

Alan Mario Zuffo e Jorge González Aguilera
(Organizadores)



AGRICULTURA 4.0



Pantanal Editora

2020

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)

AGRICULTURA 4.0



Pantanal Editora

2020

Copyright[©] Pantanal Editora
Copyright do Texto[©] 2020 Os Autores
Copyright da Edição[©] 2020 Pantanal Editora
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera
Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora
Edição de Arte: A editora
Revisão: Os autor(es), organizador(es) e a editora

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – OAB/PB
- Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – IF SUDESTE MG
- Profa. Msc. Aris Verdecia Peña – Facultad de Medicina (Cuba)
- Profa. Arisleidis Chapman Verdecia – ISCM (Cuba)
- Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo - UEA
- Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu – UNEMAT
- Prof. Dr. Carlos Nick – UFV
- Prof. Dr. Claudio Silveira Maia – AJES
- Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – UFGD
- Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva – UEMS
- Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos – IFPA
- Prof. Msc. David Chacon Alvarez – UNICENTRO
- Prof. Dr. Denis Silva Nogueira – IFMT
- Profa. Dra. Denise Silva Nogueira – UFMG
- Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão – URCA
- Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves – ISEPAM-FAETEC
- Prof. Dr. Fábio Steiner – UEMS
- Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez (Colômbia)
- Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles – UNAM (Peru)
- Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira – IFRR
- Prof. Msc. Lucas R. Oliveira – Mun. de Chap. do Sul
- Prof. Dr. Leandro Argente-Martínez – ITSON (México)
- Prof. Msc. Javier Revilla Armesto – UCG (México)
- Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales – UNMSM (Peru)
- Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski – UFMT
- Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior – UEG
- Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla – UNAM (Peru)
- Profa. Ma. Nila Luciana Vilhena Madureira – IFPA
- Prof. Dr. Rafael Chapman Auty – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – UFMS
- Prof. Dr. Raphael Reis da Silva – UFPI
- Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo – UEMA
- Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca – UFPI
- Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira – FURG
- Profa. Dra. Yilan Fung Boix – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Bel. Ana Carolina de Deus

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A278	Agricultura 4.0 [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2020. 114 p. : il. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-990641-5-9 DOI https://doi.org/10.46420/9786599064159 1. Agricultura – Brasil. 2. Ecologia agrícola. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. CDD 630
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo dos livros e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es). O download da obra é permitido e o compartilhamento desde que sejam citadas as referências dOs autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000. Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>.
contato@editorapantanal.com.br

APRESENTAÇÃO

Os avanços nas Ciências Agrárias têm promovido o desenvolvimento de inúmeras tecnologias que tende a proporcionar o incremento da produção de alimentos, a melhoria da qualidade de vida da população, a preservação e sustentabilidade do planeta. Assim, nesse e-book “Agricultura 4.0” tem trabalhos que visam otimizar a produção e/ou promover maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas.

Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: manejo da adubação nitrogenada no algodoeiro, sistemas agroflorestais, reguladores de crescimento *in vitro*, escoamento de commodities agrícolas, adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum Brasilense* na cana-de-açúcar, efeito do pó de rocha no milho, desfolha e adubação nitrogenada na soja.

Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciências Agrárias, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora.

Por fim, esperamos que este e-book possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Os organizadores

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	4
CAPÍTULO I MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA O ALGODOEIRO NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA–PECUÁRIA	6
CAPÍTULO II RIQUEZA E ESTRUTURA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS CONTRIBUEM PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	26
CAPÍTULO III REGULADORES VEGETAIS NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS CULTIVADAS IN VITRO	46
CAPÍTULO IV ESCOAMENTO DE COMMODITIES AGRÍCOLAS BRASILEIRAS	58
CAPÍTULO V RESPOSTA DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR À ADUBAÇÃO NITROGENADA E INOCULAÇÃO COM AZOSPIRILLUM BRASILENSE	79
CAPÍTULO VI RESIDUAL EFFECT OF ROCK DUST DOSES AFTER TWO YEARS OF APPLICATION IN MAIZE	97
CAPÍTULO VII DESFOLHA E ADUBAÇÃO NITROGENADA ASSOCIADA À INOCULAÇÃO DE BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM NA SOJA	105
ÍNDICE REMISSIVO	114

Capítulo I

Manejo da adubação nitrogenada para o algodoeiro no sistema de Integração Lavoura–Pecuária

Recebido em: 17/04/2020

Aceito em: 18/04/2020

 10.46420/9786599064159cap1

Diego Muniz da Silva Santos¹

Isabela Machado de Oliveira Lima²

Kátia Cristina da Silva²

Fábio Steiner^{2*} 

INTRODUÇÃO

O cultivo de algodão (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.) em sistemas conservacionistas do solo como o plantio direto, incluindo a integração agricultura-pecuária, tem se intensificado no Cerrado, região responsável por mais de 84% da produção de algodão do Brasil (Dickie et al., 2016). O sistema integração agricultura-pecuária tem se destacado como um sistema de manejo que agrega ganhos de produtividade e melhoria da qualidade do solo e, portanto, tem contribuído para a sustentabilidade do uso agrícola do solo (Kluthcouski; Stone, 2003).

Outro aspecto importante dos sistemas de integração agricultura-pecuária é a formação de palhada e o uso de rotação de culturas, especialmente com a inclusão de gramíneas forrageiras no sistema, que são condições essenciais para viabilizar o sistema plantio direto, especialmente na região do Cerrado (Borghini; Crusciol, 2007). Dentre as espécies utilizadas para forragem e/ou cobertura de solo nos sistemas de integração agricultura-pecuária, destacam-se as gramíneas forrageiras do gênero *Urochloa* spp. As espécies de braquiária possuem características desejáveis como antecessoras à cultura do algodoeiro, como: elevada produção de biomassa, persistência da palha, redução da incidência de pragas, doenças e plantas daninhas, sistema radicular agressivo e profundo que contribui para a ciclagem de nutrientes e melhoria da conservação do solo e da água, dentre outras (Lamas; Staut, 2005; Correia et al., 2005).

¹ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, CEP 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Sustentabilidade na Agricultura, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rodovia MS-306, km 6,4, CEP: 79540-000, Cassilândia, Mato Grosso do Sul, Brasil.

* Autor de correspondência e-mail: steiner@uems.br.

No entanto, o cultivo de espécies de cobertura com alta relação C/N, tanto da parte aérea como das raízes, como é o caso das gramíneas forrageiras tropicais, pode afetar o crescimento e desenvolvimento da cultura subsequente (Silva e Rosolem, 2001; Rosolem et al., 2004; Souza et al., 2006), principalmente devido à imobilização temporária do nitrogênio (N) mineral pela biomassa microbiana do solo (Aita; Giacomini, 2003; Rosolem et al., 2012). O período de imobilização de N mineral após a adição de resíduos vegetais ao solo é, normalmente, de alguns meses, porém é mais intenso nos primeiros dias. A relação C/N tem sido a característica mais usada em modelos para prever a disponibilidade de N durante a decomposição dos resíduos vegetais (Nicolardot et al., 2001). Segundo Allison (1966), resíduos com relação C/N em torno de 25:1 apresentam equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização. Trinssoutrot et al. (2000) aplicaram 47 tipos de resíduos vegetais ao solo e verificaram que somente dois deles, ambos com relação C/N menor que 24:1, ocasionaram mineralização líquida de N no período de 168 dias.

O N é requerido em grandes quantidades pelas plantas de algodão. Durante o seu ciclo, o algodoeiro absorve de 60 até 80 kg de N para produzir uma tonelada de algodão em caroço (Ferreira; Carvalho, 2005). A maior parte desta demanda é atendida pela adubação nitrogenada, em complementação à quantidade fornecida pelo solo. Doses adequadas de N são essenciais para o crescimento e a floração do algodoeiro, aumentam a produtividade e melhoram o comprimento e a resistência da fibra, mas o excesso de N pode induzir o crescimento vegetativo excessivo, estender o ciclo da planta e diminuir a produtividade e a qualidade da fibra (Hutmacher et al., 2004; Reddy et al., 2004). Pesquisas reportaram que a resposta de produtividade do algodoeiro à adubação nitrogenada é crescente até a dose de 120 kg ha⁻¹ (Grespan; Zancanaro, 1999), embora, Furlani e Buzetti (2001) verificaram que o algodão tem resposta em produtividade até a dose de 200 kg ha⁻¹ de N. Em geral, a dose de máxima eficiência econômica para a cultura do algodão situa-se entre 100-120 kg ha⁻¹ de N (Rosolem, 2001). No entanto, quando o algodão é cultivado em rotação com gramíneas, o manejo adequado do N no sistema solo-planta-palha é normalmente dificultado, devido à variabilidade dos processos de mineralização, lixiviação, volatilização, denitrificação e absorção pela cultura. O crescimento inicial de plantas de algodão foi reduzido quando cultivado após braquiária (Echer et al., 2012). A produção de matéria seca da parte aérea e das raízes do algodoeiro foi reduzida em até 79% com a incorporação, ao solo, de resíduos vegetais de braquiária (*Urochloa decumbens*) com relação C/N de 44:1 (Souza et al., 2006). Estudos realizados por Rosolem et al. (2012) reportaram que a presença de raízes de *U. ruziziensis* no solo a ser cultivado com algodão resultou em menor crescimento e produção

de matéria seca da parte aérea e de raízes das plantas de algodão, além de menor absorção de N. Estes resultados indicam que os microorganismos do solo podem competir pelo N disponível durante o período de decomposição das raízes de *U. ruziziensis*, deixando o N indisponível para o algodoeiro durante o seu crescimento. No entanto, essas pesquisas foram desenvolvidas em vasos sob condições de casa-de-vegetação, sendo necessário rever os efeitos dos resíduos vegetais de gramíneas forrageiras no crescimento e na produtividade do algodoeiro em condições de campo.

Em geral, altas temperaturas associadas à adequada umidade na região do Cerrado durante o verão promovem a rápida decomposição dos resíduos vegetais na superfície do solo (Rezende et al., 1999); no entanto, a mineralização do carbono (C) das raízes é significativamente menor do que a das folhas e caules. Estimativas feitas por Urquiaga et al. (1998) e Abiven et al. (2005) apontaram que mais de 50% do C presente nas raízes de *U. decumbens* e *U. ruziziensis* não são decompostos, mesmo considerando um período longo sob condições de incubação. Portanto, as raízes das gramíneas podem desempenhar um papel importante nos processos de imobilização e mineralização do N do solo, e, eventualmente, alterar a disponibilidade de N mineral do solo (Rosolem et al., 2012).

Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de resíduos vegetais de braquiária (*Urochloa ruziziensis*) e da adubação nitrogenada em cobertura na utilização de nitrogênio, no crescimento e na produtividade do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.).

