indústria cana = energia e alimentos

Fonte: UNICA

Ressalte-se que o Brasil conta, atualmente, com mais de 450 unidades produtoras de cana-de-açúcar cadastradas (Figura 3), sendo que, desse total, 280 são unidades mistas, 30 produtoras de açúcar e 140 produtoras de álcool. (MAPA, 2007). De acordo com levantamento da CONAB, no ano de 2010, entraram em operação mais 10 usinas.

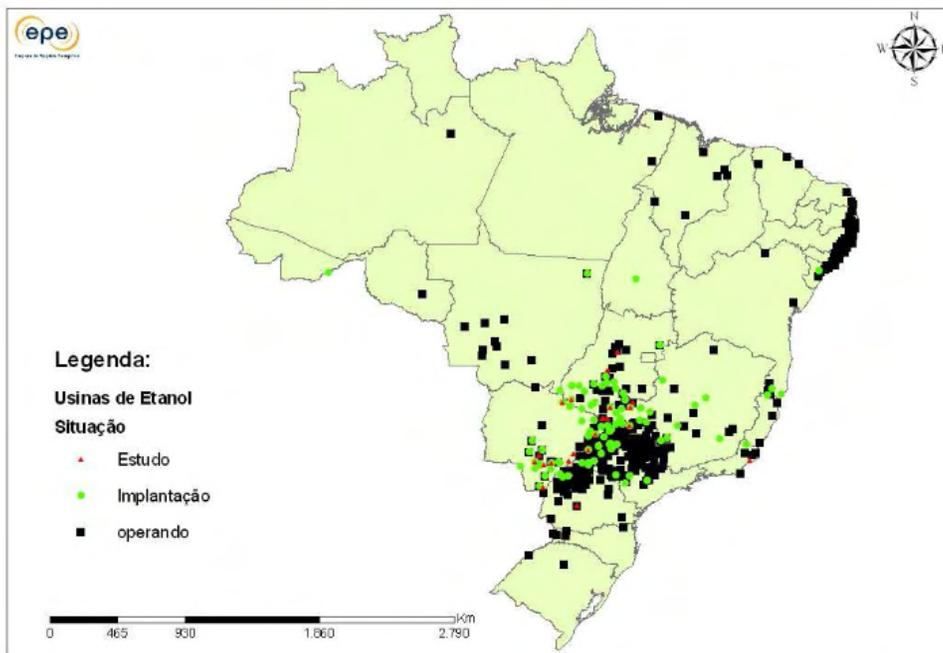


FIGURA 3-Distribuição das usinas de etanol no Brasil

Fonte: UNICA

Nos próximos cinco anos, há uma perspectiva de aumento em 100% da produção (milhões toneladas) e 50% na área plantada (milhões de hectares) em cana-de-açúcar devido ao aumento no consumo de alimentos e energia, levando a previsão de novos investimentos em usinas até 2015, com participação de capital estrangeiro (Figuras 4 e 5), (CONAB, 2010).

		2006/07	2010/11	2015/16	2020/21	Variação 2006-2020
Cana	Produção (milhões t)	430	601	829	1.038	141%
	Área plantada (milhões ha)	6,3	8,5	11,4	12,1	92%
Açúcar	Produção (milhões t)	30,2	34,6	41,3	45,0	49%
	Consumo doméstico	9,9	10,5	11,4	12,1	22%
	Exportação	20,3	24,1	29,9	32,9	62%
Alcool	Produção (bilhões litros)	17,9	29,7	46,9	65,3	265%
	Consumo doméstico	14,2	23,2	34,6	49,6	249%
	Exportação	3,7	6,5	12,3	15,7	324%
Bioeletr. cidade	Produção (MW médio)	1.400	3.300	11.500	14.400	929%
	Part. % na Matriz Elétrica	3%	6%	15%	15%	—

FIGURA 4-Projeções de produção para o setor sucroalcooleiro no Brasil

Fonte: UNICA

<b>Investimentos Novas Unidades - 2008 a 2012</b>	
Novas Unidades Produtivas - Indústria	US\$ 23 bilhões
Novas Unidades Produtivas - Agrícola	US\$ 10 bilhões
<b>TOTAL</b>	<b>US\$ 33 bilhões</b>

<b>Participação do Capital Estrangeiro</b>	
<b>Safra - 2007/2008</b>	<b>Safra - 2012/2013</b>
22 Unidades Produtivas	31 Unidades Produtivas
<b>7% do Total</b>	<b>12% do Total</b>

FIGURA 5- Previsão novos investimentos em usinas e participação do capital estrangeiro

Fonte: UNICA Nota: dados estimados

## A EXPANSÃO E OCUPAÇÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO EM GOIÁS

De acordo com o levantamento da (CONAB, 2010) no país em 2010, a previsão da safra de cana-de-açúcar moída pela indústria sucroalcooleira, foi de 651,51 milhões de toneladas. Segundo a própria CONAB, no mês de agosto a colheita da cana-de-açúcar, ainda em fase intermediária, atingiu 60% da maior parte dos canaviais.

Do total de cana a ser esmagada, 54,9% (357,5 milhões toneladas) foram destinadas à produção de 28,4 bilhões de litros de etanol. Os 45,1% (294 mil toneladas) restantes foram para a produção de 38,1 toneladas de açúcar, (CONAB,2010).

Desde 2005/2006, os estudos da CONAB indicam que a expansão e o crescimento da produção vêm acontecendo em praticamente todos os Estados do Centro-Sul. Apesar do estado de São Paulo, individualmente, apresentar as maiores áreas acrescidas às lavouras já existentes (38% do total de áreas novas agregadas na safra 2011/2012, o que correspondeu a 265.444 hectares), esta expansão vem se concentrando em áreas do Cerrado, prioritariamente no estado de Goiás que aumentou em 47,3% a sua produção, seguido de Mato Grosso do Sul, 28,7%, Paraná, 20,2%, e Minas Gerais 14,9% (CONAB, 2013).

Ainda segundo esses levantamentos, na safra 2010/2011, o acréscimo de novas áreas foi significativo no Cerrado, pois “em Minas Gerais o aumento foi de 117.540 hectares”, sendo que a região Centro-Oeste apresentou expansão significativa na área cultivada “puxada por Goiás pelo plantio de 110.763,8 hectares, seguido pelo Mato Grosso do Sul, 73.498,8 ha e Mato Grosso, 15.704,0 ha” (CONAB, 2012).

A expansão do setor sucroenergético e a conseqüente construção de novas usinas (produtoras de açúcar e álcool) levantam questões como, por exemplo, se está ocorrendo um trânsito das lavouras com cultivos alimentares para lavouras de cana. Segundo Sauer e

Leite (2012), a expansão das lavouras de cana, “[...] confronta-se com a grande produção de grãos e com a agroindústria do setor de carnes (aves e suínos) previamente estabelecidas” em vários municípios goianos, resultando em “[...] uma forte e acirrada disputa territorial” (SAUER, 2011), mas também em aumento significativo dos preços das terras nessas regiões (WILKINSON e HERRERA, 2010; SAUER e LEITE, 2012).

A evolução da área plantada nos principais municípios fornecedores de cana-de-açúcar vêm registrando o crescimento da área plantada nas últimas safras (CONAB, 2010; 2012) no estado de Goiás. Este já é o segundo produtor nacional de etanol, e vem pressionando os estados do Paraná e Minas Gerais em extensão de área plantada de cana (SILVA, PIETRAFESA e SANTOS, 2011).

Os dados do INPE apontam uma expansão expressiva do cultivo de cana em Goiás, pois o Estado tinha 216.025 hectares em 2005/2006, passando para 731.981 hectares cultivados na safra 2011/2012, com mais de 84 mil hectares de áreas novas, acrescidas à área da safra anterior (INPE, 2012). Esta expansão de aproximadamente de 238% na área cultiva em cinco anos elevou o Estado ao terceiro posto de maior produtor (cultivo) de cana-de-açúcar do Brasil. O mesmo INPE (2012) projetou nova expansão de áreas plantadas em Goiás para 847.359 hectares para a safra 2012/2013. Um acréscimo de aproximadamente 120 mil hectares em apenas um ano.

Nessa perspectiva de expansão, em 2009 a Secretaria Estadual de Agricultura divulgou que existiam mais de oitenta projetos de usinas aprovados, apontando perspectivas de crescimento da produção de açúcar e álcool em Goiás. Em relação ao setor industrial canavieiro, havia 77 novas unidades em construção, em 2005, em todo o Brasil (MACEDO, 2005,). No início de 2007, este número já estava com noventa usinas em construção e mais de 150 projetos de novas unidades (dados de julho de 2007), sendo que, somente no estado de Goiás, existiam sessenta projetos de construção de novas unidades industriais. Na verdade, ocorreu a construção de novas usinas no Estado, mas a expansão do parque industrial do setor canavieiro diminuiu o ritmo após 2008 (IBGE, 2009).

A (Figura 6) identifica a distribuição geográfica de trinta (30) unidades produtoras de etanol e açúcar no estado de Goiás. É possível observar que existe uma concentração das unidades produtoras na mesorregião Sul do estado de Goiás, pois se encontra aí melhor infra-estrutura instalada, desde meios de escoamento (estradas), como proximidade com centros consumidores de grande envergadura (Sudeste e Sul do Brasil).

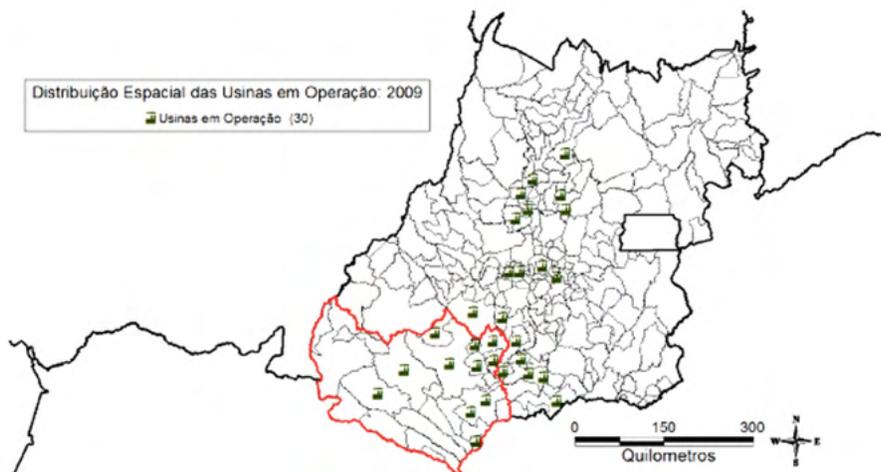


Figura 6 – Mapa de distribuição das usinas no estado de Goiás em 2009

#### CARRIJO & MIZIARA, (2009)

O Estado de Goiás tem criado mecanismos, como, por exemplo, o Programa de Desenvolvimento Industrial de Goiás (PRODUZIR), que estimulam a instalação de agroindústrias na região. Deste modo, verifica-se que os fatores naturais, aliados aos incentivos fiscais contribuem para incentivar a instalação de novas indústrias no Estado, tornando-o um pólo sucroalcooleiro competitivo.

Principais vantagens competitivas:

- Preços das terras e dos arrendamentos no Centro-Oeste mais baixos em relação às regiões do Centro-sul;
- Fatores geográficos:
- Topografia plana, facilitadora da mecanização do plantio e da colheita, e que, conseqüentemente, resulta na diminuição dos custos e evita a queima da cana, atendendo às exigências ambientais;
- Condições edafo-climáticas;
- Solo e clima favoráveis com condições perfeitas para produção em larga escala; Disponibilidade de recursos hídricos; Razoável infra-estrutura urbana; devido a falta de um álcool duto para escoamento; Localização adequada para atividade industrial; Grandes extensões de terras agricultáveis.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral realizar uma pesquisa de trabalhos apresentados pertinente ao tema, procurando encontrar e discutir os possíveis impactos e mudanças nas estruturas produtivas evidenciados pelo crescimento do setor sucroalcooleiro,

ênfatizando o deslocamento da fronteira agrícola no Estado de Goiás e suas consequências sobre o bioma cerrado.

Pode-se perceber que com o desenvolvimento de novas tecnologias no setor agropecuário nos últimos 40 anos, tornou os solos de cerrado, até então solos de baixa fertilidade em terras altamente produtivas. A adoção de novas técnicas e tecnologias no processo produtivo, mostrou que a vegetação natural do cerrado goiano deu lugar ao cultivo de diversas culturas temporárias, mas principalmente da monocultura da soja, e da pecuária, causando uma grande preocupação na questão ambiental, no que se refere a preservação do bioma. A modernização tecnológica foi um fator primordial para o desenvolvimento da área de fronteira agrícola.

Atualmente, verifica uma mudança no sistema produtivo em Goiás, com um aumento nas lavouras de cana-de-açúcar em substituição a soja e pecuária, em função do aumento da demanda por produtos do setor sucroalcooleiro. Outro fator que se observa é a limitação da expansão em São Paulo estimulou a migração da cana-de-açúcar para a região do Triângulo Mineiro em Minas Gerais e os Estados da região Centro-Oeste.

Esse aumento do setor sucroalcooleiro em Goiás, deve-se a um grande potencial para expansão da atividade canvieira, uma vez que, outros fatores, como benefícios fiscais, recursos hídricos abundantes, clima e topografia favorável, estão estimulando a expansão sucroalcooleira no Estado. Tudo isso vem transformando Goiás em um dos maiores pólos energéticos do país.

Porém se observa que toda essa expansão do setor sucroalcooleiro, em Goiás, vem causando um processo de degradação no bioma pela erosão de solos, poluição e assoreamento dos rios e lagos, provocado pelos desmatamentos de seu entorno, além do uso desmedido da água na agricultura.

## REFERÊNCIAS

CARRIJO E.L.O. ; MIZIARA F. A expansão do setor sucroalcooleiro como uma nova etapa da fronteira agrícola em Goiás: Estudo do caso no município de Mineiros. **Revista de Economia da Universidade Estadual de Goiás**, Anápolis, GO, v.5, n. 2, p.93-121, 2009.

CARVALHO, L. C. C. Tendências setoriais do agronegócio brasileiro. Canaplan, no 02, 2010, p. 02-10.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em <http://www.conab.com.br>. Acesso em 01 de setembro de 2010.

\_\_\_\_\_. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar. Terceiro levantamento: safra 2011/2012**, Brasília, CONAB, dezembro de 2011 (disponível em [www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_12\\_08\\_11\\_00\\_54\\_08.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_12_08_11_00_54_08.pdf)) – acesso em 12 de fevereiro de 2012.

\_\_\_\_\_. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Brasília, CONAB, março de 2012 (disponível em [www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_03\\_13\\_11\\_04\\_08\\_boletim\\_marco\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_03_13_11_04_08_boletim_marco_2012.pdf)) – acesso em 20 de julho de 2013.

\_\_\_\_\_. **Levantamento para acompanhamento da safra – Séries históricas**. Brasília, CONAB, 2012 (disponível em [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)) – acesso em 29 de novembro de 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Quinta estimativa da safra nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas para 2009**. Rio de Janeiro, IBGE, 2009 (disponível em [www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_200905comentarios.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200905comentarios.pdf)) Acesso em 10 de junho de 2009.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Projeto Canasat**. 2012. Disponível em <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/tabelas.html> - acesso em fevereiro de 2012.

MACEDO, Isaías de Carvalho (org.). **A energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade**. São Paulo: Berlendis e Vertecchia: UNICA – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, 2005.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em 6 de abril de 2007.

MARTINS, J. S. **A chegada do estranho**. s.l., s/e 1997.

MMA/BRASIL. **Primeiro relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica – Brasil**. Brasília, 1998.

PIRES, L. M. **Reflexão sobre o impacto causado pela expansão da cana-de-açúcar nas áreas de cerrado: Um olhar sobre Goiás**. 2007. 13 f. Trabalho do programa de pesquisa e pós-graduação do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da UFG (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SAUER, Sérgio. Demanda mundial por terras: “land grabbing” ou oportunidade de negócios no Brasil? **Revista de Estudos e Pesquisas sobre as Américas**. Brasília, CEPPAC/UnB, 2011 (disponível em [www.repacm.org](http://www.repacm.org)) – acesso em fevereiro de 2012.

SAUER, Sérgio e LEITE, Sérgio P. Agrarian structure, foreign investments on land, and land price in Brazil. **Journal of Peasant Studies**, vol. 39, nº 3-4, julho-outubro, 2102, pp. 873-898.

SILVA, Sandro D.; PIETRAFESA, José P.; SANTOS, Ana E. A. F. O Cerrado e a produção sucroalcooleira: expansão e transferência histórico-geográfica da produção de etanol em Goiás. In: PIETRAFESA, José P. e SILVA, Sandro D. (orgs.). **Transformação do Cerrado: progresso, consumo e natureza**. Goiânia, Editora da PUC Goiás, 2011, pp. 21-46.

WILKINSON, John e HERRERA, Selena. Biofuels in Brazil: debates and impacts. **Journal of Peasant Studies**, vol. 37, nº 4, outubro, 2010, pp. 749-768.

# CAPÍTULO 3

## REDUCCIÓN DE COSTES DE MANTENIMIENTO MEDIANTE ANÁLISIS DE FIABILIDAD EN ACTIVOS DEL SECTOR AZUCARERO

*Data de aceite: 01/11/2021*

**Jose Miguel Salavert Fernández**

Dpto. Máquinas y motores térmicos  
Universitat Politècnica de Valencia  
Valencia. Spain

**Rubén Darío Ramos Ciprián**

Esc. Ing. Electromecánica  
Universidad Central del Este  
San Pedro de Macorís. Dominican Republic

**RESUMEN:** En este trabajo se muestra el diseño de un plan de mantenimiento preventivo basándose en el análisis de fiabilidad de los activos más conflictivos en una empresa de transformación de caña de azúcar sita en la República Dominicana, donde este sector (caña de azúcar) es estratégico. Se presentan como objetivos no solo el diseño del plan de mantenimiento, además, ha de incrementar la fiabilidad de las instalaciones, y reducir los costes por paro de producción debido a las averías. Además las intervenciones, han de interferir lo menos posible con la producción para no penalizar ni la disponibilidad ni la productividad de la planta. Del análisis y resolución de la situación planteada, se descubre que las averías más costosas se centran en pocas máquinas y en pocos modos de fallo, cumpliéndose la teoría de Pareto. También se obtienen parámetros para establecer un punto de partida cuantificado: Tasas de fallo de los distintos equipos de producción, Tiempos Medios de Buen Funcionamiento (MTBF), y Tiempos Medios de Paro por avería.

El plan de mantenimiento preventivo que se acaba proponiendo, es un compromiso entre fiabilidad y frecuencia de intervención, pero en su conjunto ordena y racionaliza las operaciones de mantenimiento reduciendo costes de mantenimiento.

**PALABRAS CLAVE:** Fiabilidad; Costes de mantenimiento; Sector azucarero.

### REDUCTION OF MAINTENANCE COSTS THROUGH RELIABILITY ANALYSIS OF ASSETS IN THE SUGAR-CANE SECTOR.

**ABSTRACT:** This work shows the design of a preventive maintenance plan based on the reliability analysis of the most conflictive assets in a sugar cane transformation company located in the Dominican Republic, where this sector (sugar cane) is strategic. The objectives go beyond the design of the maintenance plan, but also in increasing the reliability of the facilities and reducing costs due to production stoppages due to breakdowns. In addition, interventions must interfere as little as possible with production so as not to penalize the availability and productivity of the plant. From the analysis and resolution of the presented situation, it is discovered that the most expensive failures are focused on few machines and few failure modes, fulfilling the Pareto theory. Parameters are also obtained to establish a quantified starting point: Failure rates of the different production equipment, Mean Time Before Failure (MTBF), and Mean Time of Down Time due to breakdown. The preventive maintenance plan that has just been proposed is a balance between reliability and intervention frequency, but it is able to organize whole

maintenance operations, reducing maintenance costs.

**KEYWORDS:** Reliability; Maintenance costs; Sugar cane sector.

## 1 | INTRODUCCIÓN

Es habitual que el Plan de Mantenimiento (García, 2015) de un equipo de producción se desarrolle atendiendo a los intervalos de actuación que proponen los fabricantes de las máquinas, pero se pueden obtener mejores resultados (mayor fiabilidad, y menos costes de mantenimiento) si se adaptan los intervalos de intervención a las circunstancias particulares de trabajo de cada máquina (Fuenmayor, 2017).

La cuestión es; ¿en base a qué criterio se puede tomar decisiones adecuadas? y ¿cómo estimar los tiempos de intervención más favorables?. En este sentido, el análisis de fiabilidad (Parra & Crespo, 2012) se muestra muy efectivo (y hasta imprescindible) en el diseño de Planes de Mantenimiento.

Por otra parte, el tiempo de intervención vendrá determinado por la fiabilidad pretendida (a mayor fiabilidad, tiempos de intervención más cortos) en contraposición a los costes de mantenimiento (tiempos de intervención más cortos suponen más intervenciones, y por lo tanto mayor coste en el mantenimiento preventivo). Así, la decisión sobre los tiempos de intervención, y por lo tanto el diseño del plan de mantenimiento vendrá dado por una solución de compromiso que balancee el binomio fiabilidad-coste (Salavert, Macián & Ballester, 2019).

En este trabajo se muestra la aplicación de esta técnica en los equipos de producción de una industria de transformación de la caña de azúcar, concretamente en una empresa de la república Dominicana, para la que ha supuesto toda una novedad en el diseño y redefinición de los Planes de Mantenimiento de los equipos tratados.

La motivación de este desarrollo tiene una componente eminentemente tecnológica en el propio contexto de la empresa en la que se desarrolla, consistente en la mejora de la productividad, en este caso basándose en el proceso “Mantenimiento”, aunque también se aprovechará la información obtenida para desarrollar conocimientos sobre la ingeniería del mantenimiento en la industria de transformación de caña de azúcar a través de una tesis doctoral en curso, dado el interés que este sector tiene en la República Dominicana.

## 2 | OBJETIVOS

Se plantean tres objetivos conectados entre sí en este trabajo:

- Diseño de un Calendario de Intervenciones de mantenimiento preventivo para una línea de procesado de caña de azúcar

La condición que ha de cumplir este calendario, va más allá de aglutinar y organizar las intervenciones de mantenimiento preventivo, por lo que también son objetivos a

alcanzar, y son:

- El calendario, incluirá operaciones de mantenimiento preventivo que reduzcan las averías de los equipos productivos. Se ha de reducir Mantenimiento Correctivo en favor de operaciones de Mantenimiento Preventivo
- Como fin último, la nueva estructura de intervalos e intervenciones de mantenimiento preventivo han de reducir costes por parada de producción debido a averías en los activos productivos de la empresa objeto de estudio (Alcoholes Finos Dominicanos)

### 3 | METODOLOGÍA

Los pasos seguidos para realizar el estudio y proporcionar una solución realista y efectiva son los siguientes (García, 2018):

- Análisis del proceso productivo, identificando los principales activos. Con el objeto de conocer los equipos de producción involucrados, y sus funciones principales
- Recopilación de información de dichos activos referente a averías producidas, modos de fallo, y costes producidos por las paradas de producción a partir del histórico de los mismos y de trabajo de campo.
- Priorización de averías mediante análisis de Pareto en tres niveles: Sección productiva, Activo afectado, y Modo de fallo. Buscando la coherencia entre los resultados de los tres niveles indicados.
- Estimación de la ley de degradación mediante análisis de fiabilidad de las averías detectadas aplicando técnicas estadísticas.
- Determinación de los tiempos de intervención en una estrategia de mantenimiento preventivo que eviten averías aleatorias y los consiguientes paros de producción no previstos (Salavert & Ramos, 2019), utilizando como criterio el nº de fallos esperable según el tiempo de intervención elegido.
- Desarrollo de las Rutinas de Mantenimiento que agrupen las intervenciones de mantenimiento preventivo en base a un tiempo de intervención base.

### 4 | CARACTERÍSTICAS DEL INGENIO DE TRANSFORMACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR

El proceso consiste en la transformación de la caña de azúcar en azúcar, alcohol tanto de uso industrial como para el sector alimentario, y miel. También se obtiene como subproducto CO<sub>2</sub>, y residuo vegetal (bagazo) que puede valorizarse utilizándolo como combustible para un grupo de generación eléctrica mediante turbina de vapor.

El objeto de estudio de este trabajo, es una industria ubicada en la República Dominicana, cuya producción media anual está alrededor de 260.000 toneladas de caña de azúcar, de la que se obtiene un 35 % de bagazo, y un 65 % de jugo del que se extraen aproximadamente 28 600 toneladas de azúcar, 11 700 toneladas de miel, 18 000 000 litros

de alcohol y 4 000 toneladas de CO<sub>2</sub>. (Fuente: Alcoholes Finos Dominicanos, 2019)

Se trabajan en proceso continuo, 5 días/semana, 24 horas/día de ahí el interés de contar un plan de mantenimiento preventivo que acote las averías y se ajuste a los periodos en los que los activos pueden ser intervenidos por no estar en turno de producción.

El proceso productivo de la factoría (ingenio) que se trata, está esquematizado y resumido en la figura 1, donde se ha considerado 6 etapas desde la entrada de la materia prima (caña de azúcar) hasta la obtención del producto terminado, y en cada una de las etapas se ha dividido en secciones que agrupan a su vez las máquinas que realizan una parte “elemental” del proceso total de transformación.

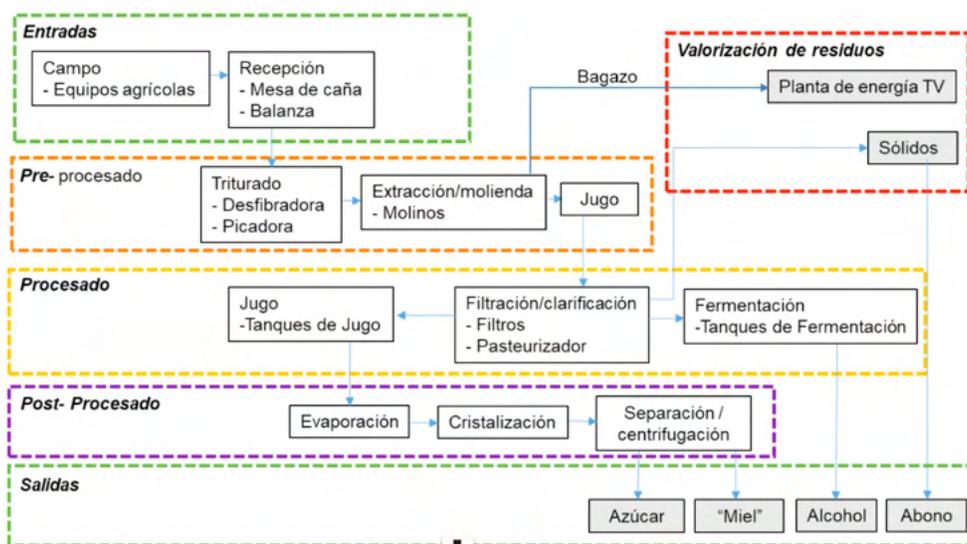


Figura 1. Esquema del proceso de transformación de la caña de azúcar. Elaboración propia

A partir de este diagrama, quedan definidos los activos principales para los que se va a estudiar el efecto de la fiabilidad sobre el plan de mantenimiento.

## 5 | RESULTADOS

### 5.1 Organización y tratamiento de la información de partida

La clasificación y organización de los activos considerados siguiendo una desagregación sencilla (Lárez, 2019) se muestra en la tabla 1 en la que se ha codificado cada activo para posterior identificación, distribuyéndolos en 6 Etapas del proceso productivo, y en cada una de ellas considerando diferentes secciones (hasta 13 en total), en las que se localizan los 43 activos que forman parte del estudio.

Etapa	Sección	Activo
01. Entrada	01.01. Recepción	01.01.01. Mesa de caña 01.01.02. Balanza 01.01.03. Conducto 01.01.04. Nivelado 01.01.05. Grúa 01.01.06. Imán
02. Pre-procesado	02.01. Triturado	02.01.01. Desfibradora 02.01.02. Picadora 02.01.03. Pre-picadora
	02.02. Extracción / Molienda	02.02.01. Molino 01 02.02.02. Molino 02 02.02.03. Molino 03
	02.03. Jugo	02.03.01. Bomba jugo rebose
03. Procesado	03.01. Filtración / Clarificación	03.01.01. Filtro estático 03.01.02. Filtro Tromel 03.01.03. Filtro DSM 03.01.04. Pasteurizador 03.01.05. Tanque filtrado 03.01.06. Tanque primario 03.01.07. Tanque pasteurizado 03.01.08. Bomba jugo 03.01.09. Intermedio 1 03.01.10. Intermedio 2 03.01.11. Intermedio 3
	03.02. Jugo	03.02.01. Bomba Jugo
	03.03. Fermentación	03.03.01. Tanque fermentación
04. Post-Procesado	04.01. Evaporación	04.01.01. Equipo de evaporación
	04.02. Cristalización	04.02.01. Equipo de cristalización
	04.03. Separación / Centrifugado	04.03.01. PLC
05. Salida	05.01. Salida	05.01.01. Equipo de expedición
06. Valorización residuos	06.01. Energía	06.01.01. Cinta Bagazo 06.01.02. Banda 50 06.01.03. Banda de cogeneración 06.01.04. Caldera 06.01.05. Chuter 01 06.01.06. Chuter 02 06.01.07. Chuter 03 06.01.08. Chuter 04 06.01.09. Chuter 05 06.01.10. Grupo de cogeneración 06.01.11. Taco banda 56 06.01.12. Turbina 1
	06.02. Abono	06.02.01. Equipo de abono

Tabla 1. Organización de los activos considerados

De la información obtenida del histórico de averías, se tiene para cada activo la avería anotada por el técnico de mantenimiento y el tiempo de paro de producción que supuso la avería en cada activo, lo que permite analizar las averías repetitivas y las que más impacto tienen sobre la producción y trabajar sobre ellas.

Se emplea un análisis de Pareto para tratar el efecto de las averías sobre la producción considerando como parámetro de comparación las horas de paro de producción que ha creado cada avería en cada activo. De la información original, se ha realizado una criba de situaciones informadas que han provocado paro en la producción, eliminando aquellas originadas por causas ajenas a averías, como por ejemplo falta de materia prima en algún proceso u operación errónea del equipo que ha obligado a reiniciar la producción. Desafortunadamente no se tiene información sobre el coste económico que ha supuesto cada una de las interrupciones en la fabricación.

De la recopilación de estos datos de partida, se obtienen los siguientes valores globales:

- Activos supervisados = 43
- Averías contabilizadas = 885
- Modos de fallo diferentes identificados = 151
- Horas de paro de producción totales = 320 horas
- Periodo de análisis captura de datos = 6 meses

En la figura 2, se representa el tiempo de paro de producción que cada una de las Etapas de producción consideradas ha soportado por avería de sus activos, en la que se aprecia que es en la Valorización de Residuos donde se generan las averías que provocan la mayor parte de las paradas de producción, si bien, este análisis es muy global, y aunque empieza a iluminar la situación, no es aún suficiente como para tomar decisiones concretas, ya que cada Etapa contiene a su vez distintas secciones y diferentes equipos de producción. Realizando el análisis completo de Pareto, se extendería el campo también a la Etapa de Entrada de la caña al ingenio. Entre ambos conceptos abarcan el 80 % de las paradas de producción.

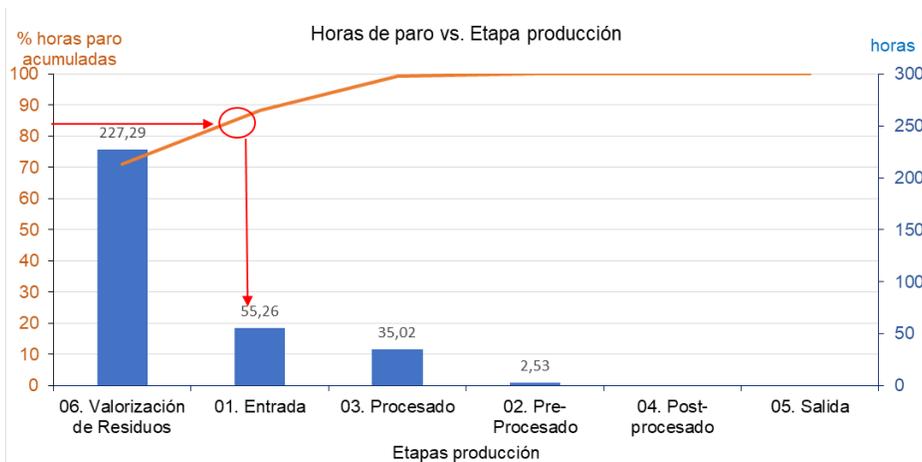


Figura 2. Diagrama Pareto. Horas de paro por Etapa de producción.

Haciendo un análisis por Secciones, se obtiene el diagrama de Pareto que se aprecia en la figura 3.

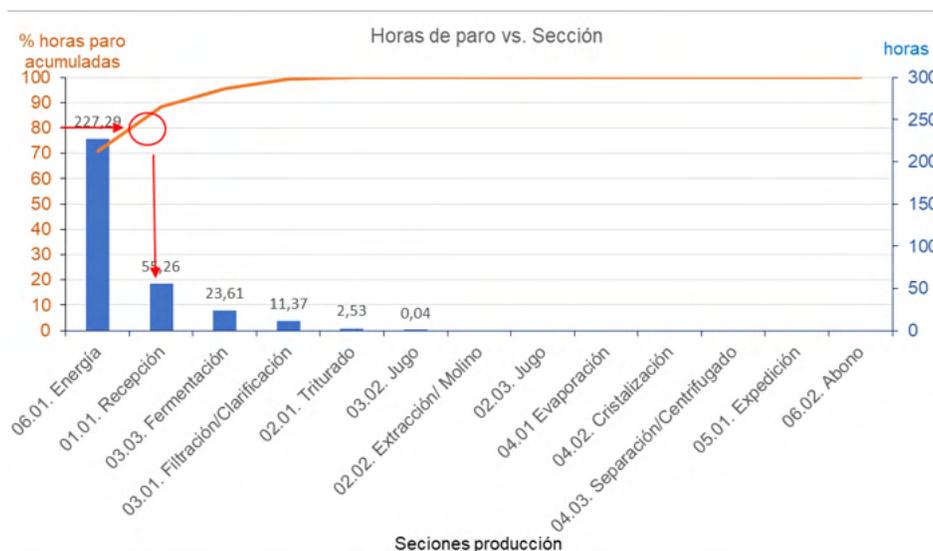


Figura 3. Diagrama Pareto. Horas de paro por Sección

También a partir de este análisis se dirige el foco de atención hacia los activos de la Sección de generación de energía cuyas averías además de ser muy frecuentes (699) provocan la mayor parte de las pérdidas de horas productivas. Se sigue confirmando que las secciones más conflictivas se encuentran en la 06 Revalorización y la 01 Entrada que también en este análisis más particularizado siguen aportando el 80 % del tiempo de parada de producción.

Realizando el análisis de Pareto individualizado a los activos de producción, se obtienen los resultados de la figura 4.



Figura 4. Diagrama Pareto. Horas de paro por activo

Como análisis más particular, se estudia la distribución de horas de paro de producción por modo de fallo. En la figura 5 se aprecia esta distribución en la que se han ordenado 151 modos diferentes de fallo.

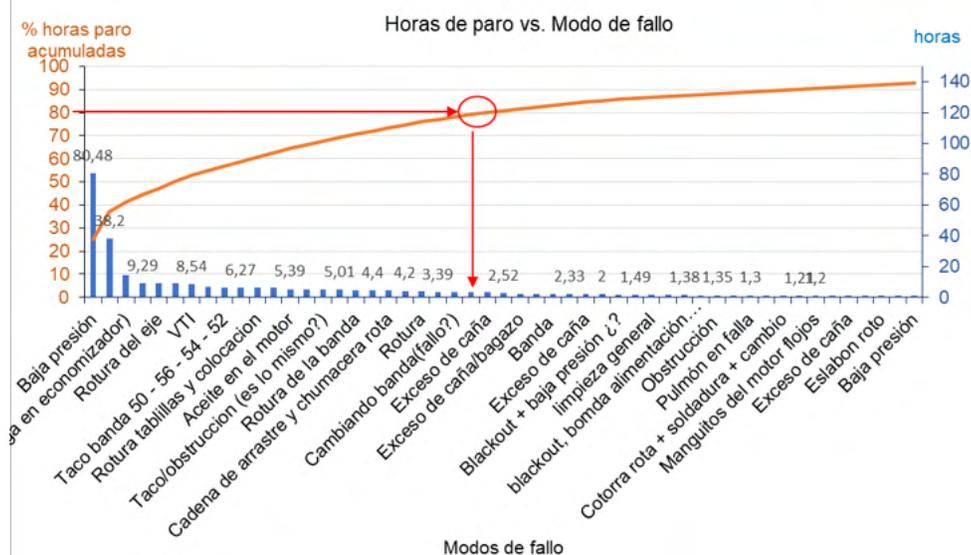


Figura 5. Diagrama Pareto. Horas de paro por modo de fallo

Puesto que la representación gráfica no es capaz de mostrar de forma legible los 151 modos de fallo, se indica en la tabla 2 los modos de fallo que provocan el 80 % del paro de producción total y en qué activos se dan.

En definitiva, 26 modos de fallo sobre 151 (17 %) suponen 258 h de paro (el 80 %), y localizados básicamente en 3 activos de los 43 analizados. El 7 % de equipos de producción concentran el 80 % del tiempo de paro por averías.

Modo de fallo	Nº de averías	Tiempo de paro ocasionado [h]	Tiempo de paro acumulado [h]	Tiempo de paro acumulado [%]	Activo afectado
Baja presión	350	80,48	80,48	25,14	06.01.10. Cogeneración
Blackout (691 FALTA)	80	38,2	118,68	37,08	06.01.10. Cogeneración
Caldera (738 fuga en economizador)	3	14,19	132,87	41,51	06.01.10. Cogeneración
Lleno	7	9,29	142,16	44,41	03.03.01. Fermentación
Rotura del eje	2	9,17	151,33	47,28	06.01.10. Cogeneración
Cadena de arrastre rota	10	9,03	160,36	50,10	01.01.01. Mesa de caña
VTI	5	8,54	168,9	52,76	06.01.10. Cogeneración
Generador fuera	7	7,1	176	54,98	06.01.10. Cogeneración
Taco banda 50 - 56 - 54 - 52	32	6,33	182,33	56,96	06.01.10. Cogeneración
Exceso de jugo (lleno)	7	6,27	188,6	58,92	03.03.01. Fermentación
Rotura tablillas y colocación	1	6,2	194,8	60,86	01.01.03. Conductor metálico de caña
Fallo ventilador	2	6,2	201	62,79	03.03.01. Fermentación
Aceite en el motor	2	5,39	206,39	64,48	03.01.02. Filtro Tromel
Cadena sucia y fuera del sproker	2	5,16	211,55	66,09	03.01.01. Mesa de caña
Taco / obstrucción	18	5,06	216,61	67,67	01.01.03. Conductor metálico de caña
Cambio de chumacera	2	5,01	221,62	69,23	06.01.10. Cogeneración

Rotura de la banda	1	4,47	226,09	70,63	06.01.01. Cinta de bagazo
Eje banda 50 roto	2	4,4	230,49	72,01	06.01.10. Cogeneración
Cadena de arrastre y chumacera rota	2	4,32	234,81	73,36	01.01.01. Mesa de caña
Motor, banda 56	1	4,2	239,01	74,67	06.01.10. Cogeneración
Rotura	1	4,12	243,13	75,95	06.01.01. Cinta de bagazo
Cuña rota reductor	1	3,39	246,52	77,01	06.01.01. Cinta de bagazo
Cambiando banda	2	3,35	249,87	78,06	06.01.01. Cinta de bagazo
Cadena de arrastre fuera de carril / obstrucción	7	3,31	253,18	79,09	01.01.01. Mesa de caña
Exceso de caña	27	3,23	256,41	80,10	06.01.08. Chuter 4

Tabla 2. Modos de fallo ordenados según Pareto hasta el 80% del tiempo total de paro

La metodología para revertir esta situación, consistirá en redefinir el mantenimiento de los siguientes activos, y con la prelación indicada:

- a. 06.01.10. Grupo de cogeneración.
- b. 01.01.01. Mesa de caña.
- c. 03.03.01. Tanque de fermentación.

El desarrollo del nuevo plan de mantenimiento para reducir las averías de los activos se compone de dos vías de actuación complementarias:

1. Análisis del origen de los fallos con el fin de evitar que se reproduzcan (González, 2005).
2. Redefinición de un nuevo calendario de intervenciones de Mantenimiento Preventivo que aumente la fiabilidad de los activos y reduzca los paros por avería.

La primera vía de actuación, no se trata en este trabajo, y el desarrollo de la segunda vía de actuación es la que se va tratar a continuación.

## 5.2 Intervalos de intervención para el plan de Mantenimiento Preventivo

La información de partida para realizar el rediseño del plan de mantenimiento del activo “06.01.10. Grupo de cogeneración” es la aportada inicialmente con la que

ha construido los diagramas de Pareto. En particular, se toma el primer “Modo de fallo” asociado al activo, y su caracterización:

- Modo de fallo: “Baja presión”
- Número de averías contabilizadas: 350 (6 meses)
- Tiempo total de paro del activo: 80,48 h

De estos datos, se obtienen los siguientes parámetros teniendo en cuenta que se trata de 5 días laborales/semana trabajando 24 h/día

- Averías diarias = 2,91  $\approx$  3 averías/día
- Tiempo medio de paro de máquina por avería = MTTR = 0,23 h
- Tiempo medio de buen funcionamiento = MTBF = 7,98 h

Haciendo la suposición de que los fallos son de carácter aleatorio y por lo tanto la tasa de fallos es constante, se obtiene:

$$\text{Tasa de fallos} = \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{7,98} = 0,125 \text{ fallos/h} \quad (1)$$

A partir de estos valores, se puede estimar el efecto de distintas opciones de Mantenimiento Preventivo. Si se considera como intervalos lógicos o deseables para realizar el mantenimiento preventivo el cambio de turnos o los fines de semana, se puede calcular la fiabilidad para distintos intervalos de intervención según se aprecia en la gráfica 6.

$$\text{Fiabilidad} = R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (2)$$

Así, realizando actividades de Mantenimiento Preventivo cada 4 horas (medio turno) se tendrá una Fiabilidad de 60,6 %, mientras que si se realiza la operación de mantenimiento en los cambios de turno (intervalo de 8 horas), la Fiabilidad será de 36,7 %.

Puesto que la reparación de la avería (Mantenimiento Correctivo) implica un tiempo medio de 0,23 h, es de esperar que el mantenimiento preventivo lleve menor tiempo, menor coste, y además se evita el paro de la producción.

Ante la realización de una intervención de mantenimiento preventivo cada 4 horas (dos veces por turno), se puede estimar las averías que se seguirán produciendo mediante la expresión:

$$N^{\circ} \text{ averías} = \int_0^{t_i} \lambda(t) \cdot dt \quad (3)$$

Que en este caso se simplifica al ser la tasa de fallos constante, por lo que el número de averías que cabe esperar realizando una intervención de mantenimiento preventivo cada 4 horas es de:

$$N^{\circ} \text{ averías en 4 horas} = \lambda \cdot \Delta t = 0,125 \text{ fallos/hora} \cdot 4 \text{ horas} = 0,5 \text{ fallos} \quad (4)$$

Con estos resultados, (Nº de averías para el periodo de intervención de 4 horas,

sensiblemente inferior a 1) se establece el periodo inicial de intervención de Mantenimiento Preventivo para el activo considerado en 4 horas, o bien, 2 intervenciones por turno

Esta frecuencia de intervención supone las diferencias respecto al sistema de mantenimiento que se estaba llevando a cabo solo para el modo de fallo que se está tratando, y que se enumeran en la Tabla 3

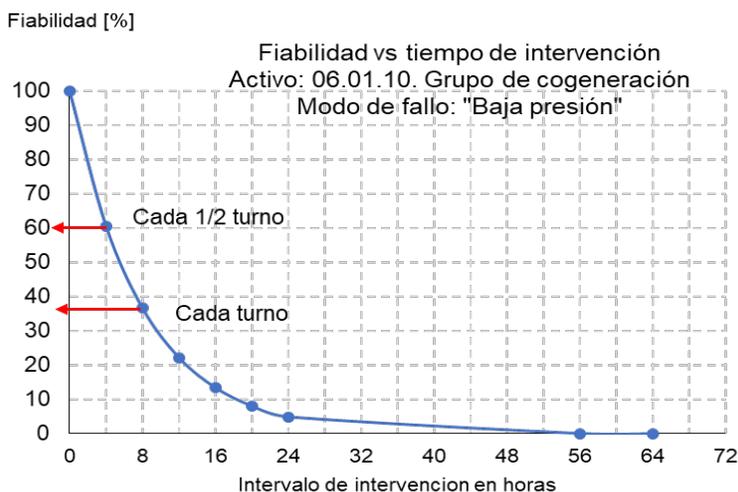


Figura 6. Variación de la Fiabilidad R(t) según el intervalo de actuación en horas

Antes	Después
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 reparaciones urgentes al día, por término medio sin previo aviso</li> <li>• 0,69 horas diarias por término medio de paro en este activo por este Modo de Fallo, y su correspondiente coste</li> <li>• Tiempo consumido por el técnico de mantenimiento, que dada la urgencia y la frecuencia de la avería tiene que desatender otras actividades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 intervenciones de Mantenimiento preventivo al día organizadas y con un horario conocido por todos los intervinientes (producción y mantenimiento)</li> <li>• Se evitan las interrupciones por el Modo de Fallo tratado. No hay costes por paro del activo en cuestión asociado al Modo de Fallo</li> <li>• Los tiempos de intervención de Preventivo, suelen ser menores que las de mantenimiento correctivo.</li> <li>• Puesto que esta operación de mantenimiento preventivo, se va a coordinar con otras tantas, el ahorro de tiempo y coste asociado a la intervención, será aún mayor.</li> </ul>

Tabla 3. Diferencias en el plan de intervenciones aportadas por el nuevo planteamiento

Realizando el mismo análisis para cada modo de fallo de la tabla 2, tomando como criterio que el número de averías esperable sea menor de 0,5 y agrupando por activos, se obtiene la planificación de la tabla 4 donde se indica también para cada modo de fallo el nº de averías esperadas y la fiabilidad.

Modo de fallo intervenido	Intervalo de intervención propuesto					Nº de fallos	Fiabilidad [%]
	½ turno	1 turno	1 día	1 semana	1 mes		
Baja presión	X					0,5	61
Blackout		X				0,2	80
Caldera-Economizador				X		0,2	85
Rotura eje				X		0,1	88
VTI				X		0,2	78
Generador				X		0,3	72
Taco banda			X			0,3	76
Cambio de chumacera					X	0,5	61
Eje banda					X	0,5	61
Motor banda 56					X	0,3	72

Tabla 4. Planificación de intervalos de intervención de Mantenimiento Preventivo

Con esta metodología quedaría estructurada la planificación del Mantenimiento preventivo para cada uno de los 3 activos identificados como críticos para la reducción de averías que provocan paro de los equipos, estableciendo como intervalos de intervención posibles los múltiplos de turno, días, y semanas, intentando priorizar los fines de semana para realizar las intervenciones a fin de no interferir en la producción.

## 6 I CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un calendario de intervenciones de mantenimiento preventivo en los equipos de producción más conflictivos obteniendo el tiempo de intervención para cada operación de mantenimiento preventivo, mediante cálculo de fiabilidad. El resultado final del calendario, se ha obtenido mediante la “depuración” de todos los tiempos de intervención calculados, agrupándolos y reorganizándolos para que se adapten a los turnos de fabricación, con el fin de interrumpir lo menos posible la producción.

Todos los modos de fallo seleccionados a partir del análisis de Pareto y que provocan la mayoría de las averías (hasta el 80 %), son los que se incluyen en el nuevo calendario de mantenimiento preventivo. De esta forma se eliminan las intervenciones de Mantenimiento Correctivo correspondientes, cumpliendo por ello el segundo objetivo pretendido.

En cuanto a la reducción de costes por parada de producción debida a averías, también es un objetivo que se alcanza al aplicar la solución propuesta. Si bien no se sabe con exactitud hasta que el sistema implantado tenga recorrido de algunos meses, se puede realizar la suposición que el Mantenimiento Preventivo, en este caso y como promedio, solo interrumpe la producción un 20 % del tiempo de paro que provoca una avería, para el caso del activo 06.01.10. Cogeneración, significaría:

- Ausencia de averías aleatorias que provocan paro de producción.
- Se evitarían una media de 2,64 averías/día.
- El tiempo de paro de producción medio, pasaría de 1 h/día a 0,2 h/día.
- Las intervenciones de mantenimiento preventivo, se trasladan en su mayor parte a los fines de semana.

El análisis de la fiabilidad permite diseñar planes de mantenimiento a medida para cada activo y cada modo de fallo lo que se traduce en acciones adaptadas a cada caso, que permiten reducir las averías imprevistas y los consiguientes costes por mantenimiento ineficiente.

## 6.1 Restricciones y desarrollos futuros

La principal limitación encontrada para el desarrollo del trabajo, ha consistido en la falta de orden y estructura en los datos de partida. Si bien existía mucha información sobre averías e intervenciones, estos datos no estaban estandarizados ni organizados, por lo que se ha requerido invertir esfuerzos en entender la información de partida. Se ha encontrado una empresa en la que durante los últimos años, su crecimiento se ha basado obviamente en la producción, pero en la que el Mantenimiento no ha recibido el interés correspondiente para acompañar a la producción.

Los trabajos futuros van a estar encaminados al diseño de un Sistema de Mantenimiento acorde con los medios productivos tanto desde tres objetivos: Estructura Organizativa, Estrategia de Mantenimiento a implantar, y Gestión den Mantenimiento. Teniendo como objetivo participar en el escenario de Industria 4.0 y orientar el Mantenimiento hacia el “Mantenimiento según Condición”.

## REFERENCIAS

Fuenmayor, E. (2017). [Internet]. Calculando la frecuencia óptima de mantenimiento o reemplazo preventivo. Caso de estudio basado en métodos y normas vigentes. Disponible en: <http://www.ernestoprimer.com/documents/Calculando%20la%20Frecuencia%20Optima%20de%20Mantenimineto%20o%20Reemplazo%20Preventivo.pdf>

García, S. (2015). El Plan de mantenimiento programado. Renovetec.

García, S. (2018). Guía para la implantación del mantenimiento 3.0. Renovetec

González, F.J. (2005). Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. FC Editorial

Lárez, A. (2019). Estructura desagregada de activos y taxonomía. ISSN 0214-4344

Parra, C. & Crespo, A. (2012) Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos. INGECON.

Salavert, J.M., & Ramos, R.D. (2019). Efecto de la fiabilidad sobre el coste del Mantenimiento. *Jornadas sobre fiabilidad*. Asociación Española de Mantenimiento. Madrid 2019.

Salavert, J.M., Macián, V., & Ballester, S. (2019). Análisis del desgaste de pastillas de freno en autobuses de transporte urbano mediante el modelo de Weibull. *Jornadas sobre fiabilidad*. Asociación Española de Mantenimiento. Madrid 2019.

# CAPÍTULO 4

## MUDANÇAS NAS DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES E AL NO SOLO, RELAÇÕES CLIMÁTICAS E CONSEQUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Data de aceite: 01/11/2021

### Dagles Ferreira Lopes

Graduanda em Engenharia Ambiental - IFF

### João Pedro de Barros Reicao Cordido

Engenheiro Agrônomo e Pós Doutorando - UENF

### Josimar Nogueira Batista

Engenheiro Agrônomo – UFRRJ Campos dos Goytacazes - RJ

### Luciana Aparecida Rodrigues

Engenheira Florestal, Professora Associada - UENF

**RESUMO:** A produção de cana-de-açúcar no Estado do Rio de Janeiro tem diminuído, tanto em valores absolutos, como em área plantada e produtividade, o que contrasta com o resto do país. A produção agrícola é determinada pelos fatores, climáticos, edáficos, manejo, planta e relevo, portanto, a diminuição da produção bem como a produtividade regional deve vir acompanhada por alteração de algum ou um conjunto dos fatores de produção. Os fatores climáticos precipitação e incidência de radiação solar influem fortemente na determinação de uma safra mas no caso da produção fluminense, de queda constante de produção, não é esperado uma alteração tão drástica deste fator, como também não existe alteração do fator relevo e para o período analisado o fator manejo não possui alterações significativas (espaçamento de plantio, mecanização, rotação de culturas),

restando somente os fatores planta (variedades, número de corte) e os fatores edáficos, principalmente as variáveis de fertilidade de solo mensuradas através das análises de solo. O Projeto “Levantamento Permanente da Fertilidade do Solo do Norte Fluminense” realizado pela UFRRJ e a UENF, busca criar um banco de dados digitalizado de análises fertilidade do solo a fim de subsidiar pesquisas e políticas agrícolas. Uma das atividades preliminares do projeto consistiu na observação dos valores médios dos teores de K, Ca, Mg, Al e pH em água no solo e precipitação, produtividade média regional para os períodos, 1985, 1993, 1994, 1995 e 1996, os dados de solo são relativos às análises de solo feitas a partir de 1978 no laboratório de Campos dos Goytacazes – RJ da UFRRJ, os dados de precipitação da Usina Paraíso de Tócos a partir de 1920 e os dados de produção do IBGE. Os períodos analisados foram de acordo com a concordância dos dados, ou seja, nos anos em que a informação estava completa para todos os dados. Não foram excluídos *outliers* e nem submetidos à análise estatística, foi feita somente uma análise descritiva. Não foi observado junto com a diminuição da produtividade uma diminuição de precipitação, porém para os teores de nutrientes de solo K, Ca e Mg foi observado que a diminuição destes teores médios no solo correspondeu a diminuição da produtividade média regional, para os teores médios de Al no solo foi observado que a diminuição da produtividade média regional correspondeu ao aumento dos teores deste elemento no solo. Foi observado nos dados do IBGE que a diminuição da área plantada corresponde a diminuição da

produção e produtividade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fertilidade do solo; cana-de-açúcar; precipitação; banco de dados.

## CHANGES IN NUTRIENT AND AL AVAILABILITY, CLIMATE RELATIONS AND CONSEQUENCES ON SUGARCANE PRODUCTIVITY IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO

**ABSTRACT:** Sugarcane production in the State of Rio de Janeiro has decreased, both in absolute values, as in planted area and productivity, which contrasts with the rest of the country. Agricultural production is determined by climatic, edaphic, management, plant and relief factors, therefore, the decrease in production as well as regional productivity must be accompanied by changes in some or a set of production factors. Climatic factors, precipitation and incidence of solar radiation has a strongly influence on harvest, but in the case of production in Rio de Janeiro, with a constant drop in production, such a drastic change in this factor is not expected, though to rain changes, as there is also no change in the relief factor and for the period analyzed the management factor does not have significant changes (planting spacing, mechanization, crop rotation), leaving only the plant factors (varieties, cut number) and edaphic factors, mainly the soil fertility variables measured through the analysis of ground. The “Permanent Survey of Soil Fertility in the North of Rio de Janeiro” project, carried out by UFRRJ and UENF, seeks to create a digitalized database of soil fertility analysis in order to support agricultural research and policies. One of the preliminary activities of the project consisted in the observation of the average values of the contents of K, Ca, Mg, Al and pH in soil water and precipitation, regional average productivity for the periods, 1985, 1993, 1994, 1995 and 1996, the data of soil are related to the soil analyzes carried out from 1978 in the laboratory of Campos dos Goytacazes – RJ of the UFRRJ, the precipitation data of the Paraíso de Tócos Mill as from 1920 and the production data of the IBGE. The periods analyzed were according to the agreement of the data, that is, in the years in which the information was complete for all data. Outliers were not excluded or subjected to statistical analysis, only a descriptive analysis was performed. It was not observed along with the decrease in productivity a decrease in precipitation, but for the soil nutrient contents K, Ca and Mg it was observed that the decrease in these average contents in the soil corresponded to a decrease in the regional average productivity, for the average contents of Al in the soil was observed that the decrease in the regional average productivity corresponded to the increase in the contents of this element in the soil. It was observed in the IBGE data decrease in planted area corresponds to the decrease in production and productivity.

**KEYWORDS:** Soil fertility; sugarcane; rain; databank.

A produtividade agrícola é uma consequência de diversos fatores, sendo eles agrupados em edáficos, climáticos, relevo, manejo e a planta. Por ser multifatorial (Figura 1), a análise a respeito da influência de uma única variável e a sua consequência deve ser feita com critério, sendo assim, possível entender a produção obtida numa região e qual é o fator mais limitante para uma determinada cultura agrícola (Meurer, 2007).

- Os fatores edáficos podem ser separados em físicos (densidade, porosidade,

umidade, textura, profundidade), químicos (mineralogia, disponibilidade de nutrientes, elementos tóxicos, salinidade, matéria orgânica) e biológicos (macro e microbiota do solo, qualidade nutricional do material orgânico adicionado).

- Os fatores climáticos, incluem a precipitação (quantidade, distribuição), radiação solar (quantidade, intensidade, duração), umidade relativa do ar, temperatura do ar e o vento (velocidade e distribuição)
- Nos fatores de relevo, a face de exposição, declividade, latitude, longitude e altitude
- Fatores de manejo incluem espaçamento e densidade de plantio, mecanização das operações, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, rotação de culturas
- Nos fatores de planta, devem ser avaliados a espécie, cultivar, qualidade de mudas e sementes, alelopatia, e eficiência na absorção e uso de nutrientes.

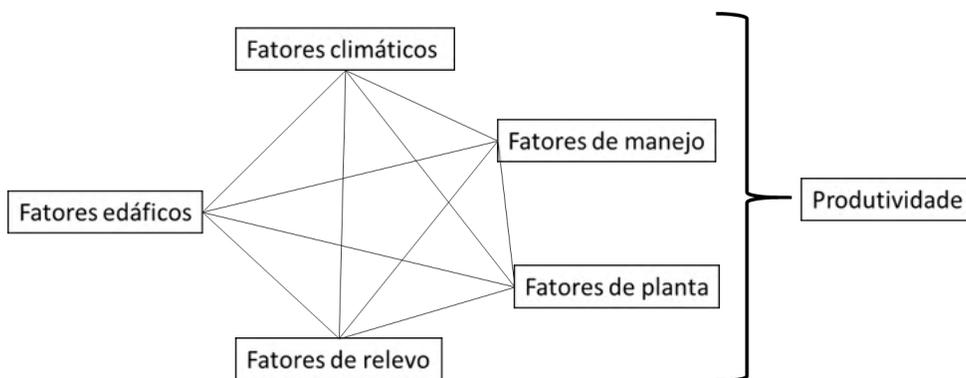


Figura 1: fatores de produção agrícola e as interação entre estes

Todos estes fatores interagem entre si e influenciam uns aos outros, por isso além da sua consequência na produtividade cada qual altera qualitativamente e quantitativamente os outros fatores. Por exemplo, uma alteração na precipitação pode ser suficiente para o aumento de produção e consequentemente aumento do material orgânico, por outro lado aumenta a lixiviação de nutrientes, o que por consequências acarreta a alteração da fertilidade do solo.

Fertilidade é a capacidade de produzir algo com facilidade. A fertilidade do solo é a capacidade do solo em ofertar nutrientes para as plantas. A baixa fertilidade de um solo, por outro lado, pode ser consequência da pouca disponibilidade de nutrientes, da proporção inadequada ao requerido pelas plantas e a época de oferta destes nutrientes não satisfazer a necessidade vegetal quando ele é mais necessário. A quantidade total do nutriente no solo não indica a quantidade que pode estar disponível. Uma parte dos nutrientes é mais

facilmente solúvel do que outra. A parte dos nutrientes do solo correspondente a fração solúvel é muito pequena quando comparável a trocável (Lucena et al., 2021), além disso, deve-se considerar os fatores intrínsecos a capacidade de exploração do sistema radicular. Para compreender melhor estas relações, a fertilidade do solo agrega estudos de todos os fatores de produção de plantas.

O uso da informática permite congregiar o máximo de informações em banco de dados e a análise sistemática dessas informações permite chegar a observações científicas e entender a influência de cada fator de produção bem como a limitação de cada um. Atualmente está em curso o projeto “Levantamento Permanente da Fertilidade do Solo Fluminense” conduzido pela UFRRJ e a UENF, neste projeto estão sendo digitalizados e sistematizados todas as análises de fertilidade do solo desde 1978, também foram obtidos dados de clima e produção e manejo de cana-de-açúcar. O objetivo é criar um grande banco de dados a fim de subsidiar pesquisas a fim de entender alterações de produtividade em função das alterações dos fatores de produção mensurados.

Os dados serão anualizados e separados em grupos, dados de solo que contém as análises de fertilidade do solo, dados de clima que contém precipitação e radiação solar incidente diária, dados de planta que contém variedades utilizadas, produtividade e idade da planta. Assim a produtividade pode ser resumida pela equação:

$$\text{produção } f(\text{área plantada, solo, clima, relevo, planta, manejo})$$

As análises de banco de dados podem consistir da análise exploratória das informações levantadas a fim de conhecer a sua distribuição e seus parâmetros. Uma etapa obrigatória é a exclusão de *outliers*, que são os dados discrepantes, esta ação é possível graças ao grande volume de dados que se obtém neste tipo de análise, ao fim pode ser realizada a análise numérica, medidas de posição, medidas de dispersão, histogramas e gráfico de pontos (Zimmermann, 2014).

A pesquisa agrícola busca gerar normas para o uso dos recursos, fertilizantes, água via irrigação, espaçamento, cultivares, manejo a fim de otimizar a produção. Estas normas podem ser encontradas nos boletins de pesquisa e são uma aproximação para uma dada região, sendo que o ideal é que cada empreendimento agrícola gere as suas próprias normas (Orlando Filho, 1983) e com isso a otimização dos recursos será maior. Deve-se considerar que existe a dificuldade operacional de manter diversos experimentos no campo e analisa-los. Criar esta rotina para cada empreendimento agrícola pode ser oneroso, no entanto, a coleta sistemática de dados de produção gerados pode subsidiar esta decisão.

O Estado do Rio de Janeiro passa por uma transformação agrícola, historicamente foi uma das principais regiões agrícolas do país, principalmente no setor sucroalcooleiro, e tem perdido importância dentro do contexto nacional, devido a diminuição sistemática da produtividade aliada com a diminuição da área plantada e a produção total (IBGE 2019).

A produção total de cana-de-açúcar no Estado do Rio de Janeiro segue uma

tendência constante de queda de produção total (Figura 2), é possível modular uma linha de tendência linear com uma boa correlação, e esta possui um coeficiente negativo, o que indica a diminuição de produção ao longo do tempo.

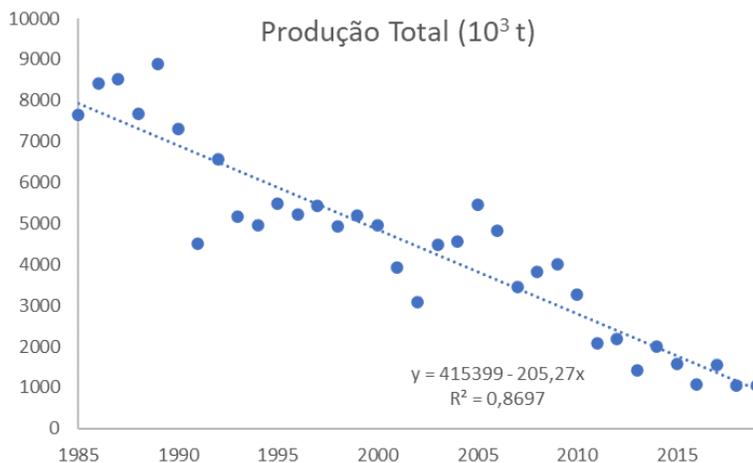


Figura 2: Produção total de cana-de-açúcar no rio de janeiro entre 1985 e 2018, feita a partir de dados do (IBGE, 2019)

A área plantada com cana-de-açúcar também segue uma tendência de diminuição (Figura 3), observável através da linha de tendência linear com coeficiente negativo, a diminuição da área plantada e da produção regional foi constatada por Azevedo (2002) e IBGE (2017).

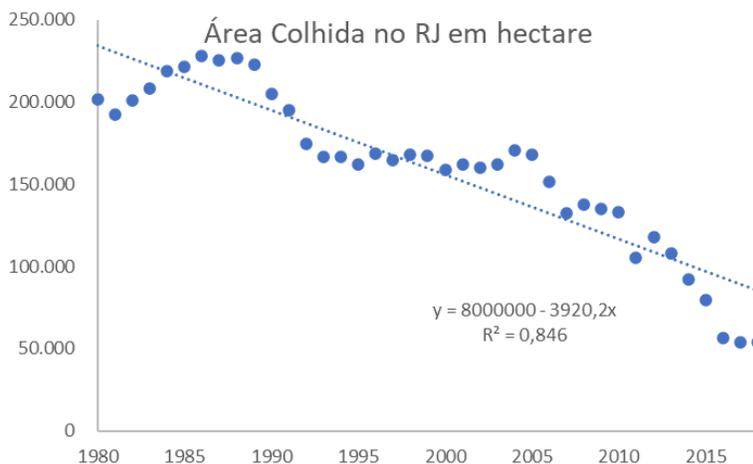


Figura 3: Área colhida com cana-de-açúcar no Estado do Rio de Janeiro entre 1980 e 2018

Apesar da diminuição da área total de colheita no estado do Rio de Janeiro (Figura 3) a diminuição da produção total (Figura 1) não ocorreu somente por esse fator uma vez que houve também uma diminuição na produtividade por hectare. A produtividade média de cana-de-açúcar fluminense segue uma tendência de diminuição (Figura 4), variando entre 40 a 10 t ha<sup>-1</sup>, entre o período de 1985 e 2018. Cabe observar que este é um comportamento oposto ao observado no Brasil, dentro deste período, que vêm obtendo ganhos em produtividade e iniciou o período com 50 t ha<sup>-1</sup> e atualmente possui produtividades próximos de 70 t ha<sup>-1</sup>. Atualmente há ferramentas tecnológicas que permitem obter produtividades de 100 t ha<sup>-1</sup>. (Orlando Filho, 1978), manter cultivos produtivos requer investimentos e projetos bem estruturados.

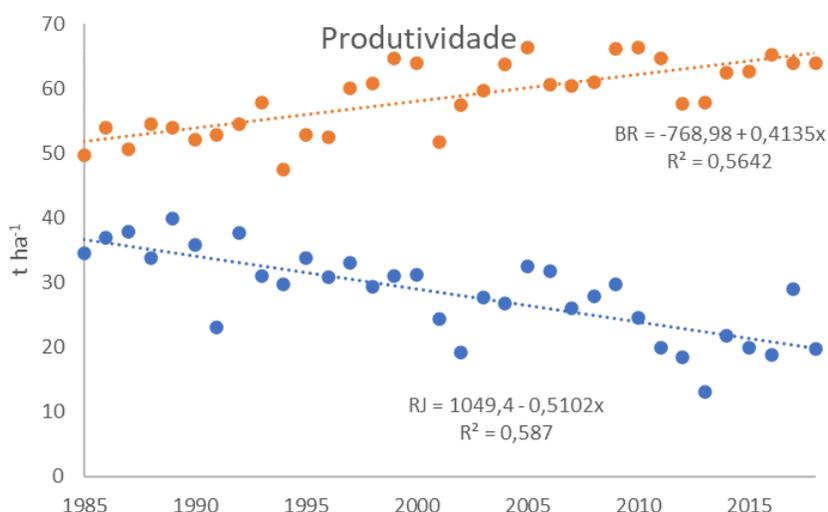


Figura 4: Produtividade de cana em t ha<sup>-1</sup> comparativamente no Brasil (em vermelho), e no Estado do Rio de Janeiro (em azul), entre os anos de 1985 e 2018

Para as variáveis de clima no período, a mais significativa é a precipitação. O grupo de pesquisa ainda está processando os dados de radiação solar local para poder cruzar estas informações com as produtividades médias do período, porém, de acordo com a figura 5, ainda que os valores encontrados sejam baixos e a cultura requeira maiores quantidades de precipitação incidente (Stida et al., 2018), a linha de tendência gerada não possui correlação negativa, tal qual o observado na tendência de produtividade. Portanto este fator de produção não pode ser usado isoladamente para explicar o declínio da produção, embora os dados necessitem ser melhor analisados.