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de campo foram conduzidos no estado de Mato Grosso do Sul, em local de altitude média de 510 m, durante as safras de 2016/2017 e 2017/2018. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw), com verão chuvoso e inverno seco entre os meses de maio e setembro (precipitação no inverno menor que 60 mm), com precipitação pluvial e temperatura média anual de 1.520 mm e 24,1 °C, respectivamente. Os dados de precipitação pluvial coletados durante a condução dos experimentos são mostrados na Figura 1.

O solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico (NQo), profundo, bem drenado e de textura arenosa (120 g kg⁻¹ de argila, 40 g kg⁻¹ de silte e 840 g kg⁻¹ de areia). Antes do início do experimento, área experimental vinha sendo ocupada com pastagem natural típica do Cerrado e sem histórico de cultivo agrícola.

Amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0,0–0,20 e 0,20–0,40 m de profundidade, e as principais propriedades químicas do solo são mostradas na Tabela 1.

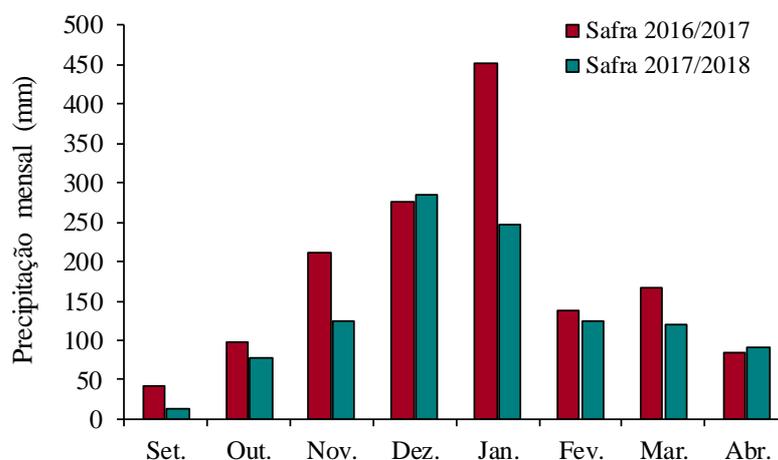


Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal durante duas safras de cultivo de algodão no município de Cassilândia (MS), 2017. Fonte: Os autores.

Tabela 1. Principais propriedades químicas do solo nas camadas de 0,0–0,20 e 0,20–0,40 m de profundidade antes da implantação dos experimentos.

Safra	Camada	pH	P	MO	H + Al	Al	K	Ca	Mg	CTC	V
	m		mg dm ⁻³	g dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----						%
2016/2017	0,0–0,20	5,0	9,0	18,2	2,60	0,15	0,10	1,70	0,50	4,9	47
	0,20–0,40	4,9	7,8	15,0	3,25	0,22	0,15	1,50	0,50	5,4	40
2017/2018	0,0–0,20	5,6	12,3	19,0	1,90	0,00	0,10	2,60	1,00	5,6	66
	0,20–0,40	5,2	10,7	16,4	2,30	0,00	0,12	2,10	0,90	5,4	57

pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹. Extrator de P Mehlich-1. Fonte: Os autores.

Em setembro de 2016, foi realizada a correção da acidez do solo com a aplicação de 1.225 kg ha⁻¹ de calcário (PRNT de 92%), visando elevar a saturação por bases do solo a 70% (Sousa; Lobato, 2004). Em seguida, o preparo de solo foi realizado mediante uma gradagem pesada e duas gradagens leve, deixando o terreno nivelado, apto ao cultivo e livre de plantas daninhas. Na safra 2017/2018, não houve a necessidade de realizar a calagem pois a saturação por bases do solo, na camada de 0,0–0,20 m, encontrava-se em 66% (Tabela 1). Segundo as recomendações de Sousa e Lobato (2004), a calagem deve ser realizada quando o valor de saturação por bases encontra-se abaixo de 60%.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por três sistemas de produção de algodão, ou seja, o algodoeiro foi cultivado em sucessão ou não de resíduos vegetais de *Urochloa ruziziensis*: Sistema 1) cultivo de algodão na ausência de resíduos de *U. ruziziensis* [simulando um sistema convencional de produção de algodão (controle)]; Sistema 2) cultivo de algodão na presença de resíduos das raízes e da parte aérea das plantas

de *U. ruziziensis* [simulando um sistema de integração agricultura-pecuária onde a cultura forrageira (braquiária) foi utilizada como planta de cobertura]; e, Sistema 3) cultivo de algodão apenas na presença de resíduos das raízes de *U. ruziziensis* [simulando um sistema de integração agricultura-pecuária onde a cultura forrageira (braquiária) foi utilizada no pastejo direto, silagem ou fenação]. As subparcelas foram constituídas da aplicação de cinco doses de N em cobertura (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹), divididas em duas aplicações aos 30 e 50 dias após a emergência das plantas (DAE).

Cada unidade experimental (subparcela) foi constituída de 5,0 m de comprimento por 4,0 m de largura (5 linhas de semeadura de algodão no espaçamento entrelinhas de 0,80 m). Para as avaliações foram consideradas as três linhas centrais desprezando-se 0,5 m na extremidade de cada fileira de plantas e uma fileira de cada lado da unidade experimental (totalizando uma área útil de 9,6 m² (4,0 × 2,4 m).

Em setembro de 2016 foi realizado a semeadura da braquiária (*Urochloa ruziziensis*, Syn. *Brachiaria ruziziensis*), nas parcelas em que o algodão foi cultivado em sucessão a braquiária. A semeadura da braquiária foi realizada a lanço utilizando-se 12,0 kg ha⁻¹ de sementes de VC 40%. A cultura da braquiária não foi adubada, para que não houvesse interferência de adubação em nenhuma parcela e, se pudesse, assim, verificar apenas o efeito dos resíduos vegetais nos sistemas de culturas em sucessão propostos. O manejo químico das plantas de braquiária foi realizado as 98 e 110 dias após a semeadura, respectivamente, para as safras de 2016/2017 e 2017/2018. A dessecação da braquiária foi realizada com a aplicação de herbicida glyphosate, na dose de 1,800 g ha⁻¹ do ingrediente ativo. Posteriormente, a parte aérea das plantas de braquiária foi cortada e, nas parcelas em que o algodão foi cultivado apenas na presença de resíduos das raízes de *U. ruziziensis*, a palhada foi retirada das parcelas experimentais. Os diferentes sistemas de produção para o cultivo da cultura do algodão são ilustrados na Figura 2.

Após o manejo da parte aérea das plantas de braquiária, determinou-se a produção de matéria seca da parte aérea da *U. ruziziensis*, coletando-se, aleatoriamente, duas amostras de 0,25 m² por parcela, com o auxílio de um quadro de 0,5 x 0,5 m, como mostrado da Figura 3. As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C ± 2 °C, até atingirem massa constante, e após, foram pesadas e moídas. Em seguida, o teor de N, obtido após a digestão sulfúrica, foi determinado em destilador de arraste de vapores do tipo semimicro Kjeldhal (Malavolta et al., 1997). Com base no teor N determinou-se o acúmulo de N na parte aérea das plantas de braquiária, e calculou-se a relação C/N do material,

considerando que 40% da matéria seca é carbono orgânico, conforme reportado por Rosolem et al. (2012).

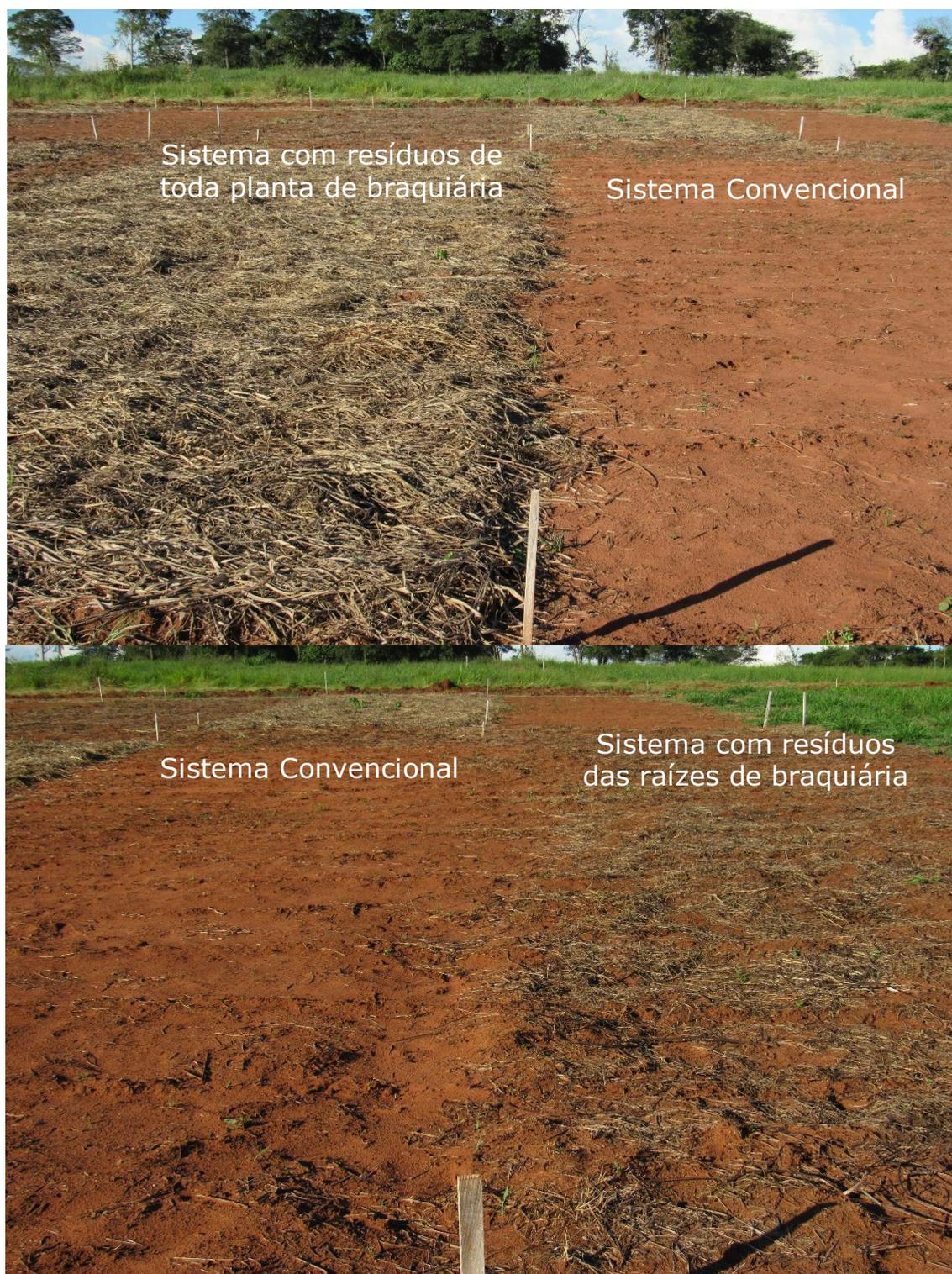


Figura 2. Ilustração dos diferentes sistemas de produção para o cultivo da cultura do algodão utilizados neste estudo. Detalhe da excelente quantidade de palhada deixada na superfície do solo pelas plantas de braquiária. UEMS. Cassilândia (MS), 2017. Fonte: Os autores.



Figura 3. Esquema mostrando a sequência das operações realizadas para a coleta das amostras de palhada do braquiária com o auxílio de um quadro de $0,5 \times 0,5$ m ($0,25$ m²). UEMS. Cassilândia (MS), 2017. Fonte: Os autores.

A semeadura do algodão (*Gossypium hirsutum* L., cv. TMG 44 B2RF) foi realizada mecanicamente no dia 20 de dezembro de 2016 (safra 2016/2017) e no dia 28 de dezembro de 2017 (safra 2017/2018), em espaçamento entrelinhas de 0,80 m e utilizando a quantidade de sementes suficientes para obtenção de densidade de 8 a 9 plantas por metro. A adubação de semeadura foi realizada de acordo com as recomendações de Sousa e Lobato (2004), com aplicação de 800 kg ha^{-1} da formulação de fertilizante NPK 04-14-08 no sulco de semeadura.

Os tratos culturais e o manejo fitossanitário das parcelas experimentais seguiram os procedimentos adotados na lavoura comercial de algodão, incluindo monitoramento de pragas e doenças, controle químico de plantas daninhas, aplicações de inseticidas e fungicidas. O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação de herbicida glyphosate, na dose de 900 g ha^{-1} do ingrediente ativo, até o fechamento das entrelinhas de algodão. O manejo fitossanitário para o controle de pragas e doenças foi realizado com aplicações dos inseticidas deltametrina + triazofós ($0,4 + 140 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a.) e dos fungicidas propiconazol + trifloxitrobina ($75 + 75 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a.) e mancozeb (1.600 g ha^{-1} do i.a.). O manejo do regulador de crescimento não foi realizado em decorrência a baixa exigência do cultivar utilizado.

No início do florescimento da cultura do algodão foi determinado o índice relativo de clorofila (IRC), utilizando-se um clorofilômetro portátil, modelo SPAD-502 (Soil and Plant Analysis Development) da Minolta Co., Osaka, Japão (1989). A determinação do IRC foi realizada no período da manhã sombreando o aparelho com o corpo para evitar interferência da luz solar. As leituras foram realizadas amostrando-se oito plantas por

unidade experimental, sendo que em cada planta foram realizadas duas leituras na 4ª folha completamente expandida da haste principal a partir do ápice, somando assim, 16 leituras por unidade experimental.

Após a determinação do IRC, as folhas amostradas foram imediatamente coletadas, levadas para o laboratório, lavadas com água destilada, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa para secagem à 55 °C por 72 h e, então, moídas em moinho tipo Willey e submetidas a determinação dos teores de N, conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

A colheita do algodão foi realizada manualmente quando as plantas estavam no início da maturação fisiológica das fibras. Na colheita do algodão, foram determinados as seguintes variáveis: altura de planta (altura média compreendida entre a superfície do solo e o ápice no caule de 20 plantas escolhidas ao acaso, e determinada com o auxílio de uma trena graduada em centímetros); número de capulhos por planta (obtido pela contagem do número total de capulhos contidos em 20 plantas coletadas na área útil de cada unidade experimental e, posteriormente, dividido pelo número de plantas); massa dos capulhos (obtido após a pesagem dos capulhos contidos nas 20 plantas coletadas na área útil de cada unidade experimental). Para a determinação da produtividade de algodão em carroço, todos os capulhos contidos nos 4,0 m de comprimentos das três linhas centrais de cada unidade experimental, foram arrancados manualmente e colocadas em sacos plásticos, previamente identificados e, posteriormente pesados. A produção de algodão em carroço foi convertida para kg ha^{-1} .

A eficiência de utilização do N aplicado ao solo foi determinada mediante a relação do incremento de produtividade (em kg ha^{-1}) de cada tratamento com adubação nitrogenada em relação ao tratamento controle (sem aplicação de N) dividido pela quantidade de N aplicado em cada tratamento (em kg ha^{-1}).

Os dados foram submetidos à análise de variância seguindo o esquema de parcelas subdivididas, aplicando-se o teste F em nível de 5% de probabilidade. As médias dos três sistemas de produção de algodão foram comparadas pelo teste t (LSD), a 5% de probabilidade. Para as doses de N em cobertura foram utilizadas análises de regressão e as equações significativas ($p \leq 0,05$) com os maiores coeficientes de determinação (R^2) foram ajustadas. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico Sisvar versão 5.3 para Windows (Software de Análises Estatísticas, UFPA, Lavras, MG, BRA) (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio nas plantas de braquiária

Os valores de produção de matéria seca, teor e acúmulo de N e relação C/N da parte aérea das plantas de *Urochloa ruziziensis* (Syn. *Brachiaria ruziziensis*) obtidos nas safras de 2016/2017 e 2017/2018, por ocasião do manejo das plantas, são mostrados na Tabela 2. A produção de matéria seca das plantas de braquiária foi de 10.472 kg ha⁻¹ e 6.136 kg ha⁻¹, respectivamente, para as safras de 2016/2017 e 2017/2018, valor este dentro dos pré-estabelecidos por Silveira e Stone (2010), os quais reportaram que a capacidade de produção de matéria seca da braquiária para as condições do Cerrado varia de 4.000 a 18.000 kg ha⁻¹. Estes resultados evidenciam que a utilização de braquiária como cultura de cobertura é capaz de produzir quantidade adequada de palhada na superfície do solo, tornando-se importante para manutenção do sistema de semeadura direta (Figura 4). A quantidade de palha na superfície do solo pode servir de referência para a avaliação preliminar sobre as condições nas quais o sistema de semeadura direta está se desenvolvendo. Pode-se considerar que 6.000 kg ha⁻¹ de resíduos na superfície seja uma quantidade adequada ao sistema de semeadura direta, com o qual se consegue adequada cobertura de solo.

Tabela 2. Produção de matéria seca, teor e acúmulo de N e relação C/N na parte aérea das plantas de braquiária [*Urochloa ruziziensis* (Syn. *Brachiaria ruziziensis*)] aos 98 dias (safra 2016/2017) e aos 110 dias (safra 2017/2018) em um solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense. UEMS. Cassilândia (MS), 2016/2018.

Safra	Matéria seca (kg ha ⁻¹)	Teor de N (g kg ⁻¹)	Acúmulo de N (kg ha ⁻¹)	Relação C/N ⁽¹⁾
2016/2017	10.472±624	9,8±0,5	102,6±4,3	40,8±2,4
2017/2018	6.136±498	10,6±0,6	64,6±3,1	37,7±2,1

⁽¹⁾ Valor estimado considerando que 40% da matéria seca é carbono, como reportado por Rosolem et al. (2012). Fonte: Os autores.



Figura 4. Detalhe da excelente quantidade de palhada deixada na superfície do solo pelas plantas de braquiária aos 110 dias após a semeadura (A). Detalhe da camada de palhada na superfície do solo (B). UEMS. Cassilândia (MS), 2016/2018. Fonte: Os autores.

A maior produção de matéria seca da parte aérea das plantas de braquiária na safra 2016/2017 pode ser devido a maior taxa de precipitação pluvial entre os meses de setembro e dezembro de 2016, quando comparado ao mesmo período do ano de 2017 (Figura 1). A precipitação total acumulada entre os meses de setembro e dezembro de 2016 e 2017 foram, respectivamente, de 627 e 498 mm. A escassez ou a menor disponibilidade de água durante o crescimento das plantas tem sido uma das principais causas das perdas de produção de forragem e de grãos das culturas nas últimas décadas. A essencialidade da água para as plantas vem da sua contribuição na manutenção e preservação das funções vitais. A água constitui mais de 90% da massa de matéria das plantas, atuando em praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos, além de ter papel importante na regulação térmica da planta, atuando tanto no resfriamento como na manutenção e distribuição do calor (Taiz et al., 2017).

O acúmulo de N na parte aérea das plantas de braquiária variou de 64,6 a 102,6 kg ha⁻¹ (Tabela 2). Silveira e Stone (2010) reportaram que o acúmulo máximo de N na parte aérea de braquiária pode chegar até 150 kg ha⁻¹ de N aos 120 dias após a semeadura. A relação C/N da parte aérea das plantas de braquiária variou de 37,7 e 40,8 (Tabela 2). A relação C/N tem sido a principal característica inerente ao material vegetal com reflexos diretos sobre a sua taxa de decomposição e, conseqüentemente, liberação de N ao sistema de cultivo (Nicolardot et al., 2001). Rosolem et al. (2012) avaliando a sucessão braquiária-algodão em condições de casa-de-vegetação, constataram que a decomposição média da matéria seca da parte aérea de *U. ruziziensis* com relação C/N de 38:1, aos 45 dias após o manejo, variou de 19% a 30%, respectivamente, sem o fornecimento de N e com a aplicação de 150 mg dm⁻³ de N.

Nutrição e produtividade do algodoeiro

A presença de resíduos vegetais de *U. ruziziensis* (Sistemas de produção 1 e 2) resultou no menor índice relativo de clorofila e menor teor de N nas folhas de algodão na safra de 2016/2017 quando comparado ao sistema convencional sem o cultivo anterior de braquiária (Tabela 3). Estes resultados sugerem que parte do N aplicado ficou imobilizado na biomassa microbiana do solo, durante a decomposição dos resíduos vegetais de *U. ruziziensis*. Para utilizar o carbono dos resíduos vegetais na biossíntese e como fonte de energia, os microrganismos imobilizam o N inorgânico do solo, diminuindo, assim, a sua disponibilidade para as plantas. Tal efeito pode ser observado no teor de N nas folhas de algodão cultivado nos

sistemas 2 e 3 com a presença de resíduos vegetais de *U. ruziziensis*, o qual foi 25% e 29% inferior ao teor de N das plantas cultivadas no sistema 1 convencional (Tabela 3). Estes resultados foram ocasionados pela alta relação C/N dos resíduos vegetais das plantas de *U. ruziziensis* (Tabela 2). A relação C/N tem sido a característica mais usada em modelos para prever a disponibilidade de N no solo durante a decomposição dos resíduos vegetais (Nicolardot et al., 2001). No entanto, este efeito pode ser amenizado com a estabilização dos sistemas de produção agrícola, como constatado no segundo ano de experimento (safra 2017/2018). Isso porque a disponibilidade de N no solo depende do balanço líquido entre os processos de mineralização e de imobilização (Abiven et al., 2005).