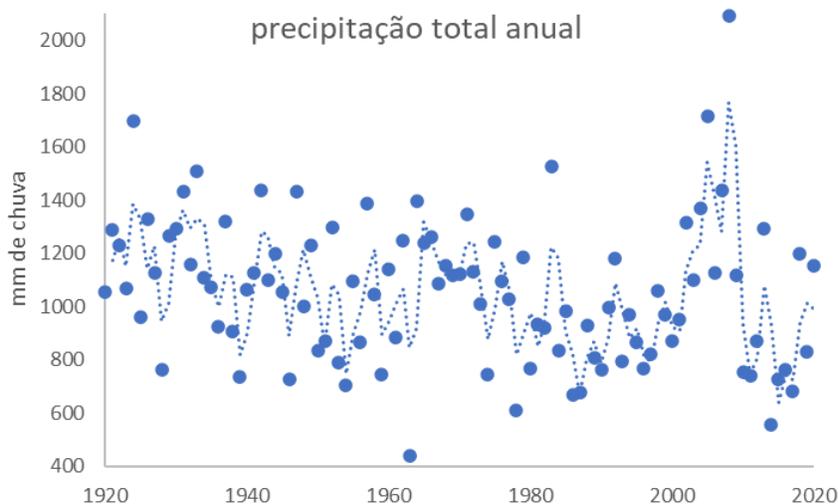


Figura 5: Precipitação total anual para o município de Campos dos Goytacazes – RJ, dados obtidos junto à Usina Paraíso de Tócos

Quando se relaciona a produtividade anual de cana-de-açúcar e a precipitação incidente não é obtido uma correlação linear, ou seja, nos anos de maiores precipitação ocorre a maior produtividade, nem tampouco o inverso, embora a precipitação seja uma das principais explicações da produtividade agrícola. Os demais fatores como renovação do canavial, que é um fator importante já que cortes subsequentes são menos produtivos, outros fatores de manejo, como controle de plantas daninhas, pragas e doenças interferem na produtividade e não estão demonstrados na figura 6.

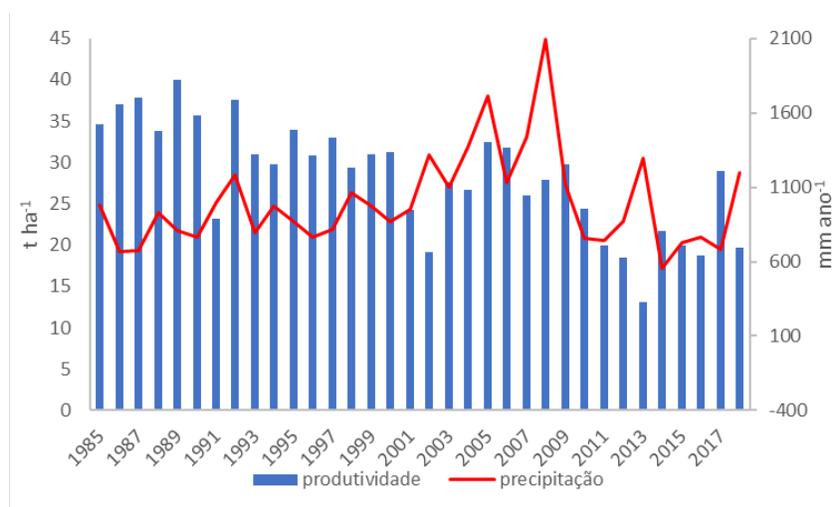


Figura 6: produtividade de cana de açúcar e precipitação total anual

A oferta de nutrientes pelo solo é um importante e significativo fator para explicar a produtividade, esta informação é obtida pelas análises de fertilidade do solo. Dada a especificidade da cana-de-açúcar que possui a cana-planta ou cana de ano e meio, que é a colheita obtida após 1,5 anos depois do plantio e a cana-soca que é a rebrota colhida um ano após a colheita anterior, a quantidade de rebrotas viáveis varia em função do manejo, clima, adubação, irrigação e em condições de sequeiro costuma ser cinco cortes até a necessidade de reforma dos canaviais. Para a correlação das análises de fertilidade do solo do banco de dados e a produtividade obtida, seria ideal realizar uma ponderação, das análises de um dado ano com o corte correspondente, afinal a produtividade média de uma região é composta por canas de diversos cortes. Para tanto no banco de dados que está sendo criado, foram levantadas as áreas das quadras e a sua colheita correspondente com o número de corte da planta, os dados do IBGE não contemplam informações para realizar esta ponderação, porém esta análise ainda não foi finalizada, mas dará subsídios para o melhor entendimento da resposta da produtividade da cana em função da fertilidade do solo

Para poder, por ora, avançar nesta discussão e ter um entendimento prévio dos dados obtidos, será definido como dados de fertilidade de solo relativos ao mesmo ano de colheita.

Na figura 7 é possível observar os valores médios para cinco períodos de produção. O total de dados de análises de solo relativos ao setor sucroalcooleiro no norte fluminense é de 854, 1383, 1066, 1713 e 791 respectivamente para os anos 1985, 1993, 1994, 1995 e 1996, no entanto, o processo de digitalização dos dados ainda não foi finalizado. Assim esta é uma análise parcial e tampouco foram excluídos os outliers, porém mudanças edáficas podem ser visualizadas. No ano de 1985 foram encontrados os melhores parâmetros das variáveis de fertilidade do solo e o seu conseqüente empobrecimento na década de 90. Em 1985 os valores médios de K foram 4,13 vezes maior do que em 93, o Ca em 85 foi 2,79 vezes maior do que em 94 bem como o Mg em 85 foi 2,45 maior do que em 94. Os maiores teores de Al foram encontrados em 94 e foi 3,21 vezes maior do que em 85, assim como o maior valor de pH em água médio foi 5,6 em 1985, diminuindo desde então. Com isso na década de 90 melhores indicadores de fertilidade do solo foram encontrados do que em 1995.

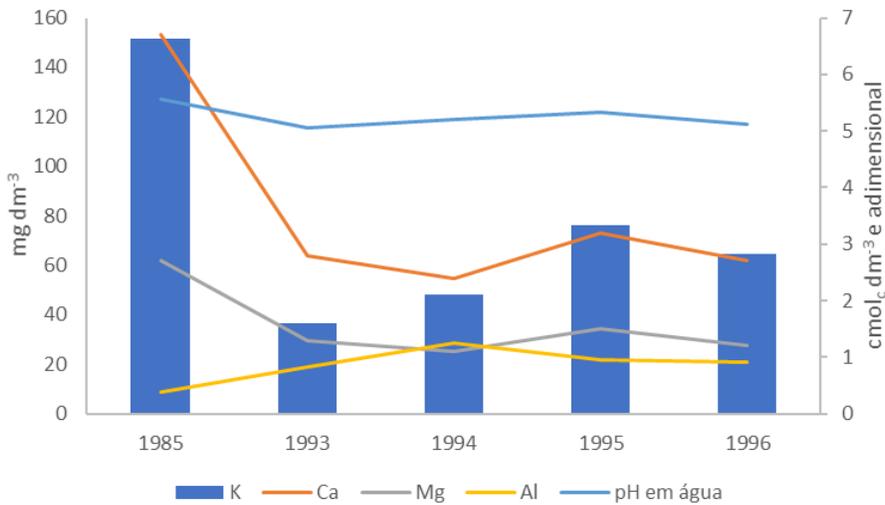


Figura 7: Distribuição dos valores médios dos teores de K (mg dm<sup>-3</sup>) e Ca (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Mg (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Al (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e do pH em água (adimensional)

Na figura 8 podemos observar a correlação entre parâmetros de fertilidade do solo e a produtividade média regional e pode ser visto que os parâmetros de fertilidade do solo acompanham a produtividade média, ou seja, quanto maior for a disponibilidade de Ca e Mg e menor a disponibilidade de Al mais produtivo serão os cultivos de cana-de-açúcar da região.

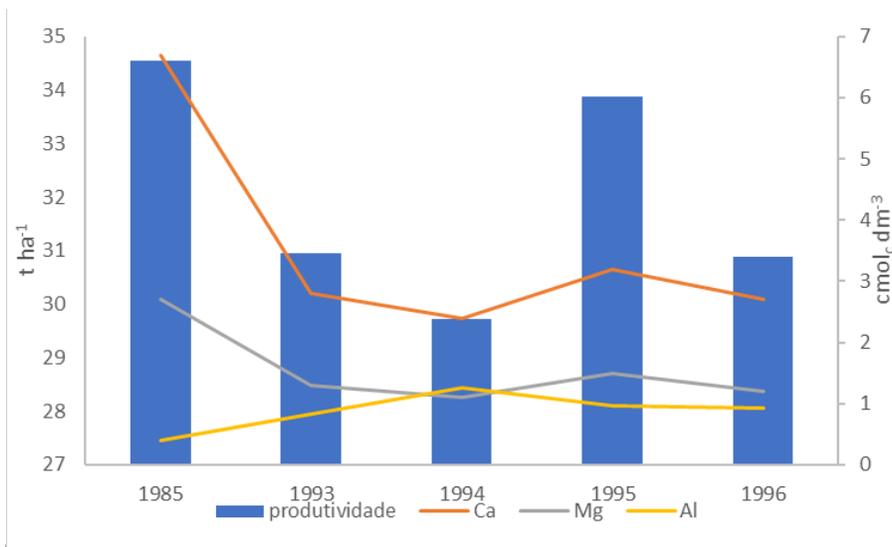


Figura 8: Distribuição dos valores de produtividade (t ha<sup>-1</sup>) e Ca, Mg e Al (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) no período de 1985 a 1996.

Na figura 9 pode ser observado a disponibilidade de nutrientes para cada valor de pH encontrado a cada ano. Em valores maiores de pH há a tendência de encontrar maiores valores médios de teores de K, Ca e Mg e menores valores de Al, o que indica consistência do banco de dados.

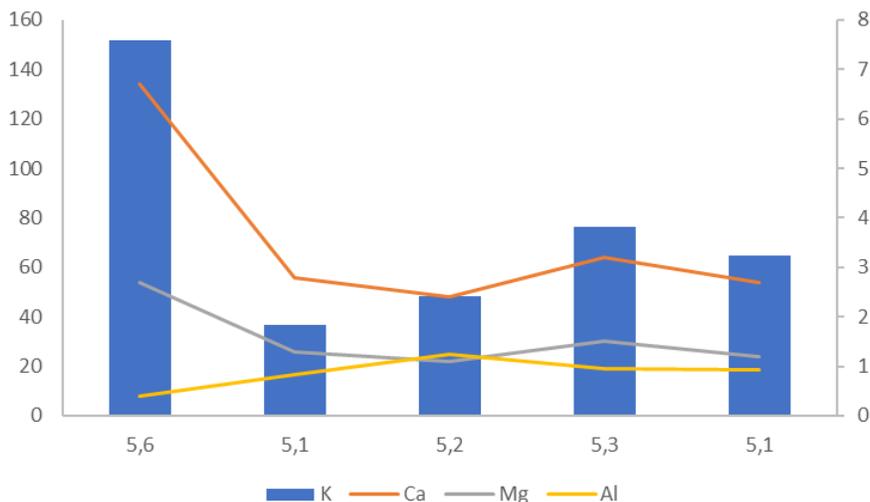


Figura 9: disponibilidade de nutrientes em função do pH

Durante o período apresentado a diminuição dos teores médios de nutrientes do solo, acarretou num empobrecimento regional que pode ser exemplificado pela análise dos dados apresentados de K mg dm<sup>-3</sup> que variaram de 151,6 em 1985 para 36,7 em 1993, uma diferença de 114,9, e para a área plantada de 221.175 ha em 1985, 166.856 em 1993 e 53.876 em 2018, imaginando que para recuperar os teores de K do solo aos valores de 1985 e aplicar a diferença de 114,9 mg dm<sup>-3</sup> na área plantada de 227778 ha, que foi a maior área plantada, seria preciso 51 t de K ou 101,6 t de KCl, para a menor área plantada seria preciso 12 t de K ou 24,8 t de KCl. Estes números apresentados não contemplam as perdas por lixiviação e para recuperar os teores do solo seriam necessárias quantidades maiores do que as apresentadas, e também o manejo para a aplicação, tais como o parcelamento da dose, manutenção da matéria orgânica como compartimento de armazenamento de nutrientes, fonte de nutriente e época de aplicação influem na quantidade total necessária, é necessário também aplicar outros nutrientes de planta.

De acordo com (Freire et al., 2013) para teores de K menores do que 40 deve aplicar entre 70 e 60 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, o que corresponderia a 24676 t de KCl nas áreas cultivadas em 1985 e que se encontram com teor médio de 36,7 mg dm<sup>-3</sup> de K.

Cabe observar que o nível crítico de K no solo é de 27,8 mg dm<sup>-3</sup> para obter

uma colheita de ao menos 50 t ha<sup>-1</sup>, independente de ser cana planta, soca ou ressoca (Freire, 2001) e o menor valor médio observado foi de 36,7 em 1993. A partir dos valores apresentado por (Freire, 2001) foi obtido um valor médio dos teores no solo de K de planta, soca e ressoca e os valores foram 25,17; 62,93 e 85,67 mg dm<sup>-3</sup> para colheitas até 50; 100 e 120 t ha<sup>-1</sup>, e uma vez determinado estes teores médios foi observado a frequência percentual de ocorrências em cada faixa, apresentado na tabela 1.

produção	teor	1985	1993	1994	1995	1996
t ha <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			%		
≤ 50	≤ 25,17	8,9	47,3	37,6	27,0	25,0
≤ 100	25,17 - 62,93	19,8	36,5	39,0	33,7	45,0
≤ 120	62,93 - 85,67	12,3	8,6	10,6	15,8	13,5
≤ 120	> 85,67	59,0	7,7	12,8	23,4	16,5

Tabela 1: percentuais de ocorrências de acordo com os teores de K no solo

Quanto à distribuição das ocorrências das análises o ano de 1985 possui um percentual maior para teores no solo acima de 85,67 mg dm<sup>-3</sup>, esta distribuição é distinta dos demais períodos da década de 90 que possuem maior ocorrência percentual nos valores abaixo de 62,93 mg dm<sup>-3</sup>, esta distribuição não contempla a área de cultivo, mas os valores apresentados se correlacionam bem com os valores de produtividade do período

Porém outros nutrientes devem ser analisados conjuntamente a fim de compreender para cada ano, qual foi o elemento mais limitante, ou ainda a condição de precipitação.

É possível afirmar que houve um empobrecimento do solo, financeiro e patrimonial dos cultivos da região que demandam investimento para retomar a produtividade e gerar benefícios socio-econômicos e ambientais, uma vez que para ser produtivo o solo precisa da manutenção de bons indicadores de fertilidade construída. Esta perda de nutrientes ocorreu em função por extração pelas colheitas, lixiviação, perdas por queimadas, erosão, não foi mensurado cada perda, somente o valor médio regional que também indica acréscimos por adubação, adição de matéria orgânica, manutenção de restos culturais, portanto o teor médio observado ocorre em função das adições – perdas, e o que houve foi um balanço negativo, esta variação pode ser resumida pela equação.

### *$\Delta$ teor de nutrientes $f(\text{adições} - \text{perdas})$*

Os dados apresentados são resultados parciais e a análise precisa correlacionar todos os fatores de produção, supõe-se que os demais nutrientes N, P, S e micronutrientes acompanhem a tendência de oferta dos demais nutrientes apresentados. O balanço nutricional entre estes deverá ser entendido numa análise posterior. O cruzamento das informações produtividade em função da precipitação com os dados de fertilidade do solo explicará com maior precisão as informações de produtividade encontrados a cada ano.

A extração de nutrientes pelas colheitas é uma análise posterior que deve ser estimada para confirmar os dados apresentados a fim de observar se o balanço de disponibilidade de nutriente no solo com o que foi retirado pelas colheitas possui correspondência.

Por fim entende-se que é possível recuperar as produtividades dos cultivos de cana-de-açúcar no Norte Fluminense com o uso das tecnologias existentes, adubação em doses necessárias e balanceadas, e uso da irrigação quando necessário.

## REFERÊNCIAS

Azevedo, H. J. (2002) **Uma Análise da Cadeia Produtiva de Cana-de-Açúcar na Região Norte Fluminense, Boletim Técnico nº 6**. CEFET – Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos. 51p.

Freire, J. L.; (2001) **Sistema para Cálculo do Balanço Nutricional e Recomendação de Corretivos e Fertilizantes para Cana-de-Açúcar**. Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa – UFV: 156p.

Freire, L. R.; (2013) **Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Embrapa Solos: 430p.

IBGE (2017) **A Geografia da Cana-de-Açúcar: Dinâmica da Produção Territorial**.: 172p.

IBGE (2019) **Censo Agropecuário**. disponível em: < [https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuaria.html?utm\\_source=landing&utm\\_medium=explica&utm\\_campaign=producao\\_agropecuaria&t=o-que-e](https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuaria.html?utm_source=landing&utm_medium=explica&utm_campaign=producao_agropecuaria&t=o-que-e)> acesso em 02 de janeiro de 2021

Lucena, J.J; Massager, A.; Rodrigues, L.A. (2021) O sistema solo. In: Martinez, H.E.M; Lucena, J.J.; Bonilla, I. Eds. **Relações solo-planta. Bases para a nutrição e produção vegetal**. Editora UFV. Viçosa, 307 p.

Meurer, E. J.; (2007) Fatores que Influenciam o Crescimento e o Desenvolvimento das Plantas. in Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; de Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L.; **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: 1017p.

Orlando Filho, J. (1983) **Nutrição e Adubação da Cana-de-Açúcar no Brasil**. Planalsucar: 369p.

Stida, W. F.; Mendonça, J. C.; Vidal, A. K. F.; Freitas, R. S.; de Almeida, C. M.; de Moraes, R.; (2018) Análise da Intensidade e Frequência de Precipitação Pluviométrica em Campos dos Goytacazes – RJ in: Alfaro, A. T. S.; Trojan, D. G.; (eds) **Agronomia: Elo da Cadeia Produtiva Vol.2**. Editora Atena. 373p.

Zimmermann, F. J. P.; (2014) **Estatística Aplicada à Pesquisa Agrícola**. Embrapa: 582 p.

## AS TECNOLOGIAS DE PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR E USO DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 27/09/2021

### Fabrcio Simone Zera

Instituto Federal do Tocantins - IFTO  
Dianópolis – TO  
<http://lattes.cnpq.br/0907171976633111>

### Leticia Serpa dos Santos

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
- UEMS  
Aquidauanda – MS  
<http://lattes.cnpq.br/9747344917091766>

### Alice Deléo Rodrigues

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga -  
FATEC  
Taquaritinga – SP  
<http://lattes.cnpq.br/7779865013077508>

**RESUMO:** Canaviais com uma boa produtividade precisa-se ser eficientes, desde de o seu plantio até a sua colheita, e estas operações propriamente ditas devem ser realizadas de forma adequada, propiciando com isso um maior número de cortes ao canavial. O plantio da cana-de-açúcar é uma operação extremamente importante, atualmente, esta operação é utilizando-se toletes (colmos de cana) ou mudas pré-brotadas (MPB) de cana-açúcar. No sistema convencional de plantio, com o uso de toletes, a cana-de-açúcar inicia a brotação em 40 dias e as plantas daninhas emergem junto à cultura e inicia-se o período de interferência do canavial ao mesmo tempo. Nesta condição, o manejo químico pode ser

realizado em pré-plantio incorporado (PPI), pré e pós-emergência. No sistema de MPB, o controle das plantas daninhas poderá ser realizado com as aplicações de herbicidas, em Pré-plantio e pós-plantio das mudas, pois estas apresentam um sistema radicular e porte aéreo em relação às plantas daninhas que emergirem, fazendo assim uma mudança no manejo das plantas daninhas nos canaviais. Com esse novo sistema de plantio a convivência entre as espécies de plantas daninhas e cana-de-açúcar é alterada, o que justifica esse novo manejo químico. Considerando-se que existe muitas espécies de plantas daninhas agressivas à cultura da cana-de-açúcar, novos estudo de matocompetição, tolerância das cultivares de cana-de-açúcar e controle de plantas daninhas são cada vez mais exigidos para o setor canavieiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Matocompetição, mudas pré-brotadas, *Saccharum* spp., seletividade, tolerância.

### TECHNOLOGIES FOR PLANTING SUGARCANE AND THE USE OF HERBICIDES IN THE CONTROL OF WEED

**ABSTRACT:** Sugarcane fields with good productivity need to be efficient, from planting to harvesting, and these operations themselves must be carried out properly, thus providing a greater number of cuts to the cane field. The planting of sugarcane is an extremely important operation, currently, this operation is using stalks (stems of sugarcane) or pre-sprouted seedlings (MPB) of sugarcane. In the conventional planting system, with the use of slugs, the sugarcane

starts sprouting in 40 days and the weeds emerge together with the crop and the period of interference of the sugarcane field begins at the same time. In this condition, chemical management can be carried out in incorporated pre-planting (PPI), pre and post-emergence. In the MPB system, weed control can be carried out with herbicide applications, in pre-planting and post-planting seedlings, as they have a root system and aerial height in relation to the weeds that emerge, thus making a change in weed management in sugarcane fields. With this new planting system, the coexistence between weeds and sugarcane species is altered, which justifies this new chemical management. Considering that there are many weed species aggressive to the sugarcane crop, new studies of weed competition, tolerance of sugarcane cultivars and weed control are increasingly required for the sugarcane sector.

**KEYWORDS:** Weed competition, pre-sprouted seedlings, *Saccharum* spp., selectivity, tolerance.

## 1 | INTRODUÇÃO

Toda atividade agrícola para se firmar no mercado precisa apresentar bons indicadores agroeconômicos, e assim obter um retorno financeiro, como é o caso do setor sucroenergético, que sempre está trabalhando em busca de bons resultados para atingir níveis de produtividade cada vez melhores. Para tanto, são necessários investimentos em pesquisa e desenvolvimento para obter-se ganhos de produtividade no setor.

Para se trabalhar com uma boa produtividade em um canavial precisa-se da eficiência, desde de o plantio até a colheita, e estas operações propriamente ditas devem ser realizadas de forma adequada, propiciando com isso, uma maior longevidade do canavial, proporcionando assim um maior número de cortes.

O plantio da cana-de-açúcar é uma operação extremamente importante, pois um bom plantio irá impactar durante todo o ciclo da cultura. Atualmente, esta operação é praticamente feita da mesma forma como era realizada há tempos atrás, utilizando-se toletes de cana para o plantio de novas áreas. Diante deste desafio empresas nacionais do setor desenvolveram as mudas meristemáticas para serem utilizadas no plantio, principalmente de viveiros e em área de meiose, com o objetivo de garantir aumento significativo em produtividade.

Com essa nova tecnologia de plantio para a cana-de-açúcar, e com a adoção de novos sistemas de plantio, novos estudos devem ser realizados buscando-se informações sobre espaçamento, profundidade e densidade de plantio, adubação, interferência de plantas daninhas, dentre outros, buscando entender melhor o que esta nova tecnologia requer.

No sistema convencional de plantio, a cana-de-açúcar inicia a brotação em aproximadamente 40 dias após a operação e, as plantas daninhas, quando não controladas, emergem junto à cultura e inicia-se o período de interferência das mesmas. No entanto, para esta condição, o manejo químico é realizado em pré-plantio incorporado (PPI), pré e

pós-emergência. No sistema de mudas meristemáticas, é esperado que a cultura apresente algum tipo de vantagem em relação às plantas daninhas, pois as mudas já apresentam um sistema radicular pré-estabelecido e um porte avantajado em relação às plantas daninhas que emergiram, porém, se faz necessário mudar o manejo químico das aplicações de herbicidas, em PPI e pós-emergência.

Com esse novo sistema de plantio a convivência entre as espécies de plantas daninhas e cana-de-açúcar é alterada, o que justifica esse novo manejo químico. Considerando-se que existe considerável gama de espécies de plantas daninhas agressivas à interferência na cana-de-açúcar, a exemplo do *Rottboellia cochinchinensis*, esses novos desafios de estudo de matocompetição, tolerância das cultivares de cana-de-açúcar e controle de plantas daninhas são cada vez mais exigidos para o setor canavieiro.

## 2 | ASPECTOS GERAIS DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar, de acordo com a classificação taxonômica, pertence à família Poaceae e ao gênero *Saccharum*. A planta é perene, própria de climas tropicais e subtropicais, com perfilhamento intenso desde a fase inicial do desenvolvimento podendo ser cultivada entre as latitudes 35°N e 30°S (Scarpari e Beauclair, 2008). Segundo Alexander (1973) o perfilhamento influencia o sistema de manejo, pois cada perfilho comporta-se como uma planta independente com órgãos próprios como raízes, folhas e frutos.

A planta é dividida em parte aérea (colmos, folhas e inflorescência) e radicular (raízes e rizomas). Os colmos apresentam formato cilíndrico e são compostos por nós e entrenós (ou internódios), sendo definidos como a porção acima do solo que sustenta as folhas e as inflorescências (Scarpari e Beauclair, 2008). Para Casagrande (1991) cada nó tem uma gema disposta alternadamente e uma zona radicular. A inflorescência é uma panícula com flor hermafrodita com um óvulo; os pistilos têm a terminação com estigmas roxos ou avermelhados, caracterizando o aspecto plumoso da panícula (Scarpari e Beauclair, 2008). O sistema radicular é do tipo fasciculado e tem a função de sustentação, absorção e transporte de água e nutrientes (Vasconcelos e Casagrande, 2008).

O metabolismo fotossintético da cana-de-açúcar é do tipo  $C_4$ , considerado altamente eficiente na conversão de energia radiante em energia química (Castro, 2003). O fotoperíodo ideal está entre 10 a 14 horas, a faixa ótima de temperatura entre 25 a 35° C (Rodrigues, 1995). Regime pluviométrico entre 1.000 e 1.600 mm anual, preferencialmente com chuvas abundantes no período vegetativo e com período seco na ocasião da maturação favorece o maior acúmulo de sacarose (AGRIANUAL, 2019).

A cultura, nas condições climáticas da região Sudeste, possui basicamente dois ciclos distintos, diferenciados pela época de plantio. A cana de ciclo de doze meses (cana de ano) é plantada em setembro-outubro e atinge o maior desenvolvimento em meados de abril, tendo sua colheita a partir de setembro até outubro. Na cana de ciclo de dezoito meses

(cana de ano e meio), o plantio ocorre entre janeiro-abril, intensifica o crescimento durante a primavera e verão (outubro a abril) e a colheita ocorre a partir de junho do ano seguinte ao plantio (Rodrigues, 1995). Os canaviais plantados no meio do ano são denominados de plantio de inverno. Após o primeiro corte, ocorrerá a rebrota, que voltará a ser colhida um ano após e todos são denominados de “cana-soca” (Dinardo-Mirando et al., 2008).

### 3 | IMPORTÂNCIA DA CANA-DE-AÇÚCAR

O cultivo da cana-de-açúcar é uma das atividades agrícolas mais importante para o Brasil, objetivando a produção de açúcar, álcool, cachaça, açúcar mascavo, rapadura, melado, forragem, além de subprodutos, e, em alguns casos, na cogeração de energia elétrica, decorrente da sobra da queima do bagaço nas caldeiras das usinas (Garcia, 2005).

Entre esses, dois produtos são essenciais para a economia do país: o açúcar e o álcool, utilizado tanto na fabricação de bebidas alcoólicas como em forma de combustível para os carros. Ainda vem se destacando a produção de energia (IEA, 2019), nas quais unidades de produção têm buscado aumentar a eficiência na geração de energia elétrica, auxiliando no aumento da oferta e redução dos custos e contribuindo para ampliar a sustentabilidade do setor (Conab, 2019).

O complexo sucroalcooleiro movimentou US\$ 2,62 bilhões, dos quais 86,9% correspondem ao açúcar, está na quinta posição entre os principais grupos nas exportações do agronegócio brasileiro, de janeiro a junho de 2019, onde também se destacam o complexo soja (US\$ 18,91 bilhões), carnes (US\$ 7,42 bilhões, com a carne de frango representando 45,7% desse total, e as carnes bovina e suína 41,9% e 9,4%, respectivamente), produtos florestais (US\$ 7,25 bilhões, com participações de 61,8% de celulose e 24,2% de madeira), e café (US\$ 2,56 bilhões) (AIA, 2019). Esses cinco grupos agregados representaram 81,3% das vendas externas setoriais brasileiras (AIA, 2019).

Para o Estado de São Paulo o complexo sucroalcooleiro (US\$ 1,78 bilhão, sendo que desse total o açúcar representou 82,1% e o álcool 17,9%) se apresenta em primeiro lugar nas exportações do agronegócio paulista, de janeiro a junho de 2019, seguido do complexo soja (US\$ 1,01 bilhão), do setor de carnes (US\$ 902,18 milhões, onde a carne bovina respondeu por 83,6%), produtos florestais (US\$ 892,61 milhões, com participações de 56,3% de papel e 34,5% de celulose) e de sucos (US\$ 750,19 milhões, dos quais 96,9% referentes a sucos de laranja). Esses cinco agregados representaram 75,2% das vendas externas setoriais paulistas (AIA, 2019).

Hoje, o Brasil é o maior produtor mundial de cana, o primeiro também na produção e na exportação de açúcar e o segundo maior produtor e exportador de etanol (IEA, 2019). A chegada dos carros de combustível *flex* ao Brasil e o subsequente salto na demanda por etanol, fizeram com que a indústria de cana-de-açúcar disparasse na última década (IEA, 2019).

A produtividade de cana-de-açúcar é regulada por diversos fatores de produção, dentre os quais se destacam: planta (variedade), solo (propriedades, químicas físicas e biológicas), clima (umidade, temperatura e insolação), práticas culturais (controle de erosão, plantio, erradicação de plantas daninhas, descompactação do solo), controle de pragas e doenças, colheita (maturação, corte, carregamento e transporte), entre outros (Orlando Filho et al., 1994).

Segundo Beclair e Scarpari (2007), o plantio é sempre o investimento crucial na condução de qualquer cultura, pois é a base de seu desenvolvimento e sejam quais forem as práticas de plantio adotadas (semi-mecanizadas ou mecanizadas), devem atender tais demandas. Um canavial implantado sem os conhecimentos básicos de plantio poderá ter reduzido a sua longevidade, determinando como consequência a elevação dos custos de produção (Scarpari e Beauclair, 2007).

#### 4 | PRODUÇÃO MUNDIAL E NACIONAL

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas do mundo, cultivada em mais de 100 países, e dela, extrai-se umas das principais *commodities* mundiais, o açúcar. Apesar desta difusão mundial, cerca de 76% da produção do planeta de açúcar estão concentradas em dez países (Tabela 1) (USDA, 2019). Ressalva-se que na União Europeia o açúcar é proveniente tanto da beterraba como da cana-de-açúcar, sendo a primeira matéria prima com mais incentivos nesse grupo de países.

Posição	País	Produção (mil t . métricas <sup>-1</sup> )	Participação %
1°	Brasil	32.000	17,7
2°	Índia	30.305	16,8
3°	União Europeia	19.425	10,7
4°	Tailândia	13.900	7,7
5°	China	10.700	5,9
6°	Estados Unidos	8.269	4,6
7°	México	6.466	3,6
8°	Rússia	6.200	3,4
9°	Paquistão	5.240	2,9
10°	Austrália	4.900	2,7
	Demais países	43.329	24,0
	Produção total	180.734	100,0

Tabela 1. Estimativa da produção mundial de açúcar, em 1.000 t/métricas, para a safra 2019/2020.

Fonte: USDA, 2019.

Com 615.978 milhões de toneladas de cana-de-açúcar para a safra de 2019/2020 o Brasil ocupa a posição de maior produtor (Conab, 2019), seguido pela Índia. Combinando a

produção do Brasil com a da Índia, percebe-se que esses dois países correspondem a 34% de toda a produção mundial de cana-de-açúcar e açúcar (USDA, 2019).

A estagnação na produção e produtividade da matéria-prima do setor sucroenergético reforça a possibilidade de restrição na oferta de açúcar brasileiro no mercado mundial em 2019 e, associado a este, menor produção de importantes *players* como Índia, Tailândia e União Europeia, verificar-se-ão significativas alterações no balanço de oferta e demanda da commodities (CNA, 2019).

Essa nova situação prevista, melhora a perspectiva de preços, tornando a produção de açúcar atraente para as usinas brasileiras (CNA, 2019). Em 2019, com as projeções de um cenário com pequena desvalorização do real em relação ao dólar e preços do petróleo acima de US\$ 60/barril, o etanol deverá manter sua hegemonia no mix de produção das usinas e na preferência do consumidor. Assim, a manutenção da competitividade do biocombustível no Brasil, também poderá alavancar uma reação de preço do açúcar, via um crescimento limitado na sua oferta. Todo esse cenário se traduz em um viés positivo para a safra 2019/2020 do ponto de vista dos produtos etanol e açúcar (CNA, 2019).

A produção nacional de cana-de-açúcar segundo a Conab (2019), a estimativa de área colhida de cana-de-açúcar no Brasil, na safra 2019/2020, é de 8,38 milhões de hectares, uma retração de 2,4% em relação à safra de 2018/2019. A produção estimada para safra 2019/2020 é de 622,3 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, um acréscimo de 0,3% em relação à safra anterior (Conab, 2019).

A condição do Sudeste é que a produção estimada de cana-de-açúcar processada deverá atingir 394,3 milhões de toneladas, 1,5% inferior à safra 2018/19 (Conab, 2019). O Estado de São Paulo destaca-se como maior produtor de cana-de-açúcar, entretanto, deverá ter uma redução na área de 212,5 mil hectares, sobretudo em áreas de fornecedores, pois muitas dessas áreas, que até então eram ocupadas com cana-de-açúcar, apresentaram expansivo aumento do cultivo de soja (Conab, 2019). Em Minas Gerais, terceiro maior estado produtor, a projeção é de redução de 1,6% na área em produção quando comparada à safra anterior, sendo verificado diminuição no número de fornecedores que decidiram migrar para o cultivo de outras culturas (Conab, 2019).

No Centro-Oeste verificou-se crescimento de 2,7% na área a ser colhida, atingindo 1,8 milhões hectares, com leve aumento de 1% na produtividade e incremento de 3,7% na produção, atingindo 142 milhões de toneladas, enquanto que em Goiás, segundo maior produtor nacional, há perspectiva de incremento na área em produção com a cultura (Conab, 2019). A estimativa é que sejam colhidos 948,3 mil hectares com cana-de-açúcar nesta temporada, 3,4% maior que os números apresentados em 2018/19 (Conab, 2019). No Mato Grosso do Sul, o quarto maior produtor brasileiro, se estima incremento de 3,3% na área destinada à cana-de-açúcar, prevendo-se cerca de 668,7 mil hectares (Conab, 2019).

Na região Sul observou-se queda de 6,1% na área a ser colhida, na safra 2019/20,

principalmente nas áreas de fornecedores, que foram reconvertidas para produção de grãos, com estimativa de 35,4 milhões de toneladas colhidas. No Paraná, a área de corte foi estimada em 534,4 mil hectares (6,1% inferior à área colhida na safra 2018/19) (Conab, 2019). As unidades de produção estão priorizando áreas que sejam aptas para a realização da colheita mecanizada. Ainda tem a concorrência por área que o setor enfrenta com outras culturas, como soja e milho (Conab, 2019).

O Nordeste também apresentou redução de 0,2% na área, atingindo 832,1 mil hectares, entretanto, estima-se recuperação na produtividade em torno de 6,1%, em razão da melhoria das condições do clima, com produção prevista em 47 milhões de toneladas, aumento de 5,9% em relação ao exercício passado (Conab, 2019). A região Norte foi responsável por menos de 1% da produção nacional, e, além disso, a área cultivada apresentou redução de 5% e a produção prevista em 3,6 milhões de toneladas, de acordo com o segundo levantamento de safra realizado pela Conab (2019).

A capacidade de geração de renda do produtor tem-se restringido pelos aumentos sistemáticos dos custos de produção, a baixa renovação e envelhecimento dos canaviais, o declínio dos indicadores de produtividade agrícola e, principalmente, pela defasagem na participação do custo da matéria prima na formação do preço Consecana, que remunera a cana-de-açúcar (CNA, 2019). Portanto, para recuperar a rentabilidade do fornecedor, além da esperada melhoria de preços e competitividade nos mercados, são necessárias a atualização dos coeficientes técnicos do Consecana e investimentos em sua capacitação para a melhoria de processos e gestão do negócio (CNA, 2019).

## **5 | TECNOLOGIAS DE MUDAS PRÉ-BROTADAS (MPB) DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Em lavouras comerciais, a propagação da cana-de-açúcar é realizada vegetativamente, ou seja, de forma assexuada a partir do rebolo (tolete ou olhadura) parte da planta contendo gemas, reservas nutricionais, água e hormônios vegetais (Dinardo-Miranda et al, 2008). A gema é como se fosse um colmo em miniatura em estado latente. Havendo condições favoráveis, a gema se torna ativa e ocorre o crescimento e desenvolvimento devido à presença de reservas nutricionais, ativação de enzimas e reguladores de crescimento (Landell et al., 2013).

A principal condição favorável é a adequada disponibilidade de água assim que o rebolo é coberto com solo. Se houver disponibilidade de água, inicia-se a ativação das enzimas e a produção de hormônios que controlam a divisão e o crescimento celular, tanto da gema como também dos pontos dos primórdios das raízes na zona radicular (Dinardo-Miranda et al, 2008). Em período de aproximadamente sessenta dias as reservas dos rebolos são fundamentais para a evolução do processo de brotação e essa relação de dependência reduz-se gradativamente a superfície ativas de absorção de água e nutrientes do solo tornando a planta autotrófica (Landell et al., 2013).

Segundo Xavier et al. (2014), o Programa Cana IAC desenvolveu o sistema de Muda Pré-Brotada (MPB), que permite a redução do volume de mudas e melhor controle na qualidade do vigor que resultam em canaviais de excelente padrão clonal.

Para iniciar a produção de mudas pelo sistema MPB, também conhecido como “gema a gema”, utilizam-se colmos produzidos em viveiros básicos, os quais foram previamente submetidos aos manejos e protocolos de qualidade (Landell et al., 2013).

Para iniciar a produção de mudas pelo sistema MPB, utilizam-se colmos produzidos em viveiros básicos, com todos os cuidados necessários. Quando o sistema for utilizado por pequenos produtores, a produção pode ser adaptada às necessidades e disposição de materiais. Desde que os cuidados fitossanitários sejam realizados (Landell et al., 2013)

As mudas de cana-de-açúcar que darão origem as mudas pré-brotadas, devem ser provenientes de viveiro isentos de doenças e pragas, originárias de tratamento térmico e sem mistura varietal, com idade de seis a dez meses. Vale ressaltar a importância do controle do raquitismo da soqueira, doença de difícil diagnóstico e de controle específico, a qual apesar da prática da termoterapia, ainda poderá ser difundida na multiplicação vegetativa (Landell et al., 2013).

Diversos fatores estão associados na formação de mudas de qualidade, dentre eles o substrato, tendo por finalidade garantir o desenvolvimento de uma planta com qualidade, uma vez que por meio deste substrato as raízes se desenvolvem, propiciando suporte necessário para absorção de água, oxigênio e nutrientes (Xavier et al., 2014). A qualidade física do substrato é importante, por ser utilizado em um estágio de desenvolvimento em que a planta é muito susceptível ao ataque de microrganismos e pouco tolerante ao déficit hídrico. Dessa forma, o substrato deve reunir características físicas e químicas que promovam, respectivamente, a retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes, de modo que atendam às necessidades da planta (Cunha et al., 2005), contendo proporções suficientes de elementos essenciais (ar, água e nutrientes) ao crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo esta variável para cada espécie em estudo (Cunha et al., 2005).

## **6 | MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR**

O sucesso da cultura da cana-de-açúcar é devido a diversos fatores, entre eles à adequada alocação das cultivares de acordo com as condições edafoclimáticas (Prado et al., 1998), à eficácia das operações dos tratos culturais (Hernandez et al., 2001) e da colheita (Souza et al., 2005). As interações dessas técnicas garantem maior produção e conseqüente maior quantidade de açúcar extraído e produção do álcool por tonelada de colmos colhidos (EID, 1996).

Entre as operações dos tratos culturais mais importantes, o controle das plantas daninhas destaca-se entre os principais fatores no agroecossistema da cana-de-açúcar, pois interfere no desenvolvimento e na produtividade da cultura (Kuva et al., 2003). As

plantas daninhas desenvolvem-se em condições adversas, são tolerantes ao ataque de pragas e doenças, apresentam dormência de sementes e germinação desuniformes, o que as torna competitivas no sistema produtivo (Silva et al., 2001).

Coleti et al. (1997) estimaram perdas de 23 t ha<sup>-1</sup> na produtividade dos canaviais com alta infestação de *Brachiaria decumbens*; Rolim e Christoffoleti (1982) relataram perdas de 85,5% na produtividade de colmos, quando havia alta infestação de *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria sanguinalis*; Graciano e Ramalho (1983) perdas de 83,1% e Kuva et al. (2001) 82%.

A FAO (2009) descreve as plantas daninhas como inimigas silenciosas, devido aos prejuízos serem causados gradativamente durante todo ano, diferindo-se das pragas, doenças e secas que proporcionam prejuízos mais rápidos e drásticos. As plantas daninhas causam perdas na ordem de US\$ 95 bilhões por ano na produção de alimentos, muito superior aos ataques de pragas e doenças (FAO, 2009).

Para evitar ou minimizar os prejuízos que as plantas daninhas podem proporcionar à cultura é necessário conhecer o período total de prevenção da interferência (PTPI), período anterior à interferência (PAI) e o período crítico para prevenção (PC). Pitelli e Durigan (1984) definiram PAI como sendo o período anterior ao PC quando a cultura pode conviver com as plantas daninhas sem causar prejuízos à produção final; PC como o período em que a cultura deve obrigatoriamente estar na ausência das plantas daninhas e PTPI o período sugestivo em que a cultura deve ser mantida na ausência das plantas daninhas. Azania et al. (2008) relataram que, para a condição de cana de dezoito meses, o período crítico ocorre do 2º ao 4º mês, mas para cana de ano e soqueira o período crítico está entre o 2º e o 3º mês após plantio ou colheita.-

O método de controle das plantas daninhas mais utilizado é o químico porque não exige elevado número de recursos humanos e possibilita elevado rendimento operacional, quando comparado a outros métodos de controle (Procópio et al., 2003).

## 71 TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR A AÇÃO DOS HERBICIDAS

Os herbicidas são substâncias químicas que interferem no desenvolvimento das plantas prejudicando as reações bioquímicas do metabolismo, podendo ser degradadas e posteriormente incorporadas em outras substâncias formadas naturalmente pelas plantas (Castro, 1997).

Atualmente, para controlar as plantas daninhas e evitar os possíveis prejuízos à cultura da cana-de-açúcar existem muitos herbicidas com diferentes ingredientes ativos e formulações registrados para uso no Brasil (MAPA, 2019). Os herbicidas podem ser agrupados de diversas maneiras, podendo ser classificados quanto à seletividade (seletivos ou não seletivos), à translocação (ação de contato ou ação sistêmica), à época de aplicação

(pré-plantio incorporado, pré-emergência ou pós-emergência) ou ainda pelo mecanismo de ação (Oliveira Jr e Constantin, 2001).

Segundo Rodrigues e Almeida (2018), a classificação atual mais utilizada é aquela que considera o mecanismo de ação dos herbicidas. Os herbicidas registrados para cana-de-açúcar são classificados em dez grupos, sendo inibidores de: ACCase (acetil CoA carboxilase); acetolactato sintase ALS (acetohidroxiácido sintase); fotossíntese no fotossistema I; fotossíntese no fotossistema II; Protox (protoporfirinogênio oxidase); biossíntese de caroteno; EPSPs (enolpiruvil-shikimato-fosfato sintetase); formação dos microtúbulos; divisão celular e auxinas sintéticas; e de ações desconhecidas.

O modo de ação de um produto refere-se à sequência completa de todas as reações que ocorrem desde o contato com a planta até a morte desta ou ação final do produto; já o mecanismo de ação é definido como primeira lesão bioquímica ou biofísica que resulta na morte ou ação final do produto (Silva et al., 2001).

A seletividade refere-se à capacidade do herbicida em eliminar as plantas daninhas sem afetar a produção e qualidade da cultura ou do produto final (Negrisoni et al., 2004). A seletividade está ainda associada à tolerância diferencial dada pela relação entre herbicida, planta daninha, cultura e condições edafoclimáticas (Oliveira Jr e Constantin, 2001). Características da planta como a absorção, idade, cultivar, translocação, metabolismo diferencial; antídotos e “safeners” são fatores que influenciam na seletividade dos herbicidas (Oliveira Jr e Constantin, 2001).

Para Mosier et al. (2009), a seletividade de um herbicida depende também da dose, da época e da tecnologia da aplicação. A seletividade não pode ser determinada apenas pela presença ou não de sintomas de intoxicação, pois já foram descritos na literatura que alguns herbicidas reduzem a produtividade das culturas sem causar efeitos visuais e outros provocam injúrias acentuadas, mas permitem a recuperação plena da cultura (Procópio et al., 2003).

Para que um herbicida seja eficiente, a molécula deve ser absorvida pela planta e translocada até o local de ocorrência de sua ação. Entretanto, deve ser considerado, que a deposição do herbicida sobre as folhas das plantas ou sobre o solo nem sempre é suficiente para que haja o controle, pois dependem também da absorção, translocação e da sensibilidade do metabolismo da planta à molécula ou a seus metabólitos (Ferreira et al., 2005). Após a absorção do herbicida pela planta a molécula pode ser metabolizada em compostos secundários e perder, reduzir ou aumentar a atividade biológica do herbicida (Vargas et al., 1999; Roman et al., 2007).

A metabolização do herbicida é um processo natural de desintoxicação da planta, geralmente realizado em quatro fases (Yuan et al., 2007). A primeira fase da metabolização é conhecida como conversão; seguida por processos de conjugação; conversão secundária e finalmente o transporte para o vacúolo e a deposição do metabólito final (Devine et al., 1993). A fase de conversão das moléculas pode ocorrer por oxidação, redução, hidrólise,

oxigenação ou hidroxilação, podendo na sequência serem conjugadas com açúcares, aminoácidos ou principalmente com glutatona, transportados ativamente para o vacúolo celular, local que constitui a última fase da metabolização onde os metabólitos são associados aos componentes da parede celular desta estrutura (Carvalho et al., 2009).

Portanto para que a planta da cana-de-açúcar seja tolerante aos herbicidas ela precisa de mecanismos anatômicos, fisiológicos e/ou morfológicos que dificultam a chegada da dose letal do herbicida até o sítio de ação (enzima, co-enzima, estrutura celular), segundo Monquero (2014).

## REFERÊNCIAS

AGRIANUAL, 2019: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Alexander AG (Ed) (1973) Sugarcane physiology: a comprehensive study of the Saccharum source-to-sink system. Amsterdam: Elsevier, 752p.

Azania CAM, Rolim JC, Azania AAPM (2008) Plantas Daninhas. In: Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACM, Landell GA (Eds) **Cana-de-Açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 465-490.

Carvalho SJP, Nicolai M, Ferreira RR, Figueira AVO, Christoffoleti PJ (2009) Review Herbicides selectivity differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Scientia Agricola** 66:136-142.

Casagrande AA (Ed) (1991) Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 157p.

Castro PRC (2003) Fotossíntese na cana-de-açúcar. **STAB** 20:26-27.

CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2019) Cana-de-açúcar: Cenário econômico, março 2019. 2 p. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/boletins-tecnicos/restricao-na-oferta-de-acucar-e-manutencao-da-competitividade-do-etanol-trazem-novas-perspectivas-mas-os-precos-pagos-ao-produtor-de-cana-ainda-comprometem-a-rentabilidade>> Acesso em: 21 jun 2019.

Coleti JT, Cavalcanti Jr N, Neme LH, Paula J, Albino FE (1997) Brachiaria pode provocar sérios danos nos canaviais. **Inf. Coopercitrus**, p.34-35 (Número 132). Comércio, 2019. p. 23-28.

CONAB 2019 - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO: Acompanhamento da Safra Brasileira, Cana-de-Açúcar, safra de 2019/2020, segundo levantamento agosto de 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>>. Acesso em: 09 set. 2019.

Cunha AO, Cunha GM, Sarmento RA, Cunha GM, Amaral JFT (2005) Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, 29:507-516.

Devine M, Duke SO, Fedtke C (Eds) (1993) **Physiology of herbicide action**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 441 p.

Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACM, Landell GA (Eds) (2008) Cana-de-Açúcar. Campinas: Instituto Agrônômico, 882 p.

Eid F (1996) Progresso Técnico na Agroindústria Sucrialcooleira. **Revista Informações Econômicas** 26:29:36.

Ferreira FA, Silva AA, Ferreira LR (2005) Mecanismo de Ação dos herbicidas. In: Congresso Brasileiro de Algodão. **Anais...** Salvador: 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Newsroom**: The lurking menace of weeds – Farmers' enemy N° 1. Disponível em: <http://www.fao.org/news/story/en/item/29402/icode>>. Acesso em: 15 out. 2009.

AIA: Análises e Indicadores do Agronegócio (2019). **Balança comercial dos agronegócios paulista e brasileiro primeiro semestre de 2019**. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br>. Acesso em: 15 ago. 2019.

IEA: Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br>. Acesso em: 15 ago. 2019.

Kuva MA, Gravena R, Pitelli RA, Christoffoleti PJ, Alves PLCA (2003) Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: III - capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, 21:37-44.

Kuva MA, Gravena R, Pitelli RA, Christoffoleti PJ, Alves PLCA (2001) Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: II – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha** 19:323- 330.

Landell MGA, Campana MP, et al (2013) **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Campinas: IAC, 15p. (Documento IAC).

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

Monquero PA (Ed.) (2014) Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas. São Carlos: Rima, 430 p.

Mosier DG, Peterson DE, Regehr DL (2009) **Herbicide**: mode of action. Cooperative Extension Service Kansas State University Manhattan. Disponível em: <<http://www.weedresearch.com/Articles?5090>. PDF>. Acesso em: 03 dez. 2009.

Negrisoni E, Velini ED, Tofoli GR, Cavenaghi AL, Martins D, Morelli JL, Costa AGF (2004) Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, 22:567-575.

Oliveira Junior RS, Constatnin JP (Eds) (2001) Plantas daninhas e seu controle. Guaíba: Agropecuária, 362 p.

- Orlando Filho J, Macedo N, Tokeshi H (1994) Seja o doutor do seu canavial. Piracicaba: Potafos, 10 p. (Informações Agronômicas, número 67).
- Prado H, Rossetto R, Landell MGA (1998) IAC propõe classificação de solos adaptada para a cana-de-açúcar. **STAB** 16:13.
- Pitelli RA, Durigan JC (1984) Terminologia para períodos de controle e de convivência de plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDASE PLANTAS DANINHAS. **Resumos...** Piracicaba: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. p.37.
- Procópio SO, Silva AA, Vargas L, Ferreira FA (Eds) (2003) **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa: Suprema, 150 p.
- Rodrigues JD (Ed) (1995) Fisiologia da cana-de-açúcar. Botucatu: UNESP, 75p.
- Rodrigues BN, Almeida FS (Eds.) (2018) **Guia de herbicidas**. Londrina: Produção Independente, 592p.
- Rolim JC, Christoffoleti PJ (1982) Período crítico de competição de plantas daninhas com cana planta de ano. **Saccharum APC** 5:21-26.
- Scarpari MS, Beauclair EGF (2008) Anatomia e botânica. In: Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACM, Landell GA (Eds) **Cana-de-Açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, p.45-56.
- Silva AA, Ferreira FA, Ferreira LR (Eds) (2001) **Biologia e controle de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 133 p.
- Souza ZM, Prado RM, Paixão ACS, Cesarin LG (2005) Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 40:271-278.
- USDA – United States Department of Agriculture (2019) Global sugar production up slightly in 2019/20: Gains in Brazil and European Union offset declines in India, Sugar: World Markets and Trade, 7 p.
- Vasconcelos ACM, Casagrande AA (2008) Fisiologia do sistema radicular. In: Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACM, Landell GA (Eds) **Cana-de-Açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, p.57-78.
- Vargas L, Silva AA, Borém A, Ferreira FA, Tavares S, Sedyama T (Eds.) (1999) Resistência de plantas daninhas a herbicidas. Viçosa: JARD Prod. Gráficas, 131p.
- Xavier MA, Landell MGA, et al. (2014) Produtividade de gemas de cana-de-açúcar para fins de abastecimento de núcleos de produção de mudas pré-brotadas-MPB. **STAB**, 33:34-36.
- Yuan JS, Tranel PJ, Stewart Jr NC (2007) Non-target-site herbicide resistance: a family business. **Trends in Plant Science**, v.12, p.6-13, 2007.

# CAPÍTULO 6

## MEJORA DEL MANTENIMIENTO EN EL PROCESADO DE CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE LA DOCUMENTACIÓN. CASO DE ESTUDIO EN REPÚBLICA DOMINICANA

*Data de aceite: 01/11/2021*

**Rubén Darío Ramos Ciprián**

Esc. Ing. Electromecánica  
Universidad Central del Este  
San Pedro de Macorís. Dominican Republic

**Jose Miguel Salavert Fernández**

Dpto. Máquinas y motores térmicos  
Universitat Politècnica de Valencia  
Valencia. Spain

**RESUMO:** La industria de la transformación de la caña de azúcar, es una de las principales actividades de carácter industrial en la República Dominicana, por lo que la inversión sobre dicho sector por parte tanto de los industriales como por parte de entidades estatales se enfoca desde la estrategia de ámbito nacional en la Rep. Dominicana. La industrialización y la mejora de equipamiento productivo que en este sector se está llevando a cabo, pero en paralelo se han de poner en marcha otras medidas y técnicas que soporten y afiancen el éxito empresarial. Y en este ámbito, es el Mantenimiento uno de los campos que más pueden aportar al éxito de las mejoras en la industria de transformación de la caña de azúcar. En el trabajo presentado, se analiza la situación que la gestión documental presenta en las empresas que se están tratando. Esta documentación se considera inadecuada para apoyar la evolución que se está llevando a cabo en el sistema integral del mantenimiento por lo que se diseña una nueva estructura documental adecuada al Sistema de Mantenimiento de

“Clase Mundial”. Se mostrará el efecto que tiene el manejo de la documentación y de los registros sobre el mantenimiento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manutenção; Processo de açúcar; Registros.

**ABSTRACT:** The sugarcane processing industry is one of the main industrial activities in the Dominican Republic, so the investment in this sector by both industrialists and state entities is focused from the national strategy in the Dominican Republic. The industrialization and improvement of production equipment that is being carried out in this sector, but in parallel, other measures and techniques that support and strengthen business success must be put in place. And in this area, Maintenance is one of the most important fields that can contribute to the success of improvements in the sugarcane processing industry. The work presented analyses the situation that document management presents in the companies being treated. This documentation is considered inadequate to support the developments that are taking place in the comprehensive maintenance system so that a new documentary structure suitable for the "World Class" Maintenance System is designed. The effect of handling documentation and maintenance records will be displayed.

**KEYWORDS:** Maintenance; Sugarcane manufacturing; Records.

### 1 | INTRODUCCIÓN

Hoy en día la Industria Azucarera es uno de los pilares de la económica nacional,

según el Banco Central de la República Dominicana la elaboración de Azúcar forma el 0,2% del PIB nominal, es de las pocas industrias que comprende todas las actividades relacionadas con la plantación, cultivo, cosecha y procesamiento de la caña de azúcar, y se puede afirmar que está directamente ligada al impacto económico nacional e internacional por ser el azúcar uno de los productos con más usos y aplicaciones en la industria de la alimentación (Banco Central de la República Dominicana Memoria MICM, 2018).

No obstante, el azúcar, no es el único producto que se obtiene como resultado del procesado de la caña de azúcar, el alcohol, el CO<sub>2</sub>, y el residuo sólido (bagazo) también son productos finales de la transformación industrial de la caña de azúcar (INAZUCAR, 2019).

Se estima que, a nivel mundial, la producción de cultivos de azúcar y de azúcar aumentarían respectivamente, en 17% y 24% durante los próximos 10 años (OCDE/FAO, 2017).

En cualquiera de los casos, se precisa seguir trabajando en la mejora y la competitividad de la industria azucarera, y en el escenario que se está tratando se ha identificado el Mantenimiento como campo de trabajo en el que se puede avanzar y mejorar significativamente.

Y dentro de lo que se considera como Sistema de Mantenimiento, y para el caso particular de las factorías de transformación de caña de la República Dominicana, se ha considerado como objeto de mejorar la gestión de documentos y registros de mantenimiento, la cual, en términos generales no ha acompañado en la evolución a los activos y a las tecnologías de producción. Al fin y al cabo, los registros y documentos de mantenimiento soportan la información para que pueda ser analizada, permita tomar decisiones, sacar conclusiones, y hacer el correspondiente seguimiento del Sistema de Mantenimiento.

Este trabajo tiene como origen, la labor de investigación en el campo del mantenimiento de las industrias de transformación de la caña de azúcar en la República Dominicana, sobre el que se está desarrollando la tesis doctoral de uno de los autores.

### **1.1 Punto de partida. Descripción del proceso de transformación de la caña de azúcar**

En la figura 1, se muestra un diagrama de flujo del proceso simplificado de transformación de la caña de azúcar.

El proceso se inicia en el cultivo, y cosecha tras 12 a 14 meses de madurado, terminando la primera etapa en la recogida y transporte a la planta de procesado (en la República Dominicana, se les denomina “Ingenios”). Los equipos empleados en esta fase son máquinas agrícolas y camiones que no se van a incluir en este análisis (INAZUCAR, 2015).

A la entrada del ingenio, se determinan las características de la materia prima recibida (contenido en sacarosa, fibra, e impurezas) para iniciar posteriormente el triturado y la extracción del jugo en los molinos (INAZUCAR, 2015).

La fibra de caña obtenida como residuo (bagazo) se valoriza como combustible para alimentar un grupo de cogeneración o solo generar electricidad (Tekin, 2001).

Del procesado del jugo, se obtienen azúcar, melaza y alcohol, que se siguen

tratando con vapor de azufre y cal para eliminar la acidez. Tras la clarificación, los sólidos de azúcares quedan en la parte superior y el resto sedimenta (INAZUCAR, 2015).

El jugo clarificado pasa a la fermentación, donde se mezcla con un floculante para separar los sólidos o cachaza restantes del jugo, estos sólidos pasarán por un filtro y se emplearán como abono (INAZUCAR, 2015).

Por último, se hará hervir este jugo para reducirlo y obtener uno más espeso, comúnmente llamado meladura (INAZUCAR, 2015).

Posteriormente se calienta en los tachos donde se forman los cristales de azúcar por su alto contenido en sacarosa. Una vez obtenidos estos cristales se separan mediante centrifugación del jugo espeso que se le denomina “miel”, la cual se emplea como alimento para el ganado o bien producción de alcohol (INAZUCAR, 2015).

Finalmente los cristales de azúcar pasan por un proceso de secado y empaquetado, con lo que el producto queda listo para su expedición y comercialización (INAZUCAR, 2015).

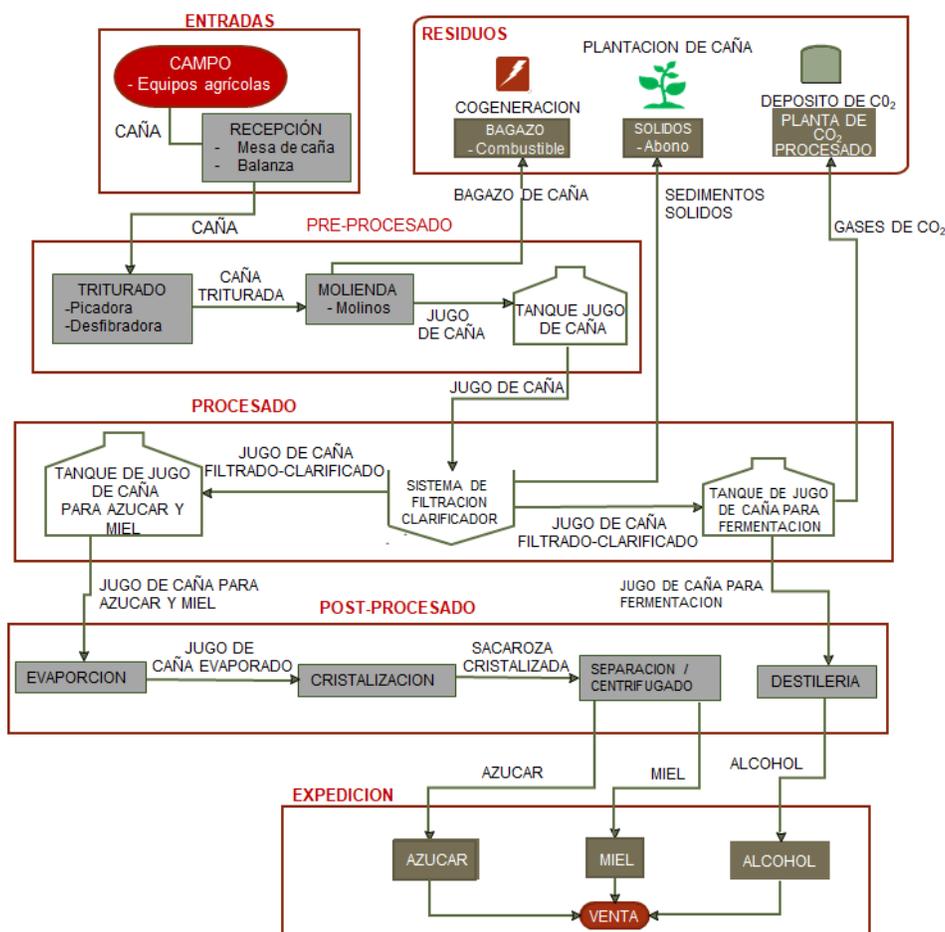


Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de transformación de la caña de azúcar.

Fuente: Elaboración propia

Anualmente se procesa un promedio de 260.000 toneladas de caña de azúcar en cada industria azucarera logrando extraer 18.000.000 de litros de alcohol y 4.000 toneladas de CO<sub>2</sub>. Por cada tonelada de caña procesada el 65% de esta es convertida en jugo y el 35% se convierte en bagazo (AFD, 2019).

## 2 | OBJETIVOS

Los objetivos especificados a continuación, se contextualizan para el caso de estudio del ingenio Alcoholes Finos Dominicanos:

- Detectar las debilidades del Sistema de Mantenimiento mediante la revisión de los documentos empleados para las operaciones de mantenimiento.
- Diseñar estructura documental mínima para la gestión del mantenimiento.
- Determinar indicadores que permitan comprobar el efecto de la nueva estructura documental implementada en el mantenimiento.

## 3 | METODOLOGÍA

Se describe a continuación, los pasos recorridos para la realización de este trabajo, y que se reflejan posteriormente en la redacción del documento.

- Análisis del proceso de transformación de la caña de azúcar. Con el objeto de conocer los equipos de producción involucrados, y sus funciones principales.
- Reuniones, entrevistas, encuestas, trabajo de campo. En esta etapa se recaban datos referentes a averías y a modos de operación de la empresa. Se recogerá la información de partida que permita aplicar técnicas estadísticas y cuantificar la fiabilidad de los equipos.
- Auditoría de la documentación de mantenimiento. Es el objeto sobre el que se van a centrar el estudio. En esta etapa, se realizará una auditoría del Sistema Documental empleado en mantenimiento en la empresa, para detectar puntos débiles e ineficiencias de la misma (ISO 9001, 2015).
- Aplicación de la teoría y conceptos de Fiabilidad. Paso en el que se caracteriza y cuantifica en términos de “fiabilidad” la situación en la que se encuentran los equipos de producción.
- Diagnóstico. Consistente en el análisis y comparación de los resultados obtenidos en los dos pasos anteriores, evidenciando la relación entre la efectividad y conveniencia de una documentación adecuada con la disponibilidad de los equipos productivos.
- Propuesta de solución. Focalizada en el desarrollo de un nuevo Sistema documental en el área de mantenimiento destinado a la consecución de los objetivos indicados (reducción de averías, e incremento de disponibilidad).

## 4 | RESULTADOS

### 4.1 Características del Mantenimiento en la transformación de la caña de azúcar de la República Dominicana

Si bien el proceso de transformación es eficiente desde el punto de vista de aprovechamiento de las materias primas, y de los tiempos de proceso empleados, así como de la maquinaria moderna o actual que se emplea, el Sistema de Mantenimiento no se ha adaptado al mismo ritmo por lo que se impone la necesidad de una actualización tanto de los conceptos como de las estrategias a emplear.

La empresa cuenta con una estructura organizada de personal de mantenimiento dirigida por un director de mantenimiento con técnicos de mantenimiento multidisciplinarios a su cargo que asisten a los tres turnos de producción.

El mantenimiento está basado fundamentalmente en actuaciones de mantenimiento correctivo y en actuaciones de mantenimiento preventivo tanto sistemático como predictivo.

Para dichas tareas, se emplea personal interno y empresas subcontratistas, normalmente las distribuidoras de los equipos de producción que también suministran servicio de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo está fundamentado en las pautas proporcionadas por las empresas proveedoras de los distintos equipos, y no se ha realizado revisión ni de operaciones ni de intervalos para adaptarlos a las circunstancias particulares de fabricación que se dan en la empresa en cuestión.

Las operaciones de mantenimiento a realizar se notifican mediante Órdenes de Trabajo (O.T.) diarias, que se imprimen en papel y se distribuyen a los técnicos de mantenimiento. Estas OT, tienen una estructura de tabla, en la que las columnas indican: Item, Área, Equipo, Actividad, Responsable del trabajo, Ejecutores del mantenimiento, Tiempo estimado, Tiempo de ejecución, OT, Avance, Observaciones. El documento, se supervisa por el Gerente de Mantenimiento, y por Gerente de Producción, pero se rellena a mano bien por los operarios o por el Supervisor de turno.

La información recogida, se introduce en una hoja de cálculo que permite llevar el control de las tareas realizadas. En dicha hoja de cálculo, se introducen por fecha las operaciones que se realizan a cada activo, incluyendo además del tiempo empleado en la reparación, información relativa a la avería: Defecto, Causa, Tipo de fallo. Mediante las opciones de la hoja de cálculo, se puede filtrar la información según distintos campos y llevar de esta forma el histórico de averías de los activos.

### 4.2 Análisis del Sistema de Mantenimiento

#### 4.2.1 Obtención de parámetros de partida

De entrada, queda patente la poca información existente para caracterizar el

desempeño de Mantenimiento en esta organización, en particular no se encuentran valores verdaderamente útiles sobre indicadores, KPIs, o cualquier otro parámetro relacionado con el mantenimiento, por lo que en una primera etapa durante un periodo de nueve meses consecutivos (Enero 2019 – Septiembre 2019) se recogieron los valores mostrados en la tabla 1 referentes a averías:

Concepto	Valor
Periodo de estudio	9 meses
Nº de averías que provocaron parada de producción	385
Tiempo total empleado en reparaciones	2 274 horas
Tiempo total de buen funcionamiento	3 847 horas

Tabla 1: Parámetros de mantenimiento en el período Enero 2019 – Septiembre 2019.

Fuente: Elaboración propia

A partir de esta información básica, se calculan los siguientes parámetros:

#### Tiempo Medio entre Fallos:

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n TBF_i}{n} = \frac{3847 \text{ h}}{385} = 9,99 \text{ h} \approx 10 \text{ h} \quad (1)$$

#### Tasa de fallos:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{9,99} = 0,1 \text{ avería/hora} \quad (2)$$

(Se realiza la suposición de que las averías siguen una ley de distribución exponencial, desde el punto de vista tecnológico significa que los fallos se han producido de forma aleatoria durante la vida útil del activo, y por lo tanto se asume que en este periodo de funcionamiento la tasa de fallo es constante).

#### Tiempo Medio de Reparación:

$$MTTR = \sum_{i=0}^n \frac{TTR_i}{n} = \frac{2274 \text{ h}}{385} = 5,91 \text{ h} \approx 6 \text{ h} \quad (3)$$

#### Tasa de reparación:

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{5,91} = 0,0017 \text{ reparaciones/hora} \quad (4)$$

#### Disponibilidad:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100\% = \frac{9,99 \text{ h}}{9,99 \text{ h}+5,91 \text{ h}} \cdot 100 = 62,85 \% \quad (5)$$

Estos resultados, permiten de entrada marcar un punto de referencia para ver la evolución y el éxito de las propuestas de mejora que se vayan proponiendo e implantando, y por otra parte permiten tener una idea aproximada de la eficiencia del Sistema de Mantenimiento objeto de este trabajo.

Tan solo atendiendo a los valores de “Disponibilidad”, se aprecia que son valores bajos. Una interpretación simple de los mismos, teniendo en cuenta que estamos en una industria que trabaja a tres turnos, que la Disponibilidad sea del 62,2 % significa que la Indisponibilidad es de 37,8 %, o lo que es lo mismo, que de 3 turnos por jornada laboral, poco más de uno de ellos tiene las máquinas paradas por cuestiones de mantenimiento.

Otra conclusión global, es que el tiempo medio de reparación de un activo es de 6 horas.

Son resultados que indican la necesidad de mejorar sustancialmente que el Sistema de Mantenimiento, hasta conseguir valores de Disponibilidad superiores a 85 % y a ser posible cercano a 90 % (Hernandez, A., & Galar, D. 2014).

#### *4.2.2 Diagnóstico del Sistema de Mantenimiento*

En cuanto a la información sobre averías y mantenimiento que tratan en esta organización, se encuentran carencias tanto desde el punto de vista formal como técnico:

- Se emplean formatos en papel, incómodos de cumplimentar, y con posibilidad de multitud de errores, imprecisiones y ambigüedades.
- No existe un código estándar para los activos, operaciones, etc, hace que cada operario utilice distintos nombres para el mismo elemento, avería, etc ...y así se transcribe en la hoja de cálculo, sin ningún filtro previo que armonice los nombres, por lo que al momento de obtener información, esta no es coherente, está desorganizada, y en definitiva no es útil para análisis ni toma de decisiones.
- Hay datos (p.e. Avance) que son completamente subjetivos, según el criterio particular de cada técnico. No permite establecer comparaciones ni dar idea de la situación absoluta de cada trabajo, y por lo tanto tampoco se puede intuir el tiempo que falta para el final de la reparación.
- Los tiempos que se requieren son subjetivos, no están contrastados, y se suelen emplear para completar información referente a otras actividades ajenas a mantenimiento.
- Se han detectado multitud de errores en la asignación de OT, ya que es un código que se escribe manualmente. Lo que acaba traducándose en tiempo perdido para subsanar el error, pérdida de información por no asignarse correctamente a la OT correspondiente.

Ante la situación encontrada, se puede plantear distintas soluciones para abordar un modelo total de Sistema de Mantenimiento “reglado” o estandarizado, bien basado en Procesos, o tomando como referencia ISO 9001, o mucho mejor ISO 55000. Cualquiera de estos modelos bien implantado conduciría a la mejora del mantenimiento en cualquier organización y en particular en la que se trata en este trabajo. No obstante, el abordar alguna de estas soluciones no deja de ser una decisión que debe partir del convencimiento absoluto de la gerencia de la empresa y que conllevan evidentemente un cambio profundo

en el planteamiento del Mantenimiento que se emplea en la organización, al margen de la disponibilidad de recursos y tiempo para su implantación (ISO 9001, 2015).

Se considera como un primer paso fundamental para abordar un proyecto global de mejora incluso de transformación del Sistema de Mantenimiento de esta organización, contar con información fidedigna y adecuada que permita caracterizar el mantenimiento que se está llevando a cabo fundamentalmente con dos propósitos:

- La mejora del mantenimiento de la organización, incrementando como consecuencia la Disponibilidad hasta al menos el 85 % en el plazo de 12 meses (Apollo, P., & Salavert, J.M. 2019).
- Presentar un escenario justificado ante la gerencia y tratar la conveniencia de en una segunda etapa abordar la reingeniería del Sistema de Mantenimiento de la organización que tenga como objetivo la mejora de la productividad y la reducción de costes de mantenimiento.

#### *4.2.3 Diseño del Sistema documental, registros e indicadores*

Así, como primer paso para abordar la mejora del Mantenimiento en esta organización, se propone una catarsis en la recogida de información referente a las averías y en la gestión documental.

Como limitaciones, se tiene la imposibilidad de contar con material y equipos diferentes a los disponibles actualmente, es decir no se puede contar con la puesta en marcha de un GMAO, ni con dispositivos digitales de transmisión de información, etc.

Partiendo de una estrategia empresarial cuyo Sistema de Mantenimiento está basado en los conceptos de Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo (Sistemático), y Mantenimiento Predictivo, el diseño del sistema documental, se organiza según las siguientes fases y etapas:

##### **Fase I. Diseño del Sistema de documentación y registro**

1. Codificación de los activos de producción.
2. Clasificación de los activos según las categorías de:
  - Activos principales de producción.
  - Activos auxiliares.
  - Activos secundarios.
  - Activos cuyo mantenimiento está sometido a normativa y legislación.
3. Recopilación de los manuales de mantenimiento de los activos considerados y organización en lugar adecuado.
4. Registros relativos al Mantenimiento Correctivo → Partes de avería.
5. Organización básica del Mantenimiento Preventivo (tanto Sistemático como Predictivo).

- Generación de una matriz maestra con todos los activos que forman parte del plan de Mantenimiento Preventivo (no todos los activos tienen que estar dentro del plan de mantenimiento preventivo), incluyendo también aquellos activos mantenidos por empresas subcontratadas.
- Desarrollo de la taxonomía de todos los activos llegando hasta el elemento a mantener.
- Identificación de la operación / operaciones a realizar para cada elemento del punto 5.b. como mantenimiento preventivo (limpieza, cambio, engrase, ajuste, revisiones / comprobación).
- Establecimiento del intervalo de actuación para cada operación de cada elemento. Estableciendo las mismas unidades (días, semanas, ...) para todos ellos.
- Establecimiento de niveles de aviso y alarma para las revisiones comprobaciones asociadas al Mantenimiento Predictivo.
- Determinación de las rutinas de Mantenimiento.

6. Confección del calendario de mantenimiento anual, teniendo en cuenta las intervenciones en áreas de trabajo o activos conectados, coordinando con las intervenciones de los subcontratistas. Se emplea la estrategia de “Calendario fijo de intervenciones”.

7. Diseño de las OT Órdenes de trabajo que comprenderán las operaciones a realizar en cada activo si es independiente o grupo de activos si están en una célula de producción o conectados. Las OT afectan a aquellas máquinas que se tengan que parar de forma conjunta al intervenir cualquiera de ellas.

8. Creación de instrucciones de trabajo, donde se indicará el recambio a utilizar (referencia, características, pautas de montaje, ...) así como las herramientas a emplear, consignas, EPIs, y las indicaciones pertinentes de Prevención de Riesgos Laborales.

9. Digitalización de la documentación.

10. Indicadores para la gestión del Mantenimiento.

11. Creación de una base de datos utilizando software disponible, que recoja la información de los partes de avería, y gestione los datos de la Matriz Maestra (punto 5) permitiendo las siguientes consultas:

- Histórico de averías.
- Estado de intervenciones para cada activo.
- Consulta de indicadores.

12. Informes.

## **Fase II. Información y formación**

Una vez desarrollados y acordados los documentos y registros a emplear, se

establecen reuniones formativas con todo el personal implicado en los mismos para que conozcan los documentos con los que van a trabajar, sepan cómo los tienen que cumplimentar, así como el interés que dicho cambio va a tener en la mejora de la empresa.

### **Fase III. Implantación**

En esta fase, se repartirán en cada máquina los Partes de Avería para que lo operarios los cumplimenten cuando se produzcan las incidencias. El responsable de turno cuidará de que haya siempre formatos disponibles.

El calendario de mantenimiento preventivo se informará a producción para que esté avisado de cuándo se prevé intervenir las máquinas, por lo que deberá ponerlas a disposición de los técnicos de mantenimiento. En caso de que algún activo no pueda cumplir el calendario previsto por necesidades de producción, se harán las modificaciones pertinentes y se determinará una nueva fecha. La cuestión es que producción debe estar avisada con la suficiente antelación para que a su vez modifique el plan de producción y permita las operaciones de mantenimiento preventivo.

Las OT se generarán con un horizonte de una semana, teniendo en cuenta el calendario previsto y acordado con producción. Debería ser margen suficiente para aprovisionar recambios, herramientas, y personal.

#### *4.2.4 Formatos*

Se muestran a continuación los detalles de algunas de las soluciones implantadas como respuesta a los puntos citados anteriormente.

#### **Parte de Avería** (Fase I. pto 4.)

Se ha diseñado un “Parte de Avería” sobre soporte papel del que se podrán varios formatos en cada uno de las máquinas tratadas, de forma que cuando el operario detecte algún síntoma de avería, proceda a su cumplimentación. El “Parte de Avería”, tal y como se aprecia en la figura 2, sirve también de guía para la recopilación de datos correspondientes a la avería y también de aviso al Depto. de mantenimiento.

En principio, se han de cumplimentar tantos “Partes” como averías se produzcan y el mismo formato ha de servir como documento de seguimiento del estado de reparación de la incidencia hasta su cierre que vendrá aceptado por el responsable de producción.

Todos los “Partes de Avería” se custodian en el Depto. de Mantenimiento, para semanalmente realizar un recuento y análisis de los mismos y obtener además los indicadores que se detallan en el siguiente punto:

Parte Avería N° \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_ Operario: \_\_\_\_\_

Indique el equipo que falla: (Código / Identificación) \_\_\_\_\_

Sección a la que pertenece: \_\_\_\_\_

Indique el síntoma del equipo:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

¿Supone una parada de la máquina? (Sí/No): \_\_\_\_\_ ¿Afecta a otros equipos? (Sí/No): \_\_\_\_\_

**NOTA: Reportar al supervisor de mantenimiento.**

**Departamento de mantenimiento**

Coordinador: \_\_\_\_\_ Supervisor: \_\_\_\_\_

Reparado por (Técnico de Mantenimiento): \_\_\_\_\_

Indique los componentes que han fallado: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Indique el origen escriba el fallo (Si se conoce): \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Inicio reparación (fecha y hora): \_\_\_\_\_ Fin reparación (fecha y hora): \_\_\_\_\_

Recursos empleados (Materiales, equipos especiales, subcontratas, personal de apoyo)	Cantidad

Reparación aprobada por: \_\_\_\_\_ VºBº Coordinador: \_\_\_\_\_

Figura 2: Formulario de Parte de Avería.

Fuente: Elaboración propia.

### 4.2.5 Indicadores (Fase I. pto. 10)

Los indicadores, a su vez, se clasificarán según su origen, y se referirán a un periodo mensual:

- Indicadores de Mantenimiento Correctivo:
  - Número de averías por mes (número de partes de avería por mes).
  - Número de averías por mes que han supuesto paro de producción.
  - Horas mensuales de paro de producción originado por avería.

- Horas de paro de producción por máquina y mes.
- Coste del mantenimiento correctivo por mes (incluye: recambios, mano de obra empleada y subcontratistas, coste por paro de producción en caso de que se haya producido).
- Indicadores de Mantenimiento Preventivo:
  - Número de OT de Mantenimiento preventivo previstas por mes.
  - Porcentaje de OT completadas frente a las previstas por mes.
  - Porcentaje de OT no realizadas (aplazadas al mes siguiente) frente a las previstas por mes.
  - Horas de producción consumidas por operaciones de Mantenimiento Preventivo por mes.
- Indicadores de Fiabilidad.
  - MTBF
  - MTTR
  - Disponibilidad

#### 4.2.6 Informes (Fase I. pto. 12)

Los informes se presentarán mensualmente al gerente de mantenimiento, al de producción, y al gerente de planta, mostrando los indicadores mencionados anteriormente con una representación gráfica según el formato que se muestra en la figura 3, marcando un objetivo a alcanzar y sin más texto. De esta forma, el informe es auto explicativo. No obstante en las reuniones de coordinación que se organicen se puede comentar y justificar aquellos puntos que sean necesarios.



Figura 3: Modelo de representación gráfica de los indicadores propuestos.

Fuente: Elaboración propia

## 5 I CONCLUSIONES

La aplicación de estas pautas supone un primer paso en la adecuación del Sistema de Mantenimiento al resto de procesos implantados en el ingenio.

De los resultados que se obtengan se ha de plantear acciones en el siguiente sentido:

- Al analizar la situación del Sistema de Mantenimiento a través de los documentos existentes, se han identificado carencia de información relevante para la toma de decisiones sobre las actividades de mantenimiento que se ejecutan en la empresa: (Codificación estandarizada, estructura documental, información concreta sobre averías y reparaciones, ...). Como consecuencia de ello, se producen retrasos en las operaciones de mantenimiento con el consiguiente aumento de costes y disminución de productividad.
- Se han detectado ineficiencias en el Sistema de Mantenimiento estudiado, mediante la cuantificación de parámetros como la Tasa de fallos, número de averías, Tiempo Medio de Buen Funcionamiento (MTBF), que se resumen en valores significativamente bajos de Disponibilidad de los equipos de producción.
- En cuanto a “Indicadores” se refiere, inicialmente la empresa solo empleaba indicadores globales de producción, obviando los indicadores referentes a mantenimiento. A partir de aquí, se han propuesto el uso de indicadores en tres áreas de mantenimiento: Mant. Correctivo, Mant. Preventivo y Fiabilidad, con la finalidad de tener guías en la toma de decisiones que permitan alcanzar los objetivos marcados en el ámbito del Mantenimiento de la empresa (crear una tendencia ascendente de la Disponibilidad, tendencia descendente del Tiempo Medio de Reparación de averías).

Es interesante el hecho de que estas acciones van a dar visibilidad al mantenimiento en esta organización, ya que hasta la fecha no se le consideraba como actividad estratégica que pudiera contribuir de forma decisiva a la mejora de la competitividad de la empresa.

## 6 I LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE ACTUACIÓN

El trabajo de campo se ha desarrollado en condiciones reales de funcionamiento en una empresa donde no siempre se han podido establecer condiciones repetitivas o estandarizadas, lo que de alguna forma ha restringido la obtención de datos uniformes.

Como futuras líneas de actuación, se pretende instrumentar las máquinas para obtener información de su estado y generar una base de datos digital que facilite la gestión de los datos obtenidos, estableciendo una primera etapa para implantar el concepto de “Industria 4.0” por una parte, y además comenzar a abordar el Mantenimiento por Condición.

También con la filosofía de “Mejora Continua” se utilizará en lo sucesivo el concepto de Ciclo de Deming aplicando de forma reiterativa el método descrito de caracterización-diagnóstico-aporte de mejoras utilizando como herramienta la fiabilidad.

## REFERENCIAS

- Aguilar Rivera, N., Mendoza, Galindo, Fontanela Martínez, J., & Contreras Servín, C. (2010). *Competitividad internacional de la Industria Azucarera de México* internacional. competitiveness of mexico's sugar industry. In *Theoria* (Vol. 19).
- Apolo, P., & Salavert, J.M. (2019). *Reingeniería del mantenimiento de una máquina lavadora de botellas para industria cervecera*. Revista MANTENIMIENTO, n° 327 Septiembre, 12-16.
- Banco Central (2018). *Informe económico MICM*, Santo Domingo, República Dominicana.
- Hernandez, A., & Galar, D. (2014). *Techniques of Prognostics for Condition-Based Maintenance in Different Types of Assets*.
- Ingenio Azucarero Alcoholes Finos Dominicano, AFD (2019). *Informe zafra azucarera y Producción*, San Pedro de Macorís, República Dominicana.
- Instituto Azucarero Dominicano, INAZUCAR (2019). *Informe preliminar zafra azucarera*, Santo Domingo, D. N.
- Instituto Azucarero Dominicano, INAZUCAR (2015). *Protocolos de Procesos de Manufactura de la azúcar*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Instituto Azucarero Dominicano. <http://www.inazucar.gov.do/> , visto el 15 de Marzo de 2020.
- ISO (2015). Sistema de Gestión de Calidad. Requisitos y directrices. ISO 9001:2015.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2017), OCDE-FAO PERSPECTIVAS AGRÍCOLAS 2017-2026.
- Peidro, J., Tormos, B., Olmeda, P., & Salavert, J.M. (2014). *Ejercicios prácticos de ingeniería del mantenimiento. Segunda edición*.
- Ramjeawon T. *Life cycle assessment of electricity generation from bagasse in Mauritius*. Journal of Cleaner Production 2008; 16: 1727–1734.
- Ramos, R. D., & Ramos, R. D. (2018). Portal Único de Solicitud de Acceso a la Información Pública (SAIP). 8696.
- Tekin T, Bayramoglu M. (2001). Exergy and structural analysis of raw juice production and steam-power units of a sugar production plant. *Energy*; 54: 277.
- Tormos, B., Olmeda, P., & Macián, V. (2011). *Fundamentos de ingeniería del mantenimiento*, Primera edición.

## ÍNDICE SPAD PARA MONITORAMENTO DA ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA DA BRAQUIÁRIA SUBMETIDA AO ESTRESSE HÍDRICO

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 04/08/2021

### Natália Fernandes Rodrigues

Universidade Federal Fluminense  
Niterói – RJ  
<https://orcid.org/0000-0003-2134-733X>

### Germana de Oliveira Carvalho

Universidade Federal Fluminense  
Rio de Janeiro – RJ  
<https://orcid.org/0000-0002-2450-0005>

### Silvio Roberto de Lucena Tavares

Embrapa Solos  
Rio de Janeiro – RJ  
<https://orcid.org/0000-0003-4733-4625>

### Guilherme Kangussu Donagemma

Embrapa Solos  
Rio de Janeiro – RJ  
<https://orcid.org/0000-0003-0535-4783>

### Eliane de Paula Clemente

Embrapa Solos  
Rio de Janeiro – RJ  
<https://orcid.org/0000-0002-7814-0455>

**RESUMO:** Muitas espécies de plantas são sensíveis ao estresse hídrico e quando submetidas a ele por longos períodos podem ocasionar perdas significativas para o produtor. O objetivo do estudo foi avaliar as respostas fotossintéticas e estimar indiretamente a quantidade total de Nitrogênio do capim braquiária em situação de estresse utilizando o índice SPAD como método

de monitoramento. Para tal foram avaliados os valores SPAD em 5 lâminas de irrigação (20%, 40%, 60%, 80% e 100% da Capacidade de Campo) e Nitrogênio total (NT) da parte aérea ao longo dos 3 ciclos da cultura. Os maiores valores SPAD foram observados nas lâminas de maior estresse, 20% e 40% da capacidade de campo. Corroborando a isto, os valores de nitrogênio em lâminas de estresse também apresentaram valores significativos em relação ao controle. Indicando, portanto, que o SPAD foi eficiente em determinar indiretamente os teores de nitrogênio nas folhas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Brachiaria brizantha*; déficit hídrico; SPAD.

### SPAD INDEX FOR MONITORING THE PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF BRACHIARIA UNDER WATER STRESS

**ABSTRACT:** A lot of plant species are sensitive to water stress and under stress for long periods can entail significant losses for the farmer. The objective of the study was to evaluate the photosynthetic response and indirectly estimate the total amount of nitrogen in brachiaria grass under stress using the SPAD index as a monitoring method. For this it was evaluated the SPAD values in 5 irrigation blades (20%, 40%, 60%, 80% e 100% of field capacity) and total nitrogen (NT) of the aerial part along the 3 crop cycles. The highest SPAD values were observed in the highest stress blades, 20% and 40% of the field capacity. Corroborating this, the nitrogen values in stress blades also demonstrated significant higher values in relation to the control. Therefore, indicating that the SPAD was efficient in indirectly

determining the nitrogen contents in the leaves.

**KEYWORDS:** *Brachiaria brizantha*; water stress; SPAD.

## 1 | INTRODUÇÃO

O déficit hídrico promove diversas alterações biométricas e fisiológicas nas culturas agrícolas, como fechamento parcial dos estômatos, a redução na condutância estomática pela menor eficiência aparente de carboxilação da fotossíntese, o aumento do potencial hídrico foliar, a redução do diâmetro do colmo e área foliar, Marcos *et al.* (2018), oxidação dos experimentos fotossintéticos e de proteínas e maior extravasamento de eletrólitos (MACHADO *et al.*, 2009). Dependendo da intensidade e severidade do estresse, este pode comprometer o crescimento e desenvolvimento das plantas, diminuindo assim a produção e qualidade das gramíneas.

No solo, a água provoca alterações físico-químicas e essas mudanças alteram o pH, interferindo na dinâmica de disponibilidade de alguns nutrientes, tais como o nitrogênio, de acordo com Scivittaro e Machado (2004). Aproximadamente 70% do nitrogênio nas plantas está presente na síntese e na estrutura das moléculas de clorofila, pigmento responsável pela captura da luz utilizada na fotossíntese, sendo elas imprescindíveis para a fase fotoquímica que objetiva converter a energia luminosa em energia química (ARGENTA *et al.*, 2004).

Nesse cenário, uma das formas de avaliar indiretamente o nitrogênio nas plantas é através de leituras SPAD realizadas por clorofilômetros portáteis que estimam o estado de nitrogênio na planta de acordo com a intensidade do verde das folhas uma vez que o teor de clorofila é correlacionado com a concentração de nitrogênio (MARENCO e LOPES, 2007). Dessa forma, o equipamento estima o teor de clorofila nos tecidos foliares medindo a transmitância de luz através da folha nos comprimentos de onda de 650 nm (luz vermelha, absorvida pela clorofila) e 940 nm (luz infravermelha, sem absorção de clorofila).

O presente trabalho avaliou a gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida ao estresse hídrico através da quantificação indireta de N pelo índice SPAD.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Campus Gragoatá da Universidade Federal Fluminense - UFF, no município de Niterói/RJ (22°54'00"S; 43°08'00"W e alt.: 8 m), no período de 16 de julho de 2019 a 10 de Fevereiro de 2020. O experimento foi conduzido em vasos plásticos de 4 dm<sup>3</sup>. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

O experimento foi conduzido seguindo-se um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os produtos comerciais, e nas subparcelas as lâminas de água

avaliadas no delineamento inteiramente ao acaso. Foi constituído por 6 tratamentos, 5 níveis irrigação (100%, 80%, 60%, 40% e 20% da Capacidade de Campo - CC) com 4 repetições, totalizando 120 unidades experimentais. Os tratamentos foram: Testemunha (TT), Calcário dolomítico incorporado (CD), Agrosilício Mg incorporado (AMG), Calcário incorporado com Agrosilício Mg em cobertura (CMG), Agrosilício Plus incorporado (AP) e Agrosilício Plus incorporado com Agrosilício Mg em cobertura (APMG). Sendo calculados através da análise do solo experimental e das doses recomendadas pelos fabricantes, visando a correção da acidez do solo pelo método de saturação de bases.

No estágio inicial do experimento foram realizadas irrigações considerando 70% da capacidade de campo em todos os tratamentos, de modo a assegurar uniformidade de germinação e completo estabelecimento das forrageiras nos vasos. Ao final do primeiro ciclo (45 dias), as plantas foram cortadas numa altura de 10 cm, sendo, então, aplicadas as lâminas de irrigação diferenciadas, utilizando-se o sistema de pesagens de vasos, que se estendeu até o final da condução do experimento. Todos os tratamentos foram submetidos a 4 ciclos de 45 dias, sendo o primeiro desprezado, com cortes de material vegetal e análise dos macros e micronutrientes.

Visando a garantia do bom desenvolvimento da cultura, após a semeadura, todos os vasos receberam uma adubação adicional de solução nutritiva contendo N, P, K, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, segundo a recomendação de Furnali et al (1999) modificado pela Embrapa Solos para esta cultura específica.

As leituras SPAD foram realizadas através do clorofilômetro SPAD-502 (Soil and Plant Analysis Development) a cada período de 7 dias corridos. Cada unidade experimental foi mensurada através da média de 3 medidas em folhas distintas visando obter valores homogêneos. As leituras SPAD foram realizadas a cada ciclo, acompanhando-se o desenvolvimento da gramínea, totalizando em média 136 medições por nível de irrigação cada ciclo.

Ao final de cada ciclo, toda a massa verde colhida nas amostras simuladas foi acondicionada em sacos de papel, devidamente identificada, e imediatamente pesada. Em seguida, as amostras foram colocadas para secar a 65 °C, em estufa com circulação forçada de ar, por um período de 72 horas ou até obter peso constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas novamente e, depois de moídas, encaminhadas para análises químicas pelo método semimicro Kjeldahl (TEDESCO *et al.*, 1995) visando obter os teores de Nitrogênio (N) na parte aérea da Braquiária.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as variáveis qualitativas submetidas ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade, através do software estatístico SISVAR® e as quantitativas, a análise de regressão.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre as leituras SPAD e os níveis de irrigação (100%, 80%, 60%, 40% e 20% da Capacidade de Campo) foi determinada através do método da regressão linear, sendo que o modelo que apresentou maior coeficiente de regressão foi o ajuste polinomial. Sendo assim, tal ajuste foi realizado para cada ciclo, totalizando 3 polinômios.

A Figura 1 apresenta o ajuste polinomial para o ciclo 1. Nota-se valores mais altos de leitura SPAD à 20% e 40% da capacidade de campo, havendo um declínio entre 60%, 80% e 100% da Capacidade de campo. Demonstrando relação inversa ao esperado, visto que em lâminas de reposição maiores espera-se maior desempenho fotossintético das culturas. No entanto, tal resposta pode estar ligada a uma maior produção de clorofila na tentativa de resistir ao estresse hídrico.

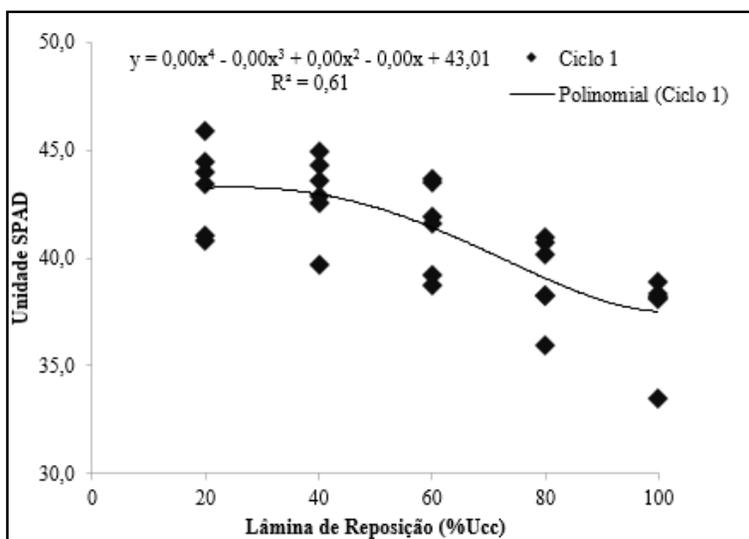


Figura 1: Valores de SPAD ciclo 1 em diferentes lâminas de reposição

A Figura 2 apresenta o ajuste para o ciclo 2, no qual o declínio se mostra mais acentuado, mas ainda assim com comportamento semelhante ao primeiro ciclo. O nível contendo 20% da capacidade de campo novamente apresentou valores mais altos, seguido de 40% da capacidade de campo. Comparando-se com o ciclo 1, as médias dos valores obtidos em todos os níveis se encontram em intervalos mais baixos.

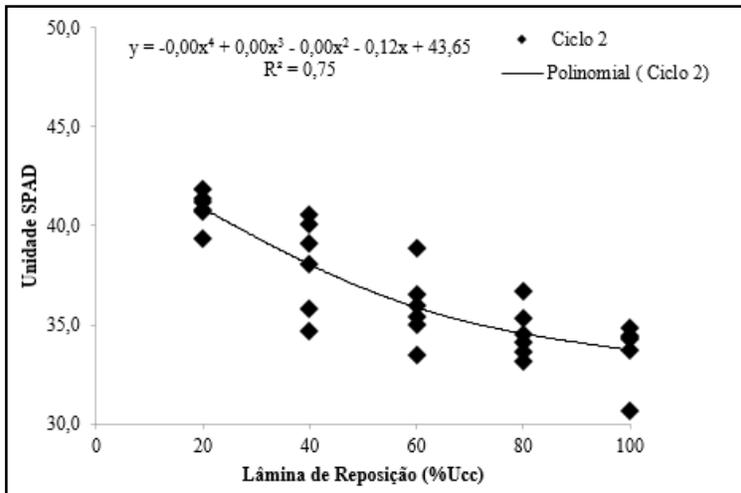


Figura 2: Valores de SPAD ciclo 2 em diferentes lâminas de reposição

A Figura 3 apresenta o ajuste para o ciclo 3. Neste gráfico fica nítido que houve um declínio mais acentuado de valores SPAD para a lâmina 100% da CC. Provavelmente, esse declínio se deve a uma possível saturação dos vasos, por não possuírem sistema de drenagem (furos), e conseqüentemente nos tratamentos de menor desenvolvimento vegetal, acarretou ao longo dos ciclos, uma menor evapotranspiração. Essa saturação pode ter ocasionado um impedimento de barreira física que não permitiu um maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas submetidas a esse nível de reposição de água de irrigação.

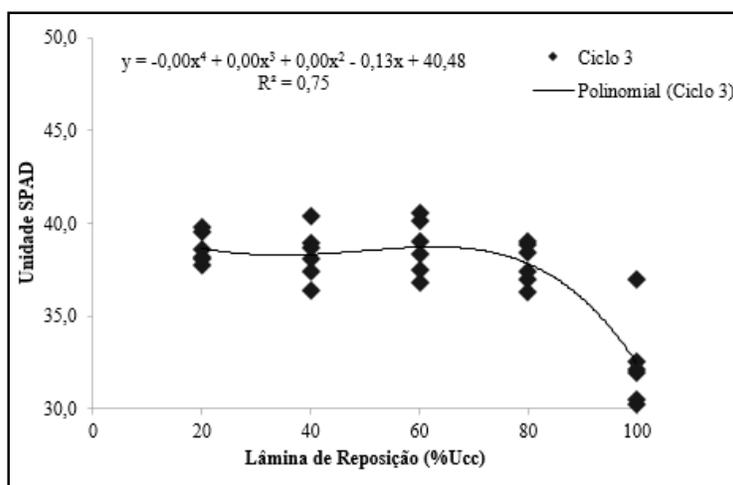


Figura 3: Valores de SPAD ciclo 3 em diferentes lâminas de reposição.

Tais dados estão de acordo com o observado por Santos et al. (2013) em seu estudo sobre gramíneas tropicais submetidas a estresse hídrico. Eles também identificaram que houve diferença nas leituras SPAD nos níveis 25% e 100% da CC, sendo o de 25% o que apresentou valores mais altos e o de 100% mais baixos, o que indica diferentes mecanismos de respostas da gramínea ao déficit.

Os dados referentes ao Nitrogênio Total para cada ciclo estão dispostos na Tabela 1.

Lâmina	NT ciclo 1	NT ciclo 2	NT ciclo 3
%	-----g.Kg <sup>-1</sup> .vaso <sup>-1</sup> -----		
100	0,50 a	0,16 c	0,18 b
80	0,45 ab	0,17 bc	0,22 bc
60	0,42 b	0,30 a	0,29 a
40	0,33 c	0,31 a	0,27 ab
20	0,20 d	0,22 b	0,19 b
CV (%)	25,44	28,12	30,42

\*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 1: Nitrogênio Total (NT) acumulado em cada ciclo da cultura

Nota-se que a lâmina de 20% da CC apresentou valores mais baixos no ciclo 1 e 3, possivelmente se deve ao fato da gramínea estar sob condição de maior estresse hídrico. Submetida a essas condições, a planta, como mecanismo de sobrevivência, promove o fechamento dos aparatos estomáticos. As taxas fotossintéticas diminuem, consequentemente, interferindo em seu crescimento e absorção de nutrientes.

Tais resultados também foram observados por Magalhães et al. (2016) estudando os efeitos dos níveis de estresse hídrico em Sorgo. Esses autores constataram que estresses mais elevados apresentaram maiores teores de nitrogênio, enquanto estresses médios ou amenos não causaram efeitos significativos.

## 4 | CONCLUSÕES

A tendência das maiores leituras do índice SPAD da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu apresenta m-se nos níveis de menores disponibilidades hídricas (20% e 40% da CC).

O SPAD se mostrou eficiente para avaliar indiretamente o teor de nitrogênio na gramínea submetida à estresse hídrico.

## AGRADECIMENTO

Os autores expressam seu agradecimento à Embrapa, à HARSCO e à Universidade Federal Fluminense que proporcionaram a realização desta pesquisa.

## CONFLITO DE INTERESSES

Autores declararam não ter conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. **Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize**. *Ciência Rural*, v. 34, n. 5, p. 1379-1387, 2004.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa; Informação Tecnológica, 353 p., 2013.

FURLANI PR; SILVEIRA LCP; BOLONHEZI D; FAQUIN V. 1999. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC. 52p. (Boletim Técnico, 180).

MACHADO, R.S.; RIBEIRO, R.V., MARCHIORI, P.E.R.; MACHADO, D.F.S.P.; MACHADO, E.C.; LANDELL, M.G.A. **Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.1575-1582, 2009.

MARCOS, F.C.C.; SILVEIRA, N.M.; MOKOCHINSKI, J.B.; SAWAYA, A.C.H.F.; MARCHIORI, P.E.R.; MACHADO, E.C.; SOUZA, G.M.; LANDELL, M.G.A.; RIBEIRO, R.V.. **Drought tolerance of sugarcane is improved by previous exposure to water deficit**. *Journal of Plant Physiology*, v.223, p.9-18, 2018.

MAGALHÃES, P. C.; SIMEONE, M. L. F.; CARNEIRO, N. P.; GOMES JÚNIOR, C. C.; SOUZA, T. C. de; OLIVEIRA, A. C. de; FONSECA, T. M de. **Efeitos de Diferentes níveis de estresse hídrico na caracterização ecofisiológica de genótipos de sorgo**. XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Bento Gonçalves, RS, 2016.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2007.

SANTOS, C. C.; SILVA, E. M. B.; SILVA, T. J. A.; SANTOS, T. de F. S.; MATOS, D. S. **Gramíneas tropicais submetidas ao estresse hídrico**. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 17, 2013.

SCIVITTARO, V. B.; MACHADO, M. O. **Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado**. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR, A.M. (eds). *Arroz irrigado no sul do Brasil*. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica. Cap.9, p.259-303, 2004.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, n. 5, 174 p., 1995.

# CAPÍTULO 8

## TOLERÂNCIA AO ESTRESSE HÍDRICO DE *BRACHIARIA BRIZANTHA* SOB EFEITO DE FERTILIZANTES A BASE DE ESCÓRIAS DE SIDERURGIA

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 04/08/2021

### Germana de Oliveira Carvalho

Universidade Federal Fluminense  
Rio de Janeiro – RJ  
<https://orcid.org/0000-0002-2450-0005>

### Natália Fernandes Rodrigues

Universidade Federal Fluminense  
Rio de Janeiro – RJ  
<https://orcid.org/0000-0003-2134-733X>

### Silvio Roberto de Lucena Tavares

Embrapa Solos  
Rio de Janeiro – RJ  
<https://orcid.org/0000-0003-4733-4625>

### Guilherme Kangussu Donagemma

Embrapa Solos  
Rio de Janeiro – RJ  
<https://orcid.org/0000-0003-0535-4783>

### Eliane de Paula Clemente

Embrapa Solos  
Rio de Janeiro – RJ  
<https://orcid.org/0000-0002-7814-0455>

**RESUMO:** A necessidade de melhorar a produção de alimentos, agroenergia e outros produtos agropecuários para atender o crescimento da população mundial, estimula o uso eficiente de corretivos e fertilizantes e busca por soluções alternativas como, por exemplo, a utilização de escórias de siderurgia. Além disso, outro fator importante é garantir que as culturas consigam

uma boa produção em situações de baixa disponibilidade hídrica, uma vez que a água possui papel fundamental no desenvolvimento das plantas, sendo o principal veículo carreador de nutrientes do solo, além de participar de inúmeras de suas funções fisiológicas. Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo analisar a influência da aplicação de silicato de cálcio e magnésio, oriundos de resíduos de siderurgia, sobre a resistência ao déficit hídrico da gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função da disponibilidade hídrica disponível para essa cultura. O experimento foi conduzido em casa de vegetação seguindo-se um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os silicatos, e nas subparcelas as lâminas de água avaliadas (100%, 80%, 60%, 40% e 20% da Capacidade de Campo – CC) em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

**PALAVRAS-CHAVE:** Corretivo do solo, silicato, pasto.

### TOLERANCE TO WATER STRESS IN *BRACHIARIA BRIZANTHA* UNDER THE EFFECT OF FERTILIZERS BASED ON STEEL SLAG

**ABSTRACT:** The necessity to increase the production of food, agroenergy and other farming products to serve the growing world population stimulates the efficient use of corrective treatments and fertilizers and the search for alternative solutions, as, for instance, the use of steel slag. In addition, another important factor is to ensure that crops achieve good production in situations of low water availability, since water plays a fundamental role in plant development,

being the main carrier of soil nutrients, aside from participating in numerous of physiological functions. In light of the above, this paper had as its purpose evaluating the influence of the application of calcium silicate and magnesium, derived from steel industry residue, over the resistance to the hydric stress of the *Brachiaria brizantha* cv. Marandu forage, in accordance with the hydric provision available for this culture. The experiment was conducted in a greenhouse following a split plot design, with each plot carrying silicate and the subplots the water blades assessed (100%, 80%, 60%, 40% and 20% of the Field Capacity – FC), in an entire randomized design with four repetitions.

**KEYWORDS:** Soil corrective treatment; silicate; forage.

## 1 | INTRODUÇÃO

As pastagens, base da pecuária no Brasil, necessitam de técnicas de manejo eficientes e sustentáveis para o aumento da sua produtividade. Para tal, conhecer o tipo de solo e clima de uma região torna-se importante, além de observar o comportamento da cultura em condições de déficit hídrico, pois de acordo com Gaur et al. (2020), esse afeta negativamente a fotossíntese, o transporte e armazenamento de nutrientes e, como consequência, a produtividade da cultura.

No Brasil, as forrageiras mais plantadas são as espécies do gênero Braquiária, devido à sua alta produção de massa seca, resiliência, bom valor nutritivo e tolerância às diversas condições edafo-ambientais brasileiras (COSTA et al., 2006).

Visando a otimização da produtividade desta gramínea e, considerando que a maioria dos solos brasileiros são muito intemperizados, o que contribui para sua acidez, também deve-se considerar realizar a correção dessa acidez. Deste modo, a calagem torna-se fundamental para o estabelecimento e aumento de rendimento da cultura.

O calcário é o material mais utilizado para corrigir a acidez do solo. Contudo, produtos oriundos de escórias de siderurgia vêm ganhando maior destaque atualmente, pois, segundo Prezotti e Martins (2012), são produtos ricos em silicato de Cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) e silicato de Magnésio ( $\text{MgSiO}_3$ ) surgindo como uma alternativa para ser usado na correção do pH dos solos nacionais e como fonte de nutrientes.

Trabalhos recentes apresentam indicativos sobre o benefício do silício (Si) para as plantas, com destaque para sua atuação na redução do estresse vegetal em condições de estresse hídrico. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de Agrosilício Plus na tolerância da gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu ao estresse hídrico.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Campus Gragoatá da Universidade Federal Fluminense - UFF, no município de Niterói/RJ (22°54'00"S; 43°08'00"W e alt.: 8 m), no período de 16 de Julho de 2019 a 10 de Fevereiro de 2020, e foi

conduzido em vasos plásticos de 4 dm<sup>3</sup>. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

O delineamento experimental apresentou um arranjo fatorial constituído por 8 tratamentos (5 X 3): 5 níveis irrigação (100%, 80%, 60%, 40% e 20% da Capacidade de Campo - CC) e 3 fontes de corretivos: Testemunha (TT), Calcário Dolomítico incorporado (CD) e Agrosilício Plus incorporado (AP) com 4 repetições, totalizando 60 unidades experimentais.

Foram realizadas irrigações, no estágio inicial do experimento, considerando 70% da CC em todos os tratamentos, para assegurar uniformidade de germinação e completo estabelecimento das forrageiras nos vasos. Ao final do primeiro ciclo (45 dias), as plantas foram cortadas numa altura de 10 cm, sendo, então, aplicadas as diferentes lâminas de irrigação, utilizando-se o sistema de pesagens de vasos, que se estendeu até o final da condução do experimento. Todos os tratamentos foram submetidos a 4 ciclos de 45 dias, sendo o primeiro desprezado, com cortes de material vegetal e análise dos macros e micronutrientes.

Ao final de cada ciclo foram coletados dados de Altura das Folhas e Massa Seca Aérea e de Raízes. Toda a massa verde colhida nas amostras foi acondicionada em sacos de papel, devidamente identificada, e imediatamente pesada. Em seguida, as amostras foram colocadas para secar a 65 °C, em estufa com circulação forçada de ar, por um período de 72 horas ou até obter peso constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas e moídas e encaminhadas para análises químicas da matéria seca. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, por serem variáveis qualitativas, foram submetidas ao teste de Tukey, a nível de significância de 5% de probabilidade.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados das Alturas de folhas em cada lâmina de irrigação e tratamento. Nas lâminas de 100% e 20% da CC, não houve diferença estatística entre os tratamentos, exceto o TT. Em 80% e 60% da CC, todos apresentaram resultados similares. E, para 40% da CC, houve diferença entre AP e TT. Cabe ressaltar que, CD e AP apresentaram comportamento de declínio conforme a disponibilidade hídrica diminui, sendo 100% da CC o melhor, e 20% o pior. Tal resultado também foi observado por Oliveira et al. (2016), que verificaram menores alturas para plantas sujeitas às maiores tensões de água no solo.

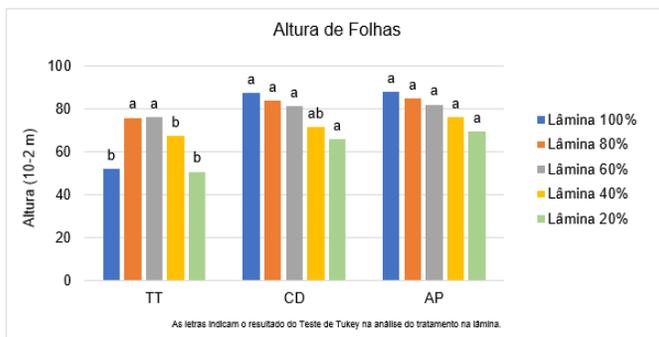


Figura 1: Altura de folhas.

A Figura 2 apresenta os resultados das Massa Seca Aérea e de Raízes em cada lâmina de irrigação e tratamento. Para Massa Seca Aérea, não houve diferença estatística entre CD e AP, mas houve entre eles e TT em todos os níveis de reposição de água.

Para Massa Seca de Raízes, em 80%, 60% e 20% da CC, os tratamentos não diferiram estatisticamente. Em 100% da CC, houve diferença entre AP e TT. E, por fim, em 40% da CC, os tratamentos TT e CD não diferiram entre si, mas AP apresentou o melhor resultado. Isto está relacionado ao efeito benéfico do Silício, proveniente do Agrosilício Plus. Besharat et al. (2020) observaram que a absorção de Silício pelas plantas tem efeito positivo no desenvolvimento da raiz, com efeitos que vão além da amenização do déficit hídrico.

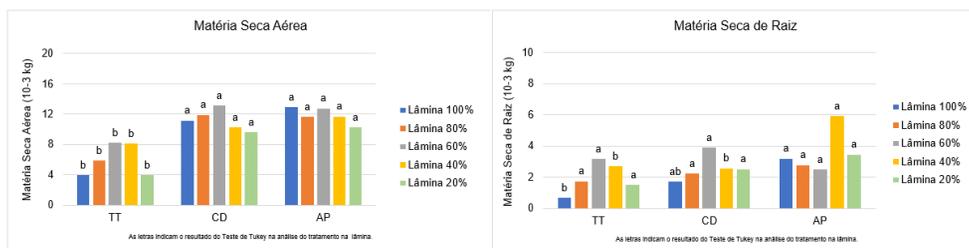


Figura 2: Matéria Seca Aérea e de Raiz.

Os resultados obtidos corroboram com Liang et al. (2007) que observaram que o Silício atua como uma barreira física ou mecânica nas plantas, estando envolvido em suas atividades metabólicas e fisiológicas, proporcionando assim, maior resistência à estresses, principalmente o hídrico. Ainda, segundo Gaur et al. (2020), o Si aumenta a resistência da planta a efeitos bióticos como insetos e pragas e, abióticos, como estresse hídrico e salino. Possivelmente isso explica por que, nas menores lâminas, o tratamento com Silício foi o que obteve melhor desempenho.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ambos os tratamentos, Agrosilício Plus e Calcário Dolomítico, se mostraram eficientes em promover a tolerância ao déficit hídrico da gramínea Braquiária. Essa, sob efeito do Agrosilício Plus, obteve melhores crescimentos no parâmetro de raízes submetido à estresse hídrico, podendo, a longo prazo, acarretar em melhores benefícios na parte aérea e matéria seca.

## AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seu agradecimento à Embrapa, à Harsco e à Universidade Federal Fluminense.

## CONFLITO DE INTERESSES

Autores declaram não ter conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

BESHARAT, S.; BARÃO, L.; CRUZ, C. **New strategies to overcome water limitation in cultivated maize: Results from sub-surface irrigation and silicon fertilization.** Journal of Environmental Management, v. 263, 2020.

COSTA, K. A. de P.; OLIVEIRA, I. P. de; FAQUIN, V. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero Brachiaria em solos do cerrado.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5ª ed. Revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa; Informação Tecnológica, 356 p., 2018.

GAUR, S.; KUMAR, J.; KUMAR, D.; CHAUHAN, D. K.; PRASAD, S. M.; SRIVASTAVA, P. K. **Fascinating impact of silicon and silicon transporters in plants: a review.** Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 202, 2020.

LIANG, Yongchao; SUN, Wanchun; ZHU, Yong-Guan; CHRISTIE, Peter. **Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: A review.** Environmental Pollution, v. 147, p. 422-428, 2007.

PREZOTTI, L. C. e MARTINS, A. G. **Efeito da escória de siderurgia na química do solo e na absorção de nutrientes e metais pesados pela cana-de-açúcar.** Revista Ceres, Viçosa, MG, v. 59, p. 530-536, 2012.

OLIVEIRA, J. R. de; KOETZ, M.; BONFIM-SILVA, E. M. SILVA, T. J. A. Da. **Silicon fertilization and soil water tensions on rice development and yield.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 20, n. 2, p. 138-143, 2016.

# CAPÍTULO 9

## PRODUÇÃO DE MASSA SECA, VOLUME RADICULAR E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE FÓSFORO EM *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU E MASSAI (*Panicum maximum* x *P. infestum*)

Data de aceite: 01/11/2021

### Elizeu Luiz Brachtvogel

Doutor em Agronomia (UNESP)  
Professor IFMT Campus Confresa

### Andre Luis Sodré Fernandes

Engenheiro Agrônomo (IFMT)  
Discente IFMT Campus Confresa

### Luis Lessi dos Reis

Doutor em Agronomia (UNESP)  
Professor IFSULDEMINAS Campus Machado

**RESUMO:** Avaliação de respostas das espécies forrageiras *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e Massai (*Panicum maximum* x *P. infestum*) a diferentes doses de fósforo. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação no IFMT – Campus Confresa, implantado em vasos plásticos de 5dm<sup>3</sup> com areia grossa lavada. Após sete dias da emergência foram selecionadas cinco plantas por unidade experimental. O delineamento experimental em blocos casualizados, combinados em esquema fatorial 5x2, totalizando 10 tratamentos com quatro repetições para cada época de coleta (30 e 60 dias após emergência). Os tratamentos consistiram em aplicações de doses de fósforo (P), via solução nutritiva, correspondentes 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da concentração de P em solução, que equivale a 0,0 mg dm<sup>-3</sup> 36,9 mg dm<sup>-3</sup>, 73,8 mg dm<sup>-3</sup>, 110,8 mg dm<sup>-3</sup> 147,6 mg dm<sup>-3</sup> respectivamente. O material vegetal coletado foi acondicionado em sacos de papel e levado

a estufa de circulação de ar, forçado à 65°C até peso constante, para determinação de massa seca. As plantas foram moídas separadamente (parte aérea e raiz) para a determinação da concentração de fósforo. Os dados foram submetidos à análise de variância a nível de 5% de probabilidade pelo teste F usando o software Sisvar. Observando-se efeito significativo para dose, espécie e interação entre os fatores (doses e espécie). Os resultados obtidos, foram em condições controladas, a espécie *Brachiaria* revelou-se ser mais eficiente na absorção e transporte do nutriente P do que a espécie Massai, conseqüentemente, alcançando maior produção de massa seca e raiz, evidenciando ser mais responsiva a adubação fosfatada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Absorção; transporte; utilização.

### PRODUCTION OF DRY MASS, ROOT VOLUME AND NUTRITIONAL EFFICIENCY OF PHOSPHORUS IN *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU AND MASSAI (*Panicum maximum* x *P. infestum*)

**ABSTRACT:** Evaluation of responses of forage species *Brachiaria brizantha* cv. Marandu and Massai (*Panicum maximum* x *P. infestum*) at different doses of phosphorus. The assay was conducted in a greenhouse at the IFMT - Confresa Campus, implanted in 5dm<sup>-3</sup> plastic vats with washed coarse sand. After seven days of emergence, five plants per experimental unit were selected. The experimental design was a randomized block design, combined in a 5x2 factorial scheme, totaling 10 treatments with four replicates for each collection period (30

and 60 days after emergence). The treatments consisted of 0, 25, 50, 75 and 100% of the concentration of P in solution, corresponding to 0.0 mg dm<sup>-3</sup>, 9 mg dm<sup>-3</sup>, 73.8 mg dm<sup>-3</sup>, 110.8 mg dm<sup>-3</sup>, 147.6 mg dm<sup>-3</sup> respectively. The collected vegetal material was conditioned in paper bags and taken to air circulating greenhouse, forced to 65°C until constant weight, to determine dry mass. The plants were ground separately (shoot and root) for determination of phosphorus concentration. The data were submitted to analysis of variance at a 5% probability level by the F test using the Sisvar software. Significant effect was observed for dose, species and interaction between the factors (doses and species). The obtained results were under controlled conditions, the *Brachiaria* species proved to be more efficient in the absorption and transport of the nutrient P than the *Massai* species, consequently, reaching higher dry mass and root yield, proving to be more responsive phosphate fertilization.

**KEYWORDS:** Absorption; transport; use.

## 1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção pecuária é predominantemente extensiva sobre pastagens nativas ou cultivadas. Os índices zootécnicos da pecuária brasileira são baixos em razão, dentre outros fatores, da baixa qualidade e, principalmente, da pequena capacidade de suporte das pastagens (SANTOS et al. 2002). Ainda segundo o mesmo autor a baixa produtividade das pastagens ou a sua diminuição com o passar dos anos após o estabelecimento em solos tropicais, tem como causas principais: (a) a elevada acidez do solo (pH < 5,0), a toxidez de alumínio e manganês e a baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente de fósforo e de nitrogênio (RAO et al. 1995 apud SANTOS et al. 2002 ); (b) o caráter extrativista com que se pratica a pecuária, ignorando-se a retirada de nutrientes do solo via produção animal (ZIMMER e CORREA 1993), e (c) o inadequado manejo das pastagens (MACEDO, 1995).

Segundo Santos et al. (2002), o elemento fósforo tem uma atuação de grande importância no crescimento do sistema radicular, bem como no perfilhamento das gramíneas que são fatores primordiais para a maior produção das forrageiras. Embora o elemento fósforo, que de acordo com Holford (1997), depois do nitrogênio seja o segundo nutriente essencial mais limitante à produção agrícola nos solos tropicais, a “construção” da fertilidade do solo em fósforo torna-se particularmente importante, uma vez que esses solos apresentam baixa disponibilidade natural e alta capacidade de adsorção e de fixação desse nutriente. Somado a esses fatos, a absorção, assimilação e translocação de nitrogênio nas plantas podem ser restringidas pela deficiência de fósforo (GNIAZDOWSKA et al. 1999). Esses apontamentos mostram que a adubação fosfatada é imprescindível à implantação e manutenção das gramíneas; no entanto, são necessários a criação de critérios mais exatos para sua recomendação, visando a uma maior eficiência econômica da pecuária. (SANTOS et al. 2002)

A determinação dos níveis críticos de fósforo no solo e na planta é necessária para o

estabelecimento das doses de fósforo a serem aplicadas e a avaliação do estado nutricional das plantas. Esses níveis críticos variam com as espécies, condições edafoclimáticas (temperatura, luminosidade, disponibilidade hídrica, tipo de solo), disponibilidade de outros nutrientes, manejo da adubação (forma, tipo e época de aplicação de fertilizantes), forma de amostragem do solo e idade da planta (ALVAREZ, 1996). Nesse sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar a produção de massa seca e eficiência nutricional das espécies forrageiras *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e Massai (*Panicum maximum* xP. *infestum*) submetida a diferentes doses de fósforo buscando encontrar uma espécie com maior eficiência nutricional, visando melhorar a relação custo/benefício na reforma de pastagens em propriedades rurais destinadas a pecuária.

## 2 | METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação nas dependências do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) - Campus Confresa, localizado nas coordenadas geográficas 10°39'40" S e 51°33'11" W, altitude de 230 m. O clima da região é, segundo a caracterização de Köppen, do tipo Aw, tropical com estação seca de inverno (junho a agosto) e verão chuvoso (dezembro a fevereiro).

### 2.1 Tratamentos e delineamento experimental

Foram aplicadas via solução nutritiva as doses de P correspondentes 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da concentração de P em solução, recomendada por Hoagland & Arnon (1950), que equivale a 0,0 mg dm<sup>-3</sup> 36,9 mg dm<sup>-3</sup>, 73,8 mg dm<sup>-3</sup>, 110,8 mg dm<sup>-3</sup> 147,6 mg dm<sup>-3</sup> respectivamente. Sendo usado no total de aproximadamente 8 L<sup>-1</sup> de solução nutritiva correspondendo as doses de 0,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 118 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 177 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 236 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

O ensaio foi combinado em esquema fatorial 5x2, totalizando 10 tratamentos com 4 repetições para cada época de coleta. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

Anteriormente à instalação do experimento, foi realizado a coleta de areia grossa a qual foi lavada com água destilada e em seguida completado os vasos plásticos de 5 dm<sup>-3</sup> e os tratamentos foram instalados semeando 10 sementes em cada vaso, das duas espécies em estudo. Sete dias após emergência foi realizado o desbaste com seleção de 5 plantas por cada unidade experimental e realizando-se a primeira aplicação da solução nutritiva. Cada vaso recebeu 20 ml da solução nutritiva, aplicada com uso de uma seringa graduada a cada 8 dias, com a quantidade de P correspondente a cada tratamento, juntamente com os demais nutrientes conforme prescritos em Rajj et al. (1996). Durante a condução do ensaio foi promovido irrigações a cada três dias, até a capacidade de campo.

## 2.2 Avaliações

Nas duas épocas de avaliação (30 e 60 dias após emergência-DAE), foram realizadas coletas das gramíneas forrageiras por meio de um corte raso a 3 cm de altura.

Para as determinações de produção de massa seca dividiu-se a planta em parte aérea e raízes. As raízes foram lavadas com jatos de água para retirada da areia. Todo material colhido foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, até a obtenção de massa constante, com a determinação de massa seca em balança analítica com precisão de 0,01 g. As plantas foram moídas separadamente (parte aérea e raiz) para a determinação da concentração de fósforo, com a obtenção do extrato utilizando digestão sulfúrica, e determinação do P por colorimetria pelo método molibdato de amônio, adaptado conforme proposto por (MALAVOLTA et al. 1974).

Para determinação de volume de raiz foi utilizado uma proveta graduada de 2.000 ml. Após completar com água de torneira até o volume de 1.600 ml foi mergulhada as raízes das gramíneas na proveta e a diferença do volume inicial foi apontado como volume de raiz.

Para determinação da eficiência nutricional foi utilizado a metodologia descrita por Bataglia et al. (1983), para calcular os índices: (a) eficiência de absorção = (conteúdo total do nutriente na planta)/(matéria seca de raízes), conforme Swiader et al. (1994); (b) eficiência de transporte = ((conteúdo do nutriente na parte aérea)/(conteúdo total do nutriente na planta)) x 100, de acordo com Li et al. (1991); (c) eficiência de utilização = (matéria seca total produzida)/ (conteúdo total do nutriente na planta), segundo Siddiqi & Glass (1981).

A massa seca total foi determinada através da soma dos valores de massa seca da parte aérea e da parte radicular. Para determinar acúmulo de P foi utilizado produto da multiplicação da concentração de P e massa seca. Para determinar acúmulo de P total foi realizado a soma do acúmulo de P da parte aérea e raiz.

## 2.3 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F usando o software Sisvar. Quando constatou interação entre os fatores avaliados, procedeu com o desdobramento do fator doses de P para cada espécie forrageira. Em caso contrário, se significativo, procedeu com teste de média para cada espécie forrageira e, para doses de P, análise de regressão, calculada para equações lineares e quadráticas. Foram consideradas apenas as equações significativas a 1 (\*\*) e 5 (\*) % de probabilidade pelo teste F; quando ambas apresentaram diferença estatística, foi feita a opção por aquela com maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabela 1, 2, 3 e 4 estão apresentados os resumos das análises de variância.

Observou-se para a produção de massa seca parte aérea época 30 e 60 DAE e volume de raiz época 60 DAE, diferença significativa para o fator espécies, que foram influenciadas pelas doses de fósforo. Os valores estão representados em gráficos de barras (figura 1). Para massa seca total época 30 DAE observou-se diferença significativa para fator dose e, os dados ajustaram-se a equação de segundo grau linear (figura 1). Não se observando diferença significativa para massa seca de raiz nas épocas 30 e 60 DAE, massa seca total época 60 DAE e volume de raiz época 30 DAE.

FV	MS P.A		MS Raiz		MS Total		Volume de Raiz	
	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE
Espécie	16,978*	1102,815*	0,372 <sup>ns</sup>	248,701 <sup>ns</sup>	12,321 <sup>ns</sup>	2398,936 <sup>ns</sup>	87,025 <sup>ns</sup>	11458,225*
Dose	1,039 <sup>ns</sup>	168,541 <sup>ns</sup>	6,946 <sup>ns</sup>	521,950 <sup>ns</sup>	5,887 <sup>ns</sup>	1234,843 <sup>ns</sup>	75,087 <sup>ns</sup>	1207,912 <sup>ns</sup>
Espécie x Dose	2,313 <sup>ns</sup>	36,566 <sup>ns</sup>	8,420 <sup>ns</sup>	547,593 <sup>ns</sup>	18,971*	807,486 <sup>ns</sup>	54,087 <sup>ns</sup>	2299,787 <sup>ns</sup>
<b>C.V (%)</b>	82,910	92,920	70,510	80,140	51,400	65,740	62,530	66,920
Média	1,124	14,327	3,027	26,897	4,151	41,223	8,775	71,925

Tabela 1. Quadro de análise de variância de massa seca (g) parte aérea, raiz e total; volume de raiz (cm<sup>3</sup>) para as épocas 30 e 60 dias após emergência - DAE. <sup>ns</sup> Não significativo a nível de 5%. \*Significativo ao nível de 5%.

Observou-se que a espécie *Brachiaria* obteve maior produção de massa seca parte aérea quando comparada ao *Massai* nas duas épocas testada (figura 1). A espécie *Brachiaria* conseguiu desenvolver-se melhor em parte aérea e radicular, resultados também encontrado por Silva (1996), que verificou incrementos na produção de massa seca da parte aérea e das raízes, bem como na concentração de fósforo nas folhas de capim *Brachiaria* devido ao aumento do suprimento de fósforo na solução nutritiva, confirmando os resultados obtidos nesta pesquisa, onde foi observado maior incremento na produção de parte aérea do que radicular. Rossi e Monteiro (1999), também observou acréscimos mais acentuados na produção de parte aérea que nas raízes, em estudos com gramíneas da espécie *Brachiaria*, fato também constatado por Martinez (1980), em pesquisa com a espécie *Braquiária*.

Segundo Ferri (1985), a produção de parte aérea e área foliar é essencial devido ser as folhas as principais responsáveis pela captação da energia solar e pela produção de matéria orgânica através da fotossíntese.

Para volume de raízes época 60 DAE verificou-se diferença significativa entre as espécies, sendo a *Brachiaria* a espécie que obteve maior resposta em função das doses de P empregadas, obtendo maior volume de raízes (figura 1). Raij (1991) explica que o P em quantidades adequadas, estimula o desenvolvimento radicular e promove a precocidade da produção. Gardner *et al.* (1985), citado por Rossi e Monteiro (1999), afirmam que plantas bem supridas com P desenvolvem mais raízes que plantas deficientes. O mesmo autor

ainda afirma que isso ocorre devido a disponibilidade do fósforo influenciar a fotossíntese, que por sua vez resulta em aumento no crescimento radicular.

Para massa seca total época 30 DAE, verificou-se interação entre os fatores (doses x espécie). No desdobramento da interação para o estudo de doses de P dentro de cada espécie de gramínea, observou-se efeitos significativos para espécie Massai, que promoveu efeito linear positivo (figura 1). Na época 30 DAE a espécie Massai obteve resposta crescente em função das doses de P, tendo teto máximo de produção na dose 100%. Tais resultados estão de acordo com os observados por Oliveira et al. (2004), que constatou incremento na produção de massa seca do capim-de-raiz (*Chloris orthonoton*) em função das doses de P aplicadas. Através desta pesquisa ficou evidente a velocidade de desenvolvimento (parte aérea e raiz) da espécie Massai na fase inicial de implantação (30 DAE). Observou-se que é uma espécie pouco responsiva adubação fosfatada o que explica o seu rápido desenvolvimento a curto prazo, sendo, este desenvolvimento cessado aos 60 DAE, onde verificou maior crescimento para a espécie Brachiaria. Essa característica da espécie Massai pode estar associado a sua habilidade de adaptar-se bem a condições limitantes e ambientes adversos.

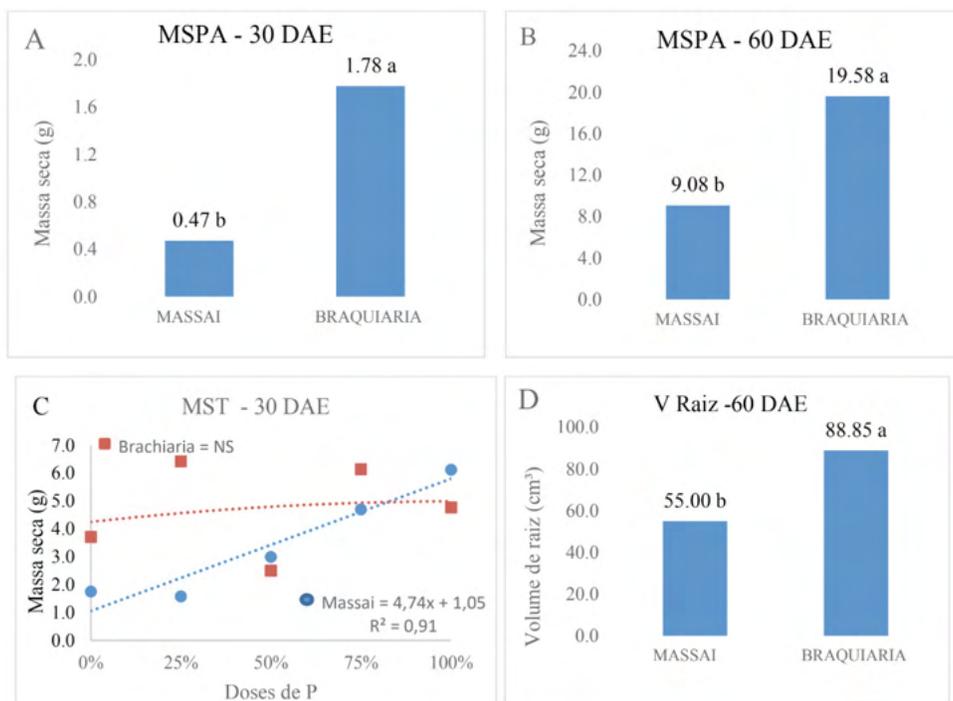


Figura 1. (A) Massa seca parte aérea época 30 DAE. (B) Massa seca parte aérea época 60 DAE. (C) Massa seca total época 30 DAE. (D) Volume de raiz época 60 DAE.

Neste estudo observou-se que a espécie *Brachiaria* obtém-se maior eficiência de extrair e acumular nutriente. Essa habilidade da espécie promove um melhor desenvolvimento e maior incremento na produção vegetal (parte aérea e raiz) a longo prazo, o que evidencia maior produção de massa seca total para a gramínea que pode ser constatado nos resultados obtidos na época 60 DAE quando comparado a espécie *Massai* na mesma época de avaliação. Tal ocorrência pode ser associado ao fato da genética da planta e também da eficiência nutricional da espécie, o que condiciona uma maior realização de fotossíntese e produção de energia, por sua vez, potencializa o máximo desenvolvimento da planta (parte aérea e raiz) (tabela 1).

Segundo Malavolta (2006), o P promove maior crescimento da forrageira principalmente por desempenhar função estrutural na planta além de fazer parte de compostos orgânicos como o ATP, os aminoácidos e de todas as enzimas e assim participa de diversos processos metabólicos, em especial no processo de transferência e de armazenamento de energia.

Segundo Melo (2016), teor refere-se à concentração, (por exemplo, %, g/kg, mg/kg), enquanto que o conteúdo se refere à quantidade do elemento em um órgão, parte aérea, raízes, toda a planta (por exemplo, g/planta, mg/planta).

Para concentração de P no tecido vegetal não constatou diferença significativa na parte aérea e radicular na época 30 DAE. Observou-se diferença significativa para fator espécie parte radicular época 60 DAE (tabela 2). Os dados estão representados em gráficos de barras (figura 2). Verificou-se interação dos fatores (doses e espécie) para parte aérea época 60 DAE (tabela 2). No desdobramento da interação para o estudo de doses de P dentro de cada espécie de gramínea observou-se diferença significativa para espécie *Brachiaria*. Os dados melhor se ajustaram na equação polinomial de segundo grau (figura 2), com R<sup>2</sup> de 0,91.

FV	C P.P.A		C P. Raiz	
	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE
Espécie	0,087 <sup>ns</sup>	0,000336 <sup>ns</sup>	0,019 <sup>ns</sup>	0,554*
Dose	0,029 <sup>ns</sup>	0,125 <sup>ns</sup>	0,146 <sup>ns</sup>	0,041 <sup>ns</sup>
Espécie x Dose	0,132 <sup>ns</sup>	0,210*	0,090 <sup>ns</sup>	0,041 <sup>ns</sup>
<b>C.V (%)</b>	44,910	67,600	108,450	95,730
Média	0,512	0,404	0,296	0,185

Tabela 2. Quadro de análise de variância da concentração de fósforo (P) g kg<sup>-1</sup> parte aérea e raiz épocas 30 e 60 dias após emergência - DAE. <sup>ns</sup> Não significativo ao nível de 5%. \*Significativo ao nível de 5%

Observou-se tendência ao declínio da curva em função das doses crescente de P. Provavelmente isso ocorreu devido a espécie *Brachiaria*, época 30 DAE, estar em

fase de implantação (crescimento vegetativo). Já na época 60 DAE a espécie conseguiu maior desenvolvimento (parte aérea e radicular), conseqüentemente maior incremento na produção de matéria seca, evidenciando que a tendência ao declínio da curva em função das doses crescentes de P foi promovida pelo efeito diluição do elemento P na planta, que também foi observado por Prezotott et al. 2012 e proposto por Lemaire et al. 1997.

Para concentração de P radicular, notou-se maior concentração para espécie Brachiaria. Segundo Crusciol et al. (2005) e Ribeiro et al. (2010), a adubação fosfatada atua também no desenvolvimento radicular das culturas e favorece a absorção de água e nutrientes que está de acordo com resultados encontrados nesta pesquisa. Segundo Almeida (2016), algumas plantas tem como vantagem, respostas às baixas concentrações de P no solo pelo aumento do sistema radicular, desenvolvendo rapidamente raízes laterais com abundantes pêlos radiculares que melhoram a habilidade da planta em explorar o solo em busca de novas reservas de P do solo, e o extraem eficientemente quando áreas com alto teor de P são encontradas

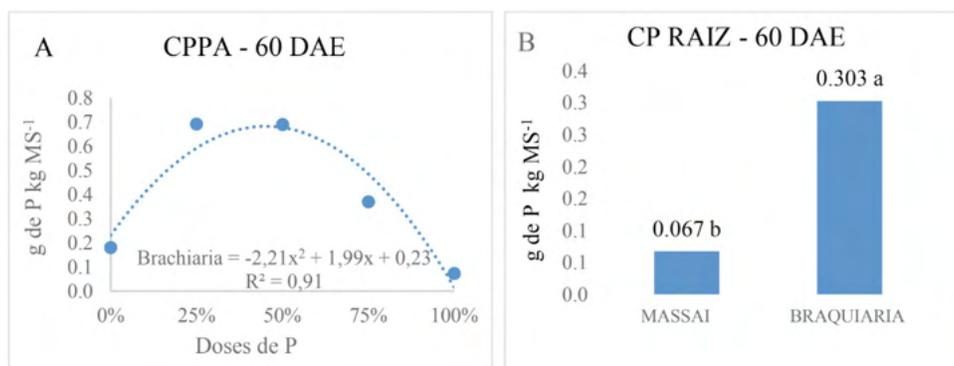


Figura 2. (A) Concentração de P parte aérea época 60 DAE. (B) Concentração de P raiz época 60 DAE.