Tabela 3. Efeito dos sistemas de produção no índice relativo de clorofila (IRC), teor foliar de nitrogênio (N), altura das plantas (AP), número de capulhos por planta (NC), massa de capulhos (MC), produção de algodão em carroço (PROD) e eficiência do uso de nitrogênio aplicado ao solo pelas plantas de algodão (*Gossypium hirsutum* L., cv. TMG 44 B2RF) durante as safras de 2016/2017 e 2017/2018 em um solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense. UEMS. Cassilândia (MS), 2016/2018.

Sistema de produção [†]	IRC	N (g kg ⁻¹)	AP (cm)	NC	MC (g)	PROD (kg ha ⁻¹)	EUN (kg kg ⁻¹)
Safrá 2016/2017							
Sistema 1	49,8 a	42,8 a	1,31 a	15,1 a	6,05 a	2340 a	9,9 b
Sistema 2	45,5 b	32,1 b	1,28 a	12,8 b	6,41 a	2684 a	12,0 a
Sistema 3	43,8 b	30,3 b	1,22 b	12,7 b	5,37 b	2208 a	11,3 a
CV (%)	8,84	10,87	13,53	9,24	7,61	8,42	9,74
Safrá 2017/2018							
Sistema 1	55,8 a	48,8 a	1,02 a	13,8 a	6,72 a	1848 b	16,7 a
Sistema 2	56,2 a	45,6 a	0,99 a	11,6 b	6,01 a	2120 a	18,2 a
Sistema 3	49,2 a	41,2 b	0,97 a	11,5 b	5,96 a	1744 b	14,4 a
CV (%)	11,48	12,18	11,25	8,49	8,21	10,54	11,31

Média seguida de letra distinta, nas colunas, mostram diferenças significativas pelo teste t (LSD), a 5% de probabilidade. [†] **Sistema 1:** cultivo de algodão na ausência de resíduos de braquiária [simulando um sistema convencional de produção de algodão (controle)]; **Sistema 2:** cultivo de algodão na presença de resíduos das raízes e da parte aérea de braquiária [simulando um sistema de integração agricultura-pecuária onde a cultura forrageira (braquiária) foi utilizada como planta de cobertura]; **Sistema 3:** cultivo de algodão apenas na presença de resíduos das raízes de braquiária [simulando um sistema de integração agricultura-pecuária onde a cultura forrageira (braquiária) foi utilizada no patejo direto, silagem ou fenação]. Fonte: Os autores.

Aita et al. (2004) ao avaliar a dinâmica de N no solo após o uso de diferentes plantas de cobertura, reportaram menor disponibilidade de N-inorgânico após de aveia-preta, uma espécie gramínea, o que foi atribuído à menor taxa com que o N da gramínea é mineralizado, em decorrência da alta relação C/N de seus resíduos vegetais. A disponibilidade de N no solo é controlada pelos processos microbianos de mineralização e imobilização, os quais dependem basicamente da relação C/N e da composição bioquímica dos resíduos culturais

em decomposição (Mary et al., 1996). Amado et al. (1998) verificaram que a adição de palha de aveia com relação C/N de 46:1, tanto na superfície do solo como incorporada, provocou uma redução de 60% no teor de N no solo quando comparado ao sistema em pousio.

O efeito do manejo dos resíduos vegetais de *U. ruziziensis* e da sua relação C/N sobre a dinâmica do N deve ser mais bem investigado, sobretudo em condições de campo, a fim de estabelecer o potencial real de imobilização de N do solo por parte da população microbiana decompositora dos resíduos vegetais da gramínea. Rosolem et al. (2003) estudando a dinâmica do N e do pH do solo em razão da calagem em superfície e aplicação de N em cobertura, na presença de restos vegetais de milho também obtiveram aumento na quantidade de N imobilizada com o aumento das doses de N aplicadas. Malhi et al. (2001) relataram que o N aplicado em cobertura, sem incorporação, é sujeito à imobilização. Isso é verdadeiro na presença de grandes quantidades de resíduo com alta relação C/N, a qual aumenta a incorporação do N na biomassa microbiana. Tais condições ocorreram no presente trabalho, pois os resíduos vegetais de *U. ruziziensis* possuíam relação C/N de 37:7 e 40:8 (Tabela 2).

Os resultados obtidos para a altura de planta, número de capulhos por planta, massa do capulho e produção de algodão em carroço em função dos sistemas de produção durante as safras de 2016/2017 e 2017/2018 são mostrados na Tabela 3. Na safra 2016/2017, a menor altura de planta foi obtida na presença apenas de resíduos das raízes de *U. ruziziensis* (Sistema 3), o que pode ser devido a imobilização de N pelos microorganismos do solo, diminuindo a disponibilidade do nutriente para as plantas de algodão. No entanto, não houve diferença na altura das plantas na safra 2017/2018. A adição de resíduos vegetais com alta relação C/N (>30:1) em superfície ou incorporado ao solo, tem sido uma das principais causas do menor crescimento das culturas em sucessão (Souza et al., 2006). Por isso, normalmente é necessário adicionar maior quantidade de fertilizante nitrogenado ao sistema de produção agrícola (Thompson; Whitney, 1998). Segundo Vaughan e Evanylo (1998), a quantidade suplementar necessária de N varia com a quantidade de resíduos vegetais incorporados ao solo, com a composição química do resíduo e com o período compreendido entre o manejo do material e a semeadura da cultura subsequente.

Ernani et al. (2002) obtiveram maior absorção de N e produção de matéria seca da parte aérea de milho quando a semeadura foi realizada 30 e 60 dias após a adição de resíduos vegetais de aveia e aplicação de N. O período de imobilização de N após o manejo dos resíduos vegetais é, normalmente, de alguns meses (Trinssoutrot et al., 2000), porém é mais intenso nos primeiros dias.

A presença de resíduos vegetais de *U. ruziziensis* (Sistemas de produção 1 e 2) resultou no menor número de capulhos por planta nas duas safras quando comparado ao sistema convencional sem o cultivo anterior de braquiária (Tabela 3). Na safra 2016/2017, a massa do capulho das plantas cultivados apenas sob resíduos das raízes de *U. ruziziensis* foi menor quando comparado os demais sistemas de produção. Na safra 2017/2018, a massa do capulho não foi significativamente influenciada pelos sistemas de produção (Tabela 3). A produção de algodão em carroço não foi afetado significativamente pelos diferentes sistemas de produção na safra de 2016/2017 (Tabela 3). Na safra 2017/2018, a maior produção de algodão em carroço foi obtida no sistema em sucessão aos resíduos vegetais de toda a planta de *U. ruziziensis* (Tabela 3).

O índice relativo de clorofila e o teor de N nas folhas de algodão aumentou linearmente com a aplicação de doses de N em cobertura (Figura 5). Resultados semelhantes foram observados em outros estudos, os quais mostraram que há uma relação linear entre a quantidade de N absorvido pelas plantas de algodão e as doses aplicadas ao solo (Zhao et al., 2005; Zhao et al., 2010). O aumento linear no índice relativo de clorofila em decorrências da aplicação das doses de N em cobertura foi devido ao fato de o N ser constituinte da molécula de clorofila (Taiz et al., 2017). Maia et al. (2012) também constataram aumento nos valores do índice relativo de clorofila com o incremento nas doses de N aplicadas. Estudo realizado por Zhao et al. (2005) reportou que o aumento da disponibilidade de N no meio radicular elevou o valor da leitura de clorofila em plantas de algodão, indicando que a maior disponibilidade de N aumenta a absorção e assimilação desse nutriente pela planta.

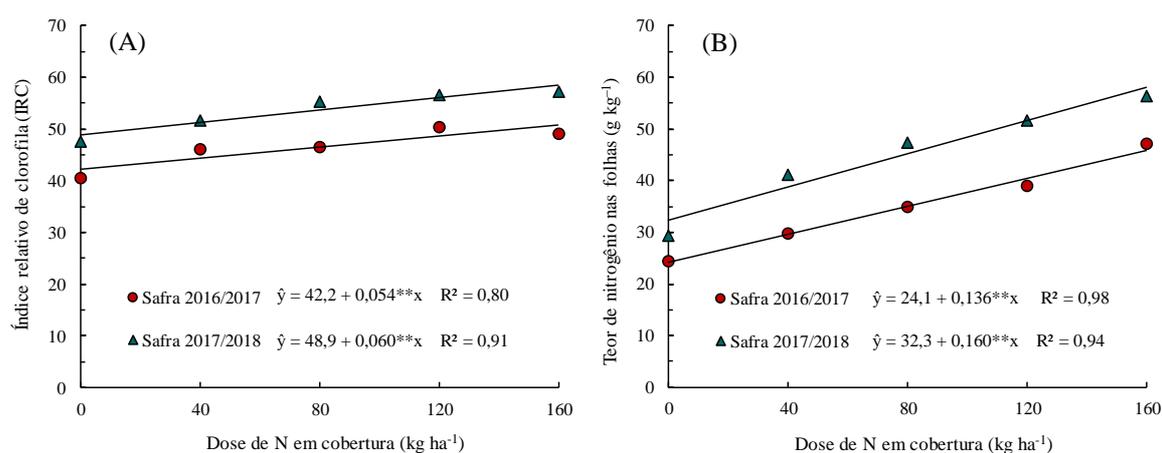


Figura 5. Efeito da adubação nitrogenada em cobertura no índice relativo de clorofila (A) e no teor de nitrogênio (B) das folhas de algodão (*Gossypium hirsutum* L., cv. TMG 44 B2RF) durante as safras de 2016/2017 e 2017/2018 em um solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense. *: significativo a 1%. UEMS. Cassilândia, 2016/2018. Fonte: Os autores.

Os teores mais elevados de N nas folhas de algodão foram obtidos com a aplicação das doses mais elevadas de adubação nitrogenada. O maior teor de N obtidos nas maiores doses de adubação nitrogenada pode ser devido a melhoria no processo fotossintético das plantas de algodão. Tal inferência deve-se ao fato de o N ser um componente da estrutura da clorofila, de enzimas e proteínas. As clorofilas atuam na conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP (adenosina trifosfato) e NADPH (nicotinamida adenina dinucleótido fosfato reduzida) (Taiz et al., 2017), sendo assim, as clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas. Portanto, os maiores teores de N nos tecidos foliares promoveram uma maior quantidade de clorofila, resultando em um aumento na taxa fotossintética na planta, na qual, proporcionam ganhos na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, uma maior produtividade de fibra.