Segundo Faquin (2005), citado por Melo (2016), a literatura reporta que o fósforo é um dos macronutrientes menos exigido pelas plantas e, que para o ótimo crescimento vegetal, a quantidade deste nutriente varia, dependendo da espécie e do órgão analisado, de 0,1 a 0,5% na matéria seca. Melo (2005) explica que há uma série de trabalhos científicos com enfoque na adubação fosfatada em gramíneas e também as respostas da espécie em crescimento e produção, a determinação do nível crítico e da concentração de P no tecido vegetal. Outros trabalhos avaliando concentração de P em gramíneas, observou variação de 0,7 a 6,8 g.kg<sup>-1</sup> de P na planta recebendo doses crescentes de P (MARTINEZ, 1980; ROSSI & MONTEIRO, 1999).

Para concentração de P parte aérea época 60 DAE observou-se que a espécie Brachiaria obteve concentração máxima de 0,69 g kg<sup>-1</sup> de P. Para parte radicular época 60 DAE verificou-se concentração máxima de 0,303 g kg<sup>-1</sup> de P (figura 2). Costa et al. (2007),

observaram concentrações de até 1,8 g kg<sup>-1</sup> em *Brachiaria brizanta* em regime de corte. Em observações feitas por Guss et al. (1990), verificaram-se que os níveis críticos de P na parte aérea de plantas de *B. brizanta* cultivadas em latossolos variaram de 1,3 a 2,5 g kg<sup>-1</sup>; resultados semelhantes também encontrado por Santos-Filho et al. (2007), em estudos dos níveis adequados de P para gramíneas, que conclui-se ficar em torno de 1,0 a 2,3 g kg<sup>-1</sup>.

Para Melo (2016), a faixa de concentração adequado de P na parte aérea de capins é de 0,8 a 3 g kg<sup>-1</sup>. Em contraposição a esse trabalho, verificou-se concentrações de P abaixo do citado para parte aérea. Já Rossi e Monteiro (1999), obtiveram resultados semelhantes para concentrações de fósforo em experimento com capim-braquiária variando de 0,43 g kg<sup>-1</sup> na menor dose aplicada, até um máximo de 3,6 g kg<sup>-1</sup> na mais alta dose de fósforo. Nesta pesquisa observou-se que a concentração de P nas raízes foram inferior ao da parte aérea para a espécie *Brachiaria* (figura 2), fato também constatado por Martinez (1980) e Almeida (1998), em estudos com capim *Brachiaria* onde verificou baixas concentrações desse nutriente nas raízes em relação à parte aérea da gramínea, corroborando com os resultados de Silva (1996) e Almeida (1998).

Segundo Guss et al. (1990), citado por Rossi e Monteiro (1999), o aumento na concentração de fósforo na matéria seca com o aumento na dose de fósforo mostra que espécies do gênero *Brachiaria* possuem capacidade de acumular fósforo no tecido após atingir o crescimento máximo, Martinez (1980) e Almeida (1998), também observaram que o aumento das doses de fósforo na solução nutritiva proporcionou incremento na concentração de fósforo do capim Braquiária podendo também se constituir em um mecanismo de defesa da planta, que acumula fósforo inorgânico nos vacúolo celulares como reserva para mobilizá-lo em condições adversas.

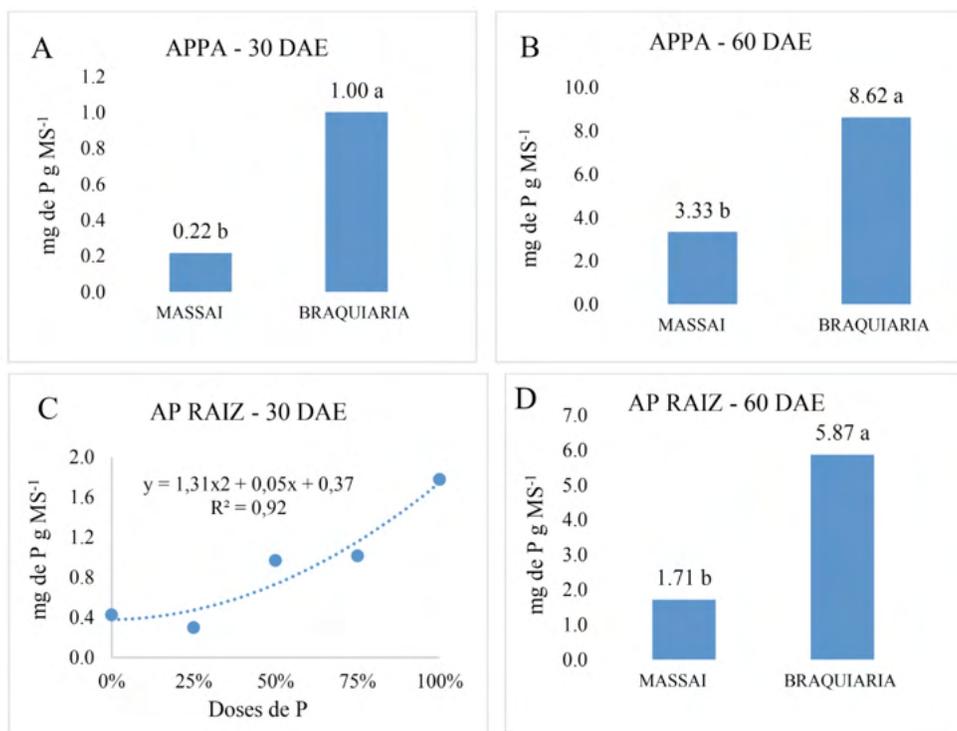
Para acúmulo de P, observou-se diferença significativa na parte aérea, época 30 e 60 DAE e parte radicular, época 60 DAE para o fator espécies (*Brachiaria* e *Massai*). Os dados estão representados em gráficos de barras (figura 3). Para acúmulo de P parte radicular época 30 DAE observou-se diferença significativa para fator dose. Os dados se ajustaram na equação quadrática polinomial de segundo grau.

	A P P.A		A P Raiz		A P Total	
	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE
Espécie	6,159*	279,666*	0,206 <sup>ns</sup>	173,172*	4,109 <sup>ns</sup>	893,006 <sup>ns</sup>
Dose	0,572 <sup>ns</sup>	90,290 <sup>ns</sup>	2,750*	3,784 <sup>ns</sup>	2,536 <sup>ns</sup>	112,143 <sup>ns</sup>
Espécie x Dose	1,102 <sup>ns</sup>	124,929 <sup>ns</sup>	0,955 <sup>ns</sup>	18,160 <sup>ns</sup>	3,865*	225,125*
<b>C.V (%)</b>	107,100	129,470	87,950	91,190	64,460	86,680
Média	0,610	5,978	0,897	3,793	1,507	9,771

Tabela 3. Quadro de análise de variância de acúmulo de fosforo (P) em mg g, parte aérea, raiz e total nas épocas 30 e 60 dias após emergência - DAE. <sup>ns</sup> Não significativo ao nível de 5%. \*Significativo ao nível de 5%

Para acúmulo de P total observou-se diferença significativa na interação dos fatores (doses e espécie) nas épocas 30 e 60 DAE. Os valores ajustaram a equação polinomial de segundo grau (figura 3).

Para parte aérea verificou-se nas duas épocas de avaliações incremento no acúmulo de P para espécie Brachiaria, sendo esta, bem superior a quantidade observada para a espécie Massai. Melo (2005), também observou diferença significativa no total do elemento P extraído pela parte aérea do capim Brachiaria para as doses de P em diferentes períodos de avaliações. Nunes et al. (2008), encontrou resultados semelhantes, observando maiores concentrações e acúmulo de P em Brachiaria do que em Panicum, na menor dose desse elemento, sugerindo maior eficiência de aquisição de P, quando esse nutriente encontra-se em baixa disponibilidade no solo.



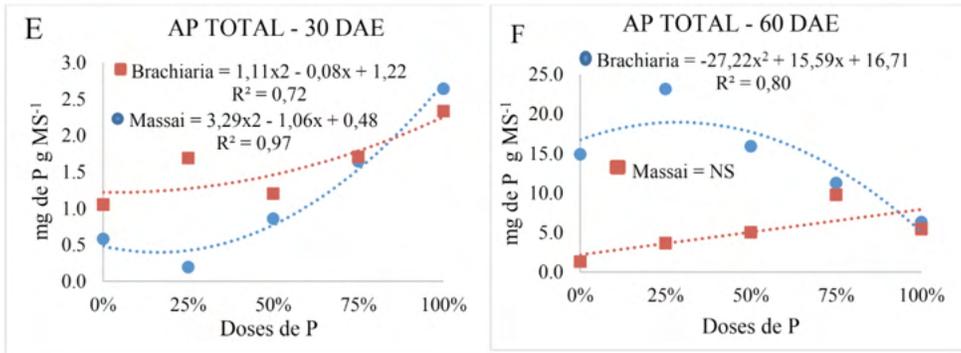


Figura 3. (A) acúmulo de P parte aérea época 30 DAE. (B) acúmulo de P parte aérea época 60 DAE. (C) acúmulo de P raiz época 30 DAE. (D) acúmulo de P raiz época 60 DAE. (E) acúmulo de P total época 30 DAE. (F) acúmulo de P total época 60 DAE.

Santos (1999), trabalhando com espécie *Brachiaria* observou que o acúmulo de P na parte aérea da forrageira acompanhou a variação da produção de massa seca da gramínea, confirmando os resultados encontrados nesta pesquisa, onde as respostas para acúmulo de P parte aérea acompanhou a variação de resposta de massa seca da espécie nas duas épocas de avaliação (Figura1).

Para acúmulo de P parte radicular época 30 DAE, observou-se diferença significativa para fator dose. Os dados ajustaram-se na equação polinomial de segundo grau (figura 3). Verificou-se uma tendência crescente positiva de resposta no aumento das doses de P, concordando com Silva (1996), que também verificou aumento na quantidade acumulada de fósforo nas raízes e parte aérea de capim Braquiária, conforme o aumento das doses de fósforo na solução.

Para acúmulo de P radicular época 60 DAE, verificou-se maior acúmulo para espécie *Brachiaria* (figura 3). Observou-se também maior incremento na concentração de P e volume de raiz para a espécie, na mesma época de avaliação (figura 1 e 2). Amaral et al. (2012), observou que o acúmulo de um nutriente é dependente da concentração deste no tecido e, principalmente, da produção de massa seca, o que evidencia os resultados encontrados por este trabalho. Por outro lado, a ocorrência desse evento pode estar associado a genética da gramínea, morfologia e eficiência nutricional (absorção e transporte de nutrientes) que influencia todos os processos fisiológico e morfológicos, impulsionando o desenvolvimento de folhas e parte aérea da planta para a realização de fotossínteses e consequentemente em maior produção de raízes para absorção de nutrientes.

Para acúmulo de P total época 30 DAE verificou-se diferença significativa para as duas espécie (*Brachiaria* e *Massai*) (figura 3). Para a espécie *Brachiaria* constatou tendência crescente positiva com  $R^2$  de 0,72. A espécie *Massai* também obteve comportamento parecido com tendência crescente positiva com  $R^2$  de 0,92. Constatou-se que na época 30 DAE houve incremento no acúmulo de P para duas espécie de acordo que aumentou as

doses de P, verificando maior incremento para a espécie Massai. Melo (2005) explica que o total de nutriente acumulado pela planta é em razão da concentração desse nutriente no tecido da planta e da produção de massa seca da mesma, que confirma os resultados encontrados por essa pesquisa, onde verificou-se aumento linear positivo na produção de massa seca total, época 30 DAE, para a espécie Massai (figura 1).

Para acúmulo de P total época 60 DAE observou-se diferença significativa para a espécie Brachiaria com tendência decrescente de acúmulo de P em relação as doses aplicadas, com R<sup>2</sup> de 0,80 (figura 3). Embora não tenha observado diferença significativa para produção de massa seca total para espécie na época 60 DAE, verificou-se diferença significativa para concentração do elemento P para mesma época e espécie (figura 2). Confirmando a constatação de Melo 2005 e Amaral et al. 2012.

Para eficiência de absorção e transporte observou-se diferença significativa para fator espécie nas épocas 30 e 60 DAE, não constatando diferença significativa para eficiência de utilização (tabela 4). Os dados estão representados em gráficos de barras (figura 4).

FV	E.A		E.T		E.U	
	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE
Espécie	3,037*	1,080*	7839,412*	15021,554*	12,215 <sup>ns</sup>	48679,645 <sup>ns</sup>
Dose	0,167 <sup>ns</sup>	0,151 <sup>ns</sup>	930,737 <sup>ns</sup>	1894,229 <sup>ns</sup>	23,692 <sup>ns</sup>	267438,824 <sup>ns</sup>
Espécie x Dose	0,326 <sup>ns</sup>	0,150 <sup>ns</sup>	505,988 <sup>ns</sup>	841,098 <sup>ns</sup>	150,770 <sup>ns</sup>	195279,153 <sup>ns</sup>
<b>C.V (%)</b>	108,260	94,450	65,820	59,850	73,890	108,050
<b>Média</b>	0,660	0,459	41,975	63,248	13,798	337,185

Tabela 4. Quadro de análise de variância de eficiência de absorção (mg nutriente/M.S raízes), transporte (%) e utilização ((M.S)<sup>2</sup>/g nutriente acumulado) nas épocas 30 e 60 dias após emergência - DAE <sup>ns</sup> Não significativo ao nível de 5%. \*Significativo ao nível de 5%

Segundo Rozane et al. (2007), a produção das culturas é afetada diretamente pela eficiência nutricional. O autor explica que o termo eficiência nutricional está relacionado a eficiência de absorção, transporte e utilização, sendo a eficiência de absorção que indica a capacidade da planta em extrair nutrientes do meio de cultivo (solução nutritiva). O autor salienta que os mecanismos desenvolvidos pelas plantas para alta eficiência de absorção diferem entre espécies. Nesta pesquisa, observou-se que a espécie Brachiaria obteve maior eficiência de absorção (figura 4), refletindo em uma maior produção de massa seca (parte aérea e radicular) (figura 1), o que evidenciou uma relação entre eficiência de absorção e produção de massa seca, concordando com Fayad (1998), que afirma existir uma estreita relação positiva e significativa entre as taxas de crescimento e de absorção de nutrientes.

Segundo Almeida (2016), a absorção de P pelas plantas é proporcional à densidade das raízes, igualmente, o incremento da área superficial da massa radicular, maximiza

a habilidade da planta em buscar e absorver o P do solo. Rozane et al. (2007), salienta que as eficiências nutricionais variam em função das modificações genéticas de cada planta, sendo uma interessante ferramenta para explicar a produção de matéria seca e, conseqüentemente aumento de produção. Estas constatações são confirmadas por esta pesquisa (figura 1 e 4).

Quanto a eficiência nutricional, segundo Marschner (1995), citado por Rozane et al. (2007), as diferenças genótípicas quanto à eficiência nutricional ocorrem por várias razões, as quais estão relacionadas à absorção, transporte e utilização dos nutrientes pelas plantas. O autor afirma que essas diferenças genótípicas envolvidas na nutrição mineral podem ser explicadas, de acordo com Gerloff & Gabelman (1983), por aspectos morfológicos e fisiológicos relacionados à absorção de nutrientes.

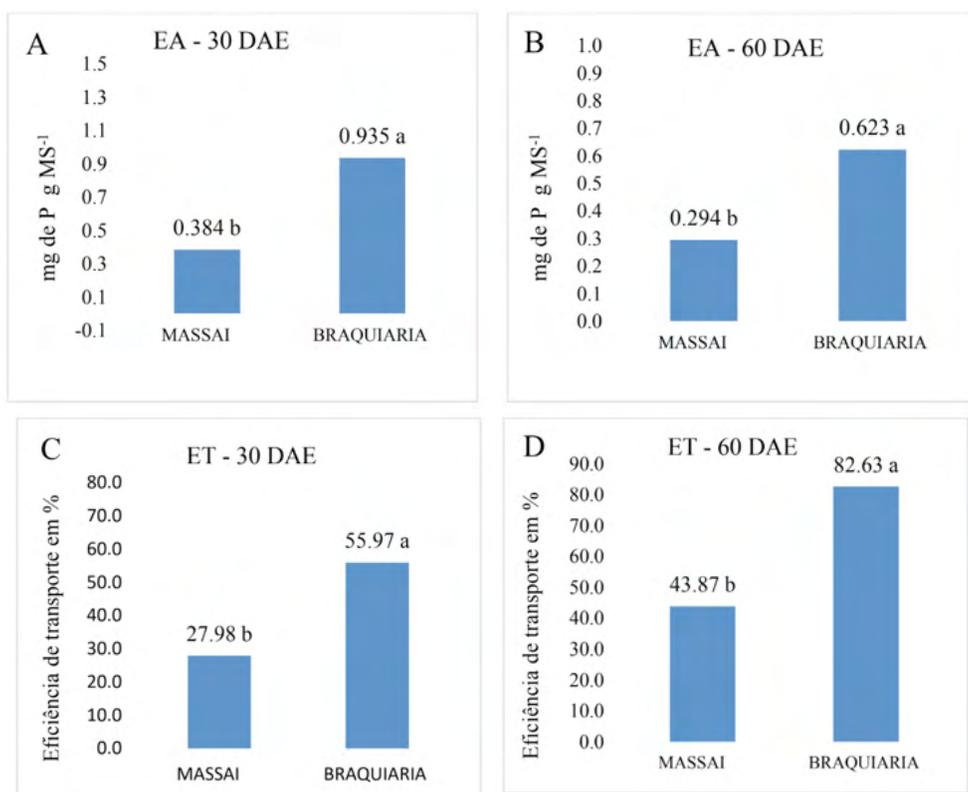


Figura 4. (A) Eficiência de absorção época 30 DAE. (B) Eficiência de absorção época 60 DAE. (C) Eficiência de transporte época 30 DAE. (D) Eficiência de transporte época 60 DAE.

Para eficiência de transporte, verificou-se que a espécie *Brachiaria* obteve melhor eficiência comparado a espécie *Massai*. Rozane et al. (2007), considera que a eficiência de transporte é a capacidade da planta em transportar os nutrientes das raízes para a

parte aérea da planta. Isso revela que a espécie *Brachiaria* obteve maior eficiência em bombear ( transportar) o elemento P absorvido pelo sistema radicular para parte aérea da gramínea, conseqüentemente fazendo com que a forrageira desenvolvesse mais parte aérea, proporcionando assim, maior produção de fotossíntese e gerando mais foto assimilados e assim fornecendo mais energia para planta se desenvolver tanto em parte aérea quanto em sistema radicular, tornando um ciclo, e com isso, maior incremento na produção de matéria seca.

Neste trabalho observou-se valores de coeficiente de variação (CV) um tanto quanto elevados, o que não é considerado como inadequado. Melo (2016) explica que ainda que o coeficiente de variação (CV) de alguns parâmetros esteja elevado, não pode ser considerado como inadequado, pois, segundo Blum (1988), citado por Melo (2016), estudo englobando estresse mineral podem apresentar valores mais elevados de coeficiente de variação.

Nesta pesquisa verificou-se que as duas espécie de gramíneas forrageiras estudadas (*Brachiaria* e *Massai*) obtiveram comportamentos de respostas diferentes quanto a produtividade, concentração e acúmulo de P e eficiência nutricional, mesmo estando em mesmas condições de tratamentos, manejo, clima e doses de P. Uma possível explicação para esses comportamentos pode ser atribuída a genética, morfologia, fisiologia, estrutura vegetal e mecanismo de defesa de cada espécie, que está relacionado a estratégia de sobrevivência e adaptação de cada gramínea estudada, constatando melhores resultados para espécie *Brachiaria*. Andrade (2003), em estudo com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu verificou-se que a espécie tem sido muito utilizada devido as suas características, como adaptação em solos de baixa fertilidade e resistência à cigarrinha das pastagens, elevada produtividade quando devidamente adubada e manejada.

Segundo Rozane et al. (2007), o cultivo de plantas em vasos, utilizando-se de solução nutritiva, é uma ferramenta muito útil nos estudos de nutrição mineral e na busca de soluções e genótipos mais eficientes. Os resultados desse experimento confirmam a importância da adubação fosfatada para plantas forrageiras. Que embora o P seja um elemento pouco requerido pelas plantas (FAQUIN, 2005) mais é de fundamental importância para instalação, crescimento e produtividade das gramíneas, por se tratar de um nutriente limitante. Sendo a baixa eficiência das adubações fosfatadas um grande problema e que evidencia a necessidade de estudos para obtenção de melhores dose de P, buscando aumentar a produção e reduzir custos.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os resultados obtidos neste trabalho em condições controladas, conclui-se, que a espécie *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é mais eficiente na absorção e transporte do nutriente P do que a espécie *Massai* (*Panicum maximum* x *P.infestum*),

independente da dose utilizada, que conseqüentemente resulta em maior produção de massa seca e raiz, sem, contudo, ser mais eficiente na utilização do fósforo, evidenciando ser mais responsiva a adubação fosfatada.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. R. **Combinações de doses de fosforo e magnésio na produção e nutrição de duas espécies de brachiaria**. 1998. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

ALVAREZ V., V.H. Correlação e calibração de métodos de análise de solos. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F., eds. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**; Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.615-645.

AMARAL, C. S.; SILVA, E. B.; AMARAL, W. G.; NARDIS, B. O. **Crescimento de Brachiaria brizantha pela adubação mineral e orgânica em rejeito estéril da mineração de quartzito**. Bioscience Journal, v. 28, Supplement 1, p. 130-141, 2012.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48 p. (IAC. Boletim Técnico, 78).

BLUM, A. **Plant Breeding for Stress Environments**. Boca Raton: CRC Press, 1988.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIM, V.; NEVES, B.P.; RODRIGUES, C.; SAMPAIO, F.M.T. **Intervalo de corte na produção de massa seca e composição químico-bromatológica da Brachiaria brizantha cv. MG-5**. Ciência e Agrotecnologia, v.31, n.8, , 2007, p.1197-1202.

CRUSCIOL, C.A.C.; MAUAD, M.; ALVAREZ, R. de C.F.; LIMA, E. do V.; TIRITAN, C.S. **Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas**. Bragantia, Campinas, v.64, n.4, p. 643-649, 2005.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2005. 186 f. Dissertação Pós-Graduação Lato Sensu (Especialização a distância Solos e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Lavras - FAEPE, Lavras/MG, 2005.

FAYAD, J. A. **Absorção de nutrientes, crescimento e produção do tomateiro cultivado em condições de campo e de estufa**. 1998. 81 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG.

FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. 2.ed.rev.atual. Sao Paulo: EPU, 1985.

FILHO, F.L.R. **Crescimento, teores e acúmulo de nutrientes em plantas de milho fertirrigadas com água residuária do beneficiamento de frutos de café**. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitoria, 2013.

GARDNER, F. P.; PEARCE, R. B.; MITCHELL, R. L. **Physiology of crop plants**. Ames: The Iowa State University, 1985.

GERLOFF, G.C. & GABELMAN, W.H. **Genetic basis of inorganic plant nutrition**. In: Laüchli, A.; Bielecki, R.L. (Eds.). **Inorganic plant nutrition**. Encyclopedia of Plant Physiology. Berlin, New York, Tokyo: Springer-Verlag, 1983, p.453-486.

GNAZDOWSKA, A.; KRAWCZAK, A.; MIKULSKA, M. & RYCHTER, A.M. **Low phosphorus nutrition alters beans plants' ability to assimilate and translocate nitrate**. J. Plant Nut. 22, p. 51-563, 1999.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950.

HOLFORD, I.C.R. **Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants**. Australian Journal of Soil Research, 35, p. 227-239, 1997.

LEMAIRE, Ed. G. **Diagnostico do status de nitrogênio nas lavouras**. Berlin: Springer, 1997.

LI, B.; McKEAND, S.E.; ALLEN, H.L. **Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings**. Oxford Academic Forest Science, v.37, n.2, p.613-626, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/forestscience/37.2.613>. Acessado em: 02 de março de 2019.

MACEDO, M.C.M. **Pastagens no ecossistema cerrado: pesquisa para o desenvolvimento sustentável**. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, Brasília. Anais... Brasília: SBZ, 1995. p. 28-62.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo-SP: Pioneira, 1974.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London, Academic Press, 1995.

MARTINEZ, H. E. P. **Níveis críticos de fósforo em Panicum maximum (Stapf) Prain, Brachiaria humidicola (Rendle) Schweickert, Digitaria decumbens Stent, Hyparrhenia rufa (Ness) Stapf, Melinis minutiflora Pal de Beauv, Panicum maximum Jacq. e Penisetum purpureum Schum**. 1980. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba/SP, 1980.

MELO, M. P de. **Efeito de fontes e doses de fósforo em gramíneas forrageiras**. 2016. 112 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi/TO, 2016.

MELO, S. P. de. **Silício e fósforo para estabelecimento do capim-marandu num latossolo Vermelho-Amarelo**. 2005. 110 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

OLIVEIRA, T. N. **Influência do fósforo e de diferentes regimes de corte na produtividade e no perfilhamento do capim-de-raiz (Chloris orthonoton Doell)**. Revista Brasileira de Zootecnia, 33, p.60-67, 2004.

PREZOTTI, L. C.; MORELI, A. P.; SOARES, S. F.; ROCHA, A. C. da. **Teores de nutrientes nas águas residuais do café e características químicas do solo após sua aplicação**. Vitória, ES; Incaper, 2012.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: Potafos, 1991.

RAO, I.M.; AYARZA, M.A. & GARCIA, R. **Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils I. Differences in plant growth, nutrient acquisition and nutrient utilization among C4 grasses and C3 legumes**. Journal of Plant Nutrition, 18, p. 2135-2155, 1995.

RIBEIRO, M. A.V.; Novais, R. F.; FAQUIN, V.; FERREIRA, M. M.; FURTINI NETO, A. E.; LIMA, J. M. e VILLANI, E. M. A. **Resposta da soja e do eucalipto ao aumento da densidade do solo e a doses de fósforo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34, p. 1157-1164, 2010.

ROSSI, C., MONTEIRO, F.A. **Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins Braquiária e colonião**. Scientia Agrícola, 56, n. 4, p. 1101-1110, 1999.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. de M.; FRANCO, C. F.; NATALE, W. **Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta-enxertos de caramboleira, cultivados em soluções nutritivas**. Ciência e Agrotecnologia, 31, n. 4, p. 1020-1026, 2007.

SANTOS, I. P. A. **Resposta a fósforo, micorriza e nitrogênio de Braquiara e amendoim forrageiro consorciados**. 1999. 158 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 1999.

SANTOS, H. Q. et al. **Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades**. Revista Brasileira Ciência Solo, 26, p.173-182, 2002.

SANTOS-FILHO, B. G.; PANTOJA, M. J. R.; BATISTA, T. F. C.; TAVARES, A. E. B., RIBEIRO, R. C.; PINHEIRO, H. A. **Comportamento Nutricional de Espécies Arbóreas Utilizadas no Reflorestamento de Áreas Degradadas Sob o Impacto da Exploração Petrolífera na Região de Uruçu, Município de Coari, AM**. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 1134-1136, 2007.

SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. **Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutriente efficiency in plants**. Journal of Plant Nutrition, New York, v.4, n.3, p. 289-302, 1981. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/205149/1/006.pdf>. Acessado em: 02 de março de 2019.

SILVA, J.E.P. **Parâmetro produtivos e atividades de fosfatase ácida em três gramíneas forrageiras cultivadas com doses de fosforo**. 1996. 81 f. Tese (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

SWIADER, J.M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F.G. **Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids**. Journal of Plant Nutrition, New York, v.17, n.10, p. 1687 - 1699, 1994.

ZIMMER, A. H. & CORREA, E. S. **A pecuária nacional, uma pecuária de pasto?** In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1, 1993, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1993. p.1-26.

# CAPÍTULO 10

## DOSES DE ÁCIDO HÚMICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CEBOLA

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 06/08/2021

### Regina Maria Quintão Lana

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias  
Uberlândia – Minas Gerais  
<https://orcid.org/0000-0002-8860-6730>

### Mara Lúcia Martins Magela

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias  
Uberlândia – Minas Gerais  
<https://orcid.org/0000-0002-7422-2322>

### Luciana Nunes Gontijo

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias  
Uberlândia – Minas Gerais  
<https://orcid.org/0000-0001-9280-1443>

### José Magno Queiroz Luz

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias  
Uberlândia – Minas Gerais  
<https://orcid.org/0000-0002-5712-7710>

### Reginaldo de Camargo

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias  
Uberlândia – Minas Gerais  
<http://orcid.org/0000-0001-7893-6835>

### Lírian França Oliveira

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias  
Uberlândia – Minas Gerais  
<https://orcid.org/0000-0001-6959-2057>

**RESUMO:** A aplicação de substâncias húmicas, como ácido húmico, pode resultar em grandes benefícios para o sistema solo-planta, uma vez que influenciam positivamente os atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo e, conseqüentemente, atuam direta e indiretamente no metabolismo bioquímico das plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência do biofertilizante ácido húmico Denka Prula H413 aplicado na cultura da cebola, híbrido 'Perfecta', em relação a ausência de aplicação do ácido húmico e três produtos 'padrão' registrados e comercializados no Brasil, na Fazenda Barro Preto em Uberaba-MG. A aplicação dos tratamentos foi parcelada em duas épocas (semeadura e 30 dias após a semeadura). Após 50 e 85 dias da semeadura foram avaliados parâmetros de crescimento e na colheita foi realizado a classificação dos bulbos de acordo com o diâmetro, além da produtividade total. O ácido húmico Denka Prula H413 proporcionou melhor desenvolvimento e qualidade dos bulbos de cebola. As aplicações do Biofert.1 e 2 e das doses de 18 e 24 L ha<sup>-1</sup> do ácido húmico Denka Prula H413 resultaram em maior quantidade de cebola nas 'caixas' 2 e 3. A maior produtividade total foi obtida com a aplicação da dose de 24 L ha<sup>-1</sup> do ácido húmico Denka Prula.

**PALAVRAS-CHAVE:** Substâncias húmicas, *Allium cepa* L., nutrição de plantas.

### DOSES OF HUMIC ACID ON THE DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF ONION

**ABSTRACT:** The application of humic

substances, such as humic acid, can result in great benefits for the soil-plant system, as they positively influence the chemical, physical and microbiological attributes of the soil and, consequently, act directly and indirectly in the biochemical metabolism of plants. The objective of this research was to evaluate the efficiency of the humic acid biofertilizer Denka Prula H413 applied to the onion crop, hybrid 'Perfecta', in relation to the absence of humic acid application and three 'standard' products registered and marketed in Brazil, on the Barro Preto farm in Uberaba-MG. The application of treatments was divided into two periods (sowing and 30 days after sowing). After 50 and 85 days of sowing, growth parameters were evaluated and at harvest the bulbs were classified according to diameter, in addition to total yield. Denka Prula H413 humic acid provided better development and quality of onion bulbs. The application of Biofert.1 and 2 and doses of 18 and 24 L ha<sup>-1</sup> of humic acid Denka Prula H413 resulted in a greater amount of onion in 'boxes' 2 and 3. The highest total productivity was obtained with the application of the dose 24 L ha<sup>-1</sup> of Denka Prula humic acid.

**KEYWORDS:** Humic substances, *Allium cepa* L., plant nutrition.

## 1 | INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma das principais hortaliças produzidas no Brasil, representando a terceira olerícola de maior importância econômica do país. Além do aspecto econômico, o cultivo da cebola desempenha um importante papel social, pois grande parte é cultivada pela agricultura familiar, com mais de 8 mil propriedades familiares diretamente envolvidas na atividade (EPAGRI, 2013).

Segundo o IBGE (2019), a produção de cebola no Brasil é realizada nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Pernambuco, Goiás, Paraíba, Pará e Piauí. Em 2019, foram cultivados 48.683 hectares e a produção foi de 1.556.885 toneladas, com produtividade média de 31,98 t ha<sup>-1</sup>.

Com o surgimento de novas fronteiras agrícolas e os avanços tecnológicos nas áreas de produção de cebola, observou-se melhorias nas condições de manejo, em que os produtores passaram a realizar o cultivo da cebola de forma mais empresarial, incluindo utilização de híbridos de alto potencial produtivo, irrigação por pivô central e sistemas de semeadura direta de alta densidade (LUZ et al., 2019).

Além dos avanços tecnológicos nos processos produtivos da cebola, outro fator responsável pelo desenvolvimento da cultura e obtenção de altas produtividades é o correto manejo da fertilidade do solo e da nutrição das plantas.

A utilização de fertilizantes com características orgânicas tem se mostrado uma prática viável e sustentável para o fornecimento de nutrientes à cultura em substituição parcial e/ou total das atuais fontes exclusivamente minerais (MENEZES JÚNIOR; KURTZ, 2016; MENEZES JÚNIOR et al., 2018).

Nesse sentido, a aplicação de substâncias húmicas pode resultar em benefícios para o sistema solo-planta, uma vez que possuem alta atividade bioquímica e podem ser

utilizadas em adição a fertilizantes minerais ou orgânicos. Os ácidos húmicos influenciam positivamente os atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo e, conseqüentemente, atuam direta e indiretamente no aumento da eficiência dos processos metabólicos das plantas (HARFOUSH et al., 2017; ROSA et al., 2009).

Assim, diante da necessidade de se estabelecer um manejo mais sustentável e produtivo, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência do ácido húmico Denka Prula H413 sobre as características de crescimento e produtividade da cebola.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Barro Preto, localizada no município de Uberaba-MG, em delineamento em blocos casualizados com 8 tratamentos e 4 repetições. Utilizou-se o híbrido 'Perfecta'.

Os tratamentos foram aplicados conforme descrito na Tabela 1 com auxílio de um pulverizador de CO<sub>2</sub>. O tratamento controle se consistiu da ausência de aplicação de biofertilizante. As fontes utilizadas como 'padrão' são produtos comercializados no Brasil e que, neste experimento, foram denominados como Biofertilizante 1 (Biofert.1), Biofertilizante 2 (Biofert.2) e Biofertilizante 3 (Biofert.3). Os tratamentos T4 a T7 constituíram diferentes doses do ácido húmico Denka Prula H413.

Tratamento	Dosagem 1 (Semeadura)	Dosagem 2 (30 DAS)	Dosagem Total (L ha <sup>-1</sup> )
Controle	-	-	-
Biofert.1	*5 L ha <sup>-1</sup>	-	5 L ha <sup>-1</sup>
Biofert.2	5 L ha <sup>-1</sup>	-	5 L ha <sup>-1</sup>
Denka Prula H413	5 L ha <sup>-1</sup>	1 L ha <sup>-1</sup>	6 L ha <sup>-1</sup>
Denka prula H413	10 L ha <sup>-1</sup>	2 L ha <sup>-1</sup>	12 L ha <sup>-1</sup>
Denka Prula H413	15 L ha <sup>-1</sup>	3 L ha <sup>-1</sup>	18 L ha <sup>-1</sup>
Denka Prula H413	20 L ha <sup>-1</sup>	4 L ha <sup>-1</sup>	24 L ha <sup>-1</sup>
Biofert.3	5 L ha <sup>-1</sup>	-	5 L ha <sup>-1</sup>

\* Volume de pulverização: 200 L ha<sup>-1</sup>. DAS: Dias após a sementeira.

Tabela 1. Biofertilizantes e doses aplicadas na cebola. Uberaba-MG, 2020.

A aplicação dos tratamentos foi parcelada em duas épocas (semeadura e 30 dias após a sementeira). Cada parcela foi constituída de 3 linhas triplas de 4 metros de comprimento, espaçadas entre si de 0,2 metros, totalizando 7,2 m<sup>2</sup> cada parcela.

Aos 50 e 85 dias após a sementeira (DAS) foram avaliados os parâmetros de

crescimento: peso fresco e seco da parte aérea, peso fresco e seco da raiz, volume radicular, peso fresco e seco do bulbo, diâmetro do bulbo e diâmetro do pseudocaule. Após a colheita foi realizada a classificação dos bulbos de acordo com o diâmetro em “pirulito”, “caixa 1”, “caixa 2”, “caixa 3”, “caixa 4”, “caixa 5” e “descarte”, bem como, produtividade total (somatório de todas as classes).

Todas as características avaliadas foram submetidas ao teste F de análise de variância. Realizou-se o teste de Scott-Knott para comparar todos os tratamentos entre si, e análise de regressão para avaliação das doses de Denka Prula H413, com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença estatística entre as médias da primeira e segunda avaliação de crescimento, conforme Tabelas 2 e 3.

Os resultados da primeira avaliação, aos 50 DAS, embora não significativos, demonstraram que, em relação ao peso fresco e seco da parte aérea, o ácido húmico Denka Prula H413 nas doses de 12 e 18 L ha<sup>-1</sup> obteve, numericamente, maior biomassa vegetal (Tabela 2).

Este aumento da biomassa possivelmente ocorreu devido o ácido húmico ser responsável pela ativação das ATPases bombeadoras de prótons presentes na membrana celular, que propiciam uma maior troca de íons e, conseqüentemente, promovem maior absorção de nutrientes, como por exemplo nitratos, os quais contribuem para o crescimento vegetativo (MORA et al., 2010).

Esses incrementos na parte aérea em função da aplicação de substâncias húmicas, também foram observados na cultura do feijão por Rosa et al., (2009), que verificaram um aumento de até 30% em relação ao tratamento sem adição de substâncias húmicas.

O ácido húmico Denka Prula também promoveu maior peso fresco, seco e volume de raiz, bem como maior peso dos bulbos, principalmente nas doses de 12,18 e 24 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 2).

Para o peso seco de raiz a aplicação da dose de 24 L ha<sup>-1</sup> proporcionou aumento percentual de 60% em relação ao controle; 18,5%, 28% e 60% em relação aos Biofertilizantes 1, 2 e 3, respectivamente (Tabela 2).

Para o volume radicular, a dose de 12 L ha<sup>-1</sup> proporcionou incrementos de 39,3%, 28,8%, 24,1% e 25,9% em relação ao controle, Biofertilizantes 1, 2 e 3, respectivamente (Tabela 2).

O aumento na quantidade de raiz melhora a capacidade da planta em absorver água e nutrientes presentes na solução do solo, refletindo em maior desenvolvimento e produtividade da cultura.

Esses resultados positivos, principalmente sobre o sistema radicular, ocorrem em

consequência da contribuição dos ácidos húmicos no aumento das ramificações laterais e incremento da biomassa das raízes. Isso porque estimulam a síntese de auxina e atuam de forma semelhante à esse hormônio, resultando na expansão e alongação das células (CANELLAS et al., 2005).

Rosa et al. (2009) ao testar diferentes doses de substâncias húmicas na cultura do feijão verificaram que houve aumento linear da massa seca da raiz até a maior dose avaliada, sendo esta 41% maior que a ausência de aplicação de substâncias húmicas.

A dose de 12 L ha<sup>-1</sup> de ácido húmico Denka Prula H413, destacou-se numericamente para as variáveis peso fresco e seco do bulbo, diâmetro do bulbo e do pseudocaule em relação ao controle, Biofert. 1, Biofert. 2 e Biofert. 3 (Tabela 2).

Esses resultados demonstram que quanto maior o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea, maior a capacidade das plantas de obter massa de bulbo. Isso pôde ser verificado na aplicação de 12 L ha<sup>-1</sup> do biofertilizante Denka Prula H413 (Tabela 2).

Tratamento	PFFA	PSPA	PFR	PSR	VR	PFB	PSB	DB	DP
Controle	1.84	0.175	0.07	0.020	0.122	0.257	0.025	4.50	3.73
Biofert. 1	1.89	0.170	0.08	0.027	0.132	0.265	0.025	4.59	3.81
Biofert. 2	2.13	0.182	0.09	0.025	0.137	0.300	0.027	4.77	4.00
D. P. H413	1.99	0.182	0.09	0.020	0.137	0.277	0.027	4.72	3.94
D. P. H413	2.41	0.190	0.10	0.027	0.170	0.312	0.030	5.01	4.25
D. P. H413	2.12	0.215	0.12	0.025	0.147	0.287	0.027	4.92	4.00
D. P. H413	2.10	0.182	0.09	0.032	0.140	0.285	0.027	4.88	4.00
Biofert. 3	1.96	0.182	0.08	0.020	0.135	0.287	0.027	4.72	3.95
P <sub>value</sub>	0.644 <sup>ns</sup>	0.745 <sup>ns</sup>	0.088 <sup>ns</sup>	0.501 <sup>ns</sup>	0.211 <sup>ns</sup>	0.722 <sup>ns</sup>	0.866 <sup>ns</sup>	0.337 <sup>ns</sup>	0.222 <sup>ns</sup>
CV (%)	20.44	18.67	21.90	38.89	16.04	15.74	17.78	6.45	6.34

\*Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo Teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup>: não foram observadas diferenças significativas.

Legenda: PFFA= Peso fresco da parte aérea, PSPA= Peso seco da parte aérea, PFR= Peso fresco da raiz, PSR= Peso seco da raiz, VR= Volume radicular, PFB= Peso fresco de bulbos, PSB= Peso seco do bulbo, DB= Diâmetro do bulbo, DP= Diâmetro do pseudocaule.

Tabela 2. Características agrônômicas da cebola em função da aplicação de biofertilizantes (primeira avaliação, aos 50 dias após a semeadura). Uberaba-MG, 2020.

Na segunda avaliação, o ácido húmico Denka Prula H413 proporcionou, numericamente, maior peso fresco e seco da parte aérea, da raiz e dos bulbos, bem como, maior volume de raiz e diâmetro de bulbo e de pseudocaule (Tabela 3).

Para peso fresco de raiz; peso fresco e seco da parte aérea e de bulbo e diâmetro de bulbo, a dose de 12 L ha<sup>-1</sup> do biofertilizante Denka Prula proporcionou os maiores resultados. Sendo que para o diâmetro de bulbo os aumentos foram de 8,5%, 2,4%, 8,8% e 5,5% em relação ao controle; Biofertilizantes 1, 2 e 3, respectivamente (Tabela 3).

Para peso seco, volume radicular e diâmetro do pseudocaule, a dose de 18 L ha<sup>-1</sup> do biofertilizante Denka Prula H413 proporcionou maior quantidade de raiz em relação ao controle, Biofert. 1, Biofert. 2 e Biofert. 3 (Tabela 3).

Tratamento	PFFA	PSPA	PFR	PSR	VR	PFB	PSB	DB	DP
Controle	15.05	1.32	1.12	0.167	1.12	3.50	0.31	14.41	10.08
Biofert. 1	18.39	1.51	1.35	0.187	1.35	4.01	0.35	15.26	10.36
Biofert. 2	16.04	1.37	1.20	0.170	1.19	3.58	0.33	14.37	10.03
D. P. H413	16.23	1.34	1.45	0.187	1.36	3.69	0.33	14.34	10.09
D. P. H413	20.43	1.64	1.72	0.190	1.38	4.48	0.38	15.63	10.66
D. P. H413	17.49	1.42	1.54	0.212	1.67	3.58	0.32	14.29	10.88
D. P. H413	17.10	1.42	1.43	0.182	1.33	4.01	0.38	15.09	10.30
Biofert. 3	16.16	1.44	1.29	0.185	1.23	3.75	0.37	14.81	10.19
P <sub>value</sub>	0.390 <sup>ns</sup>	0.646 <sup>ns</sup>	0.161 <sup>ns</sup>	0.481 <sup>ns</sup>	0.371 <sup>ns</sup>	0.581 <sup>ns</sup>	0.627 <sup>ns</sup>	0.751 <sup>ns</sup>	0.786 <sup>ns</sup>
CV (%)	17.80	17.03	21.13	15.16	23.37	18.83	17.82	8.86	7.95

\*Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo Teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup>: não foram observadas diferenças significativas.

Legenda: PFFA= Peso fresco da parte aérea, PSPA= Peso seco da parte aérea, PFR= Peso fresco da raiz, PSR= Peso seco da raiz, VR= Volume radicular, PFB= Peso fresco de bulbos, PSB= Peso seco do bulbo, DB= Diâmetro do bulbo, DP= Diâmetro do pseudocaule.

Tabela 3. Características agrônômicas da cebola em função da aplicação de biofertilizantes (segunda avaliação, aos 85 dias após a semeadura). Uberaba-MG, 2020.

Para a produtividade total não houve diferenças significativas entre os biofertilizantes. As classificações “pirulito” e “caixa 5” apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 4).

As aplicações do Biofert.1 e 3, e as doses de 12 e 24 L ha<sup>-1</sup> do ácido húmico Denka Prula H413, proporcionaram os maiores valores para os bulbos na classificação “caixa 5” (Tabela 4).

Em termos numéricos, as aplicações do Biofert. 1 e 2 e a dose de 18 L ha<sup>-1</sup> do ácido húmico Denka Prula H413, proporcionaram as maiores quantidades de bulbos na “caixa 2” (Tabela 4).

Para a classificação em “caixa 3”, a dose de 24 L ha<sup>-1</sup> de Denka Prula H413 foi a que mais se destacou, proporcionando incrementos de 5,6%, 21,9%, 23,4% e 10,5% em relação ao controle, Biofert. 1, Biofert. 2 e Biofert. 3, respectivamente. Além disso, essa dosagem, juntamente com a dose de 18 L ha<sup>-1</sup> e Biofert.3, promoveu menor quantidade de descarte de bulbos em relação ao controle, Biofert. 1 e Biofert. 2 (Tabela 4).

A classificação dos bulbos com base no diâmetro é um indicador da qualidade da produção. O mercado consumidor nacional prefere bulbos de tamanho médio, com diâmetro transversal variando entre 40 a 80 mm, isto é “caixa 2” e “caixa 3” (SOUZA; RESENDE,

2002).

Na classificação de bulbos na “caixa 4”, a aplicação de 12 L ha<sup>-1</sup> do biofertilizante Denka Prula H413 proporcionou a maior produtividade (Tabela 4).

Para a produtividade total de bulbos, a dose de 24 L ha<sup>-1</sup> do ácido húmico Denka Prula H413, destacou-se numericamente em relação aos demais tratamentos, sendo 5,4% superior ao controle, 4,5% em relação ao Biofert.1, 9,5% em relação ao Biofert.2 e 6,9% em relação ao Biofert.3 (Tabela 4)

Tratamentos	Classificação							Total
	Pirulito	“Caixa 1”	“Caixa 2”	“Caixa 3”	“Caixa 4”	“Caixa 5”	Descarte	
Controle	450.00b	1987.50	9400.00	24687.50	1762.50	875.00b	62.50	39225.00
Biofert. 1	200.00b	1475.00	11300.00	21375.00	2837.50	2237.50a	106.25	39531.25
Biofert. 2	225.00b	1712.50	12025.00	21112.50	1762.50	825.00b	62.50	37725.00
D. P. H413	325.00b	1437.50	9700.00	24100.00	1850.00	642.50b	125.00	38180.00
D. P. H413	237.50b	1975.00	9550.00	21262.50	2862.50	1450.00a	50.00	37387.50
D. P. H413	775.00a	2300.00	10150.00	23087.50	2150.00	965.00b	25.00	39427.50
D. P. H413	425.00b	2062.50	9025.00	26062.50	2262.50	1452.50a	37.50	41327.50
Biofert. 3	712.50a	1912.50	9187.50	23580.00	1925.00	1297.50a	37.50	38652.50
P <sub>value</sub>	0.0015*	0.1224 <sup>ns</sup>	0.0720 <sup>ns</sup>	0.4103 <sup>ns</sup>	0.2493 <sup>ns</sup>	0.0019 <sup>*</sup>	0.8323 <sup>ns</sup>	0.8376 <sup>ns</sup>
CV(%)	46.23	23.22	14.27	15.00	34.82	37.45	25.45	9.25

\* Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo Teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade; ns: não foram observadas diferenças significativas.

Tabela 4. Classificação e produtividade da cebola (kg ha<sup>-1</sup>) em função da aplicação de biofertilizantes. Uberaba-MG, 2020.

Pela análise de regressão, as doses do ácido húmico Denka Prula H413 apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para a classificação “caixa 1” dos bulbos. Os dados se ajustaram ao modelo matemático de regressão quadrática ( $R^2 = 98,06\%$ ), conforme mostrado na Figura 1.

A dose de 15,44 L ha<sup>-1</sup> do biofertilizante Denka Prula proporcionou produtividade máxima de 2467,43 kg ha<sup>-1</sup> de bulbo na “caixa 1”.

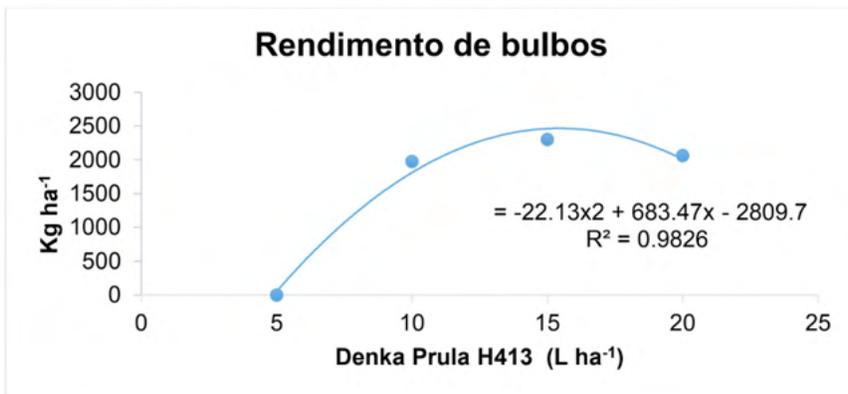


Figura 1. Rendimento de bulbos classificados em “caixa 1” sob as doses de Denka Prula H413.

## 4 | CONCLUSÕES

As aplicações das doses 12,18 e 24 L ha<sup>-1</sup> do ácido húmico Denka Prula H413 resultaram em melhor desenvolvimento das plantas de cebola quanto as suas características de crescimento.

Os biofertilizantes Biofert.1, Biofert.2 e as doses de 18 e 24 L ha<sup>-1</sup> do ácido húmico Denka Prula proporcionaram maiores produtividades de cebola nas “caixa 2” e “caixa 3”.

A maior produtividade total foi obtida com a aplicação da dose de 24 L ha<sup>-1</sup> do ácido húmico Denka Prula H413.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Uberlândia, à empresa Denka Company Limited pelo apoio e disponibilização de recursos para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

CANELLAS, L. P.; ZANDONADI, D. B.; MÉDICI, L. O.; PERES, L. E. P.; OLIVARES, F. L.; FAÇANHA, A. R. **Bioatividade de substâncias húmicas: ação sobre desenvolvimento e metabolismo das plantas**. In: CANELLAS, L.P. e SANTOS, G.A. (Ed.). *Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas*. Campos dos Goytacazes: CCTA, UENF, 2005. p. 224-243.

EPAGRI. Disponível em: <<https://ciram.epagri.sc.gov.br/cebolanet/>>. Acesso em: 03 ago. 2021.

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

HARFOUSH, E. A.; ABDEL-RAZZEK, A. H.; EL-ADGHAM, F. I.; EL-SHARKAWY, A. M. **Effects of Humic Acid and Chitosan under Different Levels of Nitrogen and Potassium fertilizers on Growth and Yield potential of Potato plants (*Solanum tuberosum*, L.)**. Alexandria Journal of Agricultural

Sciences, v. 62, n. 1, p. 135-148, 2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola-Lavoura Temporária**, 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10193>>. Acesso em: 04 ago. 2021.

LUZ, J. M. Q.; OLIVEIRA, R. C.; PIRES, D. C. M.; LANA, R. M. Q.; MAGELA, M. L. M. **Produção de cebola com fertilizante organomineral e mineral**. Campo & Negócios-Hortifrúti. ed.166, p.14-17, 2019.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; KURTZ, C. **Produtividade da cebola fertirrigada sob diferentes doses de nitrogênio e densidades populacionais**. Horticultura Brasileira, v. 34, p. 571-579, 2016.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; GONÇALVES, P. A. S.; MARCUZZO, L. L. **Evaluation of conventional, rational and organic production systems in onion culture in no-tillage in the Alto Vale do Itajaí - SC**. Revista Thema, v. 15, n. 3, p. 1123-1136, 2018.

MORA, V.; BACAICOA, E.; ZAMARREÑO, A. M.; AGUIRRE, E.; GARNICA, M.; FUENTES, M.; GARCÍA-MINA, J. M. **Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients**. Journal of Plant Physiology, Jena, v. 167, p. 633-642, 2010.

ROSA, C. M.; CASTILHOS, R. M. V.; VAHL, L. C.; CASTILHOS, D. D.; SPINELLI PINTO, L. F.; OLIVEIRA, E. S.; LEAL, O. A. **Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 33, p. 959-967, 2009.

SOUZA, R. J.; RESENDE, G. M. **Cultura da cebola**. (Textos Acadêmicos - Olericultura, 21). Lavras: UFLA. 115p. 2002.

## SELEÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NA ORQUÍDEA *Cymbidium* sp.

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 20/09/2021

### Lílian Estrela Borges Baldotto

Universidade Federal de Viçosa, Campus Florestal  
Florestal – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/1050136826112749>

### Júlia Brandão Gontijo

Universidade de São Paulo – Centro de Energia Nuclear na Agricultura  
Piracicaba – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/8888009100358338>

### Gracielle Vidal Silva Andrade

Universidade Federal de Lavras  
Lavras – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/0923068655147596>

### Marius Altoé Baldotto

Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal  
Florestal – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/3927892593585823>

**RESUMO:** Inoculantes contendo bactérias que promovem o crescimento das plantas podem aumentar a produtividade e diminuir o custo econômico e ambiental nos sistemas de cultivo. Dentro deste contexto, no setor de flores e plantas ornamentais, o uso de bactérias diazotróficas é uma abordagem promissora para melhorar a adaptação de orquídeas propagadas por cultura de tecidos ao ambiente *ex vitro*. Foi realizado o

isolamento de bactérias diazotróficas das raízes e folhas de *Cymbidium* sp. Os isolados foram usados para inocular mudas de *Cymbidium* sp. durante a aclimatização no viveiro. Após 150 dias, as plantas foram coletadas e avaliadas suas características morfológicas e nutricionais. Oito estirpes bacterianas foram isoladas contendo características que promovem o crescimento das plantas: *Bacillus thuringiensis*, *Burkholderia cepacia*, *Burkholderia gladioli*, *Herbaspirillum frisingense*, *Pseudomonas stutzeri*, *Rhizobium cellulosilyticum*, *Rhizobium radiobacter* e *Stenotrophomonas maltophilia*. Os isolados *Herbaspirillum frisingense* e *Stenotrophomonas maltophilia* incrementaram 26% e 29% na matéria seca de plantas de *Cymbidium* sp., respectivamente, em comparação com o controle. Além disso, *H. frisingense* incrementou os teores de N e P, em 68% e 28%, respectivamente, do que aqueles encontrados nas plantas controle. Esses isolados, portanto, têm potencial para aplicação como bioestimulantes e biofertilizantes para promover o crescimento e desenvolvimento de *Cymbidium* sp. durante a aclimatização.

**PALAVRAS-CHAVE:** Orchidaceae, bactérias diazotróficas, bactérias solubilizadoras de fosfato, aclimatização.

### SELECTION OF GROWTH-PROMOTING BACTERIA FOR *Cymbidium* sp. ORCHIDS

**ABSTRACT:** Inoculants containing bacteria which promote growth in plants can increase productivity and both the economic and the environmental cost in plant crop systems. Similarly, in the flower and ornamental plant sector, the use of diazotrophic bacteria is a promising approach for improving

orchid propagation from tissue culture to the ex vitro environment. We isolated diazotrophic bacteria from the roots and leaves of *Cymbidium* sp. The isolates were used to inoculate *Cymbidium* sp. plantlets during acclimatization in the nursery. After 150 days, plants were collected and their morphological and nutritional characteristics assessed. Eight bacterial strains were isolated containing traits that promote plant growth: *Bacillus thuringiensis*, *Burkholderia cepacia*, *Burkholderia gladioli*, *Herbaspirillum frisingense*, *Pseudomonas stutzeri*, *Rhizobium cellulosilyticum*, *Rhizobium radiobacter*, and *Stenotrophomonas maltophilia*. The isolated *Herbaspirillum frisingense* and *Stenotrophomonas maltophilia* increased 26 % and 29 % in dry matter in *Cymbidium* sp. plants, respectively, compared to the control. In addition, *H. frisingense* led to higher contents of N and P, by 68 % and 28 %, respectively, than those found in the control plants. These isolates, therefore, have potential for application as biostimulants and biofertilizers to promote growth and development of *Cymbidium* sp. during acclimatization.

**KEYWORDS:** Orchidaceae, diazotrophic bacteria, phosphate-solubilizing bacteria, endophytic bacteria, acclimatization.

## 1 | INTRODUÇÃO

A agricultura sustentável requer a utilização de estratégias que permitam o aumento da produtividade sem o prejuízo ao meio ambiente, abrindo novas perspectivas para contribuir no desenvolvimento de novas tecnologias, métodos e estratégias na agroindústria. Os processos mediados pelos microrganismos tornam-se essenciais na preservação e na conservação dos recursos naturais.

Dentre essas novas tecnologias, a formulação de inoculantes e/ou biofertilizantes contendo bactérias promotoras de crescimento e proteção de plantas tem apresentado resultados satisfatórios para várias culturas (Hallmann et al., 1997; Baldotto et al., 2010). A promoção do crescimento de plantas pela inoculação de bactérias se deve não apenas à fixação biológica de nitrogênio, como também a vários fatores, dentre os quais se destacam a solubilização de fosfatos naturais, óxidos de zinco, a síntese de fitohormônios, a síntese de sideróforos, o controle biológico e a indução de resistência sistêmica na planta hospedeira (Hallmann et al., 1997).

A expansão do setor de floricultura e plantas ornamentais associada à possibilidade de utilizar bactérias diazotróficas como potenciais agentes do crescimento e proteção de plantas, incentiva a realização de pesquisas visando não apenas compreender as interações entre bactérias-orquídeas, como também, realizar o isolamento, caracterização e re-introdução das bactérias promotoras de crescimento no ambiente de cultivo. Para o cultivo de plantas propagadas in vitro, por exemplo, a formulação de inoculantes contendo bactérias promotoras de crescimento seria importante para acelerar o desenvolvimento das plântulas e diminuir o longo período necessário de aclimatização das mudas em casa-de-vegetação (Baldotto et al., 2010; Galdiano et al., 2011; Faria et al., 2013).

Dentre as orquídeas cultivadas, destacam-se os híbridos de *Cymbidium* sp.,

grupo numeroso de plantas epífitas e terrestres, rizomatosas, originárias da Ásia, com inflorescência longa, com cores variadas, formadas principalmente na primavera (Lorezi & Souza, 2008). Por serem plantas muito apreciadas pela população para ornamentação, necessitam de métodos de propagação que garantam a rápida formação um grande número de mudas vigorosas e saudáveis. Nesse contexto, a propagação *in vitro* apresenta-se como um método adequado, uma vez que permite obter uma grande quantidade de mudas isentas de pragas e doenças, em espaços reduzidos e com a possibilidade de estabelecimento de cronogramas de produção e comercialização (Martini et al., 2001; Stancato et al., 2001; Ventura, 2002). Estratégias que acelerem o crescimento das plântulas de *Cymbidium* sp. durante a aclimatização, como a possibilidade de reestabelecer as associações entre as orquídeas e a microbiota benéfica, como bactérias promotoras de crescimento, são almejadas.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos: (i) isolar bactérias diazotróficas de raízes e folhas de orquídeas; (ii) avaliar os isolados bacterianos diazotróficos quanto à capacidade de solubilizar fosfatos, solubilizar óxido de zinco e sintetizar compostos indólicos em ensaios *in vitro*, (iii) realizar a identificação dos isolados e (vi) avaliar o crescimento e desenvolvimento de plântulas de orquídea *Cymbidium* sp. em resposta à inoculação bacteriana durante o período de aclimatização.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### Material Vegetal para isolamento bacteriano

Foram coletadas amostras de raízes e de folhas de orquídea (*Cymbidium* sp.) pertencentes à coleção de orquídeas do Setor de Floricultura da Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Florestal, Brasil. A planta matriz, mantida em casa-de-vegetação, foi cultivada em vaso de cerâmica, contendo fibra de coco como substrato.

### Isolamento de bactérias diazotróficas

O isolamento de bactérias diazotróficas endofíticas foi previamente realizado conforme descrito por Döbereiner et al. (1995), com algumas modificações. Amostras de 1 g de raízes e de 1 g de folhas foram trituradas em 9 mL de solução salina (NaCl, 8,5 g L<sup>-1</sup>). A partir destas diluições (10<sup>-1</sup>) foram realizadas diluições seriadas tomando-se 1 mL da solução original em 10 mL da solução salina, até a diluição 10<sup>-6</sup>. Alíquotas de 100 µL das diferentes diluições foram transferidas, em triplicata, para frascos de vidro contendo 5 mL dos meios de cultura semi-seletivos JMV, JMV<sub>L</sub>, NFB, JNF<sub>B</sub> e LGI, todos semi-sólidos e sem adição de nitrogênio. A formação de uma película aerotóxica típica na superfície do meio após 7 dias de incubação em câmara de crescimento a 30°C, foi considerado como crescimento positivo. Posteriormente, as bactérias crescidas em três frascos de maior diluição foram transferidas para novos meios semissólidos, onde cresceram por

7 dias, seguido de plaqueamento em meio sólido correspondente. Colônias individuais exibindo diferentes características morfológicas foram transferidas para os mesmos meios semissólidos e posteriormente para meio sólido DYGS para verificação da pureza dos isolados. Uma vez purificadas, as colônias foram mantidas em água destilada estéril.

### **Avaliação da capacidade de síntese compostos indólicos**

As bactérias isoladas foram crescidas previamente em meio líquido DYGS por 24 h, a 30 °C e 100 rpm. Para avaliação da síntese de compostos indólicos, 10 µL da cultura bacteriana foram transferidos para placas contendo 1/10 do meio TSA (Bric et al., 1991). Após a transferência, o meio foi coberto com membrana de nitrocelulose e incubado a 28°C por 24h. Posteriormente, a membrana foi transferida para outra placa e saturada com a solução de Salkowski (Gordon & Weber, 1951) e incubada à temperatura ambiente por 30 minutos. A formação de halo avermelhado na membrana indica a presença de indol sintetizado pelas bactérias. Foram realizadas três repetições para cada estirpe bacteriana.

### **Avaliação da capacidade de solubilização de fosfato de cálcio e óxido de zinco**

As bactérias foram crescidas em meio líquido DYGS por 24 h, a 30 °C e 120 rpm. Alíquotas de 20 µL das soluções bacterianas foram colocadas em placas de Petri com os meios de cultura sólidos contendo fosfato pouco solúvel (10g/L glicose; 5 g/L de NH<sub>4</sub>Cl; 1 g/L de MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 4 g/L de CaHPO<sub>4</sub>; 15 g/L de ágar; pH 7,2) e óxido de zinco (10 g/L de glicose; 1 g/L de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 0,2 g/L de KCl; 0,1 g/L de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>; 0,2 g/L de MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 1,0 g/L de ZnO; 15 g/L de ágar; pH 7,0), incubadas a 30°C por 72h. A avaliação da solubilização de fosfato de cálcio óxido de zinco foi realizada pela presença do halo translúcido que se formou em torno das colônias solubilizadoras em cada meio de cultura. Realizou-se três repetições para cada estirpe bacteriana.

### **Identificação dos isolados bacterianos**

A identificação de alguns isolados bacterianos foi realizada por meio da análise dos ésteres metílicos de ácidos graxos (GC-FAME) (Sasser, 2006), no Laboratório de Biotecnologia e Biodiversidade para o Meio Ambiente da UFV. Os isolados bacterianos foram crescidos em meio TSA (Trypticase Soy Agar) por 24 horas a 30 °C, com uma segunda passagem no mesmo meio pelo mesmo tempo. Uma massa celular com cerca de 3 mg de células foi coletada para extração dos ácidos graxos. A extração e obtenção de ácidos graxos foram realizadas utilizando-se o kit Instant Fame (Midi, Newark, DE), segundo recomendações do fabricante. O sistema Sherlock® Microbial Identification foi utilizado para se determinar a composição de ácidos graxos bacterianos. Seguindo sua nomeação e quantificação, o perfil de ácidos graxos obtido foi comparado com uma biblioteca, obtendo-se, assim, a identificação da amostra.

A identificação dos outros isolados bacterianos foi realizada por meio do sequenciamento do gene 16S rRNA no Laboratório de Microbiologia e Biologia Molecular

do CENA/USP. A extração do DNA genômico dos isolados bacterianos foi realizada à partir do protocolo proposto por Stirling (2003). O gene 16S rRNA de Bacteria foi amplificado com os seguintes oligonucleotídeos iniciadores para o domínio Eubacteria fD1 (5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3') e rD1 (5'-AAG GAG GTG ATC CAG CC-3') (WEISBURG et. al., 1991). As amplificações do gene 16S rRNA foram realizadas em volume final de 25 µL contendo 5 pmols de oligonucleotídeos iniciadores, 200 µM de cada dNTP, 1 X tampão Taq, 1,5 mM de MgCl<sub>2</sub>, 2 U Platinum Taq DNA polimerase (Invitrogen Life Technologies, São Paulo, Brasil) e 10 ng de DNA. A reação foi iniciada com 3 minutos de desnaturação a 94°C, seguido de 30 ciclos com desnaturação a 94°C por 1 min, anelamento a 55°C por 30 segundos, extensão a 72°C por 30 seg, e extensão final a 72°C por 32 minutos. A PCR de sequenciamento dos fragmentos de 16S rRNA foi feita em um volume final de 10 µL com 5 pmoles de oligonucleotídeos iniciadores; 1,0 µL de tampão 2,5 X; 3,0 µL de Big Dye Terminator30 Cycle Sequencing v.3 (Applied Biosystems). Os oligonucleotídeos utilizados foram os mesmos da amplificação anterior (WEISBURG et al., 1991). As condições de amplificação foram: 2 min de desnaturação a 96°C, seguidos de 30 ciclos com desnaturação a 95°C por 20 segundos, anelamento a 55°C por 15 segundos, extensão a 60°C por 1 minuto. Após a amplificação dos fragmentos de interesse, procedeu-se a precipitação para a eliminação dos dNTPs que não foram incorporados. A leitura das bases marcadas foi realizada no Sequenciador Automático ABI Prism 3130 Genetic Analyser do Laboratório de Microbiologia e Biologia Molecular – CENA/USP, que utiliza eletroforese capilar para separação e detecção dos fragmentos amplificados. As sequências foram comparadas no banco de dados BLAST (NCBI).

### **Material Vegetal para experimento em casa de vegetação**

As plântulas de *Cymbidium* sp. da variedade Angélica foram adquiridas da empresa Itapeti Orchids Center Flores Ltda. As plântulas estavam em frascos de vidro contendo meio MS (Murashige e Skoog, 1962), sem adição de reguladores de crescimento e vitaminas. Para realização das etapas experimentais posteriores foram selecionadas plântulas com aproximadamente 1,0 g de matéria fresca.

### **Crescimento bacteriano e inoculação**

As bactérias foram crescidas em meio líquido DYGS por 24 h, 30 °C e 120 rpm e a inoculação foi realizada pela imersão das plântulas de orquídea em 50 mL do meio bacteriano por duas horas, com posterior aplicação do mesmo meio bacteriano no substrato. O controle foi imerso em meio líquido DYGS autoclavado. Posteriormente, os materiais propagativos foram transferidos para vasos de 1,0 dm<sup>3</sup> contendo substrato comercial para serem aclimatizados em casa de vegetação por um período de 150 dias.

### **Análises de crescimento**

Após a aclimatização as plantas foram coletadas para a mensuração das seguintes

variáveis: número de folhas (NF); altura das plantas (ALT), medida pela distância compreendida entre o colo da planta até o ápice foliar usando-se fita métrica; diâmetro da base (DB), mensurado com paquímetro digital modelo Starret 727; matéria fresca da raiz (MFR) e da parte aérea (MFPA); matéria seca da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA), obtidas pela secagem em estufa sob ventilação forçada de ar a 65 °C por 48 horas e posterior pesagem.