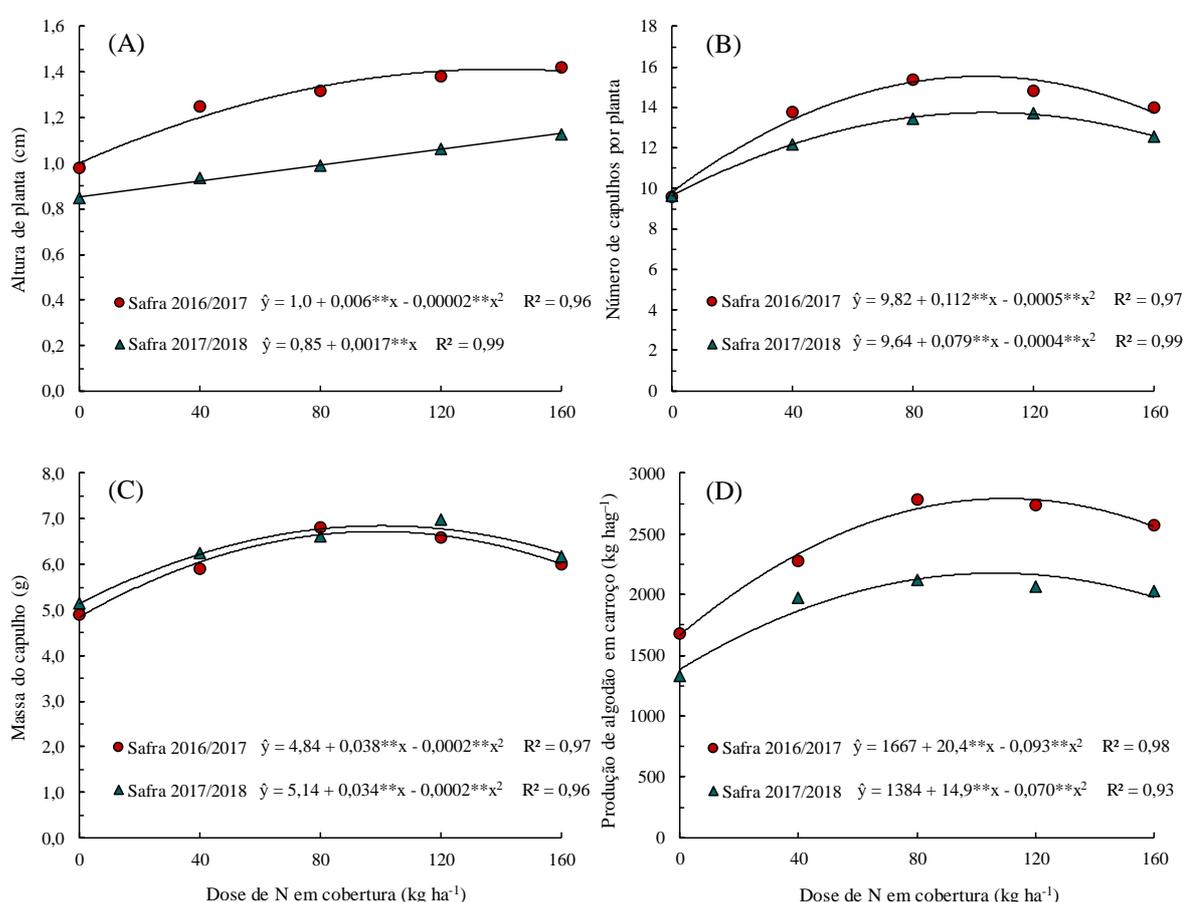


Figura 6. Efeito da adubação nitrogenada em cobertura na altura de planta (A), número de capulhos por planta (B), massa do capulho (C) e na produção de algodão em carroço (D) para a cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L., cv. TMG 44 B2RF) durante as safras de 2016/2017 e 2017/2018 em um solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense. *: significativo a 1%. UEMS. Cassilândia, 2016/2018. Fonte: Os autores.

A aplicação de doses de N em cobertura influenciou significativamente a altura de planta, número de capulhos por planta e a massa do capulho nas duas safras agrícolas (Figura 6). A maior altura de planta na safra 2016/2017 foi obtida com a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N em cobertura, ao passo que na safra 2017/2018 a altura de planta aumentou linearmente com a aplicação das doses de N em cobertura (Figura 6A). O maior número de capulho por planta foi obtido com a aplicação de 112 e 98 kg ha⁻¹ de N em cobertura, respectivamente, para a safra de 2016/2017 e 2017/2018 (Figura 3B). A maior massa do capulho nas safras de 2016/2017 e 2017/2018 foi obtido com a aplicação de 95 e 85 kg ha⁻¹ de N em cobertura, respectivamente (Figura 6C).

A produção de algodão em caroço foi influenciado significativamente pela adubação nitrogenada em cobertura nas duas safras agrícolas (Figura 6D). Na safra 2016/2017, a maior produção de algodão em caroço foi obtida com a aplicação de 110 kg ha⁻¹ de N em cobertura, ao passo que na safra 2017/2018 a maior produção de algodão em caroço foi obtida com a aplicação de 106 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Figura 6D).

O N é requerido em grandes quantidades pela planta de algodão. Durante o seu ciclo, o algodoeiro absorve de 60 até 80 kg de N para produzir uma tonelada de algodão em caroço (Ferreira; Carvalho, 2005). Pesquisas mostraram que a resposta de produtividade do algodoeiro à adubação nitrogenada é crescente até a dose de 120 kg ha⁻¹ (Grespan; Zancanaro, 1999), embora, Furlani e Buzetti (2001) verificaram que o algodoeiro apresentou resposta em produtividade até a dose de 200 kg ha⁻¹ de N. Em geral, a dose de máxima eficiência econômica para a cultura do algodoeiro situa-se entre 100–120 kg ha⁻¹ de N (Rosolem, 2001).

A eficiência de utilização do N aplicado ao solo variou de 5,5 a 17,4 kg kg⁻¹ na safra de 2016/2017 e de 9,4 a 24,2 kg kg⁻¹ na safra de 2017/2018 (Figura 7). A maior eficiência do uso do N na safra de 2017/2018 quando comparado a safra 2016/2017 pode estar relacionado a menor taxa de precipitação pluvial na safra de 2017/2018 (Figura 1). A precipitação total, durante as safras de algodão foram de 2016/2017 e 2017/2018 foram de 840 e 582 mm, respectivamente. A menor taxa de precipitação na safra de 2017/2017 pode ter resultado na menor perda de N do solo ocasionado pela lixiviação, que é diretamente relacionada as quantidades de água percolada no perfil do solo. Por sua vez, o incremento das doses de N em cobertura resultou na menor eficiência de utilização do N pelas plantas de algodão nas duas safras agrícolas.

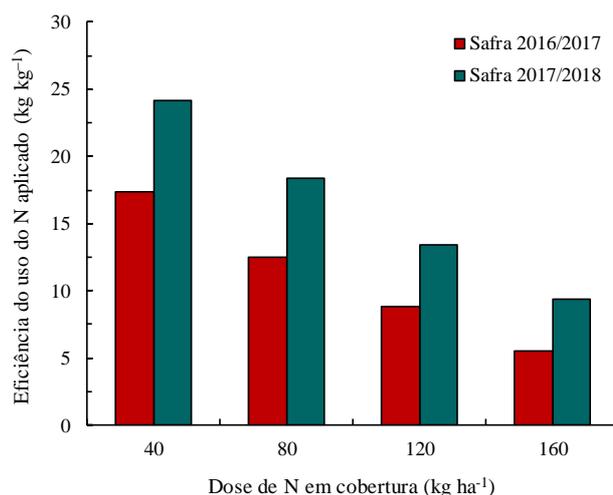


Figura 7. Efeito da adubação nitrogenada em cobertura na eficiência do uso do nitrogênio aplicado ao solo pelas plantas de algodão (*Gossypium hirsutum* L., cv. TMG 44 B2RF) durante as safras de 2016/2017 e 2017/2018 em um solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense. UEMS. Cassilândia, 2016/2018. Fonte: Os autores.

A eficiência de uso de N pela cultura do algodão foi baixa, e as principais causas para essa baixa eficiência do uso de N estão relacionadas com a dose e a época de aplicação e associadas com a lixiviação, denitrificação, imobilização e erosão do solo (Fageria; Baligar, 2005). Com isto, para o adequado manejo da adubação nitrogenada deve-se ter, como finalidade, melhorar a sincronia entre a época de aplicação e a época de maior demanda pela planta, de forma a maximizar a absorção e a produtividade de grãos (Santos; Fageria, 2008). A melhoria da eficiência de uso de N é desejável para aumentar a produtividade, reduzir os custos de produção e manter a qualidade ambiental (Sant'Ana et al., 2011).

Em síntese, os resultados evidenciam que a presença de palhada de *Urochloa ruziziensis* proporcionou menor crescimento e desenvolvimento das plantas de algodão, além de menor absorção de N pelas plantas, indicando que houve imobilização de N pelos microorganismos do solo, diminuindo a disponibilidade do nutriente para as plantas de algodão. No entanto, a presença de resíduos vegetais de *U. ruziziensis* não reduziu a produção de algodão em carroço no primeiro ano de cultivo. O cultivo de algodão no sistema de integração agricultura-pecuária sobre a presença de resíduos das raízes e da parte aérea das plantas de *U. ruziziensis* resultou na maior produção de algodão em carroço no segundo ano, demonstrando a importância da formação de palhada das plantas de cobertura para os solos arenosos do Cerrado. A dose ótima de aplicação de N em cobertura para o cultivo de algodão em sucessão ou não a resíduos vegetais *U. ruziziensis* em solo arenoso do Cerrado varia de 100 a 110 kg ha⁻¹ de N.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abiven S, Recous S, Reyes V, Oliver R (2005). Mineralisation of C and N from root, stem and leaf residues in soil and role of their biochemical quality. *Biology and Fertility of Soils*, 42(2): 119-128.
- Aita C, Giacomini SJ (2003). Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(6): 601-612.
- Aita C, Giacomini SJ, Hübner AP, Chiapinotto IC, Fries MR (2004). Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I - Dinâmica do nitrogênio no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(5): 739-749.
- Allison LE (1966). The fate of nitrogen applied to soils. *Advances in Agronomy*, 18(2): 219-258.
- Amado TJC, Mielniczuk J, Fernandez SB, Bayer C (1998). Nitrogen availability as affected by ten years of cover crops and tillage systems in southern Brazil. *Journal of Soil and Water Conservation*, 53(3): 268-271.
- Borghi E, Crusciol CAC (2007). Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* no sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(2): 163-171.
- Correia NM, Centurion MAPC, Alves PLCA (2005). Influência de extratos aquosos de sorgo sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de soja. *Ciência Rural*, 35(5): 498-503.
- Dickie A, Magno I, Giampietro J, Dolginow A (2016). *Challenges and opportunities for conservation, agricultural production, and social inclusion in the Cerrado biome*. San Francisco, CA-USA: California Environmental Associates (CEA). 51p.
- Echer FR, Castro GSA, Bogiani JC, Rosolem CA (2012). Crescimento inicial e absorção de nutrientes pelo algodoeiro cultivado sobre a palhada de *Brachiaria ruziziensis*. *Planta daninha*, 30(4): 783-790.
- Ernani PR, Sangoi L, Rampazzo C (2002). Lixiviação e imobilização de nitrogênio num nitossolo como variáveis da forma de aplicação da uréia e da palha de aveia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26(5): 993-1000.
- Fageria NK, Baligar VC (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, 88(2): 97-185.
- Ferreira DF (2014). Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2),109-112.