### **Análises nutricionais**

Após a secagem, as folhas das orquídeas foram moídas em moinho do tipo Wiley acoplado a peneiras de 60 malhas cm<sup>-2</sup>. Em seguida, o pó obtido foi submetido à digestão sulfúrica combinada com peróxido de hidrogênio e determinados os teores totais de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Para N, foi utilizado o método de Nessler; o teor de P foi obtido por espectrofotometria de absorção molecular (colorimetria, no comprimento de onda de 725 nm), após reação com vitamina C e molibdato de amônio; a determinação de K foi realizada por fotometria de chama e os teores de Ca e de Mg foram obtidos por espectrofotometria de absorção atômica. Os conteúdos de N, P, K, Ca e Mg foram estimados por meio da multiplicação da matéria seca da parte aérea com o teor do nutriente considerado.

### **Análises estatísticas**

O experimento foi realizado no delineamento em blocos ao acaso, com seis repetições, cada repetição consistindo de um vaso contendo duas plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de t LSD a 5% de probabilidade, no software SISVAR 5.4 (UFLA, Brasil).

## **3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No presente trabalho verificou-se que bactérias diazotróficas habitam naturalmente folhas e raízes da orquídea *Cymbidium* sp, uma vez que foram isoladas oito estirpes bacterianas com uso de diferentes meios de cultivo isentos de nitrogênio (Tabela 1). Por meio da análise dos ésteres metílicos de ácidos graxos (GC-FAME) ou do sequenciamento do gene 16S rRNA os isolados foram identificados como *Bacillus thuringiensis*, *Burkholderia cepacia*, *Burkholderia gladioli*, *Herbaspirillum frisingense*, *Pseudomonas stutzeri*, *Rhizobium cellulosilyticum*, *Rhizobium radiobacter* e *Stenotrophomonas maltophilia*. Além da fixação biológica de nitrogênio atmosférico, a maioria dos isolados apresentaram potencial para solubilizar fosfato de cálcio, óxido de zinco e sintetizar compostos indólicos-substâncias precursoras dos fitohormônio da classe das auxinas-, refletindo na capacidade de promoção de crescimento vegetal (Tabela 1).

Esses resultados corroboram com os trabalhos de Wilkinson et al. (1989; 1994) que constituem os primeiros relatos da associação entre orquídeas com bactérias promotoras

de crescimento de plantas, esses autores isolaram bactérias dos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Xanthomonas*, *Arthrobacter* e *Kurthia* com potencial de síntese de fitohormônio da classe das auxinas. Posteriormente, Tsavlekova et al. (2001; 2002; 2004) isolaram das orquídeas *Acampe papillosa* e *Dendrobium moschatum* bactérias dos gêneros *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Flavobacterium*, *Gluconobacter*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhodococcus* e *Streptomyces*. Recentemente, Faria et al. (2013), isolaram de *Cymbidium eburneum* estirpes pertencentes ao gênero *Paenibacillus*. Notadamente, bactérias com potencial biotecnológico habitam plantas pertencentes à família Orchidaceae.

Os dados de crescimento (Tabela 2) de *Cymbidium* sp. após aclimatização mostraram que algumas estirpes bacterianas colaboraram no crescimento e adaptação das plântulas às condições *ex vitro*. As bactérias *Stenotrophomonas maltophilia* e *Herbaspirillum frisingense* foram as que promoveram os maiores incrementos no crescimento de *Cymbidium* sp., garantindo um aumento da matéria seca total de 29% e 26%, respectivamente, em relação ao controle. A aclimatização de mudas propagadas *in vitro* de *Cymbidium* é um processo lento que pode ser beneficiada pela aplicação de substâncias bioestimulantes (Baldotto et al., 2014) e como verificado no presente trabalho pela aplicação de bactérias promotoras de crescimento de plantas.

O gênero *Stenotrophomonas* abriga espécies gram-negativas em forma de bastonete. A espécie *Stenotrophomonas maltophilia* é encontrada numa variedade de ambientes e regiões geográficas, assim como promotora de crescimento ou agente simbiote em diversas espécies de plantas, como em mandioca (Teixeira et al., 2007), frutos do cerrado (Dias et al. 2015) e sibipuruna (Cunha et al. 2013). Segundo Cerigioli (2005), essa espécie apresenta alta capacidade de produção de ácido-indol-acético, verificado também no presente trabalho e, sendo este hormônio responsável por um efeito benéfico para o crescimento vegetal, tem-se a justificativa pelo fato da inoculação de *Stenotrophomonas maltophilia* em *Cymbidium* sp. ter apresentado o maior valor de incremento relativo de matéria seca.

O isolado bacteriano *Herbaspirillum frisingense* foi o que promoveu os maiores incrementos nos conteúdos nutricionais de N e P, com 68% e 28%, respectivamente, em relação ao controle (Tabela 3). Os representantes do gênero *Herbaspirillum* são considerados bactérias endofíticas obrigatórias e apresentam baixa sobrevivência no solo (Moreira et al., 2010). Segundo Olivares et al. (1997), bactérias desse gênero são capazes de colonizar nichos específicos no interior dos tecidos vegetais, podendo transferir mais eficientemente para planta os compostos nitrogenados produzidos e ainda não sofrerem limitações de substâncias ricas em carbono. A espécie *Herbaspirillum frisingense*, consolidada na literatura como diazotrófica (Kirchhof et al., 2001; Straub et al. 2013), apresentou, além da capacidade de fixação biológica de nitrogênio, potencial para solubilização de fosfato de cálcio e óxido de zinco, além de síntese de compostos indólicos. O potencial de promoção

de crescimento refletiu no incremento relativo de matéria seca e nos conteúdos nutricionais de N, P e K, obtidos no experimento em casa de vegetação.

Pertencentes à classe Bacilli, o gênero *Bacillus* pode ser facilmente isolado do solo e da rizosfera de várias plantas (Seldin et al., 1998). Muitas espécies de *Bacillus* podem contribuir para a saúde das plantas de várias maneiras, como fixação biológica de nitrogênio e agentes de controle biológico de fitopatógenos (Lacey et al., 2001). Moreira & Araújo (2013) selecionaram alguns isolados de *Bacillus* sp. como promissores para ação no crescimento de *Eucalyptus urograndis*. A espécie *Bacillus thuringiensis*, conhecida por sua utilização em programas de controle biológico, apesar de escassos relatos da literatura referentes à ocorrência desta espécie bacteriana como microrganismo promotor de crescimento endofítico, já foi registrada sua presença na mandioca (Teixeira et. al., 2007) e na bananeira “prata-anã” (Andrade et al., 2014). Andrade et al. (2014) também identificou a capacidade de solubilização de fosfato de cálcio e produção de AIA, por bactérias diazotróficas do gênero *Bacillus*, bem como no presente trabalho (Tabela 1).

Foram isoladas das folhas de *Cymbidium* sp. duas estirpes bacterianas pertencentes ao gênero *Burkholderia*. Bactérias do gênero *Burkholderia* são gram-negativas em forma de bastonetes móveis, com três a vários flagelos. Atualmente, esse gênero possui 62 espécies com grande diversidade funcional. As espécies contidas neste gênero podem ser, por exemplo, promotoras de crescimento vegetal ou patógenos humanos, animais e vegetais (Moreira et. al., 2010), como no caso da *Burkholderia gladioli*, isolada no presente trabalho e caracterizada como patogênica para orquídeas por Keith et. al. (2005), fato que pode estar relacionado ao valor negativo de incremento relativo de matéria seca com a inoculação dessa estirpe bacteriana. Além disso, as bactérias identificadas junto ao gênero *Burkholderia* sp. apresentaram a capacidade de solubilizar fosfato de cálcio, fato também observado por Rodrigues & Fraga (1999). Perin (2007) avaliou a produção de AIA por bactérias do gênero *Burkholderia* sp., mas nenhum isolado bacteriano produziu o hormônio vegetal, indicando que esta habilidade é rara em espécies diazotróficas deste gênero (Bento, 2014).

O estudo do gênero *Pseudomonas*, caracterizado por bactérias bacilos gram-negativas, aeróbias e móveis, recebe destaque devido a sua grande versatilidade nutricional em sistemas de produção agrícola, sua capacidade de crescer em ampla variedade (Santos Jr. et. al., 2008). A espécie *Pseudomonas stutzeri* foi isolada de folhas de coqueiro, apresentando elevado potencial de fixação biológica de nitrogênio (Fernandes et. al., 2001). Bactérias diazotróficas do gênero *Pseudomonas* podem apresentar capacidade de solubilizar fosfato de cálcio (Rodrigues & Fraga, 1999) óxido de zinco (Baldotto, 2009) e sintetizar AIA (Cerigioli, 2005), o que também foi observado no presente trabalho.

O gênero *Rhizobium*, composto por microrganismos genericamente identificados como rizóbios, bactérias gram negativas, é geralmente relacionado a bactérias fixadoras de nitrogênio formadoras de nódulos em leguminosas (Stroschein, 2010). Singh et al.

(2015) isolaram *Rhizobium radiobacter* em milho, e também identificaram a capacidade de promoção de crescimento dessa bactéria. Recentemente, Diez-Mendez et al. (2015) constaram a melhor eficiência da fixação biológica de nitrogênio à partir da co-inoculação de *Rhizobium cellulosilyticum* em feijão. As estirpes bacterianas isoladas de *Cymbidium* sp. identificadas como pertencente ao gênero *Rhizobium* apresentam a capacidade de solubilizar fosfato de cálcio, fato também observado por Rodrigues & Fraga (1999).

A inoculação de bactérias diazotróficas em plântulas de orquídeas propagadas *in vitro* pode ser uma estratégia viável na aclimatização das mudas, pois pode reduzir os custos de produção com base na maior eficiência de crescimento e nutricional. Portanto, a possibilidade de agregar valor em propágulos de orquídeas ao inoculá-los com estirpes selecionadas, supostamente dotará o setor de floricultura e plantas ornamentais de maior competitividade na produção e comercialização de seus produtos agrícolas.

## 4 | CONCLUSÕES

Os benefícios dos processos ecológicos desempenhados por microrganismos por meio das bactérias promotoras do crescimento de plantas, foco desse estudo, têm contribuído para alcançar a sustentabilidade no setor do agronegócio. A tecnologia de inoculação de bactérias de interesse biotecnológico na agricultura é um recurso de grande importância econômica, além do que pode contribuir para reduzir o uso e conseqüente impacto dos agroquímicos.

Com o presente estudo foi possível observar a associação de bactérias promotoras de crescimento com a orquídea *Cymbidium* sp. Entre as bactérias isoladas, a *Herbaspirillum frisingense* e *Stenotrophomonas maltophilia* apresentam potencial biotecnológico para utilização em bioestimulantes e biofertilizantes, promovendo o crescimento de *Cymbidium* sp. com menor ônus econômico e ambiental.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (470567-2011-12), FAPEMIG (CAG-APQ 03929-10) e FUNARBE (Funarpeq 2012) pelo apoio financeiro. Ao Prof. Dr. Marcos Rogério Tótoia do Laboratório de Biotecnologia e Biodiversidade para o Meio Ambiente da Universidade Federal de Viçosa pela orientação nas análises de GC-FAME. À Profa. Dra. Siu Mui Tsai do Laboratório de Microbiologia e Biologia Molecular do Centro de Energia Nuclear da Agricultura da Universidade de São Paulo pela orientação nas análises de sequenciamento gênico. Às estudantes Fernanda Miranda de Oliveira e Joelma Gonçalves do curso de Agronomia do Campus Florestal da Universidade Federal de Viçosa pela colaboração na condução do experimento em casa-de-vegetação.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, L.F.; SOUZA, G.L.O.D.; NIETSCHKE, S.; XAVIER, A.A.; COSTA, M.R.; CARDOSO, A.M.S.; PEREIRA, M.C.T.; PEREIRA, D.F.G.S. **Analysis of the abilities of endophytic bacteria associated with banana tree roots to promote plant growth.** Journal of Microbiology (Seoul. Print), v.52, p.27-34, 2014.

BALDOTTO, L. E. B. **Estrutura e fisiologia da interação entre bactérias diazotróficas endofíticas e epifíticas com abacaxizeiro cultivar Vitória durante a aclimatização.** 149p. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2009.

BALDOTTO, L.E.B & OLIVARES, F.L. **Phylloepiphytic interaction between bacteria and different plant species in a tropical agricultural system.** Canadian Journal of Microbiology, v.54, p.918-931, 2008.

BALDOTTO, L.E.B.; BALDOTTO, M.A.; OLIVARES, F.L.; VIANA, A.P.; BRESSAN-SMITH, R. **Seleção de bactérias promotoras de crescimento no abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. Merrill) cultivar Vitória durante a aclimatização.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, n.34, p.349-360, 2010.

BENTO, M.A.O. (in press). **Bacteria isolated from soil and litter of the Atlantic Forest have potential as plant growth promoters.** World Journal of Microbiology & Biotechnology Incorporating the MIRCEN Journal of Applied Microbiology and Biotechnology (Dordrecht. Online), 2014.

BRICK, J.M.; BOSTOCK, R.M.; SILVERSONE, S.E. **Rapid in situ assay for indole acetic acid production by bacteria immobilized on nitrocellulose membrane.** Applied and Environmental Microbiology, p.535-538, 1991.

CERIGIOLI, M.M. **Diversidade de bactérias endofíticas de raízes de milho (*Zea mays* L.) e potencial para promoção de crescimento.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, 149p., 2005.

CHUGH, S.; GUHA, S.; USHA R.I. **Micropropagation of orchids: a review on the potential of different explants.** Scientia Horticulturae v.122 p.507–520, 2009.

CUNHA J.F.; ALFENAS, A.C.; SILVA, A.G.; BRANDÃO, I.J. **Potencial de rizobactérias no crescimento de mudas de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth).** Revista Árvore, Viçosa, v.37, n.2, p.211-218, 2013.

DIAS, M.; CRUZ, M.G.P.M.; DUARTE, W.F.; SILVA, C.F.; SCHWAN, R.F. **Epiphytic bacteria biodiversity in Brazilian Cerrado fruit and their cellulolytic activity potential.** Annals of Microbiology, v. 65, p. 851-864, 2015.

DIEZ-MENDEZ, A., MENÉNDEZ, E., GARCÍA-FRAILE, P. et al. **Rhizobium cellulolyticum as a co-inoculant enhances *Phaseolus vulgaris* grain yield under greenhouse conditions.** Symbiosis 67:135, 2015.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V.L.D.; BALDANI, J.I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas.** Embrapa Agrobiologia, Seropédica, 66p, 1995.

FERNANDES, M.F.; FERNANDES, R.P.M.; RODRIGUES, L.S. **Bactérias diazotróficas associadas a coqueiros na região de baixada litorânea em Sergipe.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.36, n.12, p.1509-1517, 2001.

FERREIRA, D. F. **Sisvar - sistema de análise de variância para dados balanceados.** Lavras: UFLA, 19 p., 1998.

FONSECA, M.C.C.; ZAGO, V.C.P.; FERREIRA, E.P.B.; CÂMARA, A.F.S.; RUMJANEK, N.G. **Isolamento e caracterização morfológica de *Pseudomonas* spp. fluorescentes nativas em sistemas de produção agrícola.** Comunicado Técnico, Seropédica: Embrapa Agrobiologia. n.43, p.1-4, dez. 2000.

GALDIANO JUNIOR, R.F; PEDRINHO, E.A.N.; CASTELLANE, T.C.I.; LEMOS, E.G.M. **Bactérias produtoras de auxinas isoladas de raízes de *Cattleya walkeriana*, orquídea Brasileira ameaçada de extinção, e sua função na aclimatização.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. v.35, n.3, p.729-737, 2011.

GORDON, S.A. & WEBER, R.P. **Colorimetric estimation of indoleacetic acid.** Plant Physiology. n.26 p.192–195, 1951.

HALLMANN, J.; QUADT-HALLMANN, A.; MAHAFFEE, W.F.; KLOEPFER, J.W. Bacterial endophytes in agricultural crops. Canadian Journal of Microbiology, n.43, p.895-914, 1997.

KEITH, L.M.; SEWAKE, K.T.; ZEE, F.T. **Isolation and Characterization of *Burkholderia gladioli* from Orchids in Hawaii.** Plant Disease. v.89, n.12. p.1273-1278, 2005.

KIRCHHOF G, ECKERT B, STOFFELS M, BALDANI JI, REIS VM, HARTMANN A. ***Herbaspirillum frisingense* sp. nov., a new nitrogen-fixing bacterial species that occurs in C4-fibre plants.** International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology v.51, p.157–168, 2001.

LACEY, L.A., FRUTOS, R., KAYA, H.K., VANDERLEYDEN, J. **Insect pathogens as biological control agents: Do you have a future?** Biological Control v.21, p.230-248, 2001.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas ornamentais no Brasil.** Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 1088p., 2008.

MOREIRA, A.L.L. & ARAÚJO, F.F. **Bioprospecção de isolados de *Bacillus* spp. como potenciais promotores de crescimento de *Eucalyptus urograndis*.** Revista Árvore, Viçosa, v.37, n.5, p.933-943, 2013.

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

MURASHIGUE, T. & SKOOG, F. **A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture.** Physiologia Plantarum, v.15, p.473-497, 1962.

OLIVARES, F.L., JAMES, E.K., BALDANI, J.I., DÖBEREINER, J. **Infection of mottled stripe diseasesusceptible and resistant varieties of sugar cane by endophytic diazotroph *Herbaspirillum*.** New Phytologist n.135: p.723-737, 1997.

RODRÍGUEZ, H & FRAGA, R. **Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion.** *Biotechnology Advances*, n.17, p.319-339, 1999.

SELDIN, L., ROSADO, A.S., CRUZ, D.W., NOBREGA, A., VAN ELSAS, J.D., PAIVA, E. **Comparison of *Paenibacillus azotofixans* strains isolated from rhizoplane, rhizosphere, and non-root-associated soil from maize planted in two different brazilian soils.** *Applied and environmental microbiology* v. 64: p.3860–3868, 1998.

SINGH, N.P.; SINGH, R.K.; MEENA, V.S.; MEENA, R.K. **Can we use Maize (*Zea mays*) Rhizobacteria as Plant Growth Promoter?** *VEGETOS* v.28, n.1, p.86-99 2015.

STIRLING, D. **DNA extraction from fungi, yeast and bacteria.** In: J. M. S. Bartlett and D. Stirling, *Methods in Molecular Biology: PCR Protocols*, second edition, Humana Press Inc., Totowa, NJ, cap.13, p.53-54, 2003.

STRAUB, D.; YANG, H.; LIU, Y.; TSAP, T.; LUDEWIG, U. **Root ethylene signalling is involved in *Miscanthus sinensis* growth promotion by the bacterial endophyte *Herbaspirillum frisingense* GSF30T.** *Journal of Experimental Botany*, v.64, n.14, p. 4603–4615, 2013.

STROSCHEIN, M.R.D; ELTZ, F.L.F.; ANTONIOLLI, Z.I.; LUPATINI, M.; VARGAS, L.K.; GIONGO, A.; PONTELLI, M.P. **Symbiotic efficiency and genetic characteristics of *Bradyrhizobium* sp. strain UFSM LA 1.3 isolated from *Lupinus albus* (H. et Arn).** *Scientia Agricola (USP. Impresso)*, v.67, p.702-706, 2010.

TEIXEIRA, M.A.; MELO, I.S.; VIEIRA, R.F.; COSTA, F.E.C.; HARAKAVA, R. **Microrganismos endofíticos de mandioca de áreas comerciais e etnovariiedades em três estados brasileiros.** *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v.42, n.1, p.43-49, 2007.

TSAVKELOVA, E.A.; CHERDYNTSEVA, T.A.; LOBAKOVA, E.S.; KOLOMEITSEVA, G. & NETRUSOV, A.I. **Microbiota of the orchid rhizoplane,** *Mikrobiologiya*, v.70, p.567–573, 2001.

TSAVKELOVA; E.A.; CHERDYNTSEVA, T.A. & NETRUSOV, A.I. **Bacteria associate with the roots of epiphytic orchids,** *Mikrobiologiya*, 73 p.825–831, 2004.

TSAVKELOVA; E.A.; LOBAKOVA, E.S.; KOLOMEITSEVA, G.L.; CHERDYNTSEVA, T.A. & NETRUSOV, A.I. **Localization of associative cyanobacteria on the roots of epiphytic orchids,** *Mikrobiologiya*, v.72, p.99–104, 2003.

WEISBURG, W. G.; BARNES, S. M.; PELLETIER, D. A.; LANE D. J. **16S Ribosomal DNA amplification for phylogenetic study.** *Journal of Bacteriology*, Baltimore, v.173, n.2, p.697- 703, 1991.

WILKINSON, K.G.; DIXON, K.W. & SIVASITHAMPARAM, K. **Interaction of soil bacteria, mycorrhizal fungi and orchid seed in relation to germination of australian orchids.** *New Phytologist*, v.112, p.429–435, 1989.

WILKINSON, K.G.; DIXON, K.W.; SIVASITHAMPARAM, K. & GHISALBERTI, E. **Effect of IAA on symbiotic germination of an australian orchid and its production by orchid-associated bacteria.** *Plant Soil*, v.159, p.291–295, 1994.

## ANEXOS

Identificação dos isolados bacterianos	TI <sup>1</sup>	TVI <sup>2</sup>	MCI <sup>3</sup>	SFC <sup>4</sup>	SOZ <sup>5</sup>	SCI <sup>6</sup>	IRMS <sup>7</sup>
<i>Bacillus thuringiensis</i>	GC-FAME	Raiz	NFB	Sim	-	Sim	2,1%
<i>Burkholderia cepacia</i>	GC-FAME	Folha	JMVL	Sim	-	-	12,3%
<i>Burkholderia gladioli</i>	16S rRNA	Folha	JMV	Sim	Sim	-	-25,7%
<i>Herbaspirillum frisingense</i>	16S rRNA	Raiz	LGI	Sim	Sim	Sim	25,6%
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	GC-FAME	Raiz	LGI	Sim	Sim	Sim	5,2%
<i>Rhizobium cellulosilyticum</i>	16S rRNA	Raiz	JNFb	Sim	Sim	-	5,3%
<i>Rhizobium radiobacter</i>	GC-FAME	Folha	NFB	Sim	Sim	-	10,0%
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	16S rRNA	Raiz	JMVL	-	-	Sim	29,2%

<sup>1</sup>Técnica de identificação dos isolados bacterianos: GC-FAME, análise dos ésteres metílicos de ácidos graxos; 16S rRNA, sequenciamento do gene 16S rRNA com porcentagem de similaridade no GenBank de 99%. <sup>2</sup>TVI; tecido vegetal usado no isolamento. <sup>3</sup>MCI: meio de cultivo usado no isolamento. <sup>4</sup>SFC: solubilização de fosfato de cálcio. <sup>5</sup>SOZ: solubilização de óxido de zinco. <sup>6</sup>SCI: síntese de compostos indólicos. <sup>7</sup>IRMS: incremento relativo de matéria seca de plantas de *Cymbidium* sp. inoculadas em relação ao tratamento controle (IRMS:  $100 \frac{-x + y}{y}$ , em que x e y são as médias dos tratamentos comparados). SI: não detectado.

Tabela 1. Identificação e características de promoção de crescimento das bactérias isoladas de *Cymbidium* sp.

Tratamento	Características Nutricionais <sup>1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg
	-----mg/planta-----				
Controle	15,681 bc	6,273 bc	6,671 ab	10,877 b	1,762 bc
<i>Bacillus thuringiensis</i>	15,315 c	5,876 bcd	6,189 bc	10,742 b	1,954 ab
<i>Burkholderia cepacia</i>	16,149 bc	4,974 cd	6,453 abc	13,214 b	2,140 a
<i>Burkholderia gladioli</i>	13,849 c	4,812 d	7,409 a	17,242 a	1,954 ab
<i>Herbaspirillum frisingense</i>	26,314 a	8,041 a	7,502 a	11,047 b	1,512 c
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	17,472 bc	6,410 b	6,407 abc	10,519 b	1,760 bc
<i>Rhizobium cellulosilyticum</i>	16,047 bc	5,770 bcd	6,705 ab	12,581 b	1,808 bc
<i>Rhizobium radiobacter</i>	20,104 b	5,833 bcd	6,304 abc	11,184 b	1,779 bc
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	17,408 bc	4,664 d	5,285 c	10,771 b	1,770 bc
CV %	15,33	13,03	10,78	13,51	9,77

<sup>1</sup>Características nutricionais: conteúdo de N, nitrogênio; P, fósforo; K, potássio; Ca, cálcio; Mg, magnésio. Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste t LSD, a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Características nutricionais de *Cymbidium* sp. em resposta à inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas.

Tratamento	Características de Crescimento <sup>1</sup>									
	NF	DB	ALT	MFPA	MFR	MSPA	MSR	MFT	MST	R/PA
	-----cm-----			-----g-----						
Controle	9 ab	0,638 ab	14,3 abc	2,251 ab	4,127 bc	0,371 ab	0,248 bc	6,378 bc	0,619 bc	0,699 b
<i>Bacillus thuringiensis</i>	10 a	0,576 ab	14,9 ab	2,456 ab	4,299 bc	0,404 a	0,229 bc	6,755 bc	0,632 abc	0,578 b
<i>Burkholderia cepacia</i>	9 ab	0,700 a	15,1 a	2,456 a	5,154 ab	0,403 a	0,297 bc	7,813 ab	0,695 ab	0,725 b
<i>Burkholderia gladioli</i>	8 b	0,550 b	12,8 c	1,761 b	3,079 c	0,269 b	0,190 c	4,840 c	0,460 c	0,740 b
<i>Herbaspirillum frisingense</i>	10 a	0,688 a	14,3 abc	2,906 a	5,984 a	0,448 a	0,329 ab	8,890 a	0,778 ab	0,755 b
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	9 ab	0,625 ab	15,9 a	2,523 a	4,279 bc	0,397 a	0,254 bc	6,801 bc	0,651 ab	0,665 b
<i>Rhizobium cellulosilyticum</i>	9 ab	0,613 ab	14,4 abc	2,446 ab	5,121 ab	0,377 ab	0,275 bc	7,567 ab	0,652 ab	0,737 b
<i>Rhizobium radiobacter</i>	9 ab	0,675 ab	15,4 a	2,748 a	3,938 bc	0,425 a	0,256 bc	6,686 bc	0,681 ab	0,603 b
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	9 ab	0,663 ab	12,8 bc	2,491 a	4,908 ab	0,391 a	0,409 a	7,399 ab	0,800 a	1,233 a
CV %	9,82	13,64	10,13	19,65	21,78	19,16	27,66	19,52	18,15	42,59

<sup>1</sup>Características de crescimento: NF, número de folhas; DB, diâmetro da base; ALT, altura da planta; MFPA, matéria fresca da parte aérea; MFR, matéria fresca da raiz; MSPA, matéria seca da parte aérea; MSR, matéria seca da raiz; MFT, matéria fresca total da planta; MST, matéria seca total da planta; R/PA, relação raiz e parte aérea. Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste t LSD, a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Características de crescimento de *Cymbidium* sp. em resposta à inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas.

# CAPÍTULO 12

## ANÁLISE DA PERDA DE BANANA NOS ESTABELECEMENTOS COMERCIALIZADORES DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO - SP

*Data de aceite: 01/11/2021*

### **Teresa Cristina Castilho Gorayeb**

Doutora em Engenharia de Alimentos, Fatec Rio Preto, Centro Paula Souza  
São José do Rio Preto – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/1455215672188076>

### **Maria Vitória Cecchetti Gottardi Costa**

Doutora em Engenharia Agrônômica, Fatec Rio Preto, Centro Paula Souza  
São José do Rio Preto – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/0342756387659098>

### **Adriano Luis Simonato**

Doutor em Engenharia Agrônômica, Fatec Rio Preto Centro Paula Souza  
São José do Rio Preto – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/6317458879761727>

### **Nelson Renato Lima**

Tecnólogo em Agronegócio, Fatec Rio Preto, Centro Paula Souza  
São José do Rio Preto – São Paulo

### **Renato Coelho Uliana**

Tecnólogo em Agronegócio, Fatec Rio Preto, Centro Paula Souza  
São José do Rio Preto – São Paulo

### **Thamiris Antiqueira Cardoso**

Tecnóloga em Agronegócio, Fatec Rio Preto, Centro Paula Souza  
São José do Rio Preto – São Paulo

**RESUMO:** A banana é a fruta mais consumida no mundo e no Brasil, porém a perda e desperdício

desta fruta estão presentes em todas as etapas da cadeia produtiva, sendo mais expressiva na distribuição e comercialização devido ao seu amadurecimento, onde as suas características organolépticas se modificam e sua aparência e a cor ficam alteradas e o consumidor a rejeita. Essa banana de perda ainda tem condições de uso principalmente em derivados como polpa congelada, geleias, bolos, barras com cereais e grãos. Neste contexto o objetivo deste trabalho foi analisar a perda da banana madura proveniente da etapa de comercialização nos estabelecimentos do município de São José do Rio Preto, estado de São Paulo. Realizou-se no ano de 2018, 2019 e 2020, o levantamento foi realizado com onze supermercados convencional, um compacto, e três hipermercado. Para a pesquisa foi realizada a coleta dos dados das bananas mensalmente: entradas, perdas, custo médio do quilo da banana na comercialização, temperatura média dos locais de exposição e métodos de exposição. Para o levantamento da estimativa de perdas no município foi realizada uma consulta na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), e verificou-se a presença de 367 estabelecimentos que comercializam frutas. Os resultados da pesquisa realizada apresentaram que a quantidade de bananas de perda dos quinze estabelecimentos, são suficientes para fornecer matéria prima que podem promover a viabilidade de uma agroindústria ou panificadora de derivados de bananas maduras como doces, barrinhas de bananas com cereais, bolos e bolachas, que podem ser aproveitadas para a merenda escolar, instituições beneficentes e famílias carentes.

Esses derivados são alimentos saudáveis e capazes de atender as pessoas assistidas pelo Banco de Alimentos do Município.

**PALAVRAS-CHAVE:** Banana, perdas, desperdício, supermercado, sustentabilidade.

**ABSTRACT:** Banana is the most consumed fruit in the world and in Brazil, but the loss and waste of this fruit are present in all stages of the production chain, being more expressive in distribution and commercialization due to its ripening, where its organoleptic characteristics change, and its appearance and color are altered, and the consumer rejects it. This loss banana still has conditions of use mainly in derivatives such as frozen pulp, jams, cakes, bars with cereals and grains. In this context, the objective of this work was to analyze the loss of ripe banana stemming from the marketing stage in the establishments of the municipality of São José do Rio Preto, state of São Paulo. It was carried out in 2018, 2019 and 2020, the survey was conducted with eleven conventional supermarkets, one compact, and three hypermarkets. For the research, banana data were collected monthly: entries, losses, average cost of banana kilo in marketing, average temperature of exposure sites and exposure methods. To survey the estimated losses in the municipality, a consultation was carried out in the National Classification of Economic Activities (CNAE), and the presence of 367 establishments that sell fruits was verified. The results of the research showed that the quantity of bananas lost from the fifteen establishments are sufficient to provide raw material that can promote the viability of an agroindustry or bakery of ripe banana derivatives such as sweets, banana bars with cereals, cakes, and cookies, which can be used for school meals, charities and needy families. These derivatives are healthy foods and able to serve people assisted by the Municipal Food Bank.

**KEYWORDS:** Banana, losses, waste, supermarket, sustainability.

## 1 | INTRODUÇÃO

No mundo todo a perda e desperdício de alimentos (PDA) ocorrem durante toda cadeia produtiva dos alimentos e tem causas econômicas, políticas, culturais e tecnológicas, que abrangem as principais etapas da cadeia de movimentação: produção, transporte, comercialização, sistema de embalagem e armazenamento. As perdas e desperdício são sinônimo de falta de qualidade e devem ser evitados por meio de um planejamento adequado, a fim de que não existam excessos de produção e consequentes sobras (SILVÉRIO e OLTRAMARI, 2014).

A discussão sobre alimentação e sustentabilidade se inicia com a questão se será possível a terra alimentar nove bilhões de habitantes, previstos para viver no planeta em 2050 sem degradá-la de modo irreversível e com dieta alimentar que contribua para a sustentabilidade, ao mesmo tempo que garanta a saúde e o bem-estar das pessoas (CONTE; BOFF, 2013). De acordo com a *Food and Agriculture Organization of United Nations* – FAO, Fundo Internacional para o Desenvolvimento Agrícola (IFAD), Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), Programa Mundial de Alimentos (PMA) e Organização Mundial da Saúde (OMS), (FAO et al., 2018), se quisermos alcançar um mundo livre de fome e

desnutrição em todas as suas formas até 2030, é necessário que aceleremos e ampliemos medidas para fortalecer a resiliência dos sistemas alimentares e dos meios de subsistência das pessoas em resposta à variabilidade climática e às condições extremas.

Os brasileiros têm o hábito de adquirir semanalmente as frutas para o seu consumo nos estabelecimentos comercializadores e no momento da compra de bananas eles escolhem suas pencas e não adquirem as que estão soltas, com um grau de maturação avançado ou se a qualidade visual está comprometida, assim, estas frutas passam a ser consideradas como perdas aos estabelecimentos, mesmo sendo alimento adequado para consumo.

Na alimentação do dia a dia das populações é comum a ingestão de frutas nos lanches, a banana é um excelente alimento pois, o seu valor energético é da ordem de 318 cal/100g, sendo que 125g por dia bastariam para cobrir um quarto das necessidades alimentícias de um menino de 10 anos em valor energético, glicídios, proteínas de origem vegetal, potássio, ferro e magnésio, e um oitavo das necessidades em fósforo, cloro, zinco e vitamina C (TRAVAGLINI; AGUIRRE; SILVEIRA, 2002). Conforme Simão (1971), a banana madura apresenta 19% de açúcares e 1% de amido e é basicamente composto de: água (70%); proteína (1,2%); carboidrato rico em fósforo (27%), apresentando regular teor de cálcio, ferro, cobre, zinco, iodo, manganês e cobalto, vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina e vitamina C.

De acordo com o Anuário Brasileiro de Fruticultura 2018 (2018), as estimativas da produção brasileira de frutas foi de 43,5 milhões de toneladas para 2017, abaixo das 44,8 milhões de toneladas do ano anterior, segundo a Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados (ABRAFRUTAS, 2021), e poderá aumentar 5% em 2018, beneficiada pelo clima favorável, projeta Eduardo Brandão, assessor técnico da Comissão de Fruticultura da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). Portanto, o volume total de frutas poderá chegar a 45,6 milhões de toneladas.

Segundo a FAO, o Brasil era o quarto maior produtor de bananas no mundo, com uma produção de 6.584.967 milhões de toneladas no ano de 2017. No ano de 2018 a produção estimada foi 6.752.171 de milhões de toneladas e em 2019 foi de 7.113.594 milhões de toneladas (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA - ESALQ/USP. HORTI&FRUTI BRASIL, 2019 -2020).

A banana foi a fruta mais consumida no Brasil em 2017, os produtores faturaram R\$ 14 bilhões, um aumento de 40% em relação ao ano anterior. O Ministério da Agricultura esperava que os números para 2018 fossem ainda melhores para poder faturar R\$ 16 bilhões no ano, porém algumas frutas representativas da fruticultura brasileira indicavam que a produção seria menor em 2018, o recuo de faturamento foi calculado em 22% para banana. A queda em receita foi provocada ainda pelos preços menores pagos ao longo do ano (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2019).

A banana pertence ao grupo de Frutas, Legumes e Verduras (FLV) que, de acordo

Oliveira et al., (2008), são adquiridas em diferentes quantidades e em diferentes locais e fornecedores, variando desde a produção própria até a aquisição, em mercados, supermercados e pontos de venda especializados (quitandas, sacolões, vendedores ambulantes), nos centros urbanos apesar da seção de vendas de Frutas Verduras e Legumes (FLV) ser a que mais atrai clientes, o valor agregado dos produtos de FLV ainda é baixo, o prazo de validade é curto e as perdas são altas, com cerca de 6% no varejo.

As regiões Nordeste e Sudeste são as maiores produtoras com as respectivas participações de 34% e 33% em 2017. O Sul respondeu por 15% e o Norte por 13%. Restando a contribuição, de 5%, cabe ao Centro-Oeste. Os estados de São Paulo e Bahia são os principais produtores da fruta. A produção paulista foi de 1,084 milhão de toneladas em 2017, com pequeno recuo de 0,34%. Os baianos colheram 866,591 mil toneladas, com queda de 1,66%. São seguidos pelos estados de Santa Catarina, Minas Gerais, Pará, Pernambuco, Ceará, Espírito Santo, Rio Grande do Norte e Goiás (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2019).

Atualmente o mundo está preocupado com as perdas e desperdícios dos alimentos que vem aumentando significativamente. Segundo Ribeiro, Jaime e Ventural, (2017), determinaram outros elementos que também passaram a impulsionar a problemática sociológica dos alimentos, como:

- a. As questões de saúde pública (desnutrição e obesidade);
- b. Os problemas ambientais decorrentes da produção de alimentos (poluição e contaminação com agroquímicos);
- c. A opulência do consumo e o conseqüente desperdício de alimentos.

De acordo com a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO et al., 2013), a definição de perda e desperdício de alimentos (PDA) é bem difícil de ser realizada, assim a considera-se:

**“A perda de alimentos** refere-se a uma diminuição da massa (matéria seca) ou do valor nutricional (qualidade) dos alimentos que foram originalmente destinados ao consumo humano. Essas perdas são causadas principalmente por ineficiências nas cadeias de fornecimento de alimentos, como infraestrutura e logística precárias, falta de tecnologia, habilidades insuficientes, conhecimento e gestão capacidade dos atores da cadeia de suprimentos, e falta de acesso aos mercados. Além disso, desastres naturais desempenham um papel. **O desperdício de alimentos** refere-se aos alimentos apropriados para o consumo humano serem descartados, sejam eles ou não mantidos fora da data de validade ou deixados para estragar. Muitas vezes isso ocorre porque a comida tem estragado, mas pode ser para outras razões, como o excesso de oferta devido aos mercados, ou hábitos individuais de compras/alimentação do consumidor. **O desperdício de alimentos** refere-se a qualquer alimento perdido pela deterioração ou desperdício. Assim, o termo “desperdício” abrange tanto a perda de alimentos quanto o desperdício de alimentos” (FAO, 2013, p.8).

Na cadeia produtiva das frutas ocorre um desperdício muito grande devido a vários fatores, um dos principais é a logística de armazenamento e distribuição e a comercialização dos produtos, em especial para os pequenos comerciantes, que enfrentam as maiores barreiras pois seus estabelecimentos não possuem condições de manutenção climática durante a comercialização o que acelera a maturação das frutas e a rejeição dos consumidores (CEAGESP, 2009).

Nos cálculos da pesquisa de perdas das frutas, realizados pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) (2011), com os pesquisadores Gustavsson, Cederberg e Sonesson, pôde-se observar que as perdas de frutas e hortaliças, no setor de distribuição na América Latina são de 6%. No ano de 2018, a porcentagem média de perdas dos 15 estabelecimentos em 2018 foi de 5,05% o que mostrou a importância dessa pesquisa, sendo que alguns dos estabelecimentos apresentaram índices maiores e já verificaram a necessidade de realizar melhorias no setor do Frutas, Legumes e Verdura (FLV) (GORAYEB, et al. 2019).

O objetivo deste trabalho foi analisar a perda da banana madura proveniente da etapa de comercialização nos estabelecimentos comercializadores do município de São José do Rio Preto, estado de São Paulo durante os anos de 2018, 2019 e 2020.

## 2 | METODOLOGIA

O trabalho foi realizado em 15 estabelecimentos comercializadores de banana do município de São José do Rio Preto onde foram coletados os dados para desenvolvimento da pesquisa nos anos de 2018, 2019 e 2020, e por questões éticas, não foi exposto sua identificação e criou-se um código com as letras de A à O do alfabeto, apresentado na Tabela 1. Para selecionar os estabelecimentos buscou-se no site da PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO, (2018), a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, e foi possível encontrar um total de 367 estabelecimentos que realizam comercialização de frutas no município.

Código do Estabelecimento	Classificação	Tipo de exposição das pencas de bananas
A	Supermercado Convencional	Penca com três camadas no máximo
B	Supermercado Convencional	Penca com três camadas no máximo
C	Supermercado Convencional	Penca com três camadas no máximo
D	Supermercado Convencional	Penca com três camadas no máximo
E	Supermercado Convencional	Penca com três camadas no máximo
F	Supermercado Convencional	Penca com três camadas no máximo
G	Supermercado Compacto	Penca com três camadas no máximo
H	Hipermercado	Penca com três camadas no máximo
I	Supermercado Convencional	Penca com três camadas no máximo
J	Supermercado Convencional	Penca com três camadas no máximo
K	Supermercado Convencional	Penca com três camadas no máximo
L	Hipermercado	Penca com três camadas no máximo
M	Supermercado Convencional	Pencas expostas com as bananas em varais
N	Hipermercado	Pencas expostas com as bananas em varais
O	Supermercado Convencional	Pencas com três camadas em posição de concha

Tabela 1: Classificação dos estabelecimentos da pesquisa e o tipo de exposição das pencas de bananas nas gondolas de comercialização

Fonte: Elaborado pelos autores, extraído do site PREFEITRURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO, (2018).

Foi realizado o levantamento junto à 15 estabelecimentos comercializadores no município de São José do Rio Preto, por meio do **Anexo 1: CONTROLE DE PERDAS DE BANANAS “PROJETO FATEC RIO PRETO”**, com as análises dos seguintes itens:

- Quantidade de banana adquirida pelo estabelecimento;
- Quantidade de banana perdida na gondola mensalmente;
- Custo médio do quilo da banana comercializada mensalmente;
- Temperatura média no local de comercialização;
- Tipo de exposição nas gondolas do estabelecimento.

Na tabulação dos resultados, foi utilizado o programa *Excel*<sup>®</sup> da *Microsoft*<sup>®</sup> 365, calculou-se o total da entrada, das perdas, do custo das perdas e médias anuais da porcentagem de perdas e do custo do quilo das bananas na comercialização.

### 3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1, estão representados os resultados gerais da pesquisa de perdas

de bananas maduras nos 15 estabelecimentos comercializadores, no ano de 2018, onde observou-se que os estabelecimentos B, e N foram os que mais comercializam a fruta, sendo o B um supermercado e o N, um Hipermercado. Em contrapartida o estabelecimento G apresentou a menor comercialização, pois se trata de um supermercado compacto.

Estabelecimentos	Entrada (Kg)	Perda (Kg)	Porcentagem média da Perda (%)	Custo médio da banana (Kg/R\$)	Custo das perdas (R\$)	Temperatura (° C)
A	141.630	4.779	3,37	2,89	13.801,75	25,00
B	229.703	4.853	2,11	2,89	14.015,46	25,00
C	140.381	4.929	3,51	2,89	14.234,95	25,00
D	134.165	4.879	3,64	2,89	14.090,55	25,00
E	121.872	4.915	4,03	2,89	14.194,52	25,00
F	122.389	4.951	4,05	2,89	14.298,49	25,00
G	7.942	1.580	19,89	1,41	2.227,80	27,80
H	50.866	1.128	2,22	3,01	3.399,79	23,20
I	50.055	3.251	6,49	1,27	4.128,77	29,60
J	86.680	5.131	5,90	1,27	6.490,97	29,60
K	65.934	5.256	7,97	1,27	6.675,12	29,60
L	44.374	682	1,54	3,18	2.169,53	24,00
M	42.325	462	1,09	1,99	918,65	25,00
N	266.764	12.806	4,80	1,49	19.055,45	26,00
O	111.460	5.719	5,13	2,13	12.175,75	26,00
<b>Total</b>	<b>1.616.540</b>	<b>65.300</b>	<b>5,05</b>	<b>2,29</b>	<b>14.9546,43</b>	<b>26,05</b>

Quadro 1: Resultado do ano de 2018 da pesquisa de perdas de bananas maduras dos estabelecimentos comercializadores do município de São José do Rio Preto – SP

O Quadro 2 estão os resultados gerais da pesquisa de perdas de bananas nos 15 estabelecimentos no ano de 2019, foi possível identificar um prejuízo financeiro maior por conta de o valor praticado na comercialização ter sido superior ao ano anterior. Os estabelecimentos A, C e L apresentaram os maiores percentuais de perdas, sendo os estabelecimentos A e C supermercados e o estabelecimento L um hipermercado. Mesmo não sendo os que possuíam maiores índices de temperatura, a comercialização da fruta foi praticada com um valor médio de R\$ 2,45 no quadro geral.

Estabelecimentos	Entrada (Kg)	Perda (Kg)	Porcentagem média da Perda (%)	Custo médio da banana (Kg/R\$)	Custo das perdas (R\$)	Temperatura (° C)
A	130.278	4.996	3,83	3,19	15.928,91	25,07
B	238.821	5.212	2,18	3,12	16.278,81	26,54
C	144.023	4.559	3,17	3,19	14.535,61	26,40
D	142.365	4.710	3,31	2,89	13.604,05	26,80
E	120.618	4.820	4,00	2,86	13.785,20	27,00
F	158.743	4.587	2,89	2,89	13.248,79	27,00
G	7.634	1.256	16,45	1,36	1.712,35	28,60
H	51.174	1.197	2,34	2,90	3.474,29	24,13
I	50.556	3.503	6,93	1,29	4.524,71	30,00
J	96.382	511	0,53	1,69	8.616,29	27,70
K	59.180	5.256	8,88	1,57	8.243,16	26,10
L	43.266	642	1,48	3,18	2.042,21	24,80
M	31.870	373	1,17	2,90	1.080,85	26,00
N	377.447	11.138	2,95	1,53	17.068,72	26,60
O	96.480	4.139	4,29	2,19	9.050,61	26,10
<b>Total</b>	<b>1.748.837</b>	<b>61.499</b>	<b>4,29</b>	<b>2,45</b>	<b>150.659,87</b>	<b>26,59</b>

Quadro 2: Resultado do ano de 2019 da pesquisa de perdas de bananas maduras dos estabelecimentos comercializadores do município de São José do Rio Preto – SP

No Quadro 3, estão retratados os resultados gerais da pesquisa de perdas de bananas maduras com os 15 estabelecimentos no ano de 2020. Foi possível identificar que o supermercado M apresentou o menor índice de perdas nos três anos de realização da pesquisa. Esse estabelecimento é direcionado a um público de classe média alta. Eles reutilizam todas as bananas consideradas como “perda” na produção de alimentos na confeitaria, como tortas e bolos ou ainda na produção de saladas de frutas. Oferecem também essas frutas como alimento aos seus colaboradores.

Estabelecimentos	Entrada (Kg)	Perda (Kg)	Porcentagem média da Perda (%)	Custo médio da banana (Kg/R\$)	Custo das perdas (R\$)	Temperatura (° C)
A	116.682	3.947	3,38	3,41	13.469,14	25,0
B	224.925	8.668	3,85	3,41	29.579,55	27,0
C	128.015	5.201	4,06	3,41	17.748,41	27,0
D	129.151	5.220	4,04	3,41	17.813,25	27,0
E	121.949	5.037	4,13	3,41	17.188,76	27,0
F	168.083	6.897	4,10	3,41	23.536,01	27,0
G	10.221	536	5,24	2,14	1.144,27	29,8
H	49.710	1.203	2,42	3,69	4.442,08	24,2
I	65.712	9.219	14,03	2,77	25.528,95	28,4
J	88.304	20.276	22,96	2,77	56.147,62	26,0
K	132.424	15.962	12,05	2,77	44.201,44	26,4
L	44.326	687	1,55	3,52	2.415,38	24,4
M	22.877	9,56	0,04	4,66	44,52	24,9
N	200.836	18.797	9,36	2,59	48.729,93	25,0
O	98.309	3.795	3,86	3,08	11.670,52	26,0
<b>Total</b>	<b>1.601.524</b>	<b>49.484</b>	<b>3,09</b>	<b>2,46</b>	<b>121730,64</b>	<b>26,00</b>

Quadro 3: Resultado do ano de 2020 da pesquisa de perdas de bananas maduras dos estabelecimentos comercializadores do município de São José do Rio Preto – SP

Através da análise dos resultados apresentados, Quadro 4, foi possível observar a média dos anos de 2018, 2019 e 2020 da pesquisa.

Ano	Entrada (Kg)	Perda (Kg)	Porcentagem média da Perda (%)	Custo médio da banana (Kg/R\$)	Custo das perdas (R\$)	Temperatura (° C)
2018	1.616.540	65.300	5,05	2,29	149546,43	26,05
2019	1.748.837	61.499	3,52	2,45	150659,87	26,59
2020	1.601.524	49.484	3,09	2,46	121730,64	26,00
<b>Média</b>	<b>1.655.634</b>	<b>58.761</b>	<b>3,89</b>	<b>2,40</b>	<b>140.645,65</b>	<b>26,21</b>

Quadro 4: Média dos anos de 2018, 2019 e 2020 da pesquisa de perdas de bananas maduras dos estabelecimentos comercializadores do município de São José do Rio Preto – SP

No Quadro 5, pôde-se considerar que, a média, que as perdas dos 367 estabelecimentos comercializadores de bananas no município apresentaram um montante suficiente para ajudar a todas as necessidades de atendimento do Banco de Alimentos do Município e atender as famílias vulneráveis se fossem processadas em produtos derivados como bolos e doces.

Ano	Entrada dos 367 estabelecimentos (Kg/ano)	Perda dos 367 estabelecimentos (Kg/ano)	Custo das perdas dos 367 estabelecimentos (R\$/ano)
2018	39.551.336	1.597.681	3.658.902,61
2019	42.788.212	1.504.665	3.686.144,77
2020	35.754.070	1.210.709	2.978.342,99
<b>Média</b>	<b>35.754.070</b>	<b>1.437.685</b>	<b>3.450.416,95</b>

Quadro 5: Quantidade média das entradas, perdas de quilos por ano e custo das perdas nos 367 estabelecimentos comercializadores de banana registrados no município de São José do Rio Preto – SP

## 4 | CONCLUSÃO

Nos resultados da pesquisa foi possível identificar que a falta de cuidados no manejo pós-colheita foi responsável pela desvalorização da banana no mercado interno devido a sua maturação avançada, assim, a capacitação de todos envolvidos na cadeia produtiva e condições superiores de refrigeração nas etapas, traria melhores condições de aproveitamento das frutas.

Ao analisar a temperatura dos estabelecimentos comercializadores pode-se observar que nos estabelecimentos que não tinham climatização as perdas foram maiores e a maioria dos estabelecimentos que possuíam algum tipo de climatizado de ambiente, as perdas ocorrem devido ao manuseio dos envolvidos, principalmente os consumidores, onde esse desperdício se trata de uma questão social a ser melhorada por meio de conscientização.

O montante verificado estatisticamente quanto as perdas dos 367 estabelecimentos comercializadores de banana do município de São José do Rio Preto em média nos anos, mostrou uma quantidade suficiente para fornecer matéria prima à uma agroindústria de derivados da fruta, como doce em pasta, barrinhas, bolos e bananinhas, para acolher a demanda da merenda escolar, famílias vulneráveis, asilos e creches, que são atendidos pelo Banco de Alimentos do município, local responsável pela segurança alimentar e nutricional de pessoas carentes.

Espera-se que a pesquisa contribua para que outros municípios realizem o aproveitamento de alimentos saudáveis que seriam descartados, possibilitando o consumo de banana através do processamento e, dessa maneira, melhorar a qualidade da alimentação dos assistidos.

## REFERÊNCIAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA **Anuário brasileiro da fruticultura 2018** / Benno Bernardo Kist... [et al.]. – Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018, p. 88. Disponível em: [https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2018/04/FRUTICULTURA\\_2018\\_dupla.pdf](https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2018/04/FRUTICULTURA_2018_dupla.pdf)  
Acesso em: 01 Ago 2021.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI. **Anuário brasileiro de horti&fruti 2019** / Benno Bernardo Kist... [et al.]. – Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz, p. 96, 2018. Disponível em: [https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2019/07/HortiFruti\\_2019\\_DUPLA.pdf](https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2019/07/HortiFruti_2019_DUPLA.pdf) Acesso em: 03 de Abr 2019.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI. **Anuário Brasileiro de HORT&FRUTI 2020**. *Brazilian Horti&Fruit Yearbook*. Cleonice de Carvalho... [et al.]. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, p. 96, 2019. Disponível em: [https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2019/07/HortiFruti\\_2019\\_DUPLA.pdf](https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2019/07/HortiFruti_2019_DUPLA.pdf) Acesso em: 01 Ago 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS (Abrafrutas). **Apesar da recessão, fruticultura continuou a gerar empregos**. Reportagem publicada em: 21/01/2021. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2021/01/21/em-ano-de-pandemia-e-isolamento-social-exportacoes-de-frutas-cresce-6-em-volume/>> Acesso em: jan. 2021.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. ESALQ/USP | **Anuário 2019 – 2020. Um canal de comunicação direto com o produtor!** HORTIFRUTI BRASIL p. 52, Ano 10 – Nº 196 – Dez/2019 – Jan/2020. 2019ISSN: 1981-183. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-2019-2020-retrospectiva-2019-perspectivas-2020-dos-hf-s.aspx> Acesso em: Jan 2020

CEAGESP - CENTRO DE QUALIDADE EM HORTICULTURA. **Manuseio Mínimo**. São Paulo: CEAGESP-CQH, p. 12, (Circular Técnica CEAGESP-CQH, n.17), 2009.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA - ESALQ/USP. HORTIFRUTI BRASIL. **O consumo não é mais o mesmo! Quais as novas tendências que vão nortear o consumo de frutas?** p. 34. 2019. Disponível em: <[www.cepea.esalq.usp.br/htbrasil](http://www.cepea.esalq.usp.br/htbrasil)> Acesso em: maio 2020.

CONTE, I. I.; BOFF, L. A. **As crises mundiais e a produção de alimentos no Brasil**. Acta Scientiarum: Human and Social Sciences, v.35, n.1, p.49-59, 2013. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHumanSocSci/article/view/18497/pdf> Acesso em: 01 Ago 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS – FAO. **Food wastage footprint. Impact on natural resources**. Summary Report. Food Wastage Foodprint. p. 63, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf> Acesso em: jan. 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS – FAO. **Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention**. GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, C.; ULF SONESSON; EMANUELSSON, A., p. 37, Rome. 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i2697e.pdf>> Acesso em: jan. 2021.

FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS. **El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Fomentando la resiliencia climática en aras de la seguridad alimentaria y la nutrición**. FAO, Roma. p. 218, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i9553es/i9553es.pdf> Acesso em: 01 Ago. 2021.

GORAYEB, T.C. **Análise da perda de banana nanica madura dos estabelecimentos comercializadores no município de São José do Rio Preto □ SP**, 2019. Disponível em: <[https://www.fatecourinhos.edu.br/anais\\_sintagro/index.php/anais\\_sintagro/article/view/46/6](https://www.fatecourinhos.edu.br/anais_sintagro/index.php/anais_sintagro/article/view/46/6)> Acesso em: junho 2020

OLIVEIRA, S. P.; CASTRO, F. T.; TABAI, K. C.; PENHA, E. M.; GÓES, H. A. **Promoção do consumo de frutas, legumes e verduras em pontos de venda: diagnóstico inicial.** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos (Documentos / Embrapa Agroindústria de Alimentos, ISSN 0103-6068; 93), p. 28, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO. **Consulta de Pessoas Jurídicas Ativas por Atividade Principal. Agrupadas por Bairro.** Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, 2018. Disponível em: <<https://www.riopreto.sp.gov.br/consnj/>> Acesso em: jan. 2018.

RIBEIRO, H.; JAIME, P. C.; VENTURA, D. Alimentação e sustentabilidade. **Estudos avançados.** v. 31, p. 185 – 198, (89), 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v31n89/0103-4014-ea-31-89-0185.pdf>> Acesso em: abril, 2018.

SIMÃO, S. **Manual de Fruticultura.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., p. 530, 1971.

SILVÉRIO, G. A.; c, K. **Desperdício de alimentos em Unidades de Alimentação e Nutrição brasileiras.** Food waste in Brazilian Units Food and Nutrition *Ambiência*, Guarapuava (PR) v.10 n.1 p. 125 – 133, Jan./Abr. 2014. ISSN 1808 – 0251. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/1587> Acesso em: 31 Jul 2021.

TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; SILVEIRA, E. T. F. **Desidratação de Frutas e Hortaliças.** In: AGUIRRE, José Mauricio de; GASPARINO FILHO, José. *Desidratação de frutas e hortaliças: Manual Técnico.* Campinas: ITAL, p. 205, 2002.

Anexo 1: CONTROLE DE PERDAS DE BANANAS "PROJETO FATEC RIO PRETO"

Nome da empresa: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Bairro: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_ Cel: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

Controle de perdas na Empresa

Código: \_\_\_\_\_

MES	Entrada	Perda	Custo R\$ do Kg da banana em média	Temperatura do local (° C)
Janeiro				
Fevereiro				
Março				
Abril				
Maiο				
Junho				
Julho				
Agosto				
Setembro				
Outubro				
Novembro				
Dezembro				
Total anual				

Dados do Local: \_\_\_\_\_

Modelo de exposição:

- ( ) pencas expostas em gondolas com três camadas no máximo
- ( ) pencas expostas nas gondolas com mais de três camadas
- ( ) pencas expostas nas gondolas com três camadas em posição de concha
- ( ) pencas expostas com as bananas em varais

Agradecemos a colaboração de todos!!

Anexo 1: CONTROLE DE PERDAS DE BANANAS "PROJETO FATEC RIO PRETO"

## AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE CANOLA NAS CONDIÇÕES DE PONTA PORÃ – MS

*Data de aceite: 01/11/2021*

**Darian Ian Bresolin Pereira**

Ministério da Educação  
Secretaria de Educação Profissional e  
Tecnológica  
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul  
Pró-Reitoria de Ensino  
Ponta Porã, MS

**RESUMO:** A canola é considerada um alimento saudável, pois apresenta elevada quantidade de omega-3, vitamina E, gorduras monoinsaturadas e o menor teor de gordura saturada de todos os óleos vegetais. Médicos e nutricionistas indicam o óleo de canola como o de melhor composição de ácidos graxos. Porém devido aos escassos investimentos em pesquisa no Brasil, ainda existem dificuldades técnicas para a expansão do cultivo dessa oleaginosa em nosso país, a saber, a necessidade de identificar épocas de semeadura para regiões com maior altitude e outras tecnologias de manejo. O objetivo do trabalho é avaliar o desenvolvimento e a produção de cultivares da canola nas condições de Ponta Pora - MS.

**PALAVRAS-CHAVE:** Canola, produtividade.

**ABSTRACT:** Canola is considered a healthy food, as it has a high amount of omega-3, vitamin E, monounsaturated fats and the lowest saturated fat content of all vegetable oils. Doctors and nutritionists indicate canola oil as the best acid composition fat. However, due to the scarce investments in research in Brazil, there are

still technical difficulties for the expense of the cultivation of this oilseed in our country, namely, the need to identify sowing times for regions with higher altitudes and other management technologies. The work is to evaluate the development and production of canola cultivars under the conditions of Ponta Pora - MS.

**KEYWORDS:** Canola productivity.

### INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L. var oleífera) é uma oleaginosa pertencente à família das crucíferas (como o repolho e a couve), e ao gênero *Brassica*. Os grãos de canola atualmente produzidos no Brasil possuem em torno de 24 a 27% de proteína e, em média, 38% de óleo. Canola é um termo genérico internacional, não uma marca registrada industrial - como antes de 1986 - cuja descrição oficial é: um óleo com menos de 2% de ácido erúico e menos de 30 micromoles de glucosinolatos por grama de matéria seca da semente (Tomm, 2019). O óleo de canola é considerado um alimento saudável, pois apresenta elevada quantidade de ômega-3 (reduz triglicerídios e controla arteriosclerose), vitamina E (antioxidante que reduz radicais livres), gorduras monoinsaturadas (que reduzem as gorduras de baixa densidade) e o menor teor de gordura saturada (atua no controle do colesterol de baixa densidade) de todos os óleos vegetais. Médicos e nutricionistas indicam o óleo de canola como o de melhor composição

de ácidos graxo (Tomm, 2019).

Devido aos escassos investimentos em pesquisa no Brasil, ainda existem dificuldades tecnológicas para a expansão do cultivo dessa oleaginosa em nosso país, a saber, a necessidade de identificar épocas de semeadura para regiões com maior altitude e o ajuste de outras tecnologias de manejo (Tomm, 2005).

A alocação de uma cultura entre as várias alternativas de cultivo de uma dada região é influenciada por vários fatores. Estes incluem o retorno esperado de uma cultura específica, a produção relativa e os riscos no preço do produto, limitações agrônômicas e climáticas, capital requerido para investimentos, considerações sobre a rotação de culturas, utilização de informações confiáveis e mercado.

O objetivo do trabalho será avaliar o desenvolvimento e a produção de cultivares de canola nas condições de Ponta Porã- MS.

## **METODOLOGIA**

O experimento será conduzido na unidade de produção do campus Ponta Porã sob área cujo cultivo anterior foi soja convencional, logo após a colheita. As unidades experimentais serão constituídas de parcelas de dez linhas de cada cultivar espaçada a 0,45 m entre linhas e com comprimento de cinco metros. Serão consideradas áreas de bordadura as duas linhas adjacentes as demais parcelas (1<sup>a</sup> e a 10<sup>a</sup>) e 1,0 metro do início e final da parcela para fins de amostragens e determinações das variáveis de estudo deste trabalho. O delineamento será em inteiramente casualizado com cinco tratamentos (cultivares de canola) e quatro repetições. Durante a condução da cultura e ao final do ciclo de cultivo serão avaliadas as seguintes características: estádios fenológicos da cultura; incidência de pragas e doenças; produção de grão; e evolução da altura mensalmente após a implantação do experimento.

Serão marcadas oito plantas em cada tratamento para acompanhamento da fenologia da cultura, observando as características comuns de cada fase da cultura conforme recomendados por Doorenbos & Kassam (1979). Semanalmente estas oito plantas marcadas serão vistoriadas para a qualificação do estágio fenológico em que se encontram. Ao final do ciclo de cultivo (colheita) serão coletadas quatro repetições de um metro linear de duas linhas adjacentes (dentro da área útil) de cada tratamento para quantificação da produção. A massa de cada amostra será determinada utilizando-se de uma balança de precisão e determinar-se-á a umidade da amostra e o peso hectolitro. Ao final do ciclo também será avaliado número de folhas, massa verde das folhas, diâmetro das raízes e massa verde das raízes. Os dados serão organizados e submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade usando o programa Sisvar 5,6 (FERREIRA, 2014

## RESULTADOS

A canola requer solos bem drenados, sem compactação, sem resíduos de determinados herbicidas, ser livre de doenças como a canela-preta (causada pelo fungo *Leptosphaeria maculans/Phoma lingam*) e a esclerotínia (*Sclerotinia sclerotiorum*) e não deve apresentar infestação de nabiça (*Raphanus raphanistrum*). O pH do solo deve ser preferencialmente superior a 5,5 e o nível de fertilidade deve ser médio ou superior, O planejamento da inserção do cultivo de canola no sistema de produção e a escolha de área mais adequada de cada propriedade contribuem de maneira decisiva para o sucesso do cultivo de canola.(Tomm, 2007).

Na área testada, em Ponta Porã-MS ,ainda não se chegou a um resultado devido as intempéries climáticas que aconteceram nas épocas de semeadura ,sem chuva , a cultura não se estabeleceu, novos testes em diferentes épocas do ano serão feitos.

## REFERÊNCIAS

Doorenbos, J. and Kassam, A.H. (1979) Yield response to water. **FAO Irrigation and Drainage**, Paper 33, Rome, 193 p.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.** [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112 . Disponible en: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

TOMM, G. O. Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 21 p. html (Embrapa Trigo. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online**, 26). Disponível: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p\\_bp26.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp26.htm)>. Acessado em 19/09/2019.

Tomm, G. O. **Indicativos tecnológicos para a produção de canola no Rio Grande do Sul.** Sistema de Produção 03. Embrapa Trigo, 2007. 32 p. Disponível em: < [http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/p\\_sp03\\_2007.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/p_sp03_2007.pdf) >. Acesso em: 19/09/2019.

## INFLUÊNCIA DO HIDROCONDICIONAMENTO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 06/08/2021

### Graciela Beatris Lopes

Universidade Federal da Grande Dourados,  
Faculdade de Ciência Biológicas e Ambientais  
Dourados – Mato grosso do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/9584769966732348>  
<https://orcid.org/0000-0003-0095-398X>

### Thayná Cristina Stofel Andrade

Universidade Federal da Grande Dourados,  
Faculdade de Ciência Biológicas e Ambientais  
Dourados – Mato grosso do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/0259618824667961>  
ORCID: 0000-0003-1483-8210

### Camila Gianlupi

Universidade Federal da Grande Dourados,  
Faculdade de Ciência Agrárias  
Dourados – Mato grosso do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/2741138146679669>  
<https://orcid.org/0000-0002-5044-0341>

### Tathiana Elisa Masetto

Universidade Federal da Grande Dourados,  
Faculdade de Ciência Agrárias  
Dourados – Mato grosso do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/7943695736866881>  
ORCID: 000-0003-3203-6932

**RESUMO:** A soja (*Glycine max* L., Fabaceae) é uma das principais culturas produzidas no Brasil, o maior produtor do grão no mundo, sendo que cerca de 96% dessa produção é de origem transgênica. Nos últimos anos, as rotinas de

análise de sementes têm sugerido que a pré-hidratação, especialmente de sementes de soja, antes da instalação do teste de germinação, proporciona resultados mais elevados do que a exposição direta das sementes secas ao substrato umedecido na execução do teste. Sendo assim, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja após hidratação sob diferentes métodos e períodos. O experimento foi conduzido na Universidade Federal da Grande Dourados, as sementes de soja (cultivar M6410®) foram expostas a dois métodos de pré-condicionamento (papel umedecido e tela em gerbox) durante os períodos de 4, 6 e 8 horas. Após o pré-condicionamento, as sementes foram avaliadas quanto à germinação e ao vigor pelos testes de primeira contagem, envelhecimento acelerado e emergência a campo. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Houve efeito significativo dos períodos de pré-condicionamento para o vigor das sementes, sendo os períodos de seis e oito horas superiores ao período de quatro horas. O vigor de sementes foi maior com o pré-condicionamento em papel umedecido quando comparados ao gerbox com tela, provavelmente porque nesse método há maior contato da semente com a água, o que facilitaria a sua absorção. Com isso, conclui-se que, para o pré-condicionamento de sementes de soja visando à elevação do teor de água deve se utilizar o papel umedecido com água por períodos de 6 ou 8 horas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Glycine max*, vigor de sementes, pré-condicionamento.

## INFLUENCE OF HYDROPRIMING ON THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SOYBEAN SEEDS

**ABSTRACT:** Soybean (*Glycine max* L., Fabaceae) is one of the main crops produced in Brazil, the largest producer of grain in the world, with about 96% of this production coming from transgenic. In recent years, how seed analysis routines have suggested that pre-hydration, especially of soybean seeds, before installation of the germination, offers higher results than direct exposure of dry seeds to the moistened substrate in the test run. Thus, the objective was to evaluate the physiological quality of soybean seeds after hydration under different methods and periods. The experiment was conducted at the Federal University of Grande Dourados, soybean seeds (cultivar M6410®) were exposed to two preconditioning methods (wet paper and under grid in acrylic box) during periods of 4, 6, and 8 hours. After preconditioning, seeds were evaluated for germination and vigor by the first count, accelerated aging, and field emergence tests. The results were found by analysis of variance and as means were compared by Tukey test, at 5% probability. There was a significant effect of the pre-conditioning periods on seed vigor, with periods of six and eight hours being longer than the period of four hours. Seed vigor was higher with preconditioning on moistened paper when compared to the grid in an acrylic box, probably because in this method there is greater contact of the seed with water, which would facilitate its absorption. Thus, it can be concluded that, for the pre-conditioning of soybean seeds Formation to increase the water content, paper moistened with water for periods of 6 or 8 hours should be used.

**KEYWORDS:** *Glycine max*, seed vigor, preconditioning.

### 1 | INTRODUÇÃO

Oriunda do leste da China, a soja (*Glycine max* L., Fabaceae) vem sendo domesticada a mais de 3 mil anos, sendo incorporada ao continente europeu apenas em 1712, e posteriormente a América em 1765. No último século, a leguminosa ganhou grande destaque no mercado mundial por ser uma excelente fonte de proteínas e lipídeos, consolidando-se como uma importante Commodity para vários países como os Estados Unidos, Argentina, Paraguai, Uruguai entre outros (GAZZONI; DALL'AGNOL, 2018). Atualmente o Brasil é o maior produtor de soja do mundo, com uma colheita de 135,91 milhões de toneladas na safra 2020/2021, sendo Mato Grosso o estado mais produtivo do país (CONAB, 2021).

Grande parte dessa evolução na produção do grão se deve aos investimentos em tecnologia nas lavouras, com o uso de sementes geneticamente superiores e novas técnicas relacionadas ao manejo do campo. Segundo o Serviço Internacional para a Aquisição de Aplicações Agro-Biotecnológicas (2018) 96,5% da soja produzida no Brasil é transgênica; no estado de Mato Grosso do Sul, uma das variedades mais comercializadas pela Monsoy é a M6410 IPRO, resistente a doenças como a Mancha-alvo e a Pústula bacteriana, além de possuir alta precocidade no cerrado, o que a torna ideal para utilização no plantio da safrinha (BAYER, 2021).

Considerando a extrema importância da cultivar para a economia nacional, tornam-se indispensáveis os estudos específicos sobre a análise de sementes de soja, visando a geração de resultados confiáveis sobre o real estado do potencial fisiológico de sementes e obtenção de estande desejado. Nos últimos anos, as rotinas de análise de sementes têm sugerido que a pré-hidratação das sementes, especialmente de soja, antes da instalação do teste de germinação, proporciona resultados mais elevados do que a exposição direta das sementes secas ao substrato umedecido na execução dos testes (DA SILVA; VILLELA, 2011; RAMOS; JATAI, 2015).

De acordo com Adnan et al. (2020) o procedimento de uniformização e elevação do teor de água das sementes é recomendável para se obter resultados uniformes e confiáveis, em testes para a qualidade fisiológica de sementes. Essa constatação pode estar relacionada à necessidade de que nas etapas iniciais da embebição das sementes, os eventuais danos ao genoma do embrião precisam ser reparados antes do início da divisão celular para minimizar a inibição do crescimento e de mutações da informação genética (WATERWORTH; BRAY; WEST, 2015).

Em sementes de soja da cultivar M7211RR, que utilizar a mesma tecnologia “íntacta” da Monsoy, o condicionamento fisiológico foi capaz de influenciar positivamente o vigor. Otimizando assim a emergência de plântulas, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens e sementes; impactando diretamente na produtividade e rentabilidade da colheita (DA SILVA et al., 2016) especially those of low vigor. Vigor is defined as the ability of the seed to perform adequately when exposed to different environmental conditions. High vigor seeds generate plants with higher emergency speed and superior yield components, favoring into a higher seed yield. The objective of this work was to evaluate the agronomic behavior of soybean plants under field conditions originated from primed seeds with different level of vigor. Yield components and soybean yield were also evaluated. Seed priming in seed with medium vigor positively influences the components (seedling emergence, first pod height, number pods/plant, number of seeds/plant, number of seeds/ pod.

Embora o fenômeno de absorção de água em sementes tenha sido estudado em vários aspectos fisiológicos (TAIZ et al., 2017), recentemente, com os resultados diferenciados obtidos com sementes de soja pertencentes à cultivar M6410, faz-se necessário expandir o conhecimento básico sobre os mecanismos de pré-hidratação das sementes de soja que serão submetidas aos testes de rotina em análise de sementes.

Sendo assim, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja após hidratação sob diferentes métodos e períodos, visando à elevação do teor de água e consequente padronização dos testes de avaliação tecnológica de sementes de soja M6410.

## 2 | METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições com 50 sementes de soja cv. M 6410. Foram utilizadas sementes com cinco tamanhos diferentes (5,0; 5,5; 6,0; 6,5 e 7,0 mm), que foram submetidas a dois métodos de hidratação: sobre tela de aço inox no interior de gerbox com 40 ml de água destilada no fundo e sobre papel umedecido com água ao equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, ambos durante 4, 6 e 8 horas.

Após esses períodos, as sementes foram submetidas ao teste padrão de germinação, onde foram avaliados os percentuais de plântulas normais aos cinco (primeira contagem) e oito dias após a instalação do teste. O vigor das sementes foi avaliado por meio do teste de envelhecimento acelerado e emergência a campo. Os testes realizados encontram-se descritos a seguir:

**Germinação:** foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, em papel toalha (*germitest*) umedecido na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato. Os rolos de papel foram acondicionados em sacos plásticos e mantidos em germinador sob temperatura de 25 °C, sob luz branca constante. Foram computadas as porcentagens médias de plântulas normais obtidas aos oito dias após a instalação do teste (Brasil, 2009).

**Envelhecimento Acelerado:** foi realizado segundo a metodologia descrita por Marcos Filho (1999) onde cerca de 300 sementes, para cada tratamento, foram distribuídas em camada única e uniforme sobre uma tela de aço inoxidável, a qual posteriormente ficou suspensa no interior de caixa de acrílico do tipo gerbox, contendo 40 ml de água destilada ao fundo. As caixas, então fechadas, foram mantidas em câmara do tipo B.O.D. durante 48 horas com temperatura previamente controlada de 41 °C. Após esse período foi determinado o teor de água das sementes e também realizado o teste de germinação (BRASIL, 2009), sendo a porcentagem de plântulas normais computada ao quinto dia após a montagem do teste.

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativas, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em teoria o método de pré condicionamento e o período de exposição da semente estão altamente correlacionados com o tamanho da mesma, pois quando menor a semente, mais rápido será a absorção de água, especialmente se a semente for colocada em contato direto com o líquido (BECKERT; MIGUEL; MARCOS FILHO, 2000). No entanto, de acordo com a análise de variância (Tabela 1) a interação entre as fontes de variação não foi significativa para nenhuma variável.

FV	GL	Quadrados médios			
		G	PC	EA	EC
Pré-cond,	1	20,8333*	38,5333*	20,8333*	0,1333*
Período	2	21,4333*	6,9333*	21,4333*	7,6333*
Tamanho	4	60,8666*	29,7833*	60,8666*	80,4500*
Pré-Cond x Período	2	0,4333 <sup>ns</sup>	2,1333 <sup>ns</sup>	0,4333 <sup>ns</sup>	3,4333 <sup>ns</sup>
Pré-Cond x Tamanho	4	0,3333 <sup>ns</sup>	1,2833 <sup>ns</sup>	0,3333 <sup>ns</sup>	2,7166 <sup>ns</sup>
Tempo x Tamanho	8	2,0166 <sup>ns</sup>	2,4333 <sup>ns</sup>	2,0166 <sup>ns</sup>	0,8000 <sup>ns</sup>
Período x Tamanho x Pré-Cond	8	1,6833 <sup>ns</sup>	0,6333 <sup>ns</sup>	1,6833 <sup>ns</sup>	1,0166 <sup>ns</sup>
Resíduo	90	2,8111	3,6000	3,2111	4,2666
Total	119				
CV (%)		1,73	2,05	1,91	2,26

ns é não significativo e \*significativo a 5% de probabilidade, ambos no teste F.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para germinação (G), primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA) e emergência a campo (EC) de sementes de soja com diferentes tamanhos (mm) submetidas a diferentes métodos de pré-condicionamento (Pré-cond) durante diferentes períodos (horas).

Em contrapartida, as fontes de variação isoladas (método de pré condicionamento, período, e tamanho de semente) influenciaram significativamente nas variáveis germinação, primeira contagem, envelhecimento acelerado e emergência a campo (Tabela 1); reforçando a importância da avaliação e padronização de métodos de pré-condicionamentos específicos para cada espécie e cultivar.

Em relação ao método de hidrocondicionamento (Tabela 2) a utilização do papel proporcionou resultados superiores nas variáveis de germinação (97), primeira contagem (93) e envelhecimento acelerado (94) quando comparados à exposição das sementes sobre tela (96, 92 e 93 respectivamente).

Métodos	G	PC	EA	EC
Papel	97a	93a	94a	91a
Tela	96b	92b	93b	91a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 2. Teste de germinação (G) (%), primeira contagem (PC) (%), envelhecimento acelerado (EA) (%) e emergência a campo (EC) (%) de sementes de soja submetidas a dois métodos de pré-condicionamento.

Tais resultados podem ser explicados pelo fato de que na absorção de água sem contato direto, ou seja através da umidade atmosférica (tela), a semente pode demorar dias para reativar o metabolismo embrionário e então germinar. Sendo assim, o rolo de papel umedecido caracteriza-se como uma alternativa mais eficiente no hidrocondicionamento da soja M6410.

Resultados semelhantes foram obtidos por Rahman et al. (2020) ao avaliar a qualidade fisiológica das mudas de 15 diferentes genótipos de soja em relação a diferentes métodos de pré-condicionamento. Segundo os autores, o hidrocondicionamento por contato direto, em rolos de papel, proporciona maior porcentagem de germinação quando comparado a métodos como o osmocondicionamento, entre outros.

Não foram observadas diferenças significativas entre os métodos de hidrocondicionamento para emergência a campo (Tabela 2); embora esses resultados indiquem que sob condições de cultivo as sementes não apresentam sensibilidade aos eventuais danos por embebição, os aspectos relacionados à utilização da pré-hidratação de sementes devem ser considerados, pois a análise de sementes em laboratório é uma exigência obrigatória para a comercialização de sementes. Sendo assim, a otimização de expressão do potencial genético da cultivar poderia representar um importante ganho financeiro ao produtor.

Houve diferença significativa entre os períodos de pré-condicionamento para a germinação e envelhecimento acelerado, sendo os períodos de seis e oito horas superiores ao período de quatro horas (Tabela 3). Esses resultados indicam que o aumento do período de exposição ao pré-condicionamento é favorável para a germinação e o vigor de sementes de soja.

Período (h)	G	PC	EA	EC
4	96b	92a	93b	91a
6	97a	92a	94a	91a
8	98a	93a	95a	92a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Teste de germinação (G) (%), primeira contagem (PC) (%), envelhecimento acelerado (EA) (%) e emergência a campo (EC) (%) de sementes de soja submetidas a diferentes períodos de pré-condicionamento (h).

Segundo Braccini et al. (1999) o pré condicionamento de sementes induz a reidratação da membrana fosfolipídica, que passa do estado de gel para líquido-cristalino, promovendo a reestruturação celular e reativação da atividade metabólica. Quando a velocidade de entrada da água é superior a capacidade de compartimentalização celular ocorre a lixiviação dos solutos intracelulares, que por sua vez podem alterar toda a fisiologia interna dessa célula, impactando diretamente no vigor da semente, e até na viabilidade do embrião.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva e Villela (2011) que ao avaliarem métodos de pré-condicionamento em sementes de soja constataram que no período de seis horas de pré-embebição em substrato úmido as sementes de soja apresentaram menos

danos fisiológicos e consequentemente maior vigor, quando comparados as sementes que foram pré-condicionadas por períodos mais curtos.

Foram observadas diferenças significativas entre as variáveis de germinação, primeira contagem, envelhecimento acelerado e emergência a campo em relação os diferentes tamanhos de sementes de soja (Tabela 4). Sendo atribuída as maiores sementes (peneiras de 6.5 e 7 mm) os melhores resultados em relação as variáveis de germinação (98) e envelhecimento acelerado (95). Resultados semelhantes foram encontrados na emergência a campo, sendo que as peneiras 6, 6.5 e 7 mm apresentaram resultados superiores as demais (92 e 93) e não diferiram estatisticamente entre si.

Tamanho	Germinação	PC	EA	EC
5	95c	94a	92c	89b
5.5	96b	93ab	93b	90b
6	97ab	92bc	94ab	92a
6.5	98a	92bc	95a	93a
7	98a	91c	95a	93a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Teste de germinação (G) (%), primeira contagem (PC) (%), envelhecimento acelerado (EA) (%) e emergência a campo (EC) (%) de sementes de soja de diferentes tamanhos.

De acordo com a literatura (DA SILVA; VILLELA, 2011; VINHAL-FREITAS et al., 2011) sementes maiores tendem a possuir maior teor de água e consequentemente menor desestruturação celular e dano metabólico, fato que impacta diretamente no envelhecimento acelerado, assim como foi observado na tabela 4. Além disso, o tamanho da semente também está associado a reserva de energia (carboidrato), que por sua vez influenciará na capacidade de sobrevivência do embrião e posteriormente da plântula. A relação entre tamanho e vigor de sementes não é uma constante, podendo diferir de acordo com a espécie avaliada. Todavia, para a soja a premissa é verdadeira e já foi comprovada por Coelho et al. (2019), Peripolli et al. (2019) e Prado; Umbelino; Rezende (2021).

Em contra partida, os resultados de primeira contagem foram inversamente proporcionais aos resultados das demais variáveis, sendo o maior valor obtido em sementes com diâmetro de 5 a 5.5 mm (Tabela 4). A primeira contagem avalia, indiretamente, a velocidade de germinação de sementes, indicando que quanto menor o tamanho da semente maior é a superfície de contato com o substrato e maior é a velocidade de entrada de água para o interior do embrião. No entanto, ao final da avaliação, essa vantagem foi minimizada pela eventual quantidade de atributos internos das sementes com tamanho superior a 6.0 mm.

## 4 | CONCLUSÕES

O hidrocondicionamento de sementes de soja conduzida sobre papel umedecido durante 6 horas é eficiente para a obtenção de resultados elevados de germinação e vigor de sementes de soja.

## REFERÊNCIAS

ADNAN, M. et al. Seed priming; an effective way to improve plant growth. **EC Agriculture**, v. 6, n. 6, p. 1–5, 2020.

BAYER. **M6410 Monsoy**. Disponível em: <<https://www.agro.bayer.com.br/essenciais-do-campo/sementes/monsoy/m-6410-ipro>>. Acesso em: 28 Jul. 2021.

BECKERT, O. P.; MIGUEL, M. H.; MARCOS FILHO, J. Absorção de água e potencial fisiológico em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 4, p. 671–675, 1 Out. 2000.

BRACCINI, A. D. L. E. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, após o processo de hidratação-desidratação e envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 6, p. 1053–1066, 1999.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. 1. ed. Brasília - DF: MAPA/ ACS, 2009.

COELHO, E. B. et al. INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA SEMENTE NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DA SOJA. **Ipê Agronomic Journal**, v. 3, n. 1, p. 71–79, 3 Jun. 2019.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira 2020/2021**. 1. ed. Brasília: Observatório Agrícola, 2021. v. 8

DA SILVA, K. da R. G.; VILLELA, F. A. Pré-hidratação e avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 331–345, 2011.

DA SILVA, T. A. et al. Condicionamento fisiológico de sementes de soja, componentes de produção e produtividade. **Ciencia Rural**, v. 46, n. 2, p. 227–232, 2016.

GAZZONI, D. L.; DALL'AGNOL, A. **A saga da soja: de 1050 a.C. a 2050 d.C.** 1. ed. Brasília - DF: Embrapa Soja, 2018.

ISAAA. **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2018: Biotech Crops Continue to Help Meet the Challenges of Increased Population and Climate Change**. 54. ed. Ithaca, NY: The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), 2018.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 1. ed. Londrina - PR: ABRATES, 1999. p. 3–24.

PERIPOLLI, M. et al. QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA PROVENIENTES DE DOIS TAMANHOS DE PENEIRA. **Vivências**, v. 15, n. 29, p. 267–278, 14 Out. 2019.

PRADO, K. de S.; UMBELINO, L. F.; REZENDE, C. F. A. TAMANHO DA SEMENTE E SUA INFLUÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DA SOJA. **Ipê Agronomic Journal**, v. 5, n. 1, p. 1–7, 29 Jun. 2021.

RAHMAN, S. U. et al. Effect of osmopriming and hydro priming on seedling traits of soybean. **Agricultural Sciences Journal**, v. 2, n. 1, p. 67–73, 18 Set. 2020.

RAMOS, A. R.; JATAI, R. Bioestimulante no condicionamento fisiológico e tratamento de sementes de feijão. **Andreia Rodrigues Ramos Flávio Ferreira da Silva Binotti Tiago Rodrigues da Silva Uadson Ramos da Silva**, v. 21, n. 1, p. 76–88, 2015.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VINHAL-FREITAS, I. C. et al. Germinação e vigor de sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Agropecuária Técnica**, v. 32, n. 1, p. 108–114, 2011.

WATERWORTH, W. M.; BRAY, C. M.; WEST, C. E. The importance of safeguarding genome integrity in germination and seed longevity. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 12, p. 3549–3558, 1 Jun. 2015.

## ESCALADA DA SOJA GM E DO GLIFOSATO, NO BRASIL, ENTRE 2011 E 2018

*Data de aceite: 01/11/2021*

*Data de submissão: 03/08/2021*

### Cleiva Schaurich Mativi

Universidade Federal de Rondonópolis,  
Faculdade de Ciências Aplicadas e Políticas  
Rondonópolis – Mato Grosso  
<https://orcid.org/0000-0001-9958-5640>

### Pierre Girardi

Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto  
de Biociências, Cuiabá, Mato Grosso  
<https://orcid.org/0000-0002-8411-0690>

### Sofia Inés Niveiros

Universidade Federal de Rondonópolis,  
Faculdade de Ciências Aplicadas e Políticas  
Rondonópolis – Mato Grosso  
<https://orcid.org/0000-0001-6547-5881>

**RESUMO:** A soja geneticamente modificada (GM), tolerante ao herbicida glifosato (GM/RR), possui relevância econômica a nível mundial, tendo seu pacote biotecnológico atrelado ao consumo de glifosato, o qual desde o início de sua comercialização vem sendo alvo de inúmeros questionamentos quanto aos efeitos de sua utilização. Objetiva-se descrever a amplitude da evolução das vendas do glifosato e o crescimento do cultivo e rendimento da soja transgênica no período de 2011 a 2018, nos principais estados sojicultores do Brasil. Os dados foram coletados Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (Ibama e dados da Produção Agrícola Municipal (PAM), do Sistema

IBGE de Recuperação Automática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-SIDRA) e tratados em planilha do Excel, para elaboração de tabelas e gráficos. Os resultados evidenciaram que a área plantada de soja biotecnológica se expandiu intensamente desde a sua adoção na agricultura contemporânea, destacando-se entre as demais culturas biotecnológicas cultivadas no Brasil e o glifosato consolidou sua comercializado com um aumento de 45% nos últimos 8 anos, aproximando-se de 1,5 bilhão de toneladas, correspondendo a 50% do total de agrotóxicos comercializados no País. **PALAVRAS-CHAVE:** Transgênicos, agrotóxicos, sojicultura.

### SCALE OF GM SOYBEAN AND GLYPHOSATE, IN BRAZIL, BETWEEN 2011 AND 2018

**ABSTRACT:** The genetically modified (GM) soybean, tolerant to the herbicide glyphosate (GM / RR), has economic relevance worldwide, with its biotechnological package linked to the consumption of glyphosate, which since the beginning of its commercialization has been the target of numerous questions regarding the effects of its use. The objective is to describe the amplitude of the evolution of glyphosate sales and the growth of the cultivation and yield of transgenic soybeans in the period from 2011 to 2018, in the main soybean states in Brazil. The data were collected from the Brazilian Institute of the Environment and Renewable Resources (Ibama and data from Municipal Agricultural Production (PAM), from the IBGE Automatic Recovery System of the Brazilian Institute

of Geography and Statistics (IBGE-SIDRA) and treated in an Excel spreadsheet, for the preparation of tables and graphs, the results showed that the biotechnological soy planted area has expanded intensively since its adoption in contemporary agriculture, standing out among the other biotechnological crops grown in Brazil and glyphosate consolidated its commercialization with an increase of 45 % in the last 8 years, approaching 1.5 billion tons, corresponding to 50% of the total of pesticides sold in the country.

**KEYWORDS:** Transgenics, pesticides, soybean.

## 1 | INTRODUÇÃO

A soja é uma commodity com grande valor econômico no mercado interno e externo. Com a desvalorização do real frente ao dólar, aliada à demanda chinesa por grãos, essa leguminosa apresenta-se altamente competitiva a nível global. A safra brasileira estimada para 2020/2021 é de 133,5 milhões de toneladas da oleaginosa, representando um acréscimo de 7,3% em relação à safra anterior, sendo que os produtores já estão fechando contratos de vendas antecipadas dessa produção (CONAB, 2020).

O modelo agrícola adotado atualmente para essa cultura, a qual, em sua maioria, é de sementes geneticamente modificadas (GM), tolerantes ao glifosato tem se intensificado ao longo dos anos (USDA, 2020). Observa-se uma tendência de crescimento do cultivo da soja GM também nos estados brasileiros, bem como as vendas de seu companheiro inseparável, o glifosato, utilizado para o controle de ervas daninhas nessa e em outras culturas transgênicas.

Diante do exposto, questiona-se qual a escalada da área plantada de soja GM e de seu rendimento, bem como das vendas de glifosato no Brasil para período de 2011 a 2018? Para responder a esta questão buscar-se-á nas plataformas governamentais os dados sobre a área plantada, o rendimento da cultura e as quantidades das vendas de glifosato, para o período em estudo, com o intuito de descrever o panorama desta cultura naqueles estados onde a cultura seja representativa.

Neste sentido, o objetivo deste estudo é descrever a amplitude da evolução das vendas do glifosato e o crescimento do cultivo e rendimento da soja transgênica no período de 2011 a 2018, nos principais estados sojicultores do Brasil.

A justificativa para esta abordagem reside no fato de que as lavouras de culturas transgênicas de soja vêm apresentando um intenso crescimento nos principais países produtores a nível mundial, importando conhecer, no Brasil, qual o ritmo do aumento da área plantada e do rendimento da cultura, assim como da utilização de glifosato nas lavouras.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 As culturas geneticamente modificadas (GM) que utilizam glifosato

De acordo com Miranda (2018), o projeto GFSAD30, um estudo da Agência Espacial

Norte Americana (NASA), e do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), mapeou, em novembro de 2017, por meio do satélite Landsat 8, as áreas cultivadas com lavouras em todo o globo, cujo objetivo foi fornecer embasamento científico para estratégias de segurança alimentar de uma população estimada de 7,6 bilhões de pessoas em todo o planeta. Os resultados apresentados foram de que o mundo possui 1,87 bilhão de hectares de lavouras plantadas, podendo-se inferir que a cada hectare de lavoura alimentaria quatro pessoas. Entretanto, o cálculo dessa média não considera as variáveis que influenciam a produtividade.

Importa ressaltar, que as maiores áreas plantadas com lavouras estão na Índia, com 179,8 milhões de hectares (Mha), correspondendo a 9,60% do total plantado no planeta, seguida dos Estados Unidos, com 167,8 Mha (8,96%), China, com 165,2 Mha (8,82%) e Rússia com 155,8 Mha (8,32%). O Brasil ficou em quinto lugar, com 63,9 milhões de hectares, correspondendo a 3,42% do total plantado no planeta. Esses países juntos atingem quase 40% da área cultivada no planeta. (EMBRAPA; USGS, 2017).

De acordo com Pignati et al., (2017) os cultivos de soja, milho e cana-de-açúcar predominam no Brasil entre as onze culturas que mais utilizam agrotóxicos e, em 2015, essas culturas juntas correspondiam a 76% da área plantada, tendo pulverizado 899 milhões de litros de agrotóxicos nas lavouras, sendo que os estados do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul foram responsáveis pelas maiores quantidades utilizadas. A cultura do algodão também utilizou grandes quantidades de agrotóxicos, contudo, a área plantada é pouco significativa em comparação às outras três.

Um estudo apresentado no décimo segundo relatório anual sobre das culturas geneticamente modificadas (GM), em seus aspectos socioeconômicos globais, no nível da fazenda, e impactos ambientais, resultantes das mudanças de uso de herbicidas e inseticidas, no período de 1996 - 2015, evidencia que a adoção da tecnologia GM apresentou um impacto positivo e relevante na renda agrícola, a qual foi atribuída a uma combinação de ganhos de produtividade e eficiência, gerando um benefício econômico das culturas GM da ordem de US\$15,4 bilhões, o que equivale a adição de 5,2% do total das principais culturas de soja, milho, canola e algodão, dado que no período os rendimentos cresceram US\$167,8 bilhões. A tecnologia GM HT na soja aumentou a renda agrícola em US \$ 50 bilhões desde 1996. Já a adoção da soja 'Intacta' (combinando características de HT e IR) na América do Sul (Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai) gerou US\$ 2,4 bilhões em renda agrícola adicional. (BROOKES e BARFOOT, 2017).

A adoção da biotecnologia de sementes melhoradas, ou geneticamente modificadas nos principais países exportadores no período de 2003-2018 para o cultivo da soja GM, vem crescendo significativamente, como pode ser observado no quadro 1.

ANO	ESTADOS UNIDOS *			ARGENTINA **			BRASIL ***		
	Total Soja (Mha)	Biotech (Mha)	%part. Biotech	Total Soja (Mha)	Biotech (Mha)	%part. Biotech	Total Soja (Mha)	Biotech (Mha)	%part. Biotech
2003	29,3	23,71	81	14,0	13,9	99	21,3	7,24	34
2004	30,4	25,86	85	14,4	14,3	99	22,8	7,73	34
2005	29,1	25,33	87	15,2	15,1	100	22,0	10,76	49
2006	30,6	27,19	89	15,4	15,3	100	20,2	11,29	56
2007	25,7	23,39	91	16,8	16,0	95	22,0	14,49	66
2008	30,6	28,17	92	18,2	18,1	99	21,9	14,20	65
2009	31,4	28,53	91	19,0	18,8	99	22,9	16,19	71
2010	31,3	29,10	93	19,5	19,5	100	25,4	17,81	70
2011	30,5	28,69	94	19,1	19,1	100	25,0	20,7	83
2012	31,2	29,3	94	19,4	19,4	100	27,6	24,6	89
2013	31,4	29,22	93	20,8	20,8	100	29,5	27,3	92
2014	34,3	32,25	94	20,8	20,8	100	31,2	29,0	93
2015	34,5	32,37	94	21,1	21,1	100	32,2	30,3	94
2016	33,8	31,73	94	21,1	21,1	100	33,9	32,7	97
2017	36,5	34,28	94	19,2	19,2	100	34,0	29,0	85
2018	36,10	34,0	94	19,5	19,5	100	35,2	32,4	92

Quadro 1. Adoção da biotecnologia para o cultivo da soja GM nos principais países exportadores no período de 2003-2018. (Em milhares de hectares - Mha)

Fonte: adaptado de SoyStats® is copyright ©2019 The American Soybean Association. \*Sources: USDA, NASS, ISAAA. \*\*Estimate / Sources: USDA, FAS, ISAAA, Argentinian Agriculture Ministry. \*\*\*Estimate / Sources: USDA, FAS, ISAAA, CONAB

Pelo exposto no quadro 1, observa-se que nos principais países produtores da leguminosa, a soja biotecnológica aumentou sua participação no total da área plantada de soja, chegando a praticamente cem por cento nos EUA e Brasil, sendo que na Argentina a totalidade da área destinada à lavoura de soja já é de 100% para o plantio de soja biotecnológica desde 2010. De acordo com Benbrook (2016), estes três países são os maiores consumidores de sementes transgênicas com características resistentes ao glifosato (HT ou RR).

As variedades transgênicas RR e GE, em média 90% resistentes ao glifosato, desde 1996 tem crescido em ritmo acelerado, ocupando praticamente a totalidade da área cultivada de soja. (BENBROOK, 2016; DUKE, 2014). Entretanto, todo esse êxito está sendo desafiado pela evolução das plantas daninhas resistentes ao glifosato, exigindo a adoção de práticas de manejo específicas e gestão da resistência para a manutenção dos benefícios oriundos da tecnologia de glifosato, sob pena de sérios impactos ao ambiente (DUKE, e POWLLES, 2008); (SANDERS et al, 2017).

## 2.2 Impactos do uso do glifosato pela cultura da soja transgênica

As pessoas lidam com manifestações de pragas que assolam plantações há milhares de anos, pois de acordo com Zappe (2011), constam em registros bíblicos pragas que devastavam plantações, sendo consideradas castigos divinos. Os sumérios 2.500 a.C, já aplicavam enxofre para repelir insetos e em 400 a.C, no reino de Jerjes, na Pérsia, atual Irã, usavam o pireto (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) no controle de piolhos (HOMMA, 2014). Esse uso continuou até a Segunda Guerra Mundial, quando foi descoberto o diclorodifeniltricloroetano (DDT), por Paul Müller, o qual passou a ser utilizado no mundo todo devido à sua eficácia como inseticida tanto nas ações da saúde pública quanto na agricultura, esta última, responsável por consumir cerca de 80% do que era produzido da substância (RIBEIRO e PEREIRA, 2016).

As inquietações sobre os possíveis impactos das culturas transgênicas nas comunidades microbianas do solo, responsáveis por importantes processos microbianos, como a fixação de nitrogênio, ciclagem de nutrientes e xenobioses. De acordo com Babujia et al (2016); Hungria et al., (2015); Hungria et al., (2014) as propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo e a produtividade de grãos em ensaios de longo prazo, envolvendo genótipos transgênicos RR convencionais e quase isogênicos evidenciaram variações relacionadas com os parâmetros biológicos de fixação de nitrogênio, as quais puderam ser atribuídas à resistência ao glifosato.

As implicações ambientais da biotecnologia nas atividades agrícolas podem ser significativas, não estando limitadas ao esgotamento dos recursos não renováveis, mas sendo capazes de prejudicar as funções do solo e a diversidade de vida na terra, podendo levar a um comprometimento acelerado de biodiversidade devido ao uso contínuo de pesticidas (LINDNER et. al. 2019).

Considerando-se que o glifosato é persistente, e móvel, o incremento nas quantidades utilizadas possui potencialidades para aumentar o risco de exposição animal e humana em águas superficiais e subterrâneas Benbrook (2016), sendo importante ressaltar a alta resistência do glifosato à degradação no solo, proporcionada pela ligação C-P inerte em sua estrutura (CHEKAN, COGA e NAIR, 2016).

## 3 | METODOLOGIA

O presente estudo iniciou por meio de uma pesquisa bibliográfica em diversos artigos, nas bases de dados Scielo (*Scientific Electronic Library Online*) e *Google Scholar*, objetivando ampliar o entendimento sobre as culturas transgênicas, especialmente aquelas que utilizam o glifosato.

Na etapa seguinte, buscou-se coletar os dados para o período de 2011 a 2018, nos boletins anuais sobre produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos, componentes e afins no Brasil, elaborados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e

dos Recursos Renováveis (Ibama), órgão governamental responsável pela divulgação dessas informações e dados da Produção Agrícola Municipal (PAM), do Sistema IBGE de Recuperação Automática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-SIDRA), para o período de 2011 a 2018, por Unidade da Federação (UF).

Definiu-se como critério delimitar o estudo para as UF cuja média de área plantada de soja ficou acima de 100.000 hectares, ou seja, estados onde a cultura da soja possui representatividade entre as demais culturas.

Após, buscou-se apresentar a evolução das vendas de glifosato, para o período do estudo, a representatividade da cultura de soja em relação à cultura de milho e cana-de-açúcar. E, por último, a evolução da área plantada e rendimentos da cultura de soja transgênica, para os estados reconhecidamente sojicultores no Brasil, de acordo com o critério de escolha anteriormente estabelecido, no período de 2011 a 2018.

## **4 I ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Os resultados obtidos com esta pesquisa são apresentados nos tópicos a seguir, enfocando a venda de agrotóxicos, com destaque para o glifosato e distinção para a soja entre as culturas GM, nos estados reconhecidamente sojicultores, conforme critério metodológico anteriormente estabelecido.

### **4.1 Participação do glifosato no total de agrotóxicos comercializados no Brasil de 2011 a 2018**

Desde 2009, a Anvisa divulga os dez agrotóxicos mais vendidos no Brasil. O ingrediente ativo glifosato não somente ocupa o primeiro lugar, como o volume de sua comercialização geralmente é superior à soma de todos os ingredientes ativos do 2º ao 10º lugar (BOMBARDI, 2019; IBAMA, 2009-2018).

De acordo com Carneiro (2015) entre 2000 e 2012 o glifosato já figurava com um crescimento de 194,09% no período, revelando -se como campeão de vendas, correspondendo em 2012 a 39,03% do total de vendas de ingrediente ativo (IA). Essa escalada contínua das vendas do glifosato tem suscitado diferentes indagações, tanto em relação aos impactos ambientais, quanto aos efeitos deletérios à saúde de pessoas e animais (BABUJIA, 2016).

No quadro 2, descreve-se o volume total de agrotóxicos vendidos no período e a participação do glifosato. Pode-se observar que no período escolhido para este estudo o glifosato e seus sais (ingredientes ativos –IA), possuem elevada representatividade entre os demais agrotóxicos vendidos no País.

ANO	TOTAL VENDIDO (Ton)	Glifosato e seus sais (Ton)	Participação (%)
2011	295.020,40	131.898,00	44,70
2012	346.054,63	187.777,18	54,26
2013	354.480,99	185.956,13	52,46
2014	360.360,12	194.877,84	54,08
2015	375.046,89	194.939,60	51,98
2016	398.819,54	185.602,22	46,54
2017	391.965,13	173.150,75	45,33
2018	388.745,39	195.056,02	50,17
TOTAIS	2.910.493,09	1.449.257,74	49,79

Quadro 2. Participação do glifosato entre os 10 agrotóxicos mais vendidos no Brasil.

Fonte: dados da pesquisa

Corroborando com esta informação da participação do glifosato entre os dez agrotóxicos mais vendidos, importa ressaltar que nos últimos anos as vendas do glifosato no Brasil, tem se mantido em níveis elevados como pode ser observado na Quadro 2, tendo saltado de 131 mil toneladas em 2011 para 195 mil toneladas em 2018, correspondendo a um aumento de 45% nos últimos 8 anos.

Acrescente-se a isto o fato de que no Brasil, de acordo com Franco e Pelaez (2016), observa-se um esvaziamento da agenda ambiental em prol do desempenho econômico no curto prazo, indicando um retrocesso do marco legal que regulamenta a produção, comércio e uso de agrotóxicos.

Pignati et al. (2017) chamam atenção para a insuficiência de dados sobre os agrotóxicos, o seu real consumo, quais os tipos e volumes, aliados à ignorância sobre os riscos advindos de seu uso, à falta de diagnósticos em saúde e à pressão do setor do agronegócio no cenário político são fatores que potencializam a ocultação deste grave problema.

## 4.2 Dados de plantio das principais culturas no Brasil, com destaque para a soja

Os dados levantados na base do Sistema IBG de Recuperação Automática - SIDRA para a área plantada das culturas temporárias, no período de 2011 a 2018, evidenciados na tabela 1, demonstram que no Brasil a cana-de-açúcar, o milho e a soja, possuem grande representatividade em relação ao total da área plantada.

Ano	Cultura	Área plantada total (ha)	Área plantada cultura (ha)	Participação individual (%)	Participação total (%)
2011	cana		9.616.615	15,55	76,41
	milho	61.841.033	13.605.369	22,00	
	soja		24.032.410	38,86	
2012	cana		9.752.328	15,48	79,21
	milho	63.005.046	15.065.288	23,91	
	soja		25.090.559	39,82	
2013	cana		10.223.043	15,39	81,12
	milho	66.406.024	15.708.367	23,65	
	soja		27.948.605	42,08	
2014	cana		10.454.280	14,85	80,40
	milho	70.398.423	15.843.121	22,50	
	soja		30.308.231	43,05	
2015	cana		10.179.827	14,33	81,98
	milho	71.028.134	15.846.517	22,31	
	soja		32.206.387	45,34	
2016	cana		10.242.703	14,34	83,48
	milho	71.432.966	16.051.087	22,47	
	soja		33.339.305	46,67	
2017	cana		10.233.258	13,89	84,15
	milho	73.644.898	17.739.683	24,09	
	soja		34.004.361	46,17	
2018	cana		10.063.739	13,74	83,88
	milho	73.230.674	16.538.551	22,58	
	soja		34.831.743	47,56	

Tabela 1 Participação percentual no total da área plantada: lavouras de cana-de-açúcar, milho e soja, no Brasil, entre 2011 e 2018.

Fonte: dados da pesquisa

As plantações de cana-de-açúcar, milho e soja ocupam juntos, aproximadamente 80% da área plantada, sendo que a área de cultivo de soja desde 1998 supera a área plantada de milho, o qual até então detinha a maior área plantada entre as três culturas. A sojicultura representa o dobro da área destinada ao plantio de cana-de-açúcar e milho.

Pode-se observar que estas três culturas são relevantes não apenas em termos da área plantada, mas também no consumo de glifosato.

Dada a representatividade da cultura da soja, buscou-se conhecer quais são os estados reconhecidamente sojicultores, tendo como resultado que os principais estados sojicultores, segundo os critérios definidos na metodologia desta pesquisa são Rondônia (RO), Pará (PA), Tocantins (TO), Maranhão (MA), Piauí (PI), Bahia (BA), Minas Gerais (MG), São Paulo (SP), Paraná (PR), Santa Catarina (SC), Rio Grande do Sul (RS), Mato Grosso

do Sul (MS), Mato Grosso (MT) e Goiás, para os quais com base nos dados coletados foram calculadas as médias de área plantada, médias de rendimento por hectare e média de consumo anual de glifosato, para o período de 2011 a 2018.

Evidencia-se na tabela 2 para o período de 2011 a 2018, a média anual do rendimento da soja por hectare, o qual apresenta pouca variação entre os estados, entretanto, pode-se observar que as médias anuais da área plantada e a média anual da compra de glifosato apresenta-se de forma bastante desigual entre os principais estados sojicultores.

Estado	Área Plantada(ha)	Produção Anual (ton)	Rendimento anual (ha)	Compra Anual Glifosato (ton)
RO	202.848	650.949	3.207	1.251
PA	284.314	859.789	2.994	1.967
TO	646.511	1.824.096	2.854	2.142
MA	669.718	1.811.704	2.734	3.950
PI	546.875	1.387.068	2.543	2.271
BA	1.306.693	3.816.534	2.893	8.140
MG	1.247.666	3.835.027	3.052	11.807
SP	717.241	2.180.095	3.003	16.271
PR	4.907.492	15.468.369	3.123	23.406
SC	554.358	1.750.238	3.105	4.445
RS	4.873.854	13.297.720	2.686	24.347
MS	2.174.740	6.611.882	2.945	11.137
MT	8.076.142	25.192.667	3.122	31.469
GO	2.987.529	9.153.039	3.060	16.294

Tabela 2. Médias anuais nos estados sojicultores para o período de 2011 a 2018.

Fonte: dados da pesquisa.

Ao comparar, por exemplo, o estado de Rondônia (RO) com Mato Grosso (MT) é possível identificar, conforme os dados desta tabela, que a média do rendimento por hectare desses dois estados foi praticamente a mesma, 3.207 ton/ha e 3.122 ton/ha, respectivamente, enquanto que a média da área plantada de RO foi de 202.848 ha, ou seja, 40 vezes menor do que a média da área plantada de MT de 8.076.142 ha.

As médias anuais da compra de glifosato nos dois estados foram de 1.251 ton/ano e 31.469 ton/ano para RO e MT, respectivamente, evidenciando que o MT comprou 25 vezes mais glifosato do que RO. Analisando essas médias nos estados de Maranhão (MA), Tocantins (TO), Piauí (PI) e Bahia (BA), os quais compõe a grande fronteira de expansão da soja, denominada Matopiba, (Embrapa, 2019) comparando-os aos tradicionais estados sojicultores das regiões Sul (PR, SC e RS), Centro-Oeste (MT, MS e GO) e Sudeste (MG e SP), essas discrepâncias continuam presentes.

Ao analisar as médias anuais da área plantada pelos estados que compõe o Matopiba com os estados produtores das regiões Sul e Sudeste, por exemplo, observa-se

que a média anual da área plantada do estado de Santa Catarina – SC é semelhante aos estados de TO e PI, porém SC comprou o dobro de glifosato.

Outro exemplo pode ser verificado ao comparar estados de BA e MG, os quais apresentam médias anuais das áreas plantadas de 1.306.693 ha/ano e 1.247.660 ha/ano, respectivamente, entretanto, MG comprou 1,46 vezes mais glifosato do que o estado da BA, sendo que a média anual da produção de ambos ficou em torno de 3,8 milhões de toneladas. Pode-se verificar, ainda, que as médias da compra anual de glifosato pelos estados de São Paulo (SP) e Goiás (GO) são equivalentes, sendo de 16.271 e 16.294 toneladas, respectivamente, contudo, a média das áreas plantadas diferem substancialmente, sendo de 717.241 hectares para SP e 2.987.529 hectares para GO, enquanto que as médias do rendimento anual para ambos ficaram na faixa de 3 mil de toneladas por hectare.

Ao confrontar os resultados apresentados neste estudo com aqueles encontrados na literatura é possível identificar que a área utilizada para a produção de soja GM é predominante entre as principais culturas que utilizam o glifosato, tendo sido aumentada paulatinamente ao longo dos anos, conforme visto na tabela 1.

A introdução das culturas GM simplificaram o controle de ervas daninhas e possibilitaram o crescimento das práticas de lavouras de conservação, como o plantio direto, plantio direto com palha e restolho (Embrapa, 2019), entretanto, a dependência do uso exclusivo do glifosato acarretou alterações nas espécies de plantas daninhas e nas populações de plantas daninhas tolerantes ao herbicida (Johnson, 2009), levando o produtor a, cada vez mais, aumentar o número de aplicações e a quantidade de glifosato na cultura (BENBROOK, 2016; BONNY, 2015; DUKE, 2014).

O Mato Grosso (MT) é o estado com a maior média de área plantada de soja no período em análise, seguido do Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS), contudo, pode-se verificar que as médias do consumo de glifosato nestes estados para o mesmo período não acompanham essa classificação, pois embora o MT possua a maior média em área plantada 8.076.142 ha e tenha um consumo médio de glifosato de 31.469 ton, o RS possui um média em área plantada de 4.873.854 ha e um consumo médio de glifosato de 24.347 ton, enquanto que o PR possui um média em área plantada maior 4.907.492 ha e um consumo médio de 23.406 ton.

Ao analisar a média da produção anual no período para estes mesmos estados verifica-se que o PR produziu mais que o RS, o que se evidencia também no rendimento médio entre os dois estados, apesar de o RS consumir mais glifosato. Diferenças desta natureza podem ser observadas ao se comparar o rendimento médio de cada estado com o consumo médio do glifosato.

Verifica-se que estados com rendimentos médios anuais semelhantes e consumo de glifosato totalmente diversos, como Rondônia (RO) e Minas Gerais (MG), por exemplo.

Esses estados são tradicionalmente os maiores produtores de soja e, conseqüentemente os maiores consumidores do glifosato. De acordo com Pignati (2017),

Sindag (2013) e Pelaez (2011) a distribuição do total de agrotóxicos consumidos entre os estados em o Mato Grosso ocupando o primeiro lugar (18,9%), `frente de São Paulo (14,5%, Paraná (14,3%, Rio Grande do Sul (0,8%), Goiás (8,8%), Minas Gerais (9,0%), Bahia (6,5%), Mato Grosso do Sul (4,7%, Santa Catarina (2,1%) e 10,4% para os estados restantes.

As razões para essas diferenças no consumo do glifosato, bem como no rendimento de cada unidade da federação possuem inúmeros elementos contribuintes, como as condições do solo, aptidão agrícola, manejo adequado, a escolha de culturas para a rotação, as condições edafoclimáticas, a cultivar utilizada entre outras (EMBRAPA, 2019).

## 5 I CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste estudo verificou-se que no Brasil, a soja transgênica evoluiu para uma área plantada maior do que aquelas destinadas às culturas de milho e cana-de-açúcar, sendo que os estados reconhecidamente sojicultores são Rondônia (RO), Pará (PA), Tocantins (TO), Maranhão (MA), Piauí (PI), Bahia (BA), Minas Gerais (MG), São Paulo (SP), Paraná (PR), Santa Catarina (SC), Rio Grande do Sul (RS), Mato Grosso do Sul (MS), Mato Grosso (MT) e Goiás.

As médias de rendimento da soja nos estados analisados apresentaram variações, para as quais não foi possível estabelecer uma relação com a área plantada, assim como com as médias de glifosato utilizado na cultura.

As vendas de glifosato tiveram um acréscimo no período analisado de 45%, sendo que este ingrediente ativo figura em primeiro lugar de vendas entre os agrotóxicos desde 2009, com uma representatividade maior de 50% em relação aos demais agrotóxicos, na maioria dos anos da série histórica analisada.

Sugere-se que sejam realizados estudos futuros objetivando conhecer a relação da produtividade da soja transgênica com o aumento da área plantada e o consumo de glifosato.

## REFERÊNCIAS

BABUJIA, L.C., SILVA AP., NAKATANI AS, et al. **Impact of long-term cropping of glyphosate-resistant transgenic soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] on soil microbiome**. *Transgenic Res.* 2016;25(4):425-440. DOI:10.1007/s11248-016-9938-4.

BENBROOK, Charles M. **Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally**. 2016. *Environmental Sciences Europe a SpringerOpen Journal*. DOI 10.1186/s12302-016-0070-0.

BOMBARDI, Larissa Mies. **Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. São Paulo: FFLCH - USP, 2019.

BONNY, Sylvie. **Genetically Modified Herbicide-Tolerant Crops, Weeds, and Herbicides: Overview and Impact**. Environmental Management, Received: 12 April 2015/Accepted: 4 August 2015 # Springer Science+Business Media New York 2015. DOI 10.1007/s00267-015-0589-7.

BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. **A química dos agrotóxicos**. In.: Química Nova na Escola, v.34.n.1, p. 10-15, 2012.

BROOKES, Graham; BARFOOT, Peter (2017) **Farm income and production impacts of using GM crop technology** 1996–2015, GM Crops & Food, 8:3, 156-193, DOI: 10.1080/21645698.2017.1317919

CARNEIRO, Fernando Ferreira (Org.) **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde** / Organização de Fernando Ferreira Carneiro, Lia Giraldo da Silva Augusto, Raquel Maria Rigotto, Karen Friedrich e André Campos Búrgio. - Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.

CARNEIRO, G. E. de S.; PIPOLO, A. E.; MELO, C. L. P. de; LIMA, D. de; FOLONI, J. S. S.; MIRANDA, L. C.; PETEK, M. R.; BORGES, R. de S.; GOMIDE, F. B.; DALBOSCO, M.; DENGLER, R. U. **Cultivares de soja: macrorregiões 1, 2 e 3 Centro-Sul do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 60 p. Catálogo 02 publicado em novembro de 2014.

CONAB (2020). Companhia Nacional de Abastecimento. **Conab apresenta dados sobre a Safra de Grãos 2020/2021 em webinar**. Disponível em <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3651-conab-apresenta-dados-sobre-a-safra-de-graos-2020-2021-em-webinar>. Acesso: 10 de out. 2020.

CHEKAN, J.R., COGAN, D.P., NAIR, S.K. **Molecular basis for resistance against phosphonate antibiotics and herbicides**. Journal of Medicinal Chemistry, [s.l.] v. 7, p. 28–36.2016.

DUKE, S. O. (2014). **Perspectives on transgenic, herbicide-resistant crops in the USA almost 20 years after introduction**. Pest Manag Sci 71(5):652–657. doi:10.1002/ps.3863

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Produtividade de cultivares de soja em três ambientes do Tocantins** / Leonardo José Motta Campos...[et al.] – Londrina: Embrapa Soja, 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Agricultura conservacionista: conheça os preceitos e práticas para o Cerrado**. Embrapa Cerrados (DF), 2019. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/48440960/agricultura-conservacionista-conheca-os-preceitos-e-praticas-para-o-cerrado>

EMBRAPA (2017). **NASA confirma dados da Embrapa sobre área plantada no Brasil**. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30972114/nasa-confirma-dados-da-embrapa-sobre-area-plantada-no-brasil>.

FRANCO, Caroline da Rocha. PELAEZ, Victor. **A (des)construção da agenda política de controle dos agrotóxicos no Brasil**. Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XIX, n. 3 n p. 215-232 n jul.-set. 2016.

USGS (2017). Global Food Security-Support Analysis Data at 30 m (GFSAD). **Western Geographic Science Center**. Disponível em <https://www.usgs.gov/news/new-map-worldwide-croplands-supports-food-and-water-security>.

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Editor Técnico. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Amazônia Oriental Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Extrativismo Vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação**. EMBRAPA, Brasília: 2014.

HUNGRIA, M.MENDES, I.C. (2015). **Nitrogen fixation with soybean :the perfect symbiosis , pp?** In de Bruijn F (ed) Biological nitrogen fixation. Wiley, New Jersey 1005-1019.

HUNGRIA, M.MENDES ; I.C.NAKATANI A.S. ; REIS JUNIOR, FB. ; MORAES J.Z. OLIVEIRA M.C. FERNANDES M.F. (2014). **Effects of glyphosate –resistant gene and herbicides on soybean crop :1 Field trials monitoring biological nitrogen fixation and yield**. Field Crop Res 158 : 43-54.

Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. (2018) **Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias**. <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (2018). Quantidade de Agrotóxico Comercializado por Classe de Periculosidade Ambiental. <<http://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>.

ISAAA. (2017). **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years**. ISAAA Briefs (53).

**Serviço Internacional para Aquisição de Aplicações Agro-Biotecnológicas** (ISAAA). Status global das culturas biotecnológicas / GM comercializadas . 2014. Disponível em: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/44/executivesummary/default.asp>

LINDNER J.P., BECK T., BOS U., ALBRECHT S. Avaliando o Uso da Terra e os Impactos da Biodiversidade da Biotecnologia Industrial. Avanços em Engenharia Bioquímica / biotecnologia. 2020; 173: 233-254. DOI: 10.1007 / 10\_2019\_114.

MIRANDA. E. **Potência Agrícola E Ambiental Áreas Cultivadas no Brasil e no Mundo**. AGROANALYSIS - FEV 2018; 25-27. <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174066/1/4942.pdf>> .

National Agricultural Statistics Service (2014) **U.S. soybean industry: glyphosate effectiveness declines**, NASS highlights No. 2014-1. <[http://www.nass.usda.gov/Surveys/Guide\\_to\\_NASS\\_Surveys/Ag\\_Resource\\_ManagementARMS\\_Soybeans\\_Factsheet/index.asp](http://www.nass.usda.gov/Surveys/Guide_to_NASS_Surveys/Ag_Resource_ManagementARMS_Soybeans_Factsheet/index.asp)> .

PELAEZ V, Terra FHB, SILVA LR. **A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente**. Revista de Economia 2011; 36(1):27-48.

PIGNATI, Wanderlei Antonio. LIMA, Franco Antonio Neri de Souza. DE LARA, Stephanie Sommerfeld. CORREA, Marcia Leopoldina Montanari. BARBOSA, Jackson Rogério. LEÃO, Luís Henrique da Costa. PIGNATTI, Marta Gislene. **Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde**. Ciencia & Saúde Coletiva. 22(10):3281-3293, 2017. DOI: 10.1590/1413-812320172210.17742017.

RIBEIRO D. S.; PEREIRA, T. S. **O agrotóxico nosso de cada dia**. Vittale – Revista de Ciências da Saúde 28 (2016) 14-26.

SANDERS, CH, JOSEPH, DD e MARSHALL, MW (2017). **Eficácia de programas selecionados de herbicidas em Algodão tolerante 2,4-D** (*Gossypium hirsutum* L.). *Agricultural Sciences*, 8, 1157-1167. <https://doi.org/10.4236/as.2017.810084>.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA – SINDAG. (2020). **Vendas de defensivos agrícolas por culturas de destinação e classes – 2.000/2.009**. Disponível em <https://dados.contraosagrototoxicos.org/dataset/comercializacao-sindag/resource/e23bf20d-c898-4d6f-80cd-0783afd68aa1>. Acesso em: 14 abril. 2020.

Soystats® (2019). American Association Soybean. **International: Adoption of Biotech Enhanced Seedstock**. Disponível em <http://soystats.com>.

United States Department of Agriculture (USDA). Foreign Agricultural Service. World. Agricultural Production. **Brazil Soybeans: Record Output Expected Despite Severe Drought in Rio Grande do Sul**. Circular Series WAP 4-20 . April 2020.

United Nations. Department of Economic and Social Affairs Population Dynamics. **2019 world Population Prospects** Disponível em < <https://population.un.org/wpp/>> Acesso em: 14 abril. 2020.

ZAPPE, J.A. **Agrotóxicos no contexto químico e social**. 2011.134f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS., 2011. Disponível em : <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/6647> >. Acesso em 10 mar.2020.

# CAPÍTULO 16

## CRESCIMENTO, BIOMASSA, EXTRAÇÃO E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES POR PLANTAS DE COBERTURA

Data de aceite: 01/11/2021

### Valdevan Rosendo dos Santos

Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Brasil

### Leonardo Correia Costa

Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Brasil

### Antonio Márcio Souza Rocha

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Jaboticabal, Brasil

### Cícero Gomes dos Santos

Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Brasil

### Márcio Aurélio Lins dos Santos

Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Brasil

### Flávio Henrique Silveira Rabêlo

Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

### Renato de Mello Prado

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Jaboticabal, Brasil

Artigo publicado em inglês no periódico Research, Society and Development, v. 9, n. 10, e9969109433, 2020 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.9433>

**RESUMO:** Alta produção de biomassa de certas espécies de plantas de cobertura deve-se a sua

alta capacidade de absorção e eficiência no uso de nutrientes. Seu potencial para produção de biomassa é importante para a obtenção de plantas produtivas utilizando informações nutricionais, especialmente em ambientes com restrição de nutrientes. O objetivo foi avaliar o acúmulo de biomassa, a extração e a eficiência no uso de nutrientes por plantas de cobertura em solo de baixa fertilidade. Os tratamentos foram dispostos em quatro blocos ao acaso, compostos por sete plantas de cobertura: crotalária juncea, crotalária spectabilis, guandu forrageiro, guandu arbóreo, labe labe, feijão de porco e mucuna preta. Para avaliar o acúmulo de massa seca, a taxa de crescimento da cultura e o índice de área foliar, foram utilizadas seis plantas em diferentes épocas: 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a semeadura. As plantas de cobertura diferiram quanto ao ciclo vegetativo, acúmulo de massa seca, rendimento, extração e eficiência de uso de nutrientes, com melhor desempenho apresentado pelo feijão guandu arbóreo. As plantas de cobertura são boas recicladoras de nutrientes, principalmente nitrogênio, potássio e cálcio e têm potencial para uso nos sistemas de cultivo da região Nordeste do Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adubação verde; Ciclagem de nutriente; Fitomassa.

### GROWTH, BIOMASS, EXTRACTION AND NUTRIENT USE EFFICIENCY BY COVER CROPS

**ABSTRACT:** The high biomass production of certain cover crops species is due to their high absorption capacity and nutrients use efficiency.

Its potential for biomass production it is important to obtain productive plants using nutritional information especially in environments with low nutrient apport. The objective was to evaluate the biomass accumulation, extraction and nutrient use efficiency by cover crops growing in a soil of low fertility. The treatments were arranged in four randomized blocks, composed of seven cover crops: sunn hemp, spectabilis, pigeon pea forage, pigeon pea arbore, lab lab, jack bean and mucuna. To evaluate dry mass accumulation, crop growth rate and leaf area index, six plants were used in different times: 30, 45, 60, 75, 90 and 105 days after sowing. The cover crops differed in vegetative cycle, dry mass accumulation, yield, extraction and nutrient use efficiency, with better performance presented by pigeon pea arbore. The cover crops are good recyclers of nutrients, particularly nitrogen, potassium and calcium and have potential for use in the cultivation systems in the Northeast of Brazil.

**KEYWORDS:** Green manure; Nutrient cycling; Phytomass.

## 1 | INTRODUÇÃO

A transformação da vegetação natural em agricultura intensiva de monocultivo, baseada no alto aporte de fertilizantes industriais foi responsável pelo crescente aumento na produção de alimento. No entanto, gerou consequências como a diminuição da matéria orgânica e da fertilidade do solo, perdas de solo por erosão, redução da biodiversidade, contaminação dos rios, aumento de gases do efeito estufa e alteração nos microrganismos do solo (Matson et al., 1997; Bouwman et al., 2017; Coskun et al., 2017), colocando em risco a sustentabilidade desse sistema e comprometendo o suporte dos serviços ecossistêmicos (Foley et al., 2005; Blanco-Canqui et al., 2015). Além disso, existe pousio no período de entressafra, o que encarece os custos de produção e acelera o processo de degradação do solo, com perdas de matéria orgânica e nutrientes (Calegari et al., 2008; Muoni et al., 2020).

Alternativas que possam diminuir a movimentação do solo e aumentar a intensidade de cultivo, a diversidade e a entrada de resíduos no sistema melhorará a qualidade do solo e a resiliência dos agroecossistemas (Ghimire et al., 2019; Beniaich et al., 2020).

A integração de plantas de cobertura leguminosas ou não nos sistemas de cultivos conservacionista pode melhorar a qualidade ao diminuir a degradação do solo e incrementar a fixação biológica e consequentemente o rendimento das culturas em rotação (Baligar e Fageria, 2007; Hallama et al., 2019; Wittwer e van der Heijden, 2020). As leguminosas são mais utilizadas, devido a sua eficiente fixação biológica, aumentando o aporte de N disponível no solo (Alvarenga et al., 1995; Nyawade et al., 2020).

As principais característica a serem avaliadas em uma planta de cobertura devem ser a sua precocidade e o seu potencial de produção de biomassa (Alvarenga et al., 2001; Ruis et al., 2019) que depende de fatores genéticos e das condições edafo-climáticas.

Tem sido observada uma relação positiva entre a produção de biomassa da parte aérea das plantas de cobertura e diminuição da lixiviação do N e incremento do acúmulo de

N na parte aérea (Finney, White e Kaye, 2016; Wittwer e van der Heijden, 2020), ciclagem de nutrientes (Borkert et al., 2003; Venkateswarlu et al., 2007; Carvalho et al., 2015) e da infiltração de água no solo (Baligar, Fageria e He, 2001; Muoni et al., 2020).

O uso de espécies adequadas favorece melhor manejo nos sistemas de cultivos (Teodoro et al., 2011). A seleção de espécies com maior eficiência nutricional favorece o crescimento das plantas (Prado, 2008). Portanto, é importante a identificação de espécies de leguminosas produtivas, utilizando informações nutricionais especialmente em ambientes com baixo aporte de nutrientes disponíveis.

A nossa hipótese é que a alta produção de biomassa de determinada espécie de leguminosa se deve a sua alta capacidade de absorção e de eficiência de uso de nutrientes. Sendo aceita essa hipótese iremos obter espécies mais produtivas aumentando a sustentabilidade nos sistemas de produção em muitas regiões do mundo que predomina solos de fertilidade limitada.

Com esta pesquisa, objetivou-se avaliar o ciclo vegetativo, acúmulo de biomassa, extração e a eficiência de utilização de nutrientes por plantas de cobertura cultivadas em um Argissolo de baixa fertilidade.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no período de maio a setembro de 2011 em uma área sob pousio havia cerca de 10 anos, localizada na área experimental da Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Alagoas, Brasil (9°41'57"S, 36°41'10"W), altitude de 321 m acima do nível médio do mar. O clima da região é classificado pelo critério de classificação de Köppen como do tipo 'As' tropical com chuvas de inverno (abril-agosto) e seca de verão (setembro-março) e precipitação pluvial média de 854,27 mm ano<sup>-1</sup> (Xavier e Dornellas, 2005). Os dados da precipitação pluvial e da temperatura do ar durante o período experimental estão apresentados na figura 1.

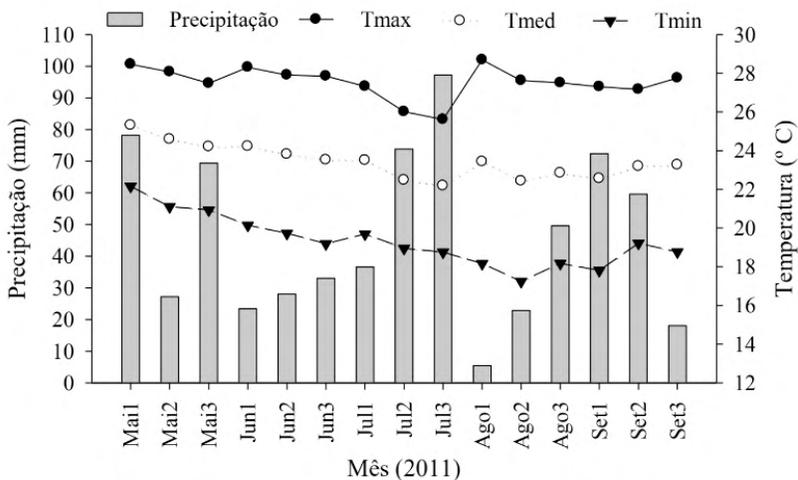


Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin) do ar decedial para o período de maio a setembro de 2011

O solo da área foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (Embrapa, 2018), com os atributos químicos e granulometria da camada 0-20 cm apresentados na tabela 1.

Propriedades Químicas	Valores
pH (H <sub>2</sub> O)	5.7
Matéria orgânica do solo (g dm <sup>-3</sup> )	15.0
P <sub>Mehlich-1</sub> (mg dm <sup>-3</sup> )	13.0
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0.2
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1.4
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1.4
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0.2
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4.0
Soma da base (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3.0
Capacidade de troca de cátion (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	7.0
Saturação de base (%)	42.8
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	44.5
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	0.9
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	2.4
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	32.0
Areia total (g kg <sup>-1</sup> )	838
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	18
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	144

Tabela 1. Atributos químicos e granulometria do solo da área experimental

## 2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento adotado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídas por sete espécies de leguminosas utilizadas como plantas de cobertura: *Crotalaria juncea* - IAC-KR1 (*C. juncea*), *Crotalaria spectabilis* - Comum (*C. spectabilis*), *Cajanus cajan* (L.) Millsp) - IAPAR 43 (G. anão), *Cajanus cajan* - Caqui (G. arbóreo), *Dolichos lablab* - Rongai (Labe labe), *Canavalia ensiformis* - Comum (F. porco) e *Mucuna aterrima* - Comum (M. preta). A parcela foi constituída por 8 linhas de 8 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas, totalizando 32 m<sup>2</sup>. Foram distribuídas de 25-30, 30-35, 18-20, 18-20, 10-12, 4-5 e 3-4 sementes por metro linear para a *C. juncea*, *C. spectabilis*, G. anão, G. arbóreo, Labe labe, F. porco e M. preta, respectivamente.

O preparo do solo foi feito de forma convencional com duas gradagens e o controle de ervas daninha foi realizado por meio de capinas manuais. Na tentativa de melhor simular o modelo de agricultura da região não foi feita nenhuma aplicação de corretivos, fertilizante ou de defensivos agrícolas, para o controle de pragas e doenças das plantas.

## 2.3 Avaliações realizadas

O número de dias até o florescimento (DAF) foi obtido, contando-se a quantidade de dias desde a semeadura até a colheita das plantas no estágio fenológico de floração plena (50% ou mais das plantas com flores abertas).

Para avaliar o crescimento foram determinados o acúmulo de massa seca, a taxa de crescimento absoluto e o índice de área foliar (IAF, m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) em função do tempo. Seis plantas de cada espécie foram cortadas ao nível do solo para a mensuração da massa seca e da área foliar. Essas avaliações foram realizadas em seis épocas: 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a semeadura.

A mensuração da massa seca foi realizada após a secagem de cada amostra em estufa de circulação de ar a 60 °C até atingir massa constante. A área das folhas foi determinada utilizando-se um aparelho medidor e integrador de área foliar LICOR® LI 3100 AREA METER. Com os dados de massa seca foram definidas as taxas de crescimento absoluto (TCA, kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) por meio da fórmula:

$$TCA \left( \frac{M2 - M1}{T2 - T1} \right)$$

onde M1 e M2 representam a massa seca em t ha<sup>-1</sup> de duas amostras sucessivas em seus respectivos intervalos de tempo T1 e T2. O índice de área foliar (IAF, m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) foi obtido pela razão entre a área foliar total (AFT) em m<sup>2</sup>, das plantas contidas em um hectare, dividido pela área de solo (AS) correspondente (10.000 m<sup>2</sup>):

$$IAF = \left( \frac{AFT}{AS} \right)$$

A produtividade de massa seca por hectare foi estimada quando mais da metade das plantas atingiram pleno florescimento, a partir do corte da planta no nível do solo, contidas em 1 m<sup>2</sup> de área nas linhas centrais de cada parcela.

O material colhido foi colocado em estufa de circulação de ar a 60 °C até atingir massa constante. Após a secagem, a massa seca foi mensurada e em seguida foi moída em moinho de facas tipo Willey e acondicionadas em recipientes plásticos para posterior análise laboratorial.

A digestão e a determinação das concentrações de nutrientes no tecido das leguminosas foram realizadas de acordo com metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). As concentrações de N foram determinadas pela digestão sulfúrica seguida de destilação e titulação pelo método Kjeldahl; P, K, Ca, Mg e S foram extraídos pela digestão nítrico-perclórica. O Ca e o Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, K por espectrofotometria de emissão de chama, S por turbidimetria e o P pelo método colorimétrico amarelo de fosfomolibdovanadato.

As quantidades de nutrientes extraídas por hectare foram calculadas pela multiplicação da massa seca pela concentração do nutriente no tecido vegetal de cada espécie. A eficiência de utilização dos nutrientes (EUN) foi obtida com base na metodologia proposta por Baligar, Fageria e He (2001):

$$EUN = \left( \frac{MS}{NE} \right)$$

Onde MS representa a massa seca em t ha<sup>-1</sup> e NE é a quantidade do nutriente extraído pela para aérea em kg ha<sup>-1</sup>.

## 2.4 Procedimentos estatísticos

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0.05$ ) e quando significativos, as médias dos dados qualitativos foram comparadas pelo teste Tukey ( $p < 0.05$ ). Para os dados quantitativos foi realizada a análise de regressão. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software estatístico Statistical Analyses System, versão 9.2 (SAS, 2009).

# 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Fase vegetativa

A duração do ciclo vegetativo foi variável entre as espécies, sendo de 60 dias para a *C. juncea* e de 122 para o *G. arbóreo* (Figura 2). A *C. spectabilis*, *F. porco*, *G. anão*, *Labe labe*, *M. preta* e *G. arbóreo* apresentaram ciclo vegetativo equivalente a 1.3, 1.4, 1.5, 1.5, 1.7 e 2.0 vezes a mais, respectivamente do que o ciclo da *C. juncea*. Essas diferenças representam 18, 23, 29, 29, 40 e 62 dias a mais para a *C. spectabilis*, *F. porco*, *G. anão*, *Labe labe*, *M. preta* e *G. arbóreo*, respectivamente em relação a espécie que apresentou o

menor ciclo vegetativo.

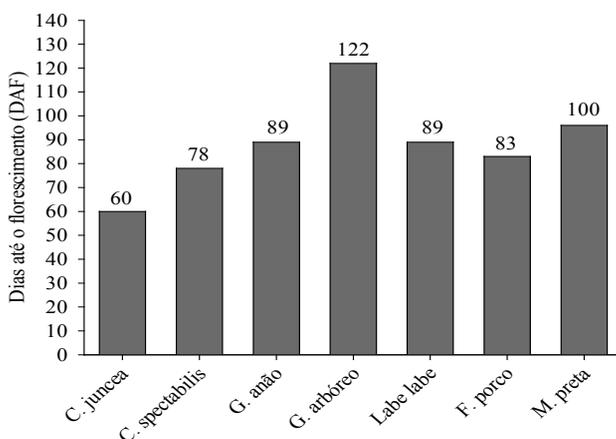


Figura 2. Dias até o florescimento (DAF) de plantas de cobertura

O ciclo vegetativo das espécies obtidos nesta pesquisa são similares aos encontrados por Cavalcante et al. (2012), os quais observaram 65, 78, 92, 92, 100, 100 e 129 dias para as espécies C. juncea, C. spectabilis, G. anão, F. porco, Labe labe, M. preta e G. arbóreo, respectivamente, cultivadas no ano agrícola de 2009 na mesma área. Resultados similares aos observados nessa pesquisa foram reportados por Carvalho et al. (2003) para as espécies atingirem a floração plena na região do recôncavo baiano, a qual apresenta uma condição climática mais parecida com as da região onde a presente pesquisa foi realizada, com floração plena de 65, 85, 100 e 120 para a C. juncea, C. spectabilis, G. arbóreo e M. preta, respectivamente.