- Ferreira GB, Carvalho MCS (2005). *Adubação do algodoeiro no Cerrado: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 71p. (Documentos, 138).
- Furlani EJ, Buzetti S (2001). Dosagens e momentos de aplicação de adubo nitrogenado para a cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) IAC 22. In: Congresso Brasileiro do Algodão, 2001, São Paulo. *Anais...* Campina Grande: Embrapa-CNPA. 714p.
- Grespan SL, Zancanaro L (1999). Nutrição e adubação do algodoeiro no Mato Grosso. In: Fundação MT. *Mato Grosso: Liderança e Competitividade*. Rondonópolis: Fundação MT; Campina Grande: Embrapa – CNPA, p.87-99.
- Hutmacher RB, Travis RL, Rains DW, Vargas RN, Roberts BA, Weir BL, Wright SD, Munk DS, Marsh BH, Keeley MP, Fritschi FB, Munier DJ, Nichols RL, Delgado R (2004). Response of recent Acala cotton cultivars to variable nitrogen rates in the San Joaquin valley of California. *Agronomy Journal*, 96(1): 48-62.
- Kluthcouski J, Stone LF (2003). Manejo sustentável dos solos dos Cerrado. In: Kluthcouski J, Stone LF, Aidar H. (Eds.). *Integração lavoura-pecuária*. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. p.59-104.
- Lamas FM, Staut LA (2005). *Espécies vegetais para cobertura de solo no Cerrado de Mato Grosso*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 4p. (Comunicado Técnico, 97).
- Maia SCM, Soratto RP, Nastaro B, Freitas LB (2012). The nitrogen sufficiency index underlying estimates of nitrogen fertilization requirements of common bean. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36(2): 183-191.
- Malavolta EA, Vitti GC, Oliveira SA (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações*. Piracicaba, Potafós. 201p.
- Malhi SS, Grant CA, Johnston AM, Gill KS (2001). Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: a review. *Soil and Tillage Research*, 60(2): 101-122.
- Mary B, Recous S, Darwis D, Robin D (1996). Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. *Plant and Soil*, 181(2): 71-82.
- Nicolardot B, Recous S, Mary B (2001). Simulation of C and N mineralisation during crop residue decomposition: A simple dynamic model based on the C/N ratio of the residues. *Plant Soil*, 228(4): 83-103.
- Reddy KR, Koti S, Davidonis GH, Reddy VR (2004). Interactive effects of carbon dioxide and nitrogen nutrition on cotton growth, development, yield, and fiber quality. *Agronomy Journal*, 96(6): 1148–1157.

- Rezende CP, Cantarutti RB, Braga JM, Gomide JA, Pereira JM, Ferreira E, Boddey RM (1999). Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 54(1): 99-112.
- Rosolem CA, Pace L, Crusciol CAC (2004). Nitrogen management in maize cover crop rotations. *Plant Soil*, 264(3): 261-271.
- Rosolem CA, Steiner F, Zoca SM, Ducatti C (2012). Nitrogen Immobilization by Congo Grass Roots Impairs Cotton Initial Growth. *Journal of Agricultural Science*, 4(6): 126-136.
- Rosolem CA (2001). *Problemas de Nutrição Mineral, Calagem e Adubação do Algodoeiro*. Informações Agronômicas, n.95, p.10-17.
- Rosolem CA, Foloni JSS, Oliveira RH (2003). Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(4): 301-309.
- Sant'ana EVP, Santos AB, Silveira PM (2011). Eficiência de uso de nitrogênio em cobertura pelo feijoeiro irrigado. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(7): 458-462.
- Santos AB, Fageria NK (2008). Características fisiológicas do feijoeiro em várzeas tropicais afetadas por doses e manejo de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(3): 23-31.
- Silva RH, Rosolem SA (2001). Influência da cultura anterior e da compactação do solo na absorção de macronutrientes em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(12): 1269-1275.
- Silveira PM, Stone LF (2010). *Plantas de cobertura dos solos do Cerrado*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 218 p.
- Sousa DMG, Lobato E (2004). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 416 p.
- Souza LS, Velini ED, Martins D, Rosolem CA (2006). Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. *Planta Daninha*, 24(6): 657-668.
- Taiz L, Zeiger E, Moller I, Murphy A (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888 p.
- Thompson CA, Whitney DA (1998). Long-term tillage and nitrogen fertilization in a west central great plain's wheat-sorghum-fallow rotation. *Journal of Production Agriculture*, 11(8): 353-359.
- Trinssoutrot I, Recous S, Bentz B, Linères M, Chèneby D, Nicolardot B (2000). Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. *Soil Science Society of America Journal*, 64(5): 918-926.

- Urquiaga S, Cadish G, Alves BJR, Boddey R, Giller KE (1998). Influence of decomposition of roots of tropical forage species on the availability of soil nitrogen. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(10): 2099-2106.
- Vaughan JD, Evanylo GK (1998). Corn response to cover crop species, spring desiccation time, and residue management. *Agronomy Journal*, 90(2): 536-544.
- Zhao D, Reddy KR, Kakani VG, Read JJ, Koti S (2005). Selection of optimum reflectance ratios for estimating leaf nitrogen and chlorophyll concentrations of fieldgrown cotton. *Agronomy Journal*, 97(2): 89-98.
- Zhao D, Reddy KR, Kakani VG, Read JJ (2010). Remote-sensing algorithms for estimating nitrogen uptake and nitrogen-use efficiency in cotton. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*, 60(7): 500-509.

Capítulo II

Riqueza e estrutura de sistemas agroflorestais biodiversos contribuem para a recuperação de áreas degradadas

Recebido em: 27/04/2020

Aceito em: 05/05/2020

 10.46420/9786599064159cap2

Jaqueline Silva Nascimento^{3*} 

Zefa Valdivina Pereira²

Shaline Séfara Lopes Fernandes³

Milton Parron Padovan⁴

INTRODUÇÃO

As regiões tropicais possuem ampla diversidade de espécies arbóreas e arbustivas nativas, sendo úteis para a população humana, como fonte de alimentos e com potencial para uso medicinal (Pinheiro et al., 2018). As árvores nativas também contribuem para funções ecológicas, como o equilíbrio da temperatura, proteção do solo, dos recursos hídricos, purificação do ar, regulação do clima, recuperação de áreas degradadas e como alimento à fauna silvestre (Machado et al., 2014; Araújo et al., 2017; Pinheiro et al., 2018). No entanto, há grande risco de extinção de muitas espécies, devido ao desmatamento, às queimadas, ao avanço das atividades agropecuárias, à dispersão de espécies exóticas e a degradação dos recursos naturais (Machado et al., 2014; Jeromini et al., 2018).

Para preservação das árvores nativas, é essencial seu manejo adequado e cultivo (Araújo et al., 2017). Desta forma, sistemas de cultivo como as agroflorestas biodiversas constituem-se como alternativa para preservação da biodiversidade de espécies nativas, uma vez que são formas de uso da terra, associando espécies herbáceas, arbóreas e arbustivas com

³ Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Rodovia Dourados – Itahum, Km 12 – Cidade Universitária, Cx. Postal 533, CEP: 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

² Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Meio Ambiente, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Rodovia Dourados – Itahum, Km 12 – Cidade Universitária, Cx. Postal 533, CEP: 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

³ Docente do Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rodovia MS 306, km 6,4. CEP: 79540-000, Cassilândia, Mato Grosso do Sul, Brasil.

⁴ Embrapa Agropecuária Oeste, Rodovia BR 163, Km 253,6, Cx. Postal 449, 7984-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

* Autor de correspondência e-mail: jaque24nascimento@hotmail.com

cultivos agrícolas e animais, de forma simultânea ou sequencial (Nair, 1985; Somarriba, 1992).

Os sistemas agroflorestais biodiversos (SAFs), contribuem para preservação das espécies arbóreas nativas, aliado ao aproveitamento de frutos como uma alternativa econômica para pequenos agricultores, uma vez que possuem sabores peculiares e está em ascensão nos mercados nacionais e internacionais (Prado Júnior et al., 2012; Machado et al., 2014; Rech et al., 2015; Pinheiro et al., 2018). O incentivo à implantação de SAFs é uma estratégia inovadora para garantir a conservação de recursos naturais e, ao mesmo tempo, oportunizar a geração de renda em bases ambientalmente corretas (Montagnini, 2008; Ferreira et al., 2014). Assim, valoriza-se a cadeia alimentar para animais silvestres e aos seres humanos, em harmonia com a natureza (Prado Júnior et al., 2012; Pinheiro et al., 2018).

É importante avaliar a estrutura e a dinâmica de SAFs através de estudos florísticos, constituindo-se em informações valiosas para subsidiar a conservação dos recursos genéticos vegetais e a recuperação de áreas degradadas (Moressi et al., 2014). Ressalta-se que os estudos florísticos são ferramentas que possibilitam a identificação de parâmetros quantitativos e qualitativos de uma comunidade vegetal, definindo a abundância e a diversidade das espécies que compõem interações intraespecíficas e interespecíficas (Prado Júnior et al., 2012).

Nesse contexto desenvolveu-se um estudo com o objetivo de avaliar a composição florística, síndrome de dispersão, classificação sucessional de espécies arbóreas e arbustivas que compõem sistemas agroflorestais biodiversos com potencial de recuperação de áreas degradadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na região Sudoeste do Estado Mato Grosso do Sul, com ocorrência de cerrado arbóreo denso, florestas estacionais semidecíduais e matas estacionais semidecíduais aluviais (Bueno et al., 2007), caracterizando-se como um ecótono de transição (Coutinho et al., 2011). O clima é classificado como Aw segundo a Köppen-Geiger tropical úmido, com temperatura média anual entre 20°C a 22°C e precipitação anual em torno de 1.500 milímetros (Bueno et al., 2007). Na região predominam os Argissolos de textura arenosa e profundos (Embrapa et al., 2013).