Em experimentos conduzidos na região dos Cerrados, Alvarenga et al. (1995) observaram ciclos mais longos com 111, 181, 159, 90 e 145 dias para C. juncea, G. arbóreo, Labe labe, F. porco e M. preta, respectivamente atingirem a floração plena enquanto Teodoro et al. (2011) reportaram DAF de 88, 92, 119, 163, 97 e 156 dias para C. juncea, C. spectabilis, G. anão, Labe labe, F. porco e M. preta, respectivamente na mesma macro região. Pereira et al. (2017) observaram que a quantidade de dias até a colheita foi de 120 para a C. juncea, 100 para G. anão, 92 para F. porco e 159 para M. preta da semeadura até o período reprodutivo entre o florescimento e o estágio de grão leitoso, no Rio Grande do Sul.

Sakala, Kumwenda e Saka (2003) também observaram que a C. juncea foi a espécie de leguminosas que levou menos tempo para atingir o estágio de pleno florescimento, o qual variou de 64 a 85 dias, em diferentes localidades de Malawi. A variação no ciclo vegetativo está associada com fatores genéticos, qualidade do solo, fatores climáticos como

precipitação, temperatura, graus dias e fotoperíodo, habilidade de aquisição e utilização de nutrientes de cada espécie e condições de manejo (Wanga, Shenb e Liao, 2010; Ram et al., 2011; Nascente, Dambiro e Constantino, 2017; Sennhenn et al., 2017; Ruis et al., 2019), sendo importante o conhecimento do desempenho agrônômico das espécies a partir de pesquisas nas diferentes regiões onde serão utilizadas.

O G. arbóreo e a M. preta apresentaram ciclos mais longos, o que pode inviabilizar a introdução destas espécies em sistemas de cultivo com rotação e sucessão de culturas, podendo ser crucial em áreas cultivadas com hortaliças folhosas como a alface, coentro e cebolinha, as quais apresentam em média 30 dias para cada ciclo de cultivo na região. O uso dessas espécies implicaria na permanência por um período maior de tempo na área de cultivo, o que muitas vezes não é interessante para o agricultor, em decorrência da menor otimização da área (Teodoro et al., 2011).

Nessa condição, o uso da C. juncea como adubação verde seria mais vantajoso em relação a utilização da M. preta e do G. arbóreo em função do DAF das últimas apresentarem 40 e 62 dias, respectivamente, a mais que a C. juncea, o que diminuiria em um a dois ciclos de cultivo das folhosas para cada rotação ou sucessão hortaliças-planta de cobertura na região. Tem sido destacado a importância do uso de espécies de ciclo curto e que produzam quantidades satisfatórias de massa seca e nitrogênio para uso como plantas de cobertura em sistemas de rotação de culturas (Alvarenga et al., 2001; Fageria, 2007), com destaque para a C. juncea (Carvalho et al., 2003; Sakala, Kumwenda e Saka, 2003; Teodoro et al., 2011; Cavalcante et al., 2012; Padovan et al., 2014). Os resultados para os DAFs apresentados pelas espécies avaliadas nesta pesquisa permitem aos agricultores escolherem a espécie que melhor se adeque aos objetivos e condições edafoclimáticas e de manejo da região.

### 3.2 Crescimento e acúmulo de massa seca

O acúmulo de massa seca da parte aérea diferiu entre as espécies de plantas de cobertura, ajustando-se ao modelo de regressão linear para o G. anão, C. spectabilis, F. porco e M. preta e quadrático para a C. juncea, G. arbóreo e Labe labe (Figura 3A). As espécies apresentaram resposta similar, com baixo acúmulo de massa seca até os 60 dias após a semeadura (DAS), alcançando cerca de 1.4 a 2.1 t ha<sup>-1</sup>, exceto para a C. juncea, que se destacou das demais e acumulou 5.1 t ha<sup>-1</sup> no mesmo período. O G. anão foi a espécie que apresentou o menor acúmulo de massa seca no final do período de avaliação, 4.3 t ha<sup>-1</sup>, seguido pela C. spectabilis, 4.9, F. porco e M. preta, ambos com 5.3 t ha<sup>-1</sup>, o equivalente, respectivamente a 41, 47 e 50% da massa do G. arbóreo e 43, 49 e 53% da massa acumulada pela C. juncea. O G. anão é uma leguminosa de crescimento inicial lento com acúmulo de massa seca, considerado baixo durante os dois primeiros meses (Calvo, Foloni e Brancalhão, 2010). Sheldrake e Narayana (1979), observaram que o gandu de ciclo precoce (similar ao G. anão) acumulou cerca da metade da massa seca

acumulada pelas espécies de gandu de ciclo intermediário (mais próximo ao G. arbóreo), comportamento similar aos observados para essas espécies no presente estudo. Calvo, Foloni e Brancalião (2010), observaram que o G. anão acumulou apenas 1.4 t ha<sup>-1</sup> aos 60 DAS e atingiu 3.3 t ha<sup>-1</sup> aos 90 DAS, valores similares aos encontrados na presente pesquisa.

O acúmulo final de massa seca do G. arbóreo, 10,5 t ha<sup>-1</sup> e da C. juncea, 10 t ha<sup>-1</sup> foram similares; no entanto, aos 60 DAS a C. juncea já havia acumulado 51% e o G. arbóreo apenas 20% do total da massa seca produzida. Nos 45 dias finais (60 a 105 DAS), o G. arbóreo acumulou 8.4 t ha<sup>-1</sup> de massa seca (80% do total acumulado) e a C. juncea acumulou 4.9 t ha<sup>-1</sup> de massa seca (50% do total acumulado). G. Arbóreo por ser de ciclo mais tardio, o período de 105 dias de avaliação não atingiu o seu potencial máximo de crescimento (Sheldrake e Narayana, 1979; Alvarenga et al., 1995). O G. anão, por apresentar taxas baixas de crescimento (Figura 3B) e ser de ciclo precoce em relação ao G. arbóreo (Figura 2) produz menor aporte de biomassa (Figura 3A e Tabela 2) cultivado solteiro e pode ser sombreado quando em consórcio com gramínea de crescimento inicial rápido pela competição, sendo essas características constituindo uma desvantagem (Sheldrake e Narayana, 1979; Calvo, Foloni e Brancalião, 2010).

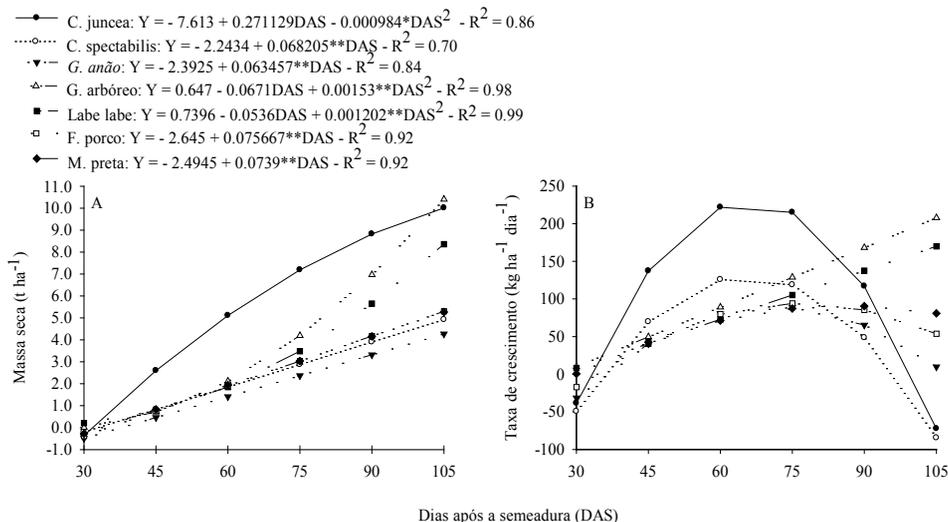


Figura 3. Acúmulo de massa seca da parte aérea (A) e taxas de crescimento absoluto (B) da parte aérea de plantas de cobertura

A C. juncea alcançaria 8.8 t ha<sup>-1</sup> se manejada aos 90 DAS (Figura 3 A) face às 4.6 t ha<sup>-1</sup> quando foi manejada, no florescimento (Tabela 2) aos 60 DAS (Figura 2). Isso significa que deixaria de ser acrescentado ao sistema solo uma quantidade de massa seca superior a 4 t ha<sup>-1</sup>, caso o corte fosse realizado aos 90 DAS, rendimento superior em cerca de 2

t ha<sup>-1</sup> a mais do que a segunda espécie com maior acúmulo de massa seca no mesmo período (*G. arbóreo*) e mais do dobro da massa acumulada pela *M. preta*, *F. porco*, *C. spectabilis* e *G. anão*. Esse acréscimo de resíduo adicionado ao solo pode trazer melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas, proteção contra erosão e incremento na ciclagem de nutrientes (Padovan et al., 2014; Kumar, Rana e Nain, 2019; Beniaich et al., 2020).

A *C. juncea* é uma espécie de crescimento inicial rápido enquanto o *G. arbóreo* é de crescimento lento na fase inicial, fazendo com que para se alcançar grandes quantidades de biomassa necessite de maior quantidade de dias (Figura 2) (Sheldrake e Narayana; 1979; Alvarenga et al., 1995; Ram et al., 2011). O *F. porco* alcançaria um rendimento de 5.3 t ha<sup>-1</sup> aos 105 dias, estando compatível com as 4.6 e 7.6 t ha<sup>-1</sup> reportado por Padovan et al. (2011) aos 112 e 117 DAS para as regiões de Dourados e Itaquira, respectivamente, no Mato Grosso do Sul.

As taxas de crescimento foram baixas até os 30 DAS para todas as espécies (Figura 3B). Aos 45 DAS a *C. juncea* atingiu taxas superiores a 137 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de massa seca e atingiu taxas máximas superiores a 220 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> aos 60 DAS, começando declinar lentamente até os 75 DAS e de forma mais acentuada até o final do período avaliado, o que pode ser atribuído a senescência e a queda das folhas (Sakala, Kumwenda e Saka, 2003; Carvalho et al., 2015). A espécie apresentou taxa de crescimento superior a duas vezes as da *C. spectabilis* e cerca de 3 vezes às taxas das demais espécies no período de 60 DAS, o que confirma o seu rápido crescimento inicial e acúmulo de massa em menor intervalo de tempo (Carvalho et al., 2003; Sakala, Kumwenda e Saka, 2003; Teodoro et al., 2011; Padovan et al., 2014).

As taxas de crescimento das espécies *G. anão*, *F. porco* e *M. preta* foram semelhantes até os 75 DAS, quando atingiram taxas máximas de produção de matéria seca, com cerca de 90 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Houve um declínio a partir desta época, sendo mais intenso para o *G. anão*, espécie que apresentou o menor acúmulo de massa seca (Figura 3 A) e o menor rendimento no florescimento, ocasião da colheita (Tabela 2). O *G. arbóreo* e *Labe labe* apresentaram taxas lineares durante todo o período avaliado, com taxas constantes e diferentes em cada período de avaliação. As taxas observadas no intervalo de 75 a 90 DAS foi de cerca de 130 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para o *G. arbóreo* e de 105 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para o *Labe labe*, atingindo taxas superiores a 200 e 170 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> no final do período de avaliação (90-105 DAS) para o *G. arbóreo* e *Labe labe*, respectivamente. Sheldrake e Narayana (1979) observaram que as taxas de crescimento do *gandu* de ciclo precoce e intermediário foram baixas nos dois primeiros meses, não ultrapassando 17 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. As taxas máximas ocorreram no terceiro mês para o cultivar precoce, com cerca de 70 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e no quarto mês para os de ciclo intermediário, com 171 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, resultados compatíveis com os observados nessa pesquisa.

O *G. anão*, *F. porco* e *M. preta* foram semelhantes e apresentaram as menores taxas

de crescimento durante o período avaliado, com máximas inferiores a  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , declinando a partir dos 75 DAS para o G. anão e aos 90 DAS para o F. porco e a M. preta. O maior declínio foi observado para o G. anão.

As taxas de crescimento da *C. spectabilis* apresentaram comportamentos similares às da *C. juncea* mas com valores menores, atingindo taxas máximas superiores a  $125 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  dos 45 aos 60 DAS, declinando lentamente dos 60 aos 75 DAS, acentuando-se em seguida até o final do período de avaliação (Figura 3 B).

O IAF foi crescente para as espécies G. anão, G. arbóreo, Labe labe, F. porco e M. preta (Figura 4). Para a *C. juncea* e *C. spectabilis* o IAF foi crescente até os 75 DAS quando alcançou IAF máximo de 3 e 2.6, respectivamente, declinando em seguida até 2.4 e  $1.8 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ , na avaliação final. O IAF apresentado pelas espécies refletiu nas taxas de crescimento e acúmulo de massa seca (Figura 3), produção de biomassa (Tabela 2) e/ou o ciclo da sementeira até o florescimento (Figura 2).

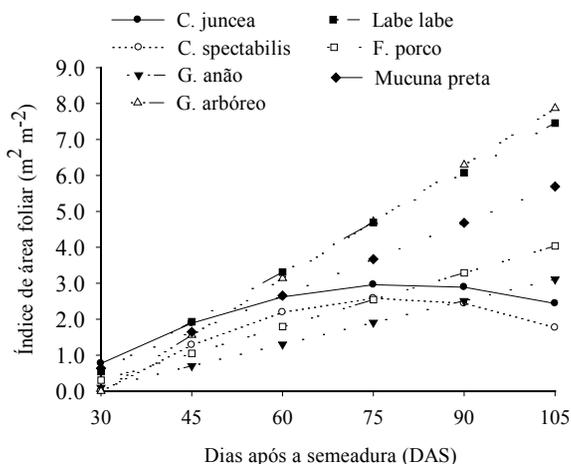


Figura 4. índice de área foliar de plantas de cobertura

Aos 45 DAS apenas o G. anão apresentou IAF inferior a  $1 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  e só alcançou IAF superior a 3 aos 105 DAS enquanto o G. arbóreo e Labe labe conseguiram aos 60 DAS, M. preta aos 75 e F. porco aos 90 DAS.

Altos valores de IAF nem sempre conseguem manter níveis altos de produção de massa seca em virtude do auto-sombreamento reduzir as taxas fotossintéticas médias por toda área foliar (Nóbrega et al., 2001), o que pode ter ocorrido para o Labe labe, o qual apresentou IAF crescente a taxa constante de 1.4, alcançando índice de 6.1 aos 90 dias (Figura 4) e produziu apenas  $3.4 \text{ t ha}^{-1}$  de massa seca total da parte aérea no florescimento (Tabela 2), ocorrido aos 89 DAS (Figura 2). No entanto, o fato da cobertura do Labe labe poder permanecer efetivo para a subsequente estação deve ter impacto positivo na

cobertura e proteção do solo contra o escoamento superficial e a erosão (Nyawade et al., 2020).

IAF de 1.3 a 1.7 para cultivares de guandu anão precoce e 3.6 para cultivares de ciclo intermediário foram encontrados por Sheldrake e Narayana (1979) em Vertssolo em período com menor umidade e alcançaram 12.7 em Alfissolo em função da melhor nodulação, drenagem e aeração deste proporcionada por este.

### 3.3 Rendimento, extração e eficiência de uso de nutriente

O rendimento da massa seca da parte aérea na floração plena variou de 3.4 t ha<sup>-1</sup> para o G. anão e Labe labe a 8.3 t ha<sup>-1</sup> para o G. arbóreo (Tabela 2), o qual diferiu das demais espécies (p < 0.05). O percentual de massa seca das outras espécies em relação ao G. arbóreo foi de 41% para o G. anão e Labe labe, 43% para a C. spectabilis, 53% para o F. porco, 55% para a C. juncea e de 61% para a M. preta. A M. preta produziu 5.1 t ha<sup>-1</sup> e foi superior ao G. anão e ao Labe labe (p < 0.05) e não diferiu da C. juncea, C. spectabilis e do F. porco, espécies com rendimento de massa seca estatisticamente igual às duas espécies com menor rendimento (G. anão e Labe labe).

Espécie	Massa seca	Extração					
		N	P	K	Ca	Mg	S
	t ha <sup>-1</sup>	-----kg ha <sup>-1</sup> -----					
C. juncea	4.6 bc <sup>†</sup>	84.1 bc	9.1 abc	61.2 abc	29.2 ab	10.2 bc	4.2 bc
C. spectabilis	3.6 bc	86.3 bc	8.4 bc	68.5 ab	30.5 ab	8.0 bcd	6.9 a
G. anão	3.4 c	78.6 bc	6.6 cd	33.3 d	18.1 b	5.4 d	3.6 c
G. arbóreo	8.3 a	133.9 a	12.4 a	79.5 a	32.6 a	13.2 a	6.8 a
Labe labe	3.4 c	59.3 c	5.1 d	35.7 cd	28.3 ab	6.7 d	5.0 abc
F. porco	4.4 bc	113.6 ab	8.7 bc	47.2 bcd	39.8 a	10.9 ab	5.5 abc
M. preta	5.1 b	109.9 ab	11.4 ab	63.2 ab	31.4 a	7.9 cd	5.6 ab
dms <sub>0.05</sub>	1.72	36.3	3.3	27.2	2.7	2.9	1.98
		Eficiência					
		-----kg kg <sup>-1</sup> -----					
C. juncea		55.3 abc	508.0 b	76.5 ab	159.8 bc	452.5 c	1096 ab
C. spectabilis		42.0 d	435.3 b	53.0 b	119.8 c	465.0 bc	520.0 e
G. anão		43.8 cd	525.5 b	103.0 a	190.0 b	626.3 ab	956.8 bc
G. arbóreo		61.5 a	674.0 a	105.5 a	263.5 a	627.5 ab	1230.0 a
Labe labe		58.0 ab	672.5 a	95.3 a	121.3 c	516.5 abc	687.0 de

F. porco	38.8 d	506.0 b	94.0 a	110.3 c	400.5 c	807.5 cd
M. preta	47.8 bcd	449.3 b	83.8 ab	166.0 bc	657.3 a	938.3 bc
dms <sub>0.05</sub>	11.9	94.7	31.7	65.6	171.6	180.8

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). dms = diferença mínima significativa.

Tabela 2. Rendimento de massa seca, extração e eficiência de uso de macronutrientes de plantas de cobertura

Os resultados de produção de massa seca da presente pesquisa são semelhantes aos obtidos por Cavalcante et al. (2012), os quais observaram que o G. arbóreo apresentou rendimento de 8.7 t ha<sup>-1</sup>, sendo similar ao G. anão (4.0 t ha<sup>-1</sup>) e a M. preta (4.2 t ha<sup>-1</sup>) e foi superior em 3.5 vezes para a C. spectabilis, 2.9 para a C. juncea e F. porco e 2.7 vezes maior que a massa seca da parte aérea do Labe labe em experimento cultivado na mesma área do presente estudo, no ano agrícola de 2009. Alvarenga et al. (1995) também verificaram superioridade do guandu arbóreo sobre as demais leguminosas estudadas. Carvalho et al. (2015), observaram rendimento de matéria seca de 2.3, 3.5 e 3.9 t ha<sup>-1</sup> para a crotalária juncea, guandu anão e mucuna preta, respectivamente, um pouco abaixo dos observados neste trabalho para a juncea e mucuna preta em função da semeadura ter ocorrido no final o período chuvoso.

A M. preta apresenta bom potencial de uso como planta de cobertura para a região da pesquisa, produzindo acima de 5 t ha<sup>-1</sup> em área de pousio e atingiu 8.5 t ha<sup>-1</sup> em área de fertilidade construída (Cavalcante et al., 2015). Sua principal desvantagem é o seu ciclo vegetativo longo, atingindo os 100 dias na região. A maior biomassa da parte aérea produzida por essa espécie e a sua rápida velocidade de cobertura do solo foi responsável pelo aumento da infiltração de água no solo e da agregação das partículas de solo (Muoni et al., 2020).

No entanto, Fávero et al. (2000) reportaram rendimentos de 7.6, 3.7, 6.6 e 5.1 t ha<sup>-1</sup> de massa seca para o F. porco, Labe labe, M. preta e guandu, respectivamente sem adubação em solos com melhor fertilidade do que o do presente estudo. Efeito da fertilidade do solo na elevação da capacidade de plantas de cobertura em aumentarem a produção de massa seca tem sido relatado. Koné et al. (2008), reportaram que a capacidade de plantas de cobertura em melhorar a qualidade do solo será mais rapidamente alcançada quando o carbono, nitrogênio total e conteúdo de fósforo estiverem em quantidades adequadas.

A fertilidade do solo adequada promove maior produção de biomassa, aumentando a quantidade de matéria orgânica, a atividade microbiana, a ciclagem de nutrientes no solo e melhora o suporte dos serviços ecológicos nos ecossistemas (Blanco-Canqui et al., 2015; Finney, White e Kaye, 2016). No entanto, quando as plantas crescem em condições de baixa fertilidade como é o caso de área de pousio de longo prazo, precisam alocar mais biomassa para as raízes para manter a capacidade de absorção de nutrientes, diminuindo

a massa seca produzida pela parte aérea (Tian e Kang, 1998). O guandu anão produziu 3.3 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca quando colhido aos 90 dias após a semeadura em período final da estação chuvosa (Calvo, Foloni e Brancalião, 2010). Esse rendimento é idêntico ao obtido nesta pesquisa (Tabela 2), para o mesmo período de tempo (Figura 2) em condições de cultivo no início da estação chuvosa da região e tende a diminuir a medida que a semeadura é realizada mais tardiamente (Sheldrake e Narayana, 1979; Amabile et al., 2000; Costa et al., 2019). Por outro lado, a espécie consegue produzir acima de 5 t ha<sup>-1</sup> em áreas com boa fertilidade do solo e condições climáticas adequadas (Fávero et al., 2000; Borkert et al., 2003; Cavalcante et al., 2015).

Calvo, Foloni e Brancalião (2010) reportaram que o guandu anão tem baixa aptidão para a produção de palhada no ambiente do Brasil Central, o que corrobora os dados obtidos por este estudo e por Cavalcante et al. (2012) e Costa et al. (2019) na região Agreste de Alagoas em condições de pousio.

O baixo rendimento obtido pelo G. anão em relação ao G. arbóreo pode ser explicado pelo seu menor porte e relativamente curto ciclo vegetativo (Figura 2) e menores taxas de crescimento (Figura 3 B). O fato do G. arbóreo florescer aos 122 dias fez com que este aproveitasse dias com mais horas de fotoperíodo e explorasse por mais tempo água e nutrientes do solo (Alvarenga et al., 1995) enquanto o G. anão floresceu mais cedo e em períodos de céu nublado e com menores temperaturas (Figura 1) (Sheldrake e Narayana, 1979; Rowden et al., 1981).

O Labe labe foi uma das espécies que apresentou o menor rendimento juntamente com o G. anão, 3.4 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 2), confirmando o baixo rendimento obtido no mesmo local deste experimento (1º ano), 3.2 t ha<sup>-1</sup> por Cavalcante et al. (2012) e atingiu apenas 4.7 t ha<sup>-1</sup> quando cultivado em área corrigida e com boa fertilidade (Cavalcante et al., 2015). Essa tendência também foi relatada para a região Sudeste do País em relação a outras espécies de plantas de cobertura, com o Labe labe obtendo abaixo de 3.8 t ha<sup>-1</sup> (Favero et al., 2000; Bertin, Andrioli e Centurion, 2005). Esse rendimento representa 50 a 60% das 6 t ha<sup>-1</sup> preconizadas por Alvarenga et al. (2001) para proporcionar boa cobertura do solo. De acordo com Hallama et al. (2019), o efeito de plantas de cobertura varia no nível de espécie e destacaram que na família das leguminosas o Labe labe junto com a M. preta foram responsáveis pelo maior incremento no rendimento da cultura em sucessão.

Quanto maior o aporte de biomassa maior será a quantidade de nutrientes extraídas que poderá ser disponibilizada para a cultura seguinte (Hamalla et al., 2019; Wittwer e van der Heijden, 2020). Estudando espécies de plantas de cobertura durante seis anos em três locais Borkert et al. (2003), observaram rendimento médio de 6.2 e 5.1 t ha<sup>-1</sup> para o G. anão e M. preta, respectivamente. Em 41% do número de amostras coletadas o G. anão teve rendimento de até 4 t ha<sup>-1</sup> e apenas 5% das amostras tiveram rendimento de massa seca superior a 10 t ha<sup>-1</sup>. Para a M. preta em 45% das amostras tiveram rendimento de até 5 t ha<sup>-1</sup>. A quantidade média de N, P, K, Ca e Mg foi de 30.1, 2.4, 14.2, 8.2 e 2.6 kg t para o G.

anão e de 34.4, 3.4, 16.8, 11.8 e 2.9 kg t<sup>-1</sup> de massa seca para a M. preta, respectivamente (Borkert et al., 2003).

Apesar de apenas o G. arbóreo apresentar rendimento de massa seca superior ao considerado adequado por Alvarenga et al. (2001), para os quais 6 t ha<sup>-1</sup> seria a quantidade mínima de resíduo adequada para boa cobertura do solo e proteção contra os agentes erosivos, as demais espécies apresentam potencial pois o rendimento de massa seca depende de vários fatores como espécie, condições edafo-climáticas e de manejo (Venkateswarlu et al., 2007; Ruis et al., 2019).

A produção de massa seca mínima de 3.4 t ha<sup>-1</sup>, em área de pousio foi importante porque em solo com adequada fertilidade foi observado rendimento de até 8.5 t ha<sup>-1</sup> na região Agreste de Alagoas (Cavalcante et al., 2015) e mesmo porque a incorporação média de apenas 1.2 t ha<sup>-1</sup> durante 10 anos resultou no aumento do carbono orgânico do solo e da biomassa, na disponibilidade de nutrientes e no rendimento da cultura principal (Venkateswarlu et al. (2007) e deve ser potencializada em ambientes de produção mais conservacionista do solo (Calegari et al., 2008; Ghimire et al., 2019).

Houve diferenças significativas para a extração de nutrientes pela parte aérea das plantas de cobertura ( $p < 0.05$ ). As espécies extraíram quantidades de N superiores a 59 kg ha<sup>-1</sup> e de forma geral acompanhou a produção de massa seca (Tabela 2). O G. arbóreo extraiu a maior quantidade e foi superior as quantidades extraídas pelo Labe labe, C. juncea, C. spectabilis e G. anão e não diferiu do F. porco e M. preta. O F. porco e a M. preta foram superiores ao Labe labe e similar a C. juncea, C. spectabilis e G. anão, as quais não diferiram do Labe labe ( $p < 0.05$ ). As quantidades de N extraídas são compatíveis com as encontradas por Carvalho et al. (2015) na floração de plantas de cobertura, os quais observaram extração de 91, 72 e 94 kg ha<sup>-1</sup> de N para a C. juncea, G. anão e M. preta, respectivamente.

Os 133.9 kg ha<sup>-1</sup> de N extraídos pelo G. arbóreo é 126% superior a quantidade de N acumulada pela parte aérea do Labe labe (Tabela 1). As quantidades extraídas representam de 132 a 298 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, quantidades igual ou superior à recomendada para o milho na região. Alvarenga et al. (1995) observaram que o G. arbóreo extraiu quantidades de N, P e K superiores à C. juncea e C. paulina, Labe labe, F. porco, M. preta, feijão caupi e feijão bravo do Ceará.

Favero et al. (2000) obtiveram extração de 206, 109, 196 e 137 kg ha<sup>-1</sup> de N para o F. porco, Labe labe, M. preta e guandu, respectivamente em cultivo sem adição de fertilizantes. Exceto para o guandu, essas quantidades representam duas vezes as quantidades obtidas para as mesmas espécies nessa pesquisa, o que deve ser atribuído a melhor fertilidade do solo onde a pesquisa foi desenvolvida (Koné et al., 2008).

A quantidade de P extraídas variou de 5.1 a 12.4 kg ha<sup>-1</sup> e similarmente ao observado para o N, o G. arbóreo extraiu quantidades de P superiores ao Labe labe G. anão, C. spectabilis e F. porco e foi similar a M. preta e C. juncea. A M. preta foi superior ao Labe

labe e ao G. anão. O Labe labe extraiu a menor quantidade de P e foi estatisticamente igual ao G. anão. No geral, a quantidade de P extraída foi inferior às observadas por Cavalcante et al. (2012), os quais observaram variação de 8.5 a 18.2 kg ha<sup>-1</sup> e em área de fertilidade alta essas quantidades variaram de 19 a 32 kg ha<sup>-1</sup> (Cavalcante et al., 2015), ambos na região Agreste de Alagoas. As diferenças estão relacionadas com a menor concentração de P nos tecidos das plantas e/ou a maior quantidade de biomassa no caso da área de fertilidade alta, uma vez o conteúdo (kg ha<sup>-1</sup>) é o resultado da multiplicação da concentração pela massa seca produzida.

Tem sido relatada a habilidade de plantas de cobertura em mobilizar P de menor labilidade e incorporar na biomassa da parte aérea. Os possíveis mecanismos são alterações no sistema radicular, pH da rizosfera, liberação de ácidos orgânicos e atividade de fosfatase (Horst et al., 2001; Wang e Lambers, 2020). No entanto, Hallama et al. (2019) reportaram que a biomassa produzida por plantas de cobertura parece ser o principal fator para aumentar o rendimento da cultura em sucessão por meio da transferência do P de seus resíduos e melhorar o potencial para modificação e interação na rizosfera com microrganismos mobilizadores de fosfato.

O K extraído pela parte aérea das plantas variou de 33 a 80 kg ha<sup>-1</sup> e o G. arbóreo extraiu a maior quantidade seguido pela C. spectabilis, M. preta e C. juncea. O G. anão extraiu a menor quantidade de K e não diferiu do Labe labe e F. porco. A extração de cátions como o K pelas plantas de cobertura é muito importante, principalmente em solos arenosos e em regiões de boa precipitação, onde o elemento está sujeito a lixiviação (Abdollahi e Munkholm, 2014) e deve ter efeito positivo em consórcio ou rotação com culturas acumuladoras de K como é o caso da mandioca, cultura de importância econômica e social para a região (Teodoro et al., 2011).

A maior extração de Ca foi apresentada pelo F. porco, 39.8 kg ha<sup>-1</sup> e junto com o G. arbóreo e M. preta foram superiores ao G. anão, 18.1 kg ha<sup>-1</sup> e não diferiram da C. spectabilis, C. juncea e Labe labe ( $p < 0.05$ ). O G. arbóreo, extraiu 13.2 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e foi superior às outras espécies, exceto para o F. porco. O G. anão e o Labe labe extraíram as menores quantidades de Mg, não diferindo da C. spectabilis e M. preta. As quantidades de Ca e Mg extraídas são inferiores às observadas por Teodoro et al. (2011) para as mesmas espécies no Cerrado, o que pode ser atribuído ao efeito da calagem e pelo maior aporte de biomassa das espécies, exceto o G. anão; eles não avaliaram o G. arbóreo.

Para o S, o destaque foi a C. spectabilis e o G. arbóreo, que extraíram 6.9 e 6.8 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente e foram superiores ao G. anão e a C. juncea e não diferiram das demais espécies. As quantidades de S extraídas foram inferiores às obtidas por Cavalcante et al. (2012) para as mesmas espécies no 1º ano de cultivo nas mesmas parcelas, exceto C. juncea, C. spectabilis e Labe labe. Quando comparado com as mesmas espécies em área de fertilidade construída, as diferenças foram ainda maior, com destaque para a C. spectabilis, F. porco e M. preta (Cavalcante et al., 2015), as quais foram 38, 132 e 119%

superiores, respectivamente.

As quantidades de macronutrientes, extraídas pelo G. arbóreo, foram cerca de duas vezes superiores às das espécies que extraíram as menores quantidades. De forma geral, a extração de nutrientes acompanhou a produção de massa seca. O G. arbóreo, que foi a espécie com maior produção de massa seca extraiu as maiores quantidades de macronutrientes enquanto o G. anão e o Labe labe, os quais tiveram as menores produção de massa seca extraíram quantidades menores de nutrientes. Essa mesma tendência foi reportada por Alvarenga et al. (1995), Fageria, Baligar e Li (2014) e Teixeira et al. (2014).

A ordem de extração de nutrientes nessa pesquisa foi  $N > K > Ca > Mg > P > S$  similar a encontrada por Fageria, Baligar e Li (2014), os quais encontraram extração de nutrientes na ordem  $N > Ca > Mg > P$  em todas as espécies de plantas de cobertura; eles não avaliaram K e S e por Xavier, Oliveira e Silva (2017), os quais verificaram a ordem  $N > K > Ca > Mg > P > S$ .

O G. arbóreo destaca-se, dentre as leguminosas avaliadas como a mais promissora em termos de produção de massa seca e ciclagem de nutrientes e é recomendada para uso como planta de cobertura pela sua tolerância a seca, altas temperaturas, pragas e doença e eficiência de utilização de nutrientes em solos de baixa fertilidade (Baligar e Fageria (2007). Seu sistema radicular extensivo e profundo permite acessar água e nutrientes minerais, não alcançados por espécies que apresentam sistema radicular menos profundo (Sheldrake e Narayana, 1979; Alvarenga et al., 1995; Baligar e Fageria, 2007).

A utilização de plantas de cobertura de solo para adubação verde em sistemas de rotação de culturas tem a capacidade de depositar quantidades expressivas de massa seca, que é importante para a proteção do solo contra agentes erosivos, manutenção da temperatura, umidade e preservação da diversidade biológica do solo (Pereira et al., 2017). Além disso, a ciclagem e o acúmulo de nutrientes na parte aérea podem reduzir a utilização de fertilizantes inorgânicos aplicados na cultura subsequente e contribuir para a preservação do agroecossistema (Calegari et al., 2008; Qaswar et al., 2019; Kumar, Rana e Nain, 2019).

A eficiência de uso, que relaciona a massa seca produzida por unidade de nutriente acumulado na parte aérea variou com a espécie de planta de cobertura para todos os nutrientes (Tabela 2). Para o N, o G. arbóreo apresentou a maior eficiência, produzindo 61.5 kg de massa seca para cada kg do nutriente acumulado na parte aérea e foi superior às demais espécies, exceto Labe labe e C. juncea, que produziram acima de 55 kg de massa seca para cada unidade de N extraída. As demais espécies ficaram entre 38 e 44 kg de massa por unidade de N na parte aérea. O G. arbóreo e o Labe labe apresentaram a maior eficiência, com mais de 670 kg de massa produzida para cada kg de P acumulado na parte aérea e diferiram das demais espécies ( $p < 0.05$ ), as quais tiveram uma eficiência variando de 435 a 525 kg de massa por kg de P.

Em relação ao K o G. anão, G. arbóreo, Labe labe e F. porco apresentaram maior

eficiência seguidos pela *M. preta* e *C. juncea*. A *C. spectabilis* teve a menor eficiência, não diferindo da *M. preta* e da *C. juncea*. A eficiência do *G. anão* e *G. arbóreo* foram cerca de duas vezes maior que a apresentada pela *C. spectabilis*. A eficiência para o Ca foi marcada pelo *G. arbóreo*, com 263.5 kg de massa por unidade de Ca na parte aérea, o qual diferiu de todas às espécies ( $p < 0.05$ ) seguido pelo *G. anão*, que não diferiu da *C. juncea* e da *M. preta*.

A *M. preta* foi superior ao *F. porco*, *C. spectabilis* e *C. juncea* para a eficiência de Mg, com 657.3 kg de massa para cada unidade (Tabela 1) não diferindo do *G. arbóreo*, *G. anão* e *Labe labe* ( $p < 0.05$ ). A maior quantidade de matéria seca por kg de nutriente na parte aérea foi obtida para o S, com o *G. arbóreo* alcançando 1230 kg kg<sup>-1</sup>, superando as demais espécies, exceto a *C. juncea* que obteve 1096 kg de massa seca para cada kg<sup>-1</sup> de S acumulados na parte aérea da espécie. O *G. arbóreo* teve uma eficiência 2.4 vezes maior que a espécie com menor eficiência (*C. spectabilis*), a qual obteve 520 kg de massa seca para cada kg de S imobilizado na parte aérea (Tabela 2).

As quantidades de massa seca produzida por unidade de nutriente extraída pela parte aérea das plantas de cobertura foram superiores às obtidas por Fageria, Baligar e Li (2014), os quais observaram que a eficiência seguiu a ordem  $P > Mg > Ca > N$ , similar a apresentada nessa pesquisa:  $S > P > Mg > Ca > K > N$ ; eles não avaliaram S e K.

A eficiência de uso de nutrientes é particularmente importante para nutrientes de baixa disponibilidade como o P. Espécies de plantas que apresentam alta eficiência de utilização para P são produtivas quando crescem em solo com limitado suprimento do nutriente (Baligar e Fageria (2007), o que pode ter acontecido principalmente para o *G. arbóreo* em função da sua habilidade em solubilizar e utilizar fosfato ligado a ferro e alumínio (Ae et al., 1990). Essas formas de P são predominantes nos solos mais intemperizados das regiões tropicais e o uso de espécies mais eficientes, poderia aumentar a eficiência de aproveitamento do P do solo e disponibilizá-lo para a cultura em sucessão (Bahl e Pasricha, 1998; Hallama et al., 2019).

A variação na eficiência de uso de nutriente depende do controle genético e fisiológico, mas pode ser modificado pela interação da planta com variáveis ambientais (Baligar, Fageria e He, 2001). A variabilidade na produção de massa seca e extração de nutrientes pelas espécies deve está associada com os diferentes hábitos de crescimento, com o número de dias até o florescimento e com quantidade de massa seca da parte aérea produzida pela espécie de planta de cobertura, pela partição de N dentro da planta e pelas condições edafo-climáticas locais (Fageria; Baligar e Li, 2014; Nascente, Dambiro e Constantino, 2017; Ruis et al., 2019).

O estudo permitiu aceitar a hipótese de que a maior produção de biomassa do *G. arbóreo* esteve associada a maior absorção ou extração e também a maior eficiência de utilização dos nutrientes. Os resultados obtidos permitem propor o cultivo do *G. arbóreo* como planta de cobertura em sistemas de produção conservacionista em solos de baixa

fertilidade, aumentando a sustentabilidade destes cultivos.

## 4 | CONCLUSÕES

O ciclo vegetativo das plantas de cobertura variou de dois a quatro meses. O menor ciclo vegetativo da *C. juncea* favorece a sua inserção em consórcio ou rotação de cultura nos sistemas de cultivos da região Agreste de Alagoas. O G. arbóreo apresentou o maior ciclo vegetativo e maior produção de biomassa, extração e uso eficiência de nutrientes. O acúmulo de massa seca foi de até 5.3 t ha<sup>-1</sup> para o G. anão, *C. spectabilis*, F. porco e M. preta, 8.5 t ha<sup>-1</sup> para o Labe labe e 10 t ha para a *C. juncea* e G. arbóreo. A *C. juncea* pode acumular quantidade de biomassa superior a 8 t ha<sup>-1</sup> se cortada aos 90 dias após a semeadura. As plantas de cobertura são boas recicladoras de nutrientes, particularmente nitrogênio, potássio e cálcio e apresentam potencial de uso nos sistemas de cultivo da região.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem de forma especial, a empresa Piraí Sementes, pelo fornecimento de sementes das plantas de cobertura utilizadas nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- Abdollahi, L. & Munkholm, L. J. (2014). Tillage system and cover crop effects on soil quality: I. chemical, mechanical, and biological properties. *Soil Science Society of America Journal*, 78 (1), 262-270.
- Ae, N., Arihara, J., Okada, K, Yoshihara, T. & Johansen, C. (1990). Phosphorus uptake by pigeon pea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent. *Science*, 248 (4954), 477-480.
- Alvarenga, R. C., Cabezas, W. A. L., Cruz, J. C. & Santana, D. P. (2001). Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. *Informe Agropecuário*, 22, 25-36.
- Alvarenga, R. C., Costa, L. M., Moura Filho, W. & Regazzi, A. J. (1995). Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30 (2), 175-185.
- Amabile, R. F., Fancelli, A. L. & Carvalho, A. M. (2000). Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35 (1), 47-54.
- Bahl, G. S. & Pasricha, N. S. (1998). Efficiency of P utilization by pigeonpea and wheat grown in a rotation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51 (3), 225-229.
- Baligar, V. C. & Fageria, N. K. (2007). Agronomy and physiology of tropical cover crops. *Journal of Plant Nutrition*, 30 (8), 1287-1339.

- Baligar, V. C., Fageria, N. K. & He, Z. L. (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32 (7-8), 921-950.
- Beniaich, A., Silva, M. L. N., Guimarães, D. V., Bispo, D. F. A., Avanzi, J. C., Curi, N., Pio, R. & Dondeyne, S. (2020). Assessment of soil erosion in olive orchards (*Olea europaea* L.) under cover crops management systems in the tropical region of Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 44, e0190088.
- Blanco-Canqui, H., Shaver, T. M., Lindquist, J. L., Shapiro, C. A., Elmore, R. W., Francis, C. A. & Hergert, G. W. (2015). Cover crops and ecosystem services: insights from studies in temperate soils. *Agronomy Journal*, 107 (6), 2449-2474.
- Bertin, E. G., Andrioli, I. & Centurion, J. F. (2005). Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, 27 (3), 379-386.
- Borkert, C. M., Gaudêncio, C. A., Pereira, J. E., Pereira, L. R. & Oliveira Junior, A. (2003). Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38 (1), 143-153.
- Bouwman, A. F., Beusen, A. H. W., Lassaletta, L., van Apeldoorn, D. F., van Grinsven, H. J. M., Zhang, J. & van Ittersum, M. K. (2017). Lessons from temporal and spatial patterns in global use of N and P fertilizer on cropland. *Scientific Reports*, 7, 40366.
- Calegari, A., Hargrove, W. L., Rheinheimer, D. S., Ralisch, R., Tessier, D., Tourdonnet, S & Guimarães, M. F. (2008). Impact of long-term no-tillage and cropping system management on soil organic carbon in an oxisol: a model for sustainability. *Agronomy Journal*, 100, 1013-1019.
- Calvo, C. L., FOLONI, J. S. S. & Brancalhão, S. R. (2010). Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. *Bragantia*, 69 (1), 77-86.
- Carvalho, A. M., Coser, T. R., Rein, T. A., Dantas, R. A., Silva, R. R. & Souza, K. W. (2015). Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50 (7), 551-561.
- Carvalho, S. R. L., Rezende, J. O., Fernandes, J. C. & Pereira, A. P. (2003). Cinética do crescimento de leguminosas e gramíneas com alto poder relativo de penetração de raízes em solo coeso dos tabuleiros costeiros do recôncavo baiano. *Magistra*, 15 (2), 1-12.
- Cavalcante, V. S., Barbosa, J. T. V., Costa, L. C., Santos, V. R. & Santos, M. J. N. (2015). Produção de adubos verdes e a utilização dos resíduos no cultivo da cebolinha. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 10 (1), 24-31.
- Cavalcante, V. S., Santos, V. R., Santos Neto, A. L., Santos, M. A. L., Santos, C. G. & Costa, L. C. (2012). Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16 (5), 521-528.
- Costa, L. C., Rocha, A. M. S., Silva, P. J. M., Martins, D. D., Santos, C. G. & Santos, V. R. (2019). *Revista Ambientale*, 11 (1), 102-111.
- Coskun, D., Britto, D. T., Shi, W., Kronzucker, H. J. (2017). Nitrogen transformations in modern agriculture and the role of biological nitrification inhibition. *Nature Plants*, 3, 1-10.

- Embrapa (Brasil). (2011). *Manual de métodos de análise de Solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa.
- Embrapa (Brasil). (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação do Solo*. 5. ed. Brasília: Embrapa.
- Fageria, N. K. (2007). Green manuring in crop production. *Journal of Plant Nutrition*, 30 (5), 691-719.
- Fageria, N. K., Baligar, V. C. & Li, Y. C. (2014). Nutrient uptake and use efficiency by tropical legume cover crops at varying pH of an oxisol. *Journal of Plant Nutrition*, 37 (2), 294-311.
- Fávero, C., Jucksch, I., Costa, L. M., Alvarenga, R. C. & Neves, J. C. L. (2000). Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24 (1), 171-177.
- Finney D. M., White C. M. & Kaye, J. P. (2016). Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures. *Agronomy Journal*, 108 (1), 39-52.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R. et al. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309 (5734), 570-574.
- Ghimire, R., Ghimire, B., Mesbah, A. O., Sainju, U. M. & Idowu, O. J. (2019). Soil health response of cover crops in winter wheat–fallow system. *Agronomy Journal*, 111 (4), 2108-2115.
- Hallama, M., Pekrun, C., Lambers, H. & Kandeler, E. (2019). Hidden miners - the roles of cover crops and soil microorganisms in phosphorus cycling through agroecosystems. *Plant and Soil*, 434 (1-2), 7-45.
- Horst, W. J., Kamh, M., Jibrin, J. M. & Chude, V. O. (2001). Agronomic measures for increasing P availability to crops. *Plant and Soil*, 237 (2), 211-223.
- Koné, A. W., Jérôme, E. T., Angui, P. K. T., Bernhard-Reversat, F., Loranger-Merciris, G., Brunet, D. & Brédoumi, S. T. K. (2008). Is soil quality improvement by legume cover crops a function of the initial soil chemical characteristics? *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 82 (1), 89-105.
- Kumar, T. K., Rana, D. S. & Nain, L. (2019). Legume residue and N management for improving productivity and N economy and soil fertility in wheat (*Triticum aestivum*)-based cropping systems. *National Academy Science Letters*, 42 (4), 297-307.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C. & Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba-SP: Potafos.
- Matson, P. A., Parton, W. J., Power, A. G. & Swift, M. J. (1997). Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 277 (5325), 504-509.
- Muoni, T., Koomson, E., Öborn, I., Marohn, C., Watson, C. A., Bergkvist, G., Barne, A., Cadisch, G., Duncan, A. (2020). Reducing soil erosion in smallholder farming systems in east Africa through the introduction of different crop types. *Experimental Agriculture*, 56 (2), 183-195.
- Murphy, J. & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36.
- Nascente, A. S., Dambiro, J. & Constantino, C. (2017). Effects of grain-producing cover crops on rice grain yield in Cabo Delgado, Mozambique. *Revista Ceres*, 64 (6), 607-615.

Nóbrega, J. Q., Rao, T. V. R., Beltrão, N. E. M. & Fideles Filho, J. (2001). Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5 (3), 437-443.

Nyawade, S. O., Karanja, N. N., Gachene, C. K. K., Gitari, H. I., Schulte-Geldermann, E. & Parker, M. (2020). Optimizing soil nitrogen balance in a potato cropping system through legume intercropping. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 117 (1), 43-59.

Padovan, M. P., Carneiro, L. F., Moitinho, M. R., Felisberto, G., Carneiro, D. N. M. & Motta, I. S. (2014). Dinâmica de acúmulo de massa e nutrientes pela *Crotalaria juncea* para fins de adubação verde e o estágio adequado para seu manejo. *Cadernos de Agroecologia*, 9 (4):1-12.

Padovan, M. P., Motta, I. S., Carneiro, L. F., Moitinho, M. R. & Fernandes, S. S. L. (2011). Acúmulo de fitomassa e nutrientes e estágio mais adequado de manejo do feijão-de-porco para fins de adubação verde. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 6 (3), 182-190.

Pereira, A. P., Schoffel, A., Koefender, J., Camera, J. N., Golle, D. P. & Horn, R. C. (2017). Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. *Revista de Ciências Agrárias*, 40 (4), 799-807.

Prado, R. M. (2008). *Nutrição de plantas*. São Paulo: Editora Unesp.

Qaswar, M., Huang, J., Ahmed, W., Liu, S., Li, D., Zhang, L., Liu, L., Xu, Y., Han, T., Du, J., Gao, J. & Zhang, H. (2019). Substitution of inorganic nitrogen fertilizer with green manure (GM) increased yield stability by improving C input and nitrogen recovery efficiency in rice based cropping system. *Agronomy*, 9 (10), 609.

Ram, H., Singh, G., Sekhon, H. S. & Khanna, V. (2011). Effect of sowing time on the performance of pigeonpea genotypes. *Journal of Food Legumes*, 24 (3), 207-210.

Rowden, R., Gardiner, D., Whiteman, P. C. & Wallis, E. S. (1981). Effects of planting density on growth, light interception and yield of a photoperiod insensitive pigeon pea (*Cajanus cajan*). *Field Crops Research*, 4, 201-213.

Ruis, S. J., Blanco-Canqui, H., Creech, C. F., Koehler-Cole, K., Elmore, R. W. & Francis, C. A. (2019). Cover crop biomass production in temperate agroecozones. *Agronomy journal*, 111 (4), 1535-1551.

SAS Institute incorporation. (2009). *The SAS system for Windows*, versão 9.2.

Sakala, W. D., Kumwenda, J. D. T. & Saka, A. R. (2003). The potential of green manures to increase soil fertility and maize yields in Malawi. *Biological Agriculture & Horticulture*, 21 (2), 121-130.

Sennhenn, A., Odhiambo, J. J. O., Maass, B. L. & Whitbread, A. M. (2017). Considering effects of temperature and photoperiod on growth and development of *Lablab purpureus* (L.) sweet in the search of short-season accessions for smallholder farming systems. *Experimental Agriculture*, 53 (3), 375-395.

Sheldrake, A. R. & Narayana, A. (1979). Growth, development and nutrient uptake in pigeonpeas (*Cajanus cajan*). *The Journal of Agricultural Science*, 92 (3), 513-526.

Teixeira, R. A., Soares, T. G., Fernandes, A. R. & Braz, A. M. S. (2014). Grasses and legumes as cover crop in no-tillage system in northeastern Pará Brazil. *Acta Amazonica*, 44 (4), 411-418.

Teodoro, R. B., Oliveira, F. L., Silva, D. M. N., Fávero, C. & Quaresma, M. A. L. (2011). Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto Vale do Jequitinhonha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35 (2), 635-643.

Tian, G. & Kang, B. T. (1998). Effects of soil fertility and fertilizer application on biomass and chemical compositions of leguminous cover crops. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51 (3), 231-238.

Venkateswarlu, B., Srinivasarao, C. H., Ramesh, G., Venkateswarlu, S. & Katyal, J. C. (2007). Effects of long-term legume cover crop incorporation on soil organic carbon, microbial biomass, nutrient build-up and grain yields of sorghum/sunflower under rain-fed conditions. *Soil Use and Management*, 23, 100-107.

Wanga, X., Shenb, J. & Liao, H. (2010). Acquisition or utilization, which is more critical for enhancing phosphorus efficiency in modern crops? *Plant Science*, 179 (4), 302-306.

Wang, Y. & Lambers, H. (2020). Root-released organic anions in response to low phosphorus availability: recent progress, challenges and future perspectives. *Plant and Soil*, 447 (1-2), 135-156.

Wittwer, R. A. & van der Heijden, M. G. A. (2020). Cover crops as a tool to reduce reliance on intensive tillage and nitrogen fertilization in conventional arable cropping systems. *Field Crops Research*, 249, 107736.

Xavier, R. A., Dornellas, P. C. (2005). Análise do comportamento das chuvas no município de Arapiraca, região Agreste de Alagoas. *Geografia*, 14 (2), 49-64.

Xavier, F. A. S., Oliveira, J. I. A. & Silva, M.R. (2017). Decomposition and nutrient release dynamics of shoot phytomass of cover crops in the Recôncavo Baiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41, e0160103.

## QUANTITATIVE ANALYSIS OF PERFORMANCE AND STABILITY OF A LONG AND THIN GRAIN RICE GENOTYPE FOR RICE-GROWING REGION OF MICHOACAN, MEXICO

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 26/08/2021

**Juan Carlos Álvarez Hernández**

National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Researches, Center-Pacific Regional Research Center, Experimental Field Apatzingan Valley Paracuaro, Michoacan, Mexico  
<https://orcid.org/0000-0002-1265-0890>

**ABSTRACT:** Rice (*Oriza sativa* L.), a symbol of cultural identity and world unity, is staple food of more than half of the world's population. Worldwide, rice is produced in 113 countries concentrated in the vast regions of Africa, America, Asia, Europe and Oceania. Although country policies often favor the consumer and export market, rice production systems are decisive for food security, since providing 27% of energy and 20% of protein, in addition alleviating poverty and improving livelihoods. In Mexico, this cereal is one of the four basic crops in diet of country's population, after corn, wheat and beans. However, it has been a challenge to satisfy domestic rice demand, which exceeds 850,000 ton per year, so that, in last year's Mexico has resorted to rice imports. Thus, with the purpose of counteracting this situation, it have been motivated technologies development, adaptation of production systems, implementation of genetic improvement programs, oriented to generation of materials and its validation of adaptation to rice-growing areas of country. Actually, there are

notable advances, since advanced experimental lines have been selected, which become an alternative in substitution to the over-exploited 'Milagro Filipino' variety, which has been intensively and extensively planted despite the notable loss of its purity. Michoacan state as a worthy representative of national production, has led to experimental work on advanced rice lines, allowing the selection of materials to region such as 'Lombardia FLAR 13', in addition, that present characteristics that consumer demands. Is a rice material adapted to conditions of area. It arose from the evaluation for more than five years of an advanced line in generation F6, from a triple cross with long and thin grain characteristics; it expresses yields higher than 10 ton ha<sup>-1</sup>, early maturity, resistance to plant fall and industrial quality higher than 50% of whole grains.

**KEYWORDS:** Genetic materials, grain yield, Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR), *Oriza sativa*, rice genotypes.

### ANÁLISE QUANTITATIVA DE DESEMPENHO E ESTABILIDADE DE UM GENÓTIPO DE ARROZ DE GRÃOS LONGOS E FINOS PARA A REGIÃO DE CULTIVO DE ARROZ DE MICHOACAN, MÉXICO

**RESUMO:** O arroz (*Oriza sativa* L.), um símbolo de identidade cultural e unidade mundial, é o alimento básico de mais da metade da população mundial. Mundialmente, o arroz é produzido em 113 países concentrados nas vastas regiões da África, América, Ásia, Europa e Oceania. Embora as políticas nacionais frequentemente favoreçam o mercado consumidor e de exportação, os

sistemas de produção de arroz são decisivos para a segurança alimentar, pois fornecem 27% de energia e 20% de proteína, além de aliviar a pobreza e melhorar a subsistência. No México, este cereal é uma das quatro culturas básicas na dieta da população do país, depois do milho, trigo e feijão. No entanto, tem sido um desafio satisfazer a demanda interna de arroz, que ultrapassa 850.000 toneladas por ano, de modo que, no ano passado, o México recorreu à importação de arroz. Assim, com o objetivo de contrariar esta situação, tem sido motivado o desenvolvimento de tecnologias, adaptação de sistemas de produção, implementação de programas de melhoramento genético, orientado à geração de materiais e sua validação da adaptação às áreas de cultivo de arroz do país. Na verdade, há avanços notáveis, já que foram selecionadas linhas experimentais avançadas, que se tornam uma alternativa em substituição à superexplorada variedade “Milagro Filipino”, que foi intensiva e extensivamente plantada apesar da notável perda de sua pureza. O estado de Michoacan como digno representante da produção nacional, levou a um trabalho experimental em linhas avançadas de arroz, permitindo a seleção de materiais para regiões como a ‘Lombardia FLAR 13’, além disso, que apresentam características que o consumidor exige. É um material de arroz adaptado às condições da área. Surgiu da avaliação por mais de cinco anos de uma linha avançada na geração F6, de uma cruz tripla com características de grãos longos e finos; expressa rendimentos superiores a 10 toneladas ha<sup>-1</sup>, maturidade precoce, resistência à queda da planta e qualidade industrial superior a 50% dos grãos inteiros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Materiais genéticos, rendimento de grãos, Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR), *Oriza sativa*, genótipos de arroz.

## 1 | INTRODUCTION

Due to its high nutritional content, rice (*Oriza sativa* L.) is one of the most appreciated cereals in the world. It contains a high amount of energy, providing 27% of the dietary energy supply, compared to wheat, which supplies 19% and corn only 5%; as for protein per 100 g of rice, 6.8 g of protein. Also contains 1.2 mg of iron, 0.5 mg of zinc and 0.6 g of fiber have been determined; it is also an important source of thiamine, riboflavin and niacin (FAO, 2006).

Worldwide, rice is produced in 113 countries concentrated in the vast regions of Africa, America, Asia, Europe and Oceania. According to FAO, in 10-year period, world production increased by 61,438,644 ton from 2010 to 2019. Of this trend, countries concentrated in Asia, whose participation in total production was approximately 90%, produced 627,452,833 ton in 2010 and reached 677,276,789 ton in 2019. Moreover, Africa and America participated in world production with 4 and 5% approximately in decade of registration, remaining in the last year 2019 with 38,771,392 ton and 35,325,593 ton, respectively. Europe and Oceania, even with a significant tonnage production, its participation in global level was less than 1% in ten-year period (FAOSTAT, 2021).

In Mexico, according to SIAP-SADER (2020), this species participates with 0.8% of the national grain production, and the annual per capita consumption was 9 kilograms. Thus, rice is one of the four basic crops, after corn, wheat and beans, and an important

part of the diet of the Mexican. Therefore, national demand for this cereal has increased, it estimated at one million tons per year, however, since 2001 to date, the national production has decreased, with consequence to massive importation of rice (OSUNA *et al.*, 2000; CHÁVEZ-MURILLO *et al.*, 2011). Under these circumstances, it is a great challenge for Mexico and for producers themselves to supply the demand. Proof of it, in last five years national production went from 254,043 ton in 2016 to 295,338 ton in 2020, in which, only participation of Michoacan was 11.4% on average compared to national production, that is, produced 29,454 ton in 2016 and in 2020 reached a production of 30,055 ton (SIAP-SADER, 2021).

Thus, in addition to technologies developed to be competitive with other rice producing countries, it is necessary the development of production systems in accordance with the current limitations. It should be noted that there are two production systems, one based on irrigation supply and the other subject to rainfall supply. According to the sowing dates, in Spring-Summer (PV, by its acronyms in Spanish) and Autumn-Winter (OI, by its acronyms in Spanish) cycles are development (HERNÁNDEZ Y TAVITAS, 2005); also pests and diseases problems are the main limitations in the crop, 43 diseases affecting rice are reported; and only 20 insect pests are considered the most important (PATHAK Y KHAN, 1994). Therefore, it is required to promote support for production and commercialization of the grain, all of this aimed at increasing profitability of the crop as a whole (TAVITAS *et al.*, 2016).

On the other hand, during last 10 years release of varieties with high yield potential, combined with favorable climatic conditions and water availability, have allowed maintaining high production rates (Salcedo y Barrios, 2012; Alvarez *et al.*, 2016; BARRIOS *et al.*, 2016; HERNANDEZ *et al.*, 2019). Likewise, some agricultural practices in technology guide have been modified, such as, transplanting rice seedlings change to direct sowing; flooding irrigation change to short period auxiliary irrigation. This has resulted in yields over 9 ton ha<sup>-1</sup>. Consequently, evaluations of advanced rice lines in rice-growing region of Michoacan, Mexico, have been oriented to determination of yield stability parameters (ÁLVAREZ *et al.*, 2018). Therefore, through the selection of promising materials obtained from compact trials and through the establishment of validation plots under irrigation conditions, different materials of long and thin grain were evaluated compared with conventional material. Based on the above, the objective was to evaluate the advanced line of rice called 'Lombardia FLAR 13', a long and thin grain genotype, compared with the conventional material in different production cycles, in rice-growing region of Michoacan, Mexico.

## 2 I MATERIALS AND METHODS

### 2.1 Environmental characteristics and landscape of production area

Typical of area located in the Balsas depression of Michoacan state, Mexico. BS<sub>1</sub> climate is frequent, corresponding to dry climate group; the least dry of very warm BS. Mean annual temperature > 22 °C, that of coldest month > 18 °C; summer rainfall regime: at least 10 times more rain in the wettest month of warm half of year than in the driest, with winter rainfall percentage < 5 of the annual, with little oscillation (Köppen, modified GARCÍA, 2004; INEGI, 2016). With respect to vegetation type, it is represented by the primary vegetative types of low deciduous forest, secondary stages of natural succession (different degrees of regeneration after elimination), shrubs from 4 to 8 m high and trees from 8 to 12 m high, and in higher areas, small extensions of oak and pine forests (ANDRES *et al.*, 1994; GARCÍA AND LINAREZ, 2012). Generally, rice-growing region is identified as having high water retention capacity, high clay content and easily flooded due to flatness conditions; however, it may differ in color and depth. Soils with the highest grain yield are clayey types; in fact, soil unit corresponds to pelic vertisols (FAO, 2008).

### 2.2 Experiment planning

Through the selection of promising materials obtained from national compact assay, which were developed in the different rice-growing regions of Mexico, and through the establishment of validation plots under irrigation and rainfed conditions, advanced experimental lines were selected, which allowed the registration and release of long and thin grain rice materials in the lines called 'INIFLAR R' (ÁLVAREZ *et al.*, 2016); 'INIFLAR RT' (BARRIOS *et al.*, 2016); 'Pacífico FL 15' and 'Golfo FL 16' (HERNANDEZ *et al.*, 2019). Which were added to the stock of available genotype alternatives, which also includes 'Milagro Filipino' variety.

However, despite efforts, it is still necessary to develop improved rice varieties that are adaptable as closely as possible to the conditions of Apatzingan Valley. For this reason, during the autumn-winter cycle from 2013 to 2016 a long and thin grain rice line identified as 'Lombardia FLAR 13' was observed, which agronomically stood out for the region in conjunction with other outstanding materials, among it is line called 'Marfil FLAR 13'. Therefore, 'Lombardia FLAR 13' genotype was exposed to a validation process, which formally began from 2017 to 2020 year, following up through field experiments, compared to the conventional Milagro Filipino variety. The experimental validation plots were established annually in cooperating producers properties in common Lombardia, municipality of Gabriel Zamora Michoacan, Mexico, being the largest reference area for rice cultivation in mexican state, with planting dates starting on June 5 of each year, for a period of about four months before harvest. Climatic data on precipitation, maximum and minimum temperatures, and evaporation during the periods 2017 to 2020 are shown in table 1.

Year	Month	Temperature (°C)		(mm)	
		Maximun	Minimal	Precipitation	Evaporation
2017	June	40.5	18.5	47	7.93
	July	37.5	18	203.8	5.76
	August	36.5	18.5	202.3	5.58
	September	35	19	137.4	4.09
	October	35.5	17	92.6	4.59
2018	June	41.5	19	178.5	7.49
	July	39	19	104.8	6.05
	August	37.5	18	153.4	5.14
	September	36.5	20	30.1	5.31
	October	36	18.5	106.9	4.87
2019	June	42.5	18	61.7	8.16
	July	39.5	19.5	64	7.33
	August	38.5	19.5	133.8	6.71
	September	38	15.5	164.3	5.53
	October	36.5	14	51.2	4.9
2020	June	43	17	15.4	8.92
	July	39	19.5	117.7	5.91
	August	36	18	226.6	5.1
	September	35	18	133.6	4.54
	October	38	15	20.4	6.01

Table 1. Climatic variation during experimental tests. Source: Department of Hydrometry. Irrigation District 097, CONAGUA, Mexico.

Soil preparation consisted of basic mechanized tillage of fallowing, harrowing, leveling and furrows formation. Then, seeds was dispersed manually by broadcasting at a density of 80 kg ha<sup>-1</sup>, and was made a pass with tractor and implement conditioned only with the tiller, marking small grooves of 0.2 m of separation (CORIA *et al.*, 2017).

### 2.3 Experimental design and response variables

Treatments used were the rice genotypes called ‘Lombardia FLAR 13’ and ‘Milagro Filipino’ placed under an randomized block experimental design, with independent plots, each material (treatment) made up of four “melgas” (sections), each one measuring 2.1 m x 40 m, giving an area of 336 m<sup>2</sup> per treatment. Crop management consisted of basic tillage (HERNANDEZ *et al.*, 2013), background irrigation or emergence irrigation, followed by auxiliary irrigation at intervals of 5 to 8 days depending on water availability. Weed control was done with pre and post- emergent selective herbicides (ESQUEDA AND TOSQUY, 2014); fertilization was in two stages (approximately 20 days after emergence and in the

stage of floral primordium formation) (TAPIA *et al.*, 2016), and application of systemic fungicides (HERNANDEZ *et al.*, 2018).

Variables recorded were: plant height, tillers number per plant, spikes number per plant, spike length on panicles, grains per spike, yield to harvest, yield after harvest and hectoliter weight (that is weight of 1,000 seeds). Data recording per experimental unit consisted of four blocks (based on each section of four considered per treatment), plants number considered per treatment were 20 for morphological and phenological aspects; and for productivity of one square meter per each section. Data obtained after verification of normality and homogeneity of variances tests were analyzed by comparing of the data sets using *t-student* test for independent samples. The statistical software used was Past 4.06 (HAMMER, 2021).

### 3 | RESULTS

The figure 1 shows plant height variable, for which there were statistical differences in only three years, and 2020 year showed no differences between treatments. The 'Lombardia FLAR 13' treatment stands out, as it surpassed the 'Milagro Filipino' treatment, although this compact condition is desirable. Heights ranged from 69 to 73 cm and from 74 to 76 cm, for 'Milagro Filipino' and 'Lombardia FLAR 13', respectively (figure 3).

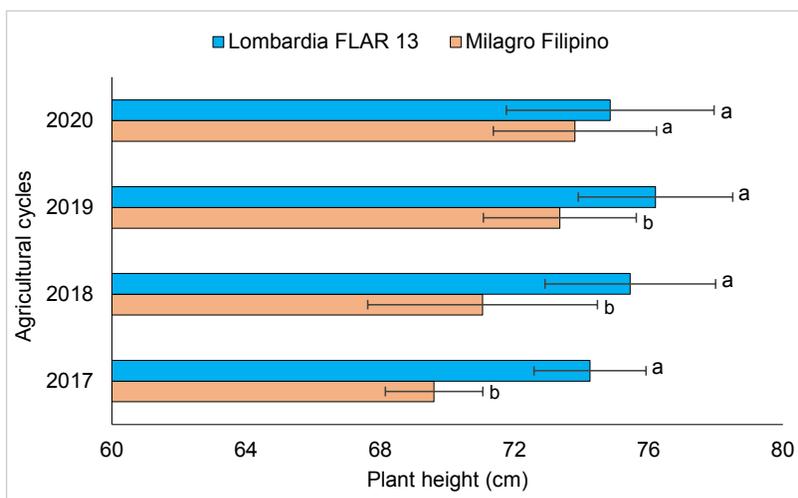


Figure 1. Behavior of plant height variable in 'Milagro Filipino' and 'Lombardia FLAR 13' genotypes under different agricultural cycles. Different letters on bars indicate significant differences according to *t-student* test ( $P < 0.05$ ); vertical lines correspond to confidence interval width (95%);  $n = 20$ .

In tillers number per plant variable, statistical analysis showed differences only in years 2019 and 2020, where 'Lombardia FLAR 13' treatment was higher than 'Milagro Filipino' treatments. In fact, in 2017 and 2018 years, even without differences, the greatest

trend also corresponded to 'Lombardia FLAR 13' treatment (figure 2). As can be seen, 'Lombardia FLAR 13' treatment presented values in most years slightly above 11 tillers per plant, while 'Milagro Filipino' treatment was closer to 10 tillers per plant (figure 2).

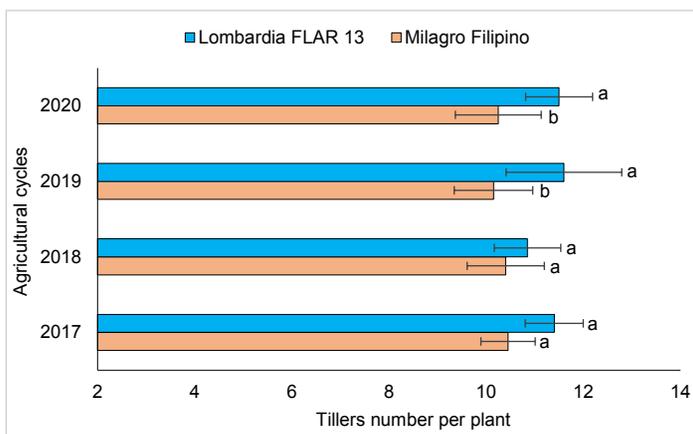


Figure 2. Behavior of tillers number per plant variable in 'Milagro Filipino' and 'Lombardia FLAR 13' genotypes under different agricultural cycles. Different letters on bars indicate significant differences according to *t-student* test ( $P < 0.05$ ); vertical lines correspond to confidence interval width (95%);  $n = 20$ .

In spikes number per plant variable, statistical analysis showed differences, except for year 2019, which was statistically equal, the rest of the years were different (figure 3), with 'Lombardia FLAR 13' treatment standing out, with values close to 12 spikes per plant. In contrast, 'Milagro Filipino' treatment averaged 10 spikes per plant (figure 3).