O Decreto Estadual de Mato Grosso do Sul nº 13.977, de 5 de junho de 2014 (Imasul, 2014), visa estimular a recuperação de áreas de Reserva Legal (ARL) e de Preservação Permanente (APP) com SAFs. Assim, a avaliação da estrutura e dinâmica das espécies vegetais que compõem esses sistemas na região reveste-se de grande importância, uma vez

que essa região é caracterizada como um ecótono de transição com diferentes comunidades ecológicas, pois cada agricultor realiza o manejo dos SAFs sob as múltiplas formas de aproveitamento das espécies vegetais (Coutinho et al., 2011; Zavala et al., 2014).

Utilizou-se a metodologia de Bailey (1994) para a identificação dos SAFs existentes nos municípios de Nioaque, Jardim, Guia Lopes da Laguna, Caracol, Bonito, Bodoquena e Bela Vista, através de visitas a representantes da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural – AGRAER e organizações não governamentais: Fundação Neotrópica do Brasil e o Instituto das Águas da Serra da Bodoquena – IASB.

Após visitas aos SAFs, foram selecionados cinco desses agroecossistemas, através do parâmetro de observação, considerando as seguintes características: boa diversidade de espécies arbóreas e arbustivas, combinação dessas espécies com cultivos agrícolas anuais e criação de animais, de forma simultânea, e a idade dos sistemas entre dez e quinze anos. As áreas de estudo estão localizadas sob as coordenadas geográficas aproximadas de 21°21'29,2''S e 56°35'11,9''W (Figura 1).

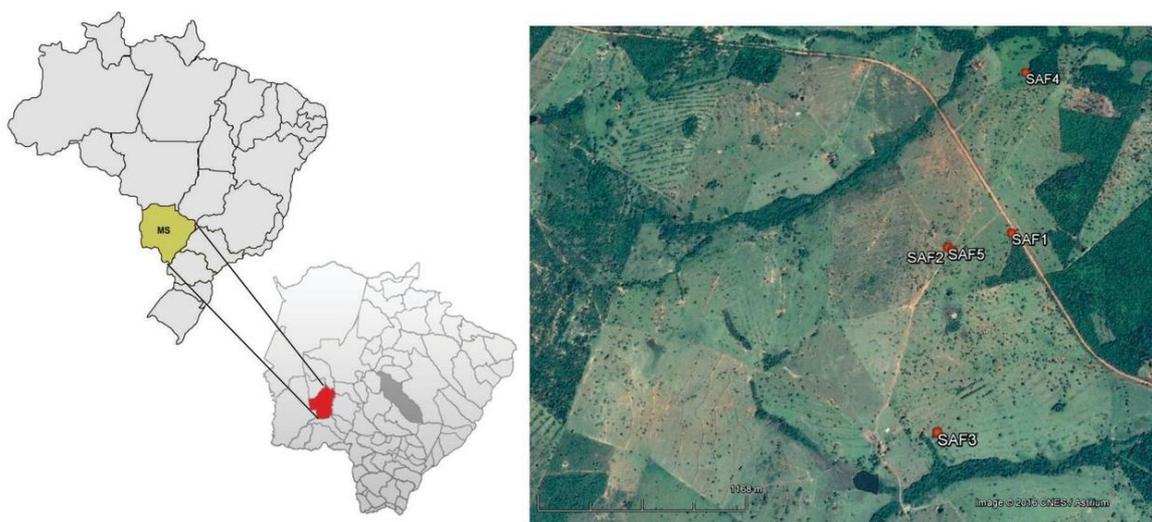


Figura 1. Mapa de Localização de sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, Centro Oeste do Brasil. Fonte: Cerdoura e Gardin (2008). Google Earth disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 15 de março de 2016.

Esses SAFs foram implantados em áreas exploradas por várias décadas com cultivos sucessivos de *Glycine max* L. (soja) e *Zea mays* (milho), utilizando-se preparo de solo convencional e também por meio de plantio direto. Nessas áreas, havia baixa diversidade vegetal e animal; o solo possuía pouca matéria orgânica; baixa capacidade de retenção de água; constatava-se escoamento superficial de água e processos de degradação, como erosões e compactação do solo, resultando em assoreamento de mananciais de água e contaminação de rios com resíduos de agroquímicos.

A implantação dos SAFs ocorreu entre 2005 e 2010. Utilizou-se esterco bovino e composto orgânico para melhorar a qualidade do solo e plantio de mudas de arbóreas e arbustivas. Foram implantados adubos verdes para cobertura e melhoria do solo, bem como sementes e mudas de espécies nativas, bem como a *Saccharum officinarum* L. (cana de açúcar) para atuar como quebra-ventos.

A iniciativa de implantação dos SAFs foi através do projeto GEF Rio Formoso como a finalidade contribuir para conservação e uso sustentável dos recursos naturais solo, água e biodiversidade e promover o controle da degradação na bacia hidrográfica do Rio Formoso, no município de Bonito, MS. Esse projeto foi viabilizado por meio de um arranjo interinstitucional composto por organizações não governamentais e instituições públicas que incentivaram a implantação dos SAFs por meio de doação de parte das mudas e sementes, bem como orientações técnicas para implantação e condução dos sistemas (Coutinho et al., 2011).

Como parte desse estudo envolvendo os SAFs selecionados, foi realizado o levantamento florístico do componente arbóreo e arbustivo com altura superior a 1,50 m, inventariado em 50 parcelas de 10 m x 10 m, as quais são distribuídas ao acaso em cada SAFs. Todos os indivíduos foram amostrados, identificados e classificados conforme Angiosperm Phylogeny Group III (Apg, 2009).

Foi coletado material botânico para posterior identificação taxonômica por meio da consulta ao banco de dados na Lista de Espécies da Flora do Brasil (Lefb, 2012; Forzza et al., 2012). As espécies não identificadas em herbário, foram coletadas e os materiais botânicos identificados e incorporados ao acervo do Herbário do Departamento de Biologia da Universidade Federal da Grande Dourados.

Para a caracterização da síndrome de dispersão das espécies, seguiram-se os critérios propostos por Van der Pijl (1982), enquadrando as espécies arbóreas e arbustivas em anemocóricas, zoocóricas e autocóricas. Também foram realizadas comparações bibliográficas, baseando-se em: Gandolfi et al. (1995), Baptista-Maria et al. (2009), Froufe e Seoane (2011), Almeida et al. (2012), Budke et al. (2014) e Picharillo et al. (2014).

Também foi feita a classificação sucessional das espécies conforme os grupos ecológicos sugeridos por Gandolfi et al. (1995) e Rocha et al. (2014), enquadrando-as em: pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e sem caracterização. A identificação foi realizada por meio de observações em campo e de pesquisa bibliográfica (Gandolfi et al., 1995; Silva et al., 2010; Prado Júnior et al., 2010; Silva et al., 2010).

A composição florística dos SAFs foi comparada com sistemas naturais da região, baseando-se em pesquisas bibliográficas (Battilani et al., 2005; Baptista-Maria et al., 2009; Zavala, 2014), a partir da similaridade florística de agrupamento, pelo Índice de Bray-Curtis (Bray; Curtis; 1957), sendo gerado um dendrograma de similaridade pelo método de UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean).

Também foi comparada com estudos realizados por Venzke et al. (2012), Pereira et al. (2013), Franco et al. (2014) e Kunz et al. (2014). As análises da composição florística e o cálculo do índice de diversidade de Shannon (H') (Brower; Zar, 1984) foram realizados com o auxílio do software FITOPAC (Shepherd, 1996).

Visando levantar informações complementares, para compreender melhor os arranjos dos agroecossistemas, foram realizadas entrevistas com os responsáveis pelos SAFs, utilizando-se um roteiro semiestruturado, contendo questões abertas (Richardson, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostrados 1496 indivíduos arbóreos e arbustivos, pertencentes a 46 famílias botânicas, com maior riqueza de espécies a Fabaceae, Anacardiaceae, Rutaceae e Myrtaceae (Tabela 1), representando 55,39%. Já, em números de indivíduos têm-se a Bignoniaceae no SAF 1, a Myrtaceae no SAF 2, a Arecaceae no SAF 3 e a Fabaceae nos SAF 4 e 5, respectivamente (Tabela 1).

Uma das mais destacáveis funções das espécies da família Fabaceae é a fixação biológica de nitrogênio, porém também atuam na ativação e regulação dos recursos naturais, manutenção da biodiversidade, entre outros processos, potencializando interações ecológicas (Battilani et al., 2005; Lopes et al., 2013; Souza et al., 2013), favorecendo a recuperação de áreas degradadas (Souza et al., 2013; Martins; Ranieri 2014).

As espécies que apresentaram maior riqueza de indivíduos são a *M. paradisiaca*, *P. guajava*, *M. indica*, *A. cuspa*, *P. dubium*, *G. americana*, *M. nigra*, *B. orellana*, *H. chrysotrichus*, *C. nucifera*, *M. umbellata* e *A. colubrina*, respectivamente, que correspondem a 41,51% (Tabela 1), e são estratégicas na produção de alimentos, geração de renda e agregação de valor (Padovan et al., 2016). Além disso, podem atrair animais silvestres, pois proporcionam habitats favoráveis para seu estabelecimento nessas áreas, devido à abundância de frutos e de sementes, que contribuem para a preservação e manutenção da biodiversidade dos biomas e o equilíbrio da cadeia alimentar (Prado Júnior et al., 2012; Pilon et al., 2013; Budke et al., 2014).

Tabela 1. Famílias e espécies com seus respectivos nomes populares, **NGH** = número de registro das espécies catalogadas no Herbário do Departamento de Biologia da Universidade Federal da Grande Dourados, síndrome de dispersão, origem e classes sucessionais catalogadas: **SD** = síndrome de dispersão: **Zo** = zoocóricas, **Na** = anemocóricas, **Au** = autocóricas; **Org** = Origem: **NA** = nativa e **EX** = exótica; **CS** = classes sucessionais: **PI** = primária, **SI** = secundária inicial e **ST** = secundária tardia e **SAF** = sistema agroflorestral.