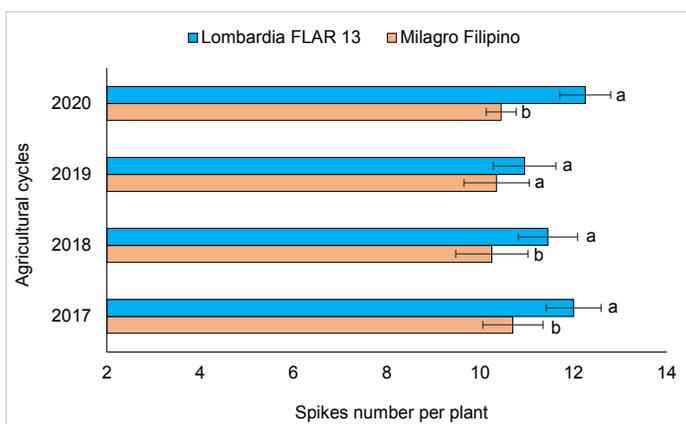


Figure 3. Behavior of spikes number per plant variable in 'Milagro Filipino' and 'Lombardia FLAR 13' genotypes under different agricultural cycles. Different letters on bars indicate significant differences according to *t-student* test ( $P < 0.05$ ); vertical lines correspond to confidence interval width (95%);  $n = 20$ .

Moreover, in spikes length on panicles variable, the statistical analysis did not find differences (figure 4). Which means that in all four years, the 'Milagro Filipino' and 'Lombardia FLAR 13' treatments were the same. In fact, numerical difference corresponds to less than one unit of the measurement value between both treatments, whose average length was 25.8 cm and 26.2 cm, for both treatments, respectively (figure 4).

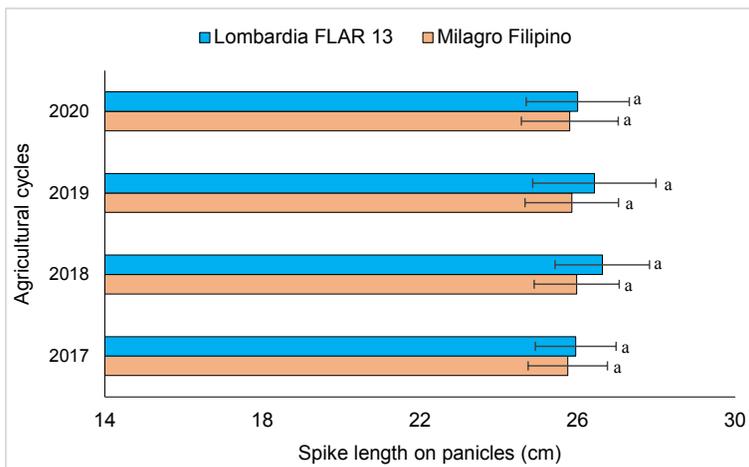


Figure 4. Behavior of Spike length on panicles variable in 'Milagro Filipino' and 'Lombardia FLAR 13' genotypes under different agricultural cycles. Different letters on bars indicate significant differences according to *t-student* test ( $P < 0.05$ ); vertical lines correspond to confidence interval width (95%);  $n = 20$ .

Similarly, statistical analysis for grains per spike variable only showed differences in evaluation corresponding to the year 2017. In subsequent years no differences were detected (figure 5). Despite this, it is important to highlight the trend observed in this variable, since both treatments 'Milagro Filipino' and 'Lombardia FLAR 13' presented stable values in four years, and whose difference between both fluctuated in approximately 20 seeds; likewise, 'Lombardia FLAR 13' treatment was superior (figure 5).

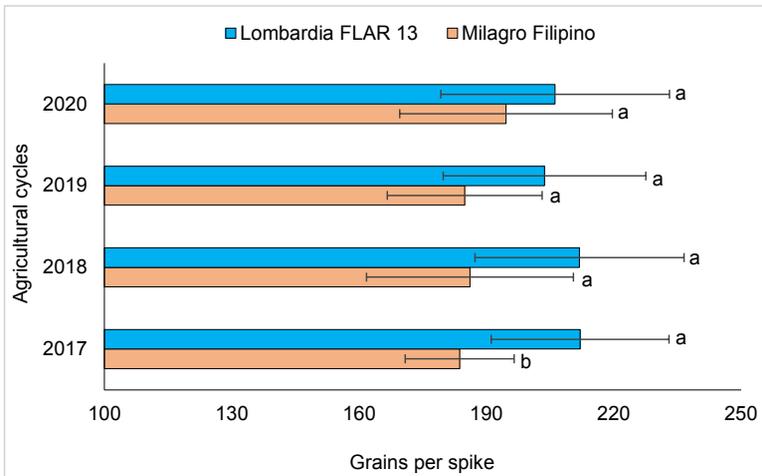


Figure 5. Behavior of grains per spike variable in 'Milagro Filipino' and 'Lombardia FLAR 13' genotypes under different agricultural cycles. Different letters on bars indicate significant differences according to *t-student* test ( $P < 0.05$ ); vertical lines correspond to confidence interval width (95%);  $n = 20$ .

In hectoliter weight variable only in two evaluation years (2017 and 2019 years) there were statistical differences, and in 2018 and 2020 years, treatments were not significant. Values ranged from 20 to 23 g for 'Milagro Filipino' treatment. Contrary, for 'Lombardia FLAR 13' treatment, 1000-grain weight reached 28 g on average for the four years of study (figure 6).

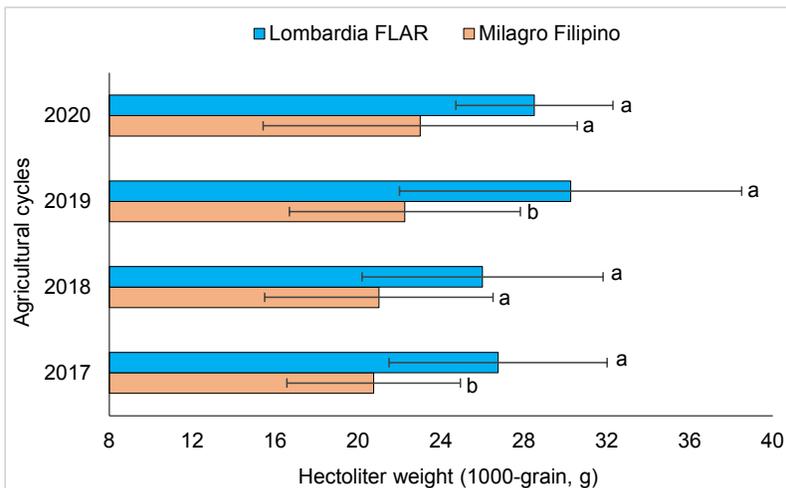


Figure 6. Behavior of 1000-grain weight variable in 'Milagro Filipino' and 'Lombardia FLAR 13' genotypes under different agricultural cycles. Different letters on bars indicate significant differences according to *t-student* test ( $P < 0.05$ ); vertical lines correspond to confidence interval width (95%);  $n = 4$ .

In productivity, the yield per square meter variable at harvest time, statistical analysis

detected significant differences in the four years of evaluation (figure 7). As can be seen, ‘Lombardia FLAR 13’ treatment exceeded the ‘Milagro Filipino’ treatment by more than 333 g per m<sup>2</sup> on average of evaluation years. Thus, ‘Lombardia FLAR 13’ treatment registered values higher than 1,250 g per m<sup>2</sup> in average evaluation years (figure 7).

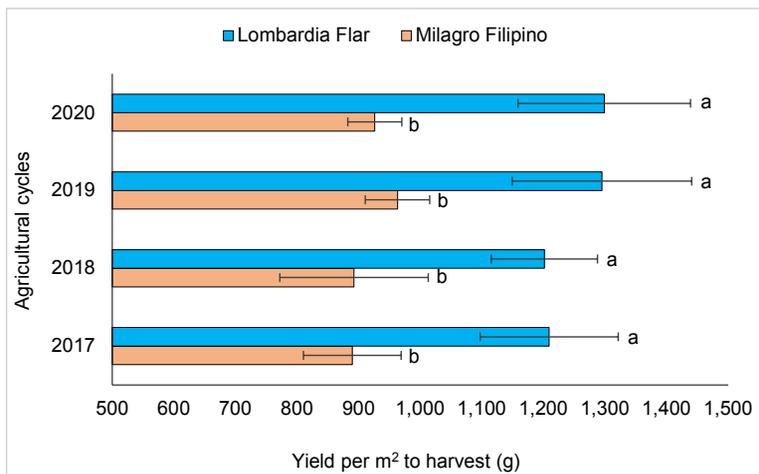


Figure 7. Behavior of yield per area variable at cutting in ‘Milagro Filipino’ and ‘Lombardia FLAR 13’ genotypes under different agricultural cycles. Different letters on bars indicate significant differences according to *t-student* test ( $P < 0.05$ ); vertical lines correspond to confidence interval width (95%);  $n = 4$ .

Subsequently, the statistical analysis applied to the variable yield per square meter after harvest, similarly found significant differences (figure 8). As can be seen, ‘Lombardia FLAR 13’ treatment was superior to ‘Milagro Filipino’ treatment. Since time invested in drying moisture in grain, maintained a similar trend to yield per square meter variable when cut, with ‘Lombardia FLAR 13’ treatment standing out with surrounding values between 1,085 and 1,118 g per m<sup>2</sup> (figure 8), and between 260 g per m<sup>2</sup> over ‘Milagro Filipino’ treatment.

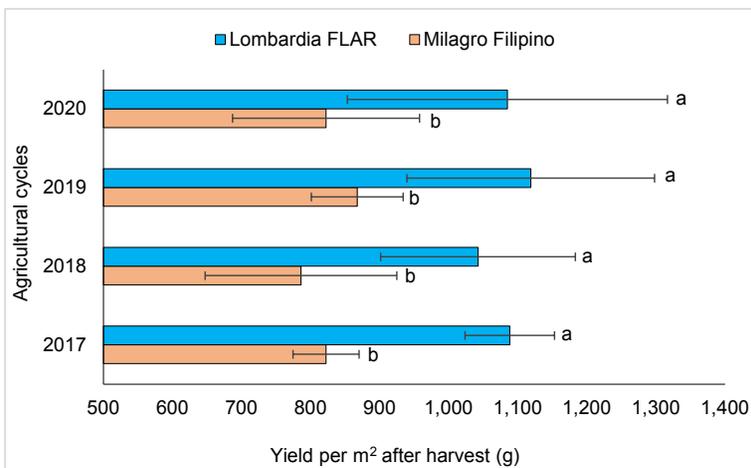


Figure 8. Behavior of yield per area variable after cutting in ‘Milagro Filipino’ and ‘Lombardia FLAR 13’ genotypes under different agricultural cycles. Different letters on bars indicate significant differences according to *t-student* test ( $P < 0.05$ ); vertical lines correspond to confidence interval width (95%);  $n = 4$ .

## 4 | DISCUSSION

Mexico produces and markets two types of grains for consumption, thick grain that covers 25% and thin grain that covers 75%, the latter largely dependent on imports (BARRIOS *et al.*, 2016). In view of this, the recent release of ‘INIFLAR R’ and ‘INIFLAR RT’ varieties; both a long and thin grain varieties with high yield potential, resistant to *Magnaporthe* sp. and other diseases, and good industrial grain quality. Which is expected to replace ‘Milagro Filipino’ variety in the short term and recover the crop’s profitability level and simultaneously compete with imported long and thin grain rice in order to reduce import volumes (HERNÁNDEZ *et al.*, 2015). Meanwhile, ‘Pacífico FL 15’ and ‘Golfo FL 16’ varieties, both resistant to the “sogata WLV” complex (white leaf virus) and to endemic rice burning disease (*Magnaporthe* sp.), but moderately resistant to the spotted grain disease caused by *Helminthosporium oryzae* in association with other pathogens. It is estimated that, rice producers will contribute with 300,000 ton of extra-long grain rice demanded by the population, with these varieties (HERNÁNDEZ *et al.*, 2019).

Michoacan state as a worthy representative of national production, in recent years has ranked fourth in established surface area, which has led to experimental work on advanced rice lines, allowing the selection of materials adapted to region such as ‘Lombardia FLAR 13’, in addition, that present characteristics that consumer demands. It is important to highlight that in addition to ‘Lombardia FLAR 13’ material whose process and monitoring has been constant and stable, the rice material called ‘Marfil FLAR 13’ has also exceeded expectations, since, its behavior in field places it as another alternative to these new long and thin grain materials. ‘Milagro Filipino’ is the predominant variety in the rice-growing

areas, however, the yields are lower than those of long and thin grain, in addition to being thick grain and presents “white belly” (GARCÍA *et al.*, 2011). As mentioned, long and thin rice type is one with the highest national consumption, and since it is not domestically consumed, it is imported.

The potential yield of “Lombardia FLAR 13” is attributed to that is a rice material adapted to the agroclimatic conditions of Apatzingán Valley region, Michoacan Mexico. It arises from the evaluation for more than 5 years of an advanced line in generation F6 from a triple cross with long thin grain characteristics, which makes it possible to achieve higher yields to 9.0 ton ha<sup>-1</sup>. Thus, ‘Lombardia FLAR 13’ genotype is resistant to plant lodging, thresh and diseases that attack this crop at national level, since, in the years of evaluation these problems did not occur. In terms of industrial quality, long and thin grain it produces is good, which makes it competitive with imported rice of this same type of grain, so it can compete with the types of grain that are being imported from Thailand and Vietnam (TOLENTINO, 2014). In addition, it contributes to the increase of the surface and the production of rice with this type of grain, being a reference to counteract import volumes, and reestablish sources of work in field and in rice industry.

On the other hand, the technology traditionally used in rice cultivation in “Apatzingan Valley”, Michoacan, Mexico, has undergone changes. For this reason, continuous improvement programs have been developed, represented by the direct sowing cultivation system in furrows and auxiliary irrigation, bearing in mind that water shortage is the main problem; therefore, it is important to implement strategies in the application of the required amount of irrigation without reducing yields potential. Water is basic for rice plant to complete its essential functions, unlike other species, as it is a necessary means for rice to develop properly and reduce competition from weeds and other plants that are antagonistic. On the other hand, the heat stress experienced by the plant is a function of air temperature, and genetic and agronomic factors that determine the evaporative cooling potential of the plant (LÓPEZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 2018). Another important aspect is that ‘Lombardia FLAR 13’ genotype, as well as the new varieties of this grass, does not require continuous flooding, which allows for greater efficiency and better use of water and soil resources.

## 5 | CONCLUSIONS

‘Lombardia FLAR 13’ genotype showed productive stability in the environmental conditions of “Apatzingan Valley”, and is also competitive with the conventional ‘Milagro Filipino’ variety, which is established in area, since, in most of the morphological variables evaluated it was equal in the results, and was even superior in the results of productive variables. ‘Lombardia FLAR 13’ expresses yields higher than 10 ton ha<sup>-1</sup>, is precocious, resistant to plant drop and of industrial quality higher than 50% of whole grains, which gives certainty to its establishment on a larger scale in rice growing area of Michoacan, Mexico.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to express their gratitude to the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP, by its acronyms in Spanish) for solved financing most of the researches developed under the then sectoral fund project SAGARPA-CONACYT (No. 148859).

## REFERENCES

- ÁLVAREZ, H. J. C., TAPIA, V. L. M., TAVITAS, F. L. **Iniflar R, new variety of long grain rice thin for irrigation producing regions Mexico**. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 17 (esp.) 3649-3654. 2016. ISSN: 2007-0934
- ALVAREZ, H. J. C., TAPIA, V. L. M., HERNANDEZ, P. A. New genotypes of long and thin grain rice and technology for production in Mexico: Michoacan state as an example. In: TADELE, Z. editor. **Grasses as food and feed**. 1st. Ed. INTECHOPEN. United Kingdom; 2018. p. 3-23. DOI: 10.5772/intechopen.79152
- ANDRES, A. J., ARTEAGA, L.G., BLANCARTE, D. M., CALDERON, A. J. H., LOPEZ, P. V., RIVERA, M. S., ROMERO, P. J., SANTOS, C. C. **La producción agropecuaria de la region Valle de Tepalcatepec Michoacan**. 1st. Ed. Universidad Autonoma de Chapingo. Mexico. 1994. 652 p. ISBN: 968884280X, 9789688842805.
- BARRIOS, G. E. J., HERNÁNDEZ, A. L., TAVITAS, F. L., ORTEGA, A. R., JIMÉNEZ, C. J. A., TAPIA, L. M., MORELOS, V. H., HERNÁNDEZ, P. A., ESQUEDA, E. A. V., URESTI, D. D. **INIFLAR RT, variety of rice grain thin for Mexico**. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7 (4), 969-976. 2016. DOI: 10.29312/remexca.v7i4.282
- CORIA, A. V. M., ALVAREZ, H. J. C., VENEGAS, G. E., VIDALES, F. I. **Agenda tecnica agrícola de Michoacan**. SAGARPA, COFUPRO, INIFAP. Mexico. 270 p. 2017.
- CHÁVEZ-MURILLO, C. E., WANG, Y. J., QUINTERO-GUTIÉRREZ, A. G., BELLO-PÉREZ, L. A. **Physicochemical textural and nutritional characterization of Mexican rice cultivars**. Cereal Chemistry, 88 (3), 245-252. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM-10-10-0146>
- ESQUEDA, E. V. A., TOSQUY, V. O. H. **Validation of Cyhalofop-Butyl + clomazone to control *Echinochloa colona* (L.) Link in rainfed rice**. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5 (5), 741-751. 2014. ISSN: 2007-0934.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **Sistema de semillas de calidad declarada**: Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 185. Roma Italia. 267 p. 2006. ISBN: 92-5-305510-3.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **Base referencia mundial del recurso suelo**: Un marco conceptual para la clasificación, correlacion y comunicación internacional. Versión en español. Roma, Italia. 117 p. 2008. ISBN: 978-92-5-305511-1
- FAOSTAT. **World papaya production statistics** [Internet]. 2021. Recovered on May 17, 2021
- <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.

GARCIA, E. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana**. 5ta. ed. UNAM. Mexico. 246 p. 2004. ISBN: 970-32-1010-4

GARCIA, A. J. L., HERNANDEZ, A. L., TAVITAS, F. L. **El silverio: a new rice cultivar for the tropical areas of Mexico**. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2 (4), 607-612. 2011. ISSN: 2007-0934.

GARCÍA, R. I., LINARES, L. A. **Arboles y arbustos de la cuenca del río Tepalcatepec (Michoacán y Jalisco, México) para uso urbano**. 1st ed. El Colegio de Michoacán A. C. e Instituto Politécnico Nacional, Mexico. 304-p. 2012. ISBN: 978-607-8257-07-2

HAMMER, Ø. PAST 4.06. **Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**: Reference manual. Natural History Museum, University of Oslo. Norway. 290 p. 2021.

HERNÁNDEZ, A. L., TAVITAS, F. L. **Plan de investigación y apoyos a la transferencia de tecnología en la cadena agroalimentaria arroz**. INIFAP-CIRCE-CE-Zacatepec, Morelos. Publicación Especial No. 42. 66 p. 2005.

HERNANDEZ, P. A., TAPIA, V. L. M., LARIOS, G. A., VIDALES, F. I., RICO, P. H. R. **Tecnología para la producción de arroz en el trópico seco de Michoacán**. Guía Técnica N. 1. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Valle de Apatzingán. Mexico. p. 57. 2013. ISBN: 978-607-37-0071-9.

HERNANDEZ, A. L., TAVITAS, F. L., ALBERTO, P. **Paquetes tecnológicos para el cultivo de arroz en México**. Folleto Técnico No. 87. INIFAP-CIRPAS Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos, Mexico. 85 p. 2015. ISBN: 978-607-37-0419-9.

HERNANDEZ, A. L., TAVITAS, F. L., BARRIOS, G. E. J. **Tecnologías y sistemas de producción para las variedades de arroz de grano largo delgado INIFLAR RT, INIFLAR R, Pacífico FL 15 y Golfo FL 16**. Folleto para Productores No. 71 SAGARPA-INIFAP-CIRPAS-CAMPO EXPERIMENTAL ZACATEPEC. Zacatepec, Morelos, Mexico. 47 p. 2018. ISBN: 978-607-37-1079-4.

HERNÁNDEZ, A. L., TAVITAS, F. L., ALVAREZ, H. J. C., TAPIA, V. L., ORTEGA, A. R., ESQUEDA, E. V., JIMÉNEZ, C. J. A. **Pacífico FL 15 and Golfo FL 16, multi-environmental varieties of rice with extra long grain for Mexico**. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 10 (1), 23-34. 2019. DOI: 10.29312/remexca.v10i1.1544

INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA). **Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2016**. 1st ed. México. 793 p. 2016. ISBN: 978-607-739-858-5.

LOPEZ-HERNANDEZ, M. B., LOPEZ-CASTAÑEDA, C., KOHASHI-SHIBATA, J., MIRANDA-COLIN, S., BARRIOS-GOMEZ, J., MARTINEZ-RUEDA, C. G. **Drought and heat tolerance in rice (*Oryza sativa*)**. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 5 (15), 373-385. 2018. DOI: 10.19136/era.a5n15.1558.

OSUNA, C. F. J., HERNANDEZ, A. L., SALCEDO, A. J., TAVITAS, F. L., GUTIÉRREZ, D. L. **Manual para la producción de arroz en la región central de México**. Libro Técnico N. 1. INIFAP. Zacatepec: Morelos, Mexico. 92 p. 2000. ISBN: 968-800-474-X.

PATHAK, M., KHAN, Z. R. **Insect pest of rice**. International Rice Research Institute. Manila, Philippines. 79 p. 1994. ISBN: 971-22-0028-0

SALCEDO, A. J., BARRIOS, G. E. J. **Morelos A-2010, new rice variety for direct sowing for central Mexico**. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3(7), 1453-1458. 2012. DOI: 10.29312/remexca.v3i7.1352

SIAP, by its acronyms in Spanish (FOOD, AGRICULTURE AND FISHING INFORMATION SERVICE). **Agrifood Panorama**. 1st ed. Secretary of Agriculture and Rural Development. Mexico City; 200 p. 2020.

SIAP-SADER, by its acronyms in Spanish (FOOD, AGRICULTURE AND FISHING INFORMATION SERVICE-MINISTRY OF AGRICULTURE AND RURAL DEVELOPMENT). **Statistics of National Rice Production**. Recovered on May 17, 2021.

[http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do).

TAPIA, V. L. M., HERNANDEZ, P. A., ALVAREZ, H. J. C. Nutricion y manejo de fertilizantes. In HERNANDEZ-ARAGON, L., TAVITAS-FUENTES, L. (Eds.). **El arroz en Mexico** (p. 309-331). Libro Tecnico No. 14. INIFAP-CIRPAS-Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos. Mexico. 2016. ISBN: 978-607-37-0584-4.

TAVITAS, F. L., HERNANDEZ, A. L., REYNA, T. T. J. Produccion y postproducción de arroz (*Oriza sativa* L.) en Mexico y la importancia en la seguridad alimentaria. In REYNA, T. T. J., VEGA, L. M., ORTUÑO, G. M. (Eds.). **Producción, postproduccion y agrotecnias de semillas, hortalizas y frutas**. Coadyuvantes en la seguridad alimentaria en Mexico y Cuba (p. 66-90). 1st. Ed. Instituto de Geografia UNAM. Distrito Federal, Mexico. 2016. DOI: 10.14350/gd.02.

TOLENTINO, M. J. M. **The rice production of the state of Morelos under the approach SIAL**. Revista Estudios sociales, 22 (44), 38-61. 2014. ISSN 0188-4557.

# CAPÍTULO 18

## ANÁLISE DE SOLO EM PROPRIEDADES DA REGIÃO SERRANA E DO PLANALTO MÉDIO DO RIO GRANDE DO SUL

*Data de aceite: 01/11/2021*

*Data de submissão: 06/08/2021*

### Vanessa Battistella

Acadêmica do Curso de Agronomia, Faculdade  
Cesurg  
Marau - RS

### Lucas André Riggo Piton

Acadêmico do Curso de Agronomia, Faculdade  
Cesurg  
Marau - RS

### Luana Dalacorte

Docente do Curso de Agronomia, Faculdade  
Cesurg  
Marau – RS

**RESUMO:** A análise de solo é uma prática recomendada a fim de proporcionar ao produtor melhor tomada de decisão. Apesar de sua importância, não é executada em todas as áreas agrícolas. Conhecer quais são os fatores que dificultam a utilização de análises de solo pelo produtor, pode fornecer informações relevantes para a recomendação técnica no campo. O objetivo do trabalho é avaliar a utilização da análise física e química de solo pelos produtores rurais da Região Serrana e Planalto Médio do Rio Grande do Sul e verificar quais são os principais problemas encontrados no momento da execução das análises de solo. Foi realizada uma pesquisa qualitativa por meio de questionário, onde foram coletados dados de 47 produtores que residem em diferentes localidades. A pesquisa de campo

foi realizada no período de abril a outubro de 2017, o questionário foi aplicado aos produtores de forma individual, sendo formado por 11 questões. A realização da análise de solo por produtores rurais da região de transição do Planalto Médio e Região Serrana em mais de 60% dos produtores rurais não é anual, apresentando carência da caracterização química para recomendação de corretivos e fertilizantes em áreas com cultivos agrícolas anuais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise, fertilidade, recomendação.

### SOIL ANALYSIS ON PROPERTIES IN THE SERRANA REGION AND THE MEDIUM PLATEAU OF RIO GRANDE DO SUL

**ABSTRACT:** Soil analysis is a recommended practice in order to provide the producer with better decision making. Despite its importance, it is not performed in all agricultural areas. Knowing what are the factors that hinder the use of soil analysis by the producer can provide relevant information for the technical recommendation in the field. The objective of this work is to evaluate the use of physical and chemical analysis of soil by rural producers in the Serrana Region and Middle Plateau of Rio Grande do Sul and verify what are the main problems encountered when carrying out the soil analyses. A qualitative survey was carried out through a questionnaire, where data from 47 producers living in different locations were collected. The field research was carried out from April to October 2017, the questionnaire was applied to producers individually, consisting of 11 questions. The performance of soil analysis by rural producers in the transition region of the

Middle Plateau and Mountain Region in more than 60% of rural producers is not annual, with a lack of chemical characterization for recommending correctives and fertilizers in areas with annual agricultural crops.

**KEYWORDS:** Analysis, fertility, recommendation.

## 1 | INTRODUÇÃO

As características químicas e físicas do solo apresentam variabilidade espacial como consequência de processos pedogenéticos. Essas características se manifestam nas direções horizontal e vertical, mas podem ser alteradas pelas ações antrópicas, mediante o uso e manejo do solo (OLIVEIRA, et al., 2007).

O solo é um recurso natural, de grande importância para a sustentabilidade ambiental, alguns atributos são muito sensíveis às alterações e manejos realizados nos solos, entre eles a densidade do solo, porosidade, estabilidade de agregados e análise da fertilidade (ALCARDE, 1998). O Brasil se destaca na produção agrícola, por conter um solo fértil, porém para sua manutenção, práticas de manejo devem ser adotadas como a conservação da água do solo (EMBRAPA, 2019).

A análise de solo é uma prática recomendada a fim de proporcionar ao produtor melhor tomada de decisão. Este é o método mais antigo e tradicional usado para a avaliação da fertilidade do solo, é a partir deste que são feitas as recomendações adequadas de adubação e correção de uma propriedade, visando a otimização da área produtiva.

A análise de solo, apesar de sua importância, não é executada em todas as áreas agrícolas, conhecer quais são os fatores que dificultam a utilização de análises de solo pelo produtor, poderá fornecer informações relevantes para a recomendação técnica no campo. O objetivo do trabalho é avaliar a utilização da análise física e química de solo pelos produtores rurais da Região Serrana e Planalto Médio do Rio Grande do Sul e verificar quais são os principais problemas encontrados no momento da execução das análises de solo.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa qualitativa por meio de questionário, onde foram coletados dados de 47 produtores que residem em diferentes localidades dos municípios de Casca, Santo Antônio do Palma, Marau, Paraí, Serafina Corrêa, São Domingos do Sul, Vila Maria, Muçum e Vespasiano Corrêa, todas pertencentes ao estado do Rio Grande do Sul.

Apesquisa de campo foi realizada no período de abril a outubro de 2017, o questionário foi aplicado aos produtores de forma individual, sendo formado por 11 questões:

- 1) O produtor realiza análise de solo e em quais culturas?
- 2) Qual o tipo de análise de solo você realiza e qual a frequência?

- 4) Quem faz a coleta de solo?
- 5) Em quantos pontos é realizada a coleta para obter uma amostra?
- 6) Qual a profundidade de coleta do solo?
- 7) Qual o principal instrumento utilizado na coleta?
- 8) O produtor reconhece a importância da análise de solo?
- 9) Quem faz a interpretação dos resultados da análise de solo para o produtor?
- 10) O produtor segue as recomendações técnicas após a interpretação da análise? Ou seja, realiza adubação e calagem segundo a análise?
- 11) Após adotar a análise de solo a produtividade aumentou?

As respostas dos produtores foram transformadas em porcentagens, onde foi gerado um gráfico para cada questão aplicada.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram entrevistados 47 produtores rurais, escolhidos aleatoriamente que residem em municípios localizados na área de transição entre a Região Serrana e o Planalto Médio do Rio Grande do Sul - Brasil. Dos 47 produtores entrevistados, apenas um produtor diz não realizar análise de solo.

Para os 46 produtores entrevistados, a adoção da análise é realizada em áreas de cultura de lavoura, provavelmente por ser a atividade agrícola mais utilizada na região estudada. Foi possível identificar que 80% dos produtores entrevistados realizam a análise de solo para mais de duas culturas. Já, os produtores que fazem para uma cultura o total são de 20% (Figura 1).

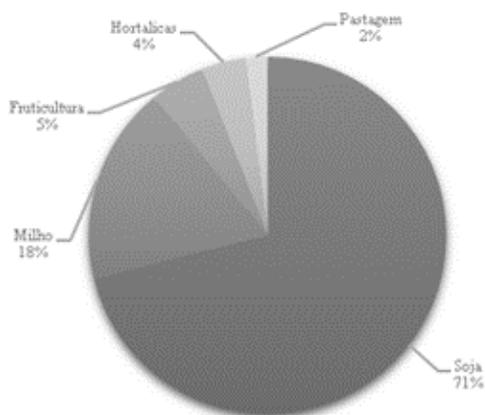


Figura 1. Uso agrícola das áreas onde os produtores realizam a análise de solo, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

A frequência de realização da análise química do solo foi de 38% realizada

anualmente, 60% a cada dois anos, 2% a cada 3 ou mais anos (Figura 2). Provavelmente, a maior execução de essas análises serem a cada dois anos, se deve a validade bancária da análise química para custeio agrícola ser deste período.



Figura 2. Frequência de realização da análise química de solo, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

Apenas 60% dos produtores entrevistados realizam a análise física de solo. A frequência da realização demonstra que 14% dos produtores realizam análise física anualmente, 18% a cada dois anos, 68% a cada três ou mais anos (Figura 3).

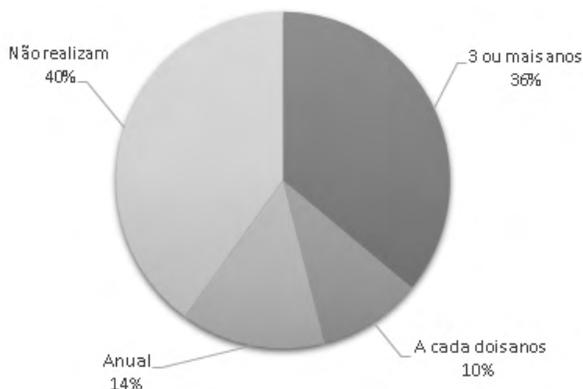


Figura 3. Frequência da realização da análise física, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

A coleta do solo é realizada pelo produtor em 56% das propriedades estudadas, 4% coletadas por um técnico ou Eng. Agrônomo da Emater e 40% são coletadas por um técnico ou Eng. Agrônomo de empresa privada (Figura 4). O produtor é a pessoa que com maior frequência realiza a coleta de solo. Porém, problemas de amostragem podem ocorrer

pela falta de orientação técnica, prejudicando, por exemplo, o número de subamostras, a contaminação de amostras ou o desconhecimento da profundidade de coleta.

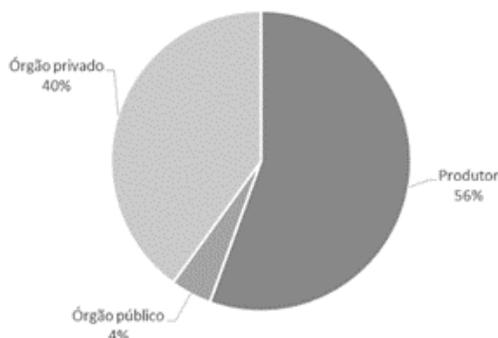


Figura 4. Responsável pela coleta da amostra de solo, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

Em relação ao número de subamostras para compor uma amostra, 49% dos produtores coletam solo em menos de 5 pontos, 24% entre 5 e 10 pontos e 27% em mais de 10 pontos (Figura 5). O baixo número de subamostras para compor uma amostra, demonstra a não representatividade correta do solo coletado. Segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) quando o solo é amostrado ao acaso, os limites de inferência estatística são atendidos com a coleta de 10 a 20 amostras subamostras (15 em média).

A aplicação localizada de fertilizantes nas linhas de semeadura aumenta a variabilidade horizontal dos valores de teor de nutrientes em solos com plantio direto, sobretudo no sentido perpendicular às linhas de semeadura. Isso é mais marcante para os nutrientes com baixa mobilidade no solo e maior efeito residual, como o P e o K (SALET et al., 1996). Quando poucos pontos são amostrados, há maiores chances de erro nos resultados químicos que representam o local de cultivo.

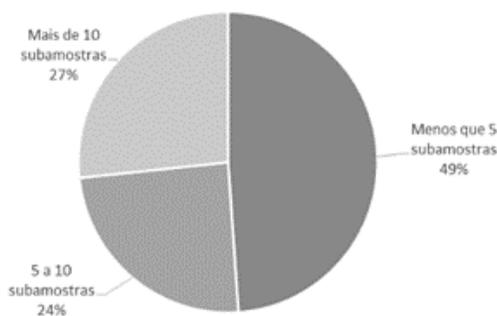


Figura 5. Quantidade de subamostras coletadas para compor uma amostra, Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

A avaliação da profundidade de coleta do solo demonstra que 75% dos produtores de soja e 50% dos produtores de milho optam por realizar a coleta de solo de 0-20 cm em áreas de plantio direto consolidado, sem estratificação desta profundidade (Tabela 1). A coleta de até 20 cm pode diluir o resultado químico destas amostras, considerando que as raízes em sua grande maioria estão presentes e absorvem os nutrientes dos primeiros 10 cm de profundidade.

Considerando que adequada representatividade da amostra composta está diretamente relacionada com a qualidade das amostras simples (GUARÇONI et al., 2006), não somente o número de sub amostras é importante, mas também a profundidade de solo coletada em cada ponto que irá compor a amostra representativa da área agrícola.

Profundidade	Soja	Milho	Horticultura	Fruticultura	Pastagem
	%				
0-10 cm	25	50	-	-	-
0-20 cm	75	50	100	-	100
0>20 cm	-	-	-	100	-

Tabela 1. Profundidades de coleta de solo realizadas nas culturas de soja, milho, horticultura, fruticultura e pastagem, Região Serrana e Planalto Médio do RS, 2017.

Como instrumento de coleta, o uso da pá-de-corte foi de 38%, coleta com trado 42%, e com quadrículo ou trado mecanizado de 20% dos produtores (Figura 6). Percebe-se um avanço no uso de quadrículos ou trados mecanizados na coleta de solo, permitindo mais agilidade e facilidade nesta atividade. O cuidado para evitar perdas de solo e representar adequadamente a camada amostrada é essencial, o trado caneca é um aliado nessa etapa, pois é provido de garras nas extremidades, não deixando o solo cair (SBCS, 2016).

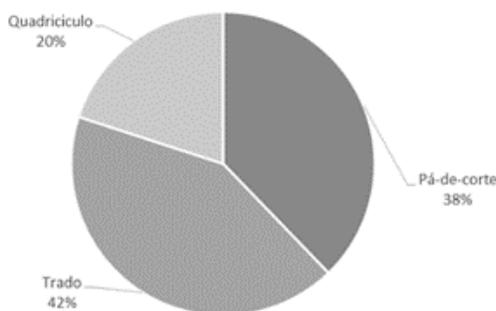


Figura 6. Instrumento utilizado para coleta das amostras de solo na Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

Os resultados das análises são interpretados 31% por técnicos de órgãos públicos e 62% por técnicos da assistência privada, e 7% são interpretados pelo próprio produtor (Figura 7). Percebe-se que o maior responsável pela interpretação dos resultados é o profissional de órgãos privados, provavelmente pela procura do produtor, onde será realizada a compra de fertilizantes e corretivos.

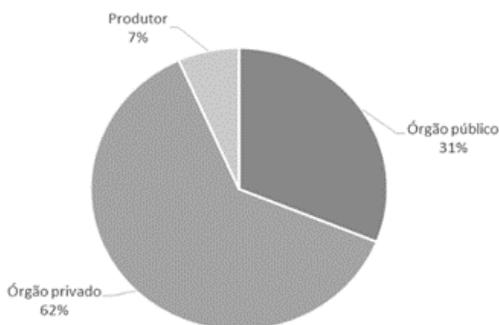


Figura 7. Interpretação da análise Região Serrana e Planalto Médio – RS, 2017.

Todos os produtores rurais entrevistados que realizam análise dizem seguir as recomendações profissionais de adubação e calagem conforme a análise de solo, reconhecendo sua importância e identificando aumento de produção ou economia no momento da compra de corretivos e fertilizantes.

#### 4 | CONCLUSÕES

A realização da análise de solo por produtores rurais da região de transição do Planalto Médio e Região Serrana em mais de 60% dos produtores rurais não é anual, apresentando carência da caracterização química para recomendação de corretivos e fertilizantes em áreas com cultivos agrícolas anuais.

Os principais problemas identificados na coleta e uso da análise de solo são:

- Realização de um baixo número de subamostras coletadas;
- Profundidade de coleta diferente da recomendação técnica em sistema plantio direto.

A conscientização de produtores rurais e a execução da coleta do solo ser realizada por técnico capacitado é fundamental para garantir resultados confiáveis da caracterização do solo.

## REFERÊNCIAS

ALCARDE, MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO. **Coleta da amostra de solo Amostragem, interpretação, recomendação de calagem e adubação.** Disponível em: <http://www.unifertil.com.br/admin/files/rc20131111121702.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2016.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido. Capítulo 12. **Uso e manejo do solo**, p. 396-444, 2019.

GUARÇONI, André; ALVAREZ, Víctor Hugo; NOVAIS, Roberto Ferreira; CANTARUTTI, Reinaldo Bertola; LEITE, Hélio Garcia; FREIRE, Francisco Morel. **Definição da dimensão do indivíduo solo e determinação do número de amostras simples necessário à sua representação.** Revista Brasileira de Ciência do Solo n° 30, p. 943-954, 2006.

OLIVEIRA, Fábio Henrique Tavares *et al.* **Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função do instrumento de coleta das amostras e de tipos de preparo do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo n° 31, 2007.

SALET, Roberto Luiz *et al.* **Variabilidade horizontal e amostragem de solo no sistema plantio direto.** Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, 1. Lages, p. 74-76, 1996.

SBCS (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo). **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul, 11ª edição, 2016. Acesso em 15 nov. 2016.

## OLIVEIRA, A ANTIGA ARTE DE NÃO MORRER DE FOME NEM DE SEDE: ESTUDOS NO BAIXO ALENTEJO

Data de aceite: 01/11/2021

**Maria Isabel Ferreira**

Instituto Superior de Agronomia (ISA),  
Universidade de Lisboa (ULisboa)  
Lisboa, Portugal, DCEB e LEAF

**RESUMO:** O fecho dos estomas como reação à carência hídrica constitui uma ferramenta de controlo das perdas de água, contribuindo para a parcimónia no consumo e sobrevivência da planta. Porém, tem como consequências não só a redução das trocas por fotossíntese e consequente produção de foto-assimilados, como a redução do necessário arrefecimento evaporativo das folhas. Trata-se de uma difícil equação em ambientes adversos como os de muitas regiões de clima mediterrânico ou semiárido com algumas respostas de ordem anatómica a nível foliar. Ensaios em vários olivais na região de Beja sugerem que outra estratégia para gerir a escassez de água, como a do aumento dos recursos hídricos pelas oliveiras, é importante neste contexto edafo-climático, muito contribuindo para que sobrevivam e produzam. Trata-se da expansão e dinâmica do sistema radicular, em que os resultados experimentais são consistentes em três diferentes aspetos que ilustram esta capacidade. Primeiro, o seguimento da absorção radicular durante três anos, por meio da análise da dinâmica da água no solo sugere uma colonização do solo extensa no plano horizontal. Segundo, os resultados da medição de fluxo de seiva em raízes, em direções opostas,

usando métodos independentes, sugerem não só a exploração extensa também no plano vertical, nos dois casos para além da evidência obtida por observação visual direta, como o papel da redistribuição hidráulica como estratégia de gestão. Em terceiro lugar, estimativas do balanço hídrico do solo a partir do teor de água no solo, em confronto com as medições do uso da água, sugerem uma extensão do sistema radicular acima do que é frequentemente considerado em modelação. Este facto é corroborado pelo valor dos parâmetros das funções de stress obtidas, que se afastam dos sugeridos em alguns manuais. Consumo moderado, redução moderada da condutância estomática sobretudo em comportamento iso-hídrico são outras características que contribuem para o sucesso.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Olea europaea*, Mediterrâneo, sobrevivência, sistema radicular, modelação.

**ABSTRACT:** Stomatal closure contributes to reduce water use improving plant survival capacities. Notwithstanding, this is at the cost of a reduction in photosynthesis and in leaf temperature control. During dry, hot Mediterranean summer seasons, some solutions at leaf level for this difficult compromise are related with reducing radiation interception and increasing sensible heat diffusion, for instance by developing small leaf size, high leaf reflectance and adapted positions towards sunlight. Another order of survival strategies concerns the increase of water uptake at root level. Several experiments were performed to study the roots behaviour in a rainfed olive orchard under the harsh summer

conditions of South East Portugal (Alentejo region). These experimental studies provided evidence on how the size and dynamics of the root system contribute in different aspects to cope with summer water scarcity. The results are consistent in three aspects that illustrate this capacity in olive trees. First, the follow-up of root water uptake during three summers suggested the uniform colonization of the inter-row space in horizontal direction. Second, sap flow measured in roots in opposite directions, with two independent methods, provided evidence of deep root exploitation, at lower levels than visual direct observation indicated. These results also illustrated the qualitative and quantitative importance of hydraulic redistribution. Third, water balance estimates from soil water content, compared with plant water use measured by micrometeorological approaches such as eddy covariance, also suggest that root system exploits deeper layers than the ones usually considered in modelling. This cultivar and stand displayed a reduced water use and an earlier but moderate reduction in stomatal conductance. These facts are consistent with the need to adapt the parameters considered in current manuals for irrigation scheduling, for the stress coefficient function.

**KEYWORDS:** *Olea europaea*, Mediterranean, survival, root system, modelling.

## INTRODUÇÃO

Como em qualquer balanço, quando a oferta e a procura não se igualam, há uma variação de armazenamento no volume de controlo. Nas plantas, este princípio aplica-se ao seu próprio balanço de água, com entradas pela absorção de água, sobretudo pelas raízes, e saídas, sobretudo pelas folhas. Em condições adversas, como as que ocorrem quando a disponibilidade de água pela absorção radicular não coincide com a sua utilização pela transpiração (clima mediterrânico), há variação de armazenamento de água nos órgãos das plantas. Esta variação corresponde em geral a pequenos volumes de água face aos mobilizados diariamente, e tem expressão sobretudo à escala horária, num ritmo circadiano, não mobilizando quantidades importantes à escala sazonal, como os registos de variação do diâmetro do tronco sugerem (Ferreira et al., 2012b e dados não publicados). Consequentemente, e pese embora a importância estratégica, a meio do dia, da mobilização das reservas internas da planta, na escala temporal do estio, estas sobrevivem e produzem gerindo um equilíbrio que se pode conseguir pela redução do consumo e/ou pelo aumento da absorção de água.

Se, nas perdas de água, a parte aérea é protagonista, estando esta componente do balanço razoavelmente bem estudada pela acessibilidade da parte visível da planta e atmosfera envolvente, já a absorção está insuficientemente estudada, sobretudo em plantas como as oliveiras, em parte devido ao seu profundo sistema radicular, a metade escondida (“hidden half”).

Neste contexto, iniciaram-se em 2010, alguns estudos em olivais do Alentejo, numa das zonas de Portugal em que a carência hídrica tem sido mais crítica, no âmbito de um projeto que visava compreender estratégias de sobrevivência em olival, em especial o papel do sistema radicular (WUSSIAME). Esses estudos, englobando outras vertentes,

deram particular importância ao papel da redistribuição hidráulica (RH).

Pela primeira vez a nível mundial, foram aplicados métodos de medição de fluxo de seiva em raízes de oliveiras, capazes de avaliar a RH, isto é, com sensores que permitissem medir fluxos em sentidos opostos. Por uma questão de verificação independente, utilizaram-se dois métodos totalmente diferentes, um dos quais foi desenvolvido especificamente e publicado no âmbito deste estudo (Ferreira et al., 2018).

Com base nos resultados deste e de outros projetos anteriores, está em curso um outro projeto que, mediante ensaios complementares e um trabalho de síntese e de modelação, tem permitido dar mais alguns passos na compreensão da RH e suas implicações. Pretende-se fazer um balanço destes trabalhos na perspetiva da compreensão do funcionamento do olival em condições hídricas adversas. Os resultados aqui referidos já foram publicados por temas individualizados, mas é inovadora a síntese que permite fazer uma análise conjunta sobre a importância da absorção radicular nas condições estudadas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As experiências foram realizadas de 2010 a 2012, em olivais localizados no Alentejo (Portugal), região de Beja: um em regime intensivo ('Arbequina'), com 7 anos (2011), índice de área foliar entre 1,0 e 1,3, em função do crescimento e podas, cerca de 17% de percentagem de cobertura, regado por gota-a-gota, e um tradicional, de sequeiro ('Cobrançosa'), com 21 anos, índice de área foliar semelhante ao olival de regadio (ca. 1 em 2010), cerca de 37% de percentagem de cobertura (Häusler et al., 2014). No olival regado, um ciclo de stress foi induzido em 2011, por 6 semanas, tendo a evapotranspiração (ET) e a transpiração (T) sido medidas (Conceição et al., 2017) e tendo a ET relativa, para a estimativa do coeficiente de stress, sido avaliada através de sensores de fluxo de seiva, o que permitiu estabelecer uma função de stress (Ferreira et al., 2012b).

Para a análise da dinâmica da absorção radicular usaram-se (1) medições do teor de água no solo feitas com sonda de neutrões em tubos dispostos na parcela regada (Ferreira et al., 2012b) e na parcela de sequeiro (Conceição et al., 2018) e, por outro lado, usaram-se (2) medições do fluxo de seiva em raízes, para cujo efeito se instalaram sensores pelo método da deformação do campo de temperaturas (*Heat Field Deformation Method* HFDM, Nadezhdina et al., 2014) e pelo método de impulsos de calor compensado (*Calibrated Average Gradient*, CAG, Green et al., 1997; Green et al., 2003, Testi and Villalobos, 2009) com uma modificação específica descrita no anexo técnico de Ferreira et al. (2018).

Os resultados resultantes da aplicação destes métodos independentes de medição dos fluxos em raízes no olival de sequeiro foram apresentados em publicações específicas, além das acima referidas, ainda em Ferreira et al. (2013) para o HFDM, e Ferreira et al. (2012a) para o método CAG modificado, restringindo-se o presente artigo a uma análise integradora na perspetiva acima descrita.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tratamos aqui da expansão e dinâmica do sistema radicular, analisada direta e indiretamente, em que os resultados experimentais são consistentes em três diferentes aspetos que ilustram esta capacidade e que se descrevem como A, B e C.

Em primeiro lugar (A), o seguimento da absorção radicular durante três anos, por meio da análise da dinâmica da água no solo sugere uma colonização do solo extensa no plano horizontal. Em diferentes anos de observação com características muito diferentes em termos de balanço hídrico foram atingidos valores mínimos de teor de água no solo semelhantes (camada 0 – 1,2 m) no olival de sequeiro. Pensamos que tal se deve ao facto de as árvores estarem a explorar, com maior ou menor intensidade, camadas inferiores após esgotamento das que estão acima de 1,2 m. Por outro lado, observando a água disponível, na média ( $n = 4$ ) das oito profundidades, e três distâncias à árvore, verificamos que não há diferenças significativas de absorção radicular entre as três localizações no plano horizontal, o que sugere uma exploração extensa e relativamente uniforme na direcção horizontal.

Por outro lado, pela observação direta das raízes no olival de sequeiro (trincheiras), concluímos também que estas colonizam o solo com uma distribuição horizontal homogénea nos horizontes *solum* (Ap and Bt), com abundantes raízes largas, médias e finas ( $< 1$  mm), o que é consistente com a análise da absorção radicular. Raízes largas estavam ausentes abaixo do *solum* (horizonte Ck, 0,7- 3,0 m) onde apareciam apenas raízes finas e muito finas. A conjugação destas observações permite deduzir o importante papel das raízes finas na exploração de um alargado volume de solo.

Em segundo lugar (B), os resultados da medição de fluxo de seiva em raízes, em direcções opostas, por dois métodos independentes acima referidos, sugerem também a exploração extensa no plano vertical, nos dois casos para além da evidência obtida por observação visual direta, o que está relacionado e se explica em parte pelo outro aspeto observado: a redistribuição hidráulica como estratégia de gestão.

Como já descrito (Ferreira et al., 2012a, 2013; Nadezhkina et al., 2014) observou-se em olival um efeito “elevador”: enquanto a meio do dia, a água sobe sempre das raízes profundas para a parte aérea, durante toda a noite e no início e final do dia, parte da água absorvida pelas raízes profundas dirige-se para as raízes superficiais e destas para o solo, na direcção contrária ao “normal”, por um mecanismo em que o fluxo de água se dá no sentido do potencial total de água mais baixo, segundo a lei de Darcy.

A meio do dia, quando o potencial mais baixo está na atmosfera, as pequenas quantidades de água que o solo recebeu poderão alimentar a mobilização de nutrientes das raízes superficiais para a parte aérea, no sentido habitual. Assim que recomeçaram as chuvas, no Outono, esta dinâmica foi alterada rapidamente, havendo movimentação de água através das raízes superficiais para as raízes profundas, mesmo antes que houvesse

tempo para chegar água por infiltração e posterior movimento no solo para essas camadas mais profundas.

De uma forma geral, foram exploradas outras hipóteses interpretativas para as observações, como: absorção foliar de água durante a noite, redistribuição horizontal no solo. Porém, pela análise da dinâmica de água no solo, da humidade atmosférica e de outros dados, estas hipóteses foram descartadas. A interpretação da redistribuição vertical é reforçada pelo facto de, mesmo na estreita faixa onde o teor de água no solo era medido, haver diferenças significativas do teor em água entre o solo superficial (0,2 m) e medianamente profundo (1,20 m).

Em termos qualitativos os dois métodos forneceram um quadro consistente. Porém com o método CAG modificado foi possível uma quantificação. Os fluxos em sentido inverso ocorreram em 30% das noites de Verão e corresponderam em média a 2,6% do fluxo total diário, aumentando desde 1% no início do estio até cerca de 5% no final (Ferreira et al., 2018), o que será uma estimativa conservativa, já que muitas raízes superficiais são relativamente finas, não permitindo a instalação de sensores, sendo assim esta apreciação quantitativa eventualmente subestimada.

Em terceiro lugar (C), as estimativas do balanço hídrico do solo a partir do teor de água no solo, em confronto com as medições do uso da água, sugerem também uma extensão do sistema radicular acima do que é frequentemente considerado. Restringindo-nos à comparação de consumos em relação às dotações de rega, registaram-se no olival intensivo (Junho até Agosto) valores de transpiração variando entre 2 e 4 mm/dia (2010, 2011) e 1 e 2 mm/dia (2012), enquanto as dotações de rega médias foram de 1,3; 1,4 e 1,7 mm/dia (2010, 2011, 2012, respetivamente). Verificámos que a água aplicada foi genericamente inferior ao consumo, mesmo considerando apenas a componente transpiratória. Saliente-se, por exemplo, que a reserva de água no solo na zona aparentemente explorada pelas raízes no olival regado (até onde foram feitas observações diretas), mesmo em anos normalmente chuvosos (2010 e 2011) não pareceu ser suficiente para justificar a diferença entre uso da água e dotações de rega, sugerindo que as plantas exploram camadas mais profundas.

Este facto é corroborado pelo valor dos parâmetros das funções de stress ( $K_s$  versus défice de água no solo) obtidas, que se afastam dos sugeridos em alguns manuais. Concretamente, ao comparar a função de stress obtida experimentalmente (Ferreira et al., 2012b) com as que são obtidas por simulação (Ferreira, 2017), conclui-se que o ajustamento das curvas obtidas por modelação, às observadas experimentalmente, só é possível usando parâmetros do solo e sistema radicular muito díspares dos que seriam sugeridos pela consulta dos valores normalmente atribuídos à profundidade radicular e ao défice permissível nesta cultura.

Concretizando, e continuando a referir o modelo proposto em Allen et al. (1998) para a função de stress, para o défice permissível ( $p$ ) obteve-se 0,05 enquanto nos manuais se

recomenda o valor de 0,7. Por outro lado, ao testar os valores da reserva útil (RU) no solo que possibilitam uma aderência do modelo às observações experimentais, também para o olival regado analisado, encontra-se um valor de 350 mm para RU, o que pressupõe uma profundidade radicular e uma colonização no plano horizontal bem acima das expectativas, considerando a anisotropia aparente e o tipo de solo e sistema de rega.

A curva de  $K_s$  observada também sugere que a transpiração é pouco afetada pelo stress hídrico, quando se usa a função de stress com base nos valores do potencial foliar de madrugada (potencial de base). A redução na transpiração foi de cerca de 20% para um valor do potencial de base de -1,2 MPa, enquanto nas outras espécies usadas para comparação (pessegueiro e vinha, cf Ferreira, 2017) as reduções foram de cerca de 80%, para idênticos valores do estado hídrico das plantas, quantificado dessa forma.

Os valores relativamente baixos do coeficiente cultural basal ( $K_{cb}$ ), de cerca de 0,4 (Conceição et al., 2017) significam um consumo moderado, mas não é neste aspeto que a oliveira parece distinguir-se de outras árvores fruteiras em que se têm observado valores próximos de 0,5 (e.g. para pessegueiro, Paço et al., 2004). Concluimos assim que parece ser no aumento da absorção de água que esta espécie é particularmente notável.

Um consumo moderado, uma redução moderada da condutância estomática sobretudo em condições de comportamento iso-hídrico, além de características anatómicas das folhas, pequenas e refletoras, para respetivamente aumentar a dissipação convectiva e diminuir a absorção de radiação, são outros aspetos que contribuem para a conhecida resiliência da oliveira face ao stress hídrico.

## CONCLUSÕES

As oliveiras observadas apresentam um consumo de água baixo mas parece ser a estratégia de aumento dos recursos hídricos proporcionados pela anatomia e funcionamento das raízes que permite distinguir esta espécie, neste contexto edafo-climático, muito contribuindo para que estas árvores sobrevivam e produzam, como foi demonstrado em várias vertentes. Os resultados são consistentes no sentido de uma colonização muito profunda e muito alargada horizontalmente, mesmo em olival regado.

Compreendida a dinâmica e importância da RH, afigura-se que os cobertos em que ocorre RH, que são sobretudo os de sequeiro, podem apresentar vulnerabilidade a um decréscimo da disponibilidade ao nível freático, por práticas de rega que comprometam a qualidade/quantidade da água dos aquíferos ou por outros usos em competição com a agricultura. Já que, compreensivelmente, pomares tradicionais têm sido substituídos por pomares regados, de maior produtividade mas eventual maior vulnerabilidade à escassez de água, tais cenários devem ser analisados num quadro de alterações climáticas com perspetivas de limitadas disponibilidades hídricas no futuro.

## AGRADECIMENTOS

A Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) cofinanciou as experiências a que este estudo reporta, através da bolsa SFRH/BD/66967/2009 (Nuno Conceição) e do Projeto WUSSIAAME (PTDC/AACAMB/10063) - *Uso da água, estratégias de sobrevivência hídrica e impacto de agroquímicos nos recursos hídricos em ecossistemas agrícolas mediterrânicos* e finalmente do Projeto WAtER Saving in Agriculture (WASA, ERANETMED / FCT): *Technological developments for the sustainable management of limited water resources in the Mediterranean area*, num dos seus objetivos, o de completar os estudos com ensaios complementares e a análise secundária de séries de dados próprios e outros (meta-análise). Os ensaios a que esta síntese reporta foram desenvolvidos em colaboração com vários colegas e estudantes em graduação e em pós-graduação, coautores das publicações referidas.

## REFERÊNCIAS

Conceição N, Tezza L, Lourenço S, Häusler M, Boteta L, Pacheco CA, Ferreira MI. 2018. Importance of very fine roots in deep soil layers for the survival of rainfed olive trees. *Acta Hortic.* 1199, 57-62. DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1199.9, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1199.9>

Conceição N, Tezza L, Häusler M, Lourenço S, Pacheco CA, Ferreira MI. 2017a. Three years of monitoring evapotranspiration components and crop and stress coefficients in a deficit irrigated intensive olive orchard. *Agricultural Water Management*, 191: 138-152; <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.05.011>

Conceição N, Häusler M, Lourenço S, Pacheco CA, Tezza L, Ferreira MI. 2017b. Evapotranspiration measured in a traditional rainfed and an irrigated intensive olive orchard during a year of hydrological drought. *Acta Hortic.* 1150: 281-288. DOI:10.17660/ActaHortic.2017.1150.39

Ferreira MI, Conceição N, Pacheco CA, Green S. 2012a. O que fazem as oliveiras de noite ou redistribuição hidráulica num olival de sequeiro no Alentejo. *Actas do VI Simpósio Nacional de Olivicultura (Mirandela, 15-17 Novembro 2012)*, pp 67-76. Url:<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/5719/1/REP-I.Ferreira-Actas%20Portuguesas%20de%20Horticultura%20n.%202021.pdf>

Ferreira MI, Conceição N, Pacheco CA, Häusler M 2012b. Análise de indicadores de desconforto hídrico durante ciclos de stress num olival intensivo no Alentejo. *Actas do VI Simpósio Nacional de Olivicultura (Mirandela, 15-17 Novembro 2012)*, pp 207-216. Url: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/5722/1/REP-T.A.Paco2-Actas%20Portuguesas%20de%20Horticultura%20n.%202021.pdf>

Ferreira MI, Conceição N, David TS, Nadezhdina N. 2013. Role of lignotuber versus roots in the water supply of rainfed olives. *Acta Hortic.* 991:181-188. [http://www.actahort.org/books/991/991\\_22.htm](http://www.actahort.org/books/991/991_22.htm)

Ferreira MI. 2017. Stress Coefficients for Soil Water Balance Combined with Water Stress Indicators for Irrigation Scheduling of Woody Crops. *Horticulturae* 2017, 3(2), 38; <https://doi.org/10.3390/horticulturae3020038>

Ferreira MI, Green S, Conceição N et al. 2018. Assessing hydraulic redistribution with the compensated average gradient heat-pulse method on rain-fed olive trees. *Plant and Soil* 425: 21. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3585-x>

Green SR, Clothier BE, McLeod DJ. 1997. The response of sap flow in apple roots to localised irrigation. *Agric. Water Manage.* 33: 63–78.

Green SR, Clothier BE, Jardine BJ. 2003. Theory and practical application of heat pulse to measure sap flow. *Agronomy Journal* 95: 1371-1379.

Häusler M, Ferreira MI, Conceição N. 2014. Assessment of Vegetation Parameters in Olive Trees in the Region of Alentejo. 2013. A Comparison of Direct and Indirect Methods. VII Int. Symp. on Irrigation of Horticultural Crops. Geisenheim, July 2012. *Acta Hortic.* 1038: 407–414. [http://www.actahort.org/books/1038/1038\\_49.htm](http://www.actahort.org/books/1038/1038_49.htm).

Nadezhdina N, Ferreira MI, Conceição N, Pacheco C, Häusler M, David T. 2014. Water uptake and hydraulic redistribution under a seasonal climate: long-term study in a rainfed olive orchard. *Ecohydrology*. <http://dx.doi.org/10.1002/eco.1545>.

Paço TA, Conceição N, Ferreira MI. 2004. Measurements and estimates of peach orchard evapotranspiration in Mediterranean conditions, *Acta Hortic.* 664 (2004) 505–512.

Testi L and Villalobos L. 2009. New approach for measuring low sap velocities in trees. *Agric. and Forest Meteor.* 149(3-4): 730-734.

Este artigo foi publicado nas Atas Portuguesas de Horticultura, 31 (2020): 51-57, <https://aphorticultura.pt/wp-content/uploads/2020/04/Actas-VIII-Simp%C3%B3sio-Nacional-de-Olivicultura.pdf> e é reproduzido com autorização da APH.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**PEDRO HENRIQUE ABREU MOURA** - Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestre e Doutor em Agronomia/Fitotecnia pela mesma instituição, onde também realizou pós-doutorado na área de fruticultura. Desde 2015, atua como pesquisador na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), lotado no Campo Experimental de Maria da Fé. Desenvolve pesquisa e extensão nas áreas de Olivicultura e Fruticultura. Participa na organização de eventos de transferência e difusão de tecnologias para produtores, técnicos e estudantes, bem como ações de popularização da Ciência para a comunidade em geral. É membro do corpo editorial da Atena Editora. Possui experiência na área de Fruticultura, principalmente no manejo de oliveira e de outras frutíferas de clima temperado.

**VANESSA DA FONTOURA CUSTÓDIO MONTEIRO** - Doutora (2017) e mestra (2014) em Botânica Aplicada pela Universidade Federal de Lavras. Possui pós-graduação *lato sensu* em Avaliação de Flora e Fauna em Estudos Ambientais (2011) pela mesma instituição. Bacharel em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário de Barra Mansa (2009) e licenciada pela Universidade Vale do Rio Verde (2011). É membro do corpo docente dos cursos de Ciências Biológicas e Administração da Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS). No ensino superior, já atuou como professora formadora no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), e ocupou o cargo de professor substituto na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Também já ministrou aulas de Biologia no Cursinho Assistencial e Centro de Inteligência e Cultura (CACIC). Foi bolsista de Apoio Técnico na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) - Campo Experimental de Maria da Fé. É membro do corpo editorial da Atena Editora. Possui experiência na área de Botânica, com ênfase em Ecofisiologia Vegetal, Ecologia e Educação Ambiental.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Absorção 43, 55, 59, 60, 62, 81, 85, 90, 91, 92, 93, 95, 99, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 112, 117, 123, 148, 150, 151, 152, 155, 171, 173, 176, 183, 188, 217, 218, 219, 220, 221, 222

Aclimatização 118, 119, 120, 122, 124, 126, 127, 128

Adução verde 171, 178, 187, 191, 192, 193

Agropecuária 17, 18, 64, 65, 86, 128, 129, 156, 168, 169, 189, 190, 216, 225

Agrotóxicos 64, 157, 159, 161, 162, 163, 167, 168, 169, 170

Análises 41, 44, 48, 51, 64, 82, 86, 89, 95, 122, 123, 126, 137, 176, 209, 210, 212, 215

### B

Bactérias 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131

Bactérias diazotróficas 118, 119, 120, 123, 125, 126, 127, 128

Banana 6, 127, 132, 133, 134, 136, 137, 141, 142

Brasil 3, 4, 6, 8, 9, 10, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 25, 46, 52, 56, 57, 58, 61, 63, 86, 88, 93, 106, 109, 110, 111, 117, 120, 122, 123, 128, 132, 134, 142, 145, 146, 147, 148, 149, 151, 155, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 167, 168, 169, 171, 173, 184, 191, 210, 211

### C

Campo 8, 28, 31, 44, 67, 69, 78, 80, 82, 83, 87, 89, 94, 106, 117, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 155, 207, 208, 209, 210, 219, 225

Cana-de-açúcar 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 86, 159, 162, 163, 164, 167

Caña de azúcar 26, 27, 28, 29, 66, 67, 68, 69, 70

Canola 145, 146, 147, 159

Cerrado 15, 16, 17, 18, 21, 24, 25, 91, 107, 124, 127, 149, 168, 186, 193

Ciclagem de nutriente 171

Colheita 21, 23, 46, 48, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 65, 109, 112, 141, 146, 149, 150, 175, 177, 180

Corretivo do solo 87

Crescimento 16, 17, 18, 21, 22, 23, 52, 56, 58, 59, 60, 81, 85, 87, 93, 97, 98, 99, 100, 103, 105, 106, 108, 109, 111, 112, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 150, 157, 158, 162, 166, 171, 173, 175, 178, 179, 180, 181, 184, 188, 190, 191, 192, 219

Cultivares 44, 53, 55, 60, 61, 106, 145, 146, 168, 182

## D

Déficit hídrico 60, 80, 81, 86, 87, 88, 90, 91

Desperdício 132, 133, 135, 136, 141, 143

## E

Estresse hídrico 80, 81, 83, 85, 86, 87, 88, 90, 91

Etnobotânica histórica 1, 9

## F

Fertilidade 18, 24, 41, 42, 43, 44, 48, 49, 51, 52, 93, 105, 108, 110, 171, 172, 173, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 209, 210, 216

Fitomassa 171, 190, 192

## G

Genetic materials 194

Genotypes 192, 194, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 206

Gramínea 81, 82, 85, 87, 88, 91, 97, 98, 100, 102, 105, 179

## H

Horticultura 1, 2, 6, 8, 117, 142, 214, 224

## L

Levantamento 8, 16, 19, 21, 24, 25, 41, 44, 59, 63, 132, 137

## M

Manejo 41, 42, 43, 44, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 60, 64, 65, 66, 88, 93, 94, 105, 110, 111, 141, 145, 146, 149, 160, 167, 173, 178, 185, 190, 192, 208, 210, 216, 225

Matocompetição 53, 55

Meio ambiente 15, 106, 119, 121, 126, 157, 161, 169

Monitoramento 80

Mudas 43, 53, 54, 55, 59, 60, 63, 64, 65, 118, 119, 120, 124, 126, 127, 153

## N

Nutrição 52, 86, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 143, 192

## P

Pastagens 15, 17, 88, 91, 93, 94, 105, 107, 108

Pasto 87, 108

Pesquisa documental 1, 3

Plantas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 43, 44, 47, 52, 53, 54, 55, 57, 60, 61, 62, 63, 64,

65, 80, 81, 82, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 99, 100, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 113, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 146, 160, 166, 171, 172, 173, 175, 176, 177, 178, 179, 181, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 218, 221, 222

Plantas utilitárias 1, 3, 8

Producción 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 206, 207, 208

Produtividade 17, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 88, 93, 105, 107, 109, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 145, 150, 155, 159, 161, 167, 168, 176, 190, 211, 222

Produtor 16, 22, 56, 57, 58, 59, 63, 80, 134, 142, 148, 149, 153, 166, 209, 210, 211, 212, 215

## R

Recomendação 52, 82, 93, 209, 210, 215, 216

Rice 91, 191, 192, 194, 195, 196, 197, 198, 204, 205, 206, 207, 208

## S

Seletividade 53, 61, 62, 64

Sementes 4, 43, 61, 94, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 175, 189

Silicato 87, 88

Soja 15, 16, 17, 24, 56, 58, 59, 108, 146, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 214

Solo 18, 23, 26, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 48, 49, 50, 51, 52, 55, 57, 59, 62, 67, 72, 78, 81, 82, 86, 87, 88, 89, 91, 93, 94, 99, 101, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 117, 124, 125, 127, 128, 147, 161, 167, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 219, 220, 221, 222

SPAD 80, 81, 82, 83, 84, 85

Substâncias húmicas 109, 110, 112, 113, 116, 117

Supermercado 133, 138, 139

Sustentabilidade 25, 56, 126, 133, 143, 172, 173, 189, 210

## T

Tolerância 53, 55, 61, 62, 87, 88, 91, 187

Transgênicos 157, 161

Transporte 4, 9, 40, 55, 57, 62, 67, 88, 92, 95, 102, 103, 104, 105, 108, 133

## V

Vigor 60, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156

# CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)