Família	Nome científico	Nome Popular	NGH	SD	Org	CS	SAF1	SAF2	SAF3	SAF4	SAF5
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Caju	3883	Zo	NA	SI	0	3	6	9	6
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Guaritá	2110	An	NA	ST	0	0	0	5	0
Anacardiaceae	<i>Litbraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Aroeira-brava	4819	Zo	NA	PI	1	0	0	0	0
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Manga	3822	Zo	EX		6	19	11	7	6
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira-verdadeira	534	An	NA	ST	3	0	6	1	0
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira-pimenteira	5566	Zo	NA	PI	1	0	0	1	0
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Cajá-mirim	5570	Zo	NA	SI	4	3	2	1	6
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i> L.	Seriguela	5461	Zo	EX		0	3	1	0	0
Anacardiaceae	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Umbú	5571	Zo	NA	PI	0	0	0	4	0
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Peito-de-pomba	5107	Zo	NA	SI	0	1	1	0	0
Annonaceae	<i>Annona cacans</i> Warm.	Araticum-cagão	4885	Zo	NA	PI	0	0	2	1	2
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.	Graviola	5232	Zo	EX		0	0	0	0	1
Annonaceae	<i>Annona quamosa</i> L.	Fruta-do-conde	5101	Zo	EX		0	2	1	0	0
Annonaceae	<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	Biribá	4600	Zo	NA	SI	0	0	0	6	0
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth) S.F. Blake ex Pittier	Peroba	5572	An	NA	ST	0	1	6	4	35
Apocynaceae	<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K.Schum.	Chapéu/napoleão	5573	Zo	EX		0	8	0	0	0
Aquifoliaceae	<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	Erva-mate	5518	Zo	NA		19	0	0	0	0
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	Mandiocão	4806	Zo	NA	PI	0	0	1	3	0
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Pinhão	5574	Zo	NA	SI	0	2	0	0	0
Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Macaúba	5112	Zo	NA	SI	1	0	11	2	1
Arecaceae	<i>Attalea phalerata</i> Mart. Ex Spreng.	Bacuri	5113	Zo	NA	SI	0	0	3	1	0
Arecaceae	<i>Attalea speciosa</i> Mart. Ex Spreng	Babaçu	5575	Zo	NA	ST	0	1	0	0	0
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L.	Coco-gigante	5576	Zo	NA	ST	0	3	28	0	0
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> var. nana Griff.	Coco-anão	5577	Zo	NA	ST	0	0	0	1	0
Arecaceae	<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	Guariroba	5578	Zo	NA	ST	0	1	10	0	0
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	Alecrim-do-campo	5557	An	NA	PI	13	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Gymnanthemum amygdalinum</i> (Delile) Sch.Bip. exWalp.	Caferana	5579	An	EX		0	1	0	0	1
Asteraceae	<i>Lessingianthus glabratus</i> (Less.) H.Rob.	Assa-peixe	5580	An	NA	P	1	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Titbonia diversifolia</i> (Hemsl.) A.Gray	Flor-da-amazônia	5213	An	EX		3	9	0	1	0
Asteraceae	<i>Vernonanthura ferruginea</i> (Less.) H.Rob.	Assa-peixe	4710	An	NA	SI	0	0	0	1	0
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i> L.	Coité	2246	Au	EX		0	2	0	0	0
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A. DC.) Mattos	Ipê-amarelo	5581	An	NA	ST	33	0	1	2	0

Família	Nome científico	Nome Popular	NGH	SD	Org	CS	SAF1	SAF2	SAF3	SAF4	SAF5
Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê-roxo	5582	An	NA	ST	21	1	1	0	0
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-rosa	5116	An	NA	ST	0	0	3	4	13
Bignoniaceae	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	Caroba	5118	An	NA	ST	0	0	0	1	0
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê-branco	1413	An	NA	PI	0	0	1	2	0
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Colorau	5531	Zo	NA	PI	0	12	0	1	25
Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Capitão-do-campo	5122	Zo	NA	SI	0	0	0	11	0
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. Ex Steud.	Louro-pardo	5123	Zo	NA	PI	0	0	0	1	0
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Breu	5099	Zo	NA	ST	0	0	0	1	
Cactaceae	<i>Cereus hildmannianus</i> K.Schum.	Mandacará	5583	Zo	NA	PI	0	0	0	1	0
Cactaceae	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Palma	5584	Zo	NA	PI	0	0	0	1	0
Cannabaceae	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Joá-mirim	5585	Zo	NA	PI	0	0	2	0	0
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Candiúva	3804	Zo	NA	PI	2	0	0	1	1
Caricaceae	<i>Caricacpapaya</i> L.	Mamão	4893	Zo	EX		0	9	5	2	0
Caricaceae	<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC.	Jaracatiá	4800	Zo	NA	PI	0	4	0	7	1
Celastraceae	<i>Salacia elliptica</i> (Mart. Ex Schult.) G.Don	Siputá/saputá	5586	Zo	NA	SI	0	2	3	0	0
Chrysobalanaceae	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	Oiti	5587	Zo	NA	SI	1	23	0	1	0
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	Capitão-do-campo	5125	An	NA	PI	0	0	0	7	0
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L.	Sete-copas	5588	Zo	EX		0	1	0	0	0
Ebenaceae	<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.	Marmelinho-mato	5589	Zo	NA	ST	0	0	2	0	1
Ebenaceae	<i>Diospyros kaki</i> Thunb.	Caqui	5590	Zo	EX		0	0	0	0	1
Euphorbiaceae	<i>Jatropha curcas</i> L.	Pinhão-manso	5591	Au	EX		0	0	0	2	0
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Mamona	2262	Au	EX		3	0	0	3	0
Fabaceae	<i>Acacia mangium</i> Willd.	Acácia-negra	5592	Au	EX		0	1	0	0	0
Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm.	Amburana	5593	Au	NA	PI	1	2	2	1	2
Fabaceae	<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg.	Angico-do-cerrado	4864	Au	NA	PI	0	0	0	2	0
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico-branco	5130	Au	NA	SI	0	1	0	12	13
Fabaceae	<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	Pata-de-vaca	5521	Au	NA	PI	0	0	1	0	3
Fabaceae	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth	Feijão-guandu	5594	Zo	EX		0	0	1	2	2
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Pau-d'óleo	5517	Zo	NA	ST	0	0	0	8	0
Fabaceae	<i>Delonix regia</i> (Bojerex Hook.) Raf.	Flamboyan	4512	Au	EX		0	1	0	0	0
Fabaceae	<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Baru	5133	Zo	NA	SI	1	2	2	0	4
Fabaceae	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Tamboril	2548	Au	NA	PI	0	1	1	0	0
Fabaceae	<i>Erythrina variegata</i> L.	Brasileirinho	5595	Au	EX		2	0	0	1	0
Fabaceae	<i>Guibourtia hymenaeifolia</i> (Moric.) J. Léonard	Falso-jatobá	5137	Zo	NA	ST	0	0	0	5	0
Fabaceae	<i>Inga cylindrica</i> (Vell.) Mart.	Ingá-feijão	5596	Zo	NA	PI	0	0	0	1	0
Fabaceae	<i>Inga uruguensis</i> Hook. & Arn.	Ingá-do-brejo	3285	Zo	NA	SI	1	0	8	1	0
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucena	5597	Au	EX		0	0	1	0	3

Família	Nome científico	Nome Popular	NGH	SD	Org	CS	SAF1	SAF2	SAF3	SAF4	SAF5
Fabaceae	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Angico-da-mata	5091	Au	NA	ST	0	0	1	1	0
Fabaceae	<i>Peltoporum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Canafistula	5145	Au	NA	PI	1	0	4	39	1
Fabaceae	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Amendoim-bravo	5598	An	NA	SI	0	0	7	0	0
Fabaceae	<i>Samanea tubulosa</i> (Benth.) Barneby & J. W. Grimes	Sete-cascas	5599	Zo	NA	ST	0	0	0	3	0
Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarindo	5600	Zo	EX		0	5	1	1	2
Lamiaceae	<i>Vitex cymosa</i> Bertero ex Spreng.	Tarumã	5601	Zo	NA	SI	1	0	0	1	0
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Abacate	4880	Zo	EX		1	18	3	3	2
Lythraceae	<i>Punica granatum</i> L.	Romã	5602	Zo	EX		0	1	2	0	0
Malpighiaceae	<i>Malpighia emarginata</i> DC.	Acerola	5603	Zo	EX		4	24	3	1	0
Malvaceae	<i>Ceiba speciose</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	Paineira-rosa	5604	An	NA	SI	0	1	0	0	0
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutambo	5548	Zo	NA	PI	3	0	4	10	0
Malvaceae	<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	Chichá	5605	Zo	NA	SI	0	0	3	2	0
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Nim	2308	Zo	EX		0	1	1	5	0
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	4795	An	NA	SI	0	2	3	3	1
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Marinheiro	2789	Zo	NA	SI	1	1	1	0	0
Meliaceae	<i>Trichilia pallida</i> Sw	Baga-de-morcego	5161	Zo	NA	ST	0	0	0	1	0
Meliaceae	<i>Trichilia siliatica</i> C. DC.	Catiguá-branco	5132	Zo	NA	PI	0	0	1	1	0
Moraceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Jaca	5606	Zo	EX		0	9	1	2	0
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i> L.	Figueira-benjamina	5607	Zo	EX		0	0	0	0	1
Moraceae	<i>Ficus carica</i> L.	Figo	5608	Zo	EX		0	0	1	0	0
Moraceae	<i>Ficus guaranitica</i> Chodat	Figueira-branca	5163	Zo	NA	SI	0	1	0	1	0
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	Amora-brava	4327	Zo	NA	PI	0	1	0	1	0
Moraceae	<i>Morus nigra</i> L.	Amora	5609	Zo	EX		10	16	9	7	0
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringa	1994	An	EX		0	3	0	0	0
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Banana	5610	Zo	EX		0	37	8	10	84
Myrtaceae	<i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg	Guavira	5477	Zo	NA	PI	0	1	0	0	0
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalypto	5611	An	EX		0	4	6	9	0
Myrtaceae	<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	Cagaita	5612	Zo	NA	ST	18	0	1	4	0
Myrtaceae	<i>Eugenia florida</i> L.	Jamelão-do-campo	5168	Zo	NA	PI	0	2	0	2	5
Myrtaceae	<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	Jabuticaba	5613	Zo	NA	ST	0	2	3	5	1
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Goiaba	3446	Zo	NA	PI	19	36	26	8	9
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Araçá	5202	Zo	NA	PI	1	0	0	0	0
Myrtaceae	<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC.	Jamelão	5614	Zo	EX		0	9	3	1	0
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambola	5615	Zo	EX		0	0	2	1	0
Pinaceae	<i>Pinus tecunumanii</i> F. Schwerdtf. Ex Eguiluz & J. P. Perry	Pinus	5616	Au	EX		0	1	0	0	0
Poaceae	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. Ex J.C. Wendl	Brasileirinho	5617	An	EX		0	1	0	0	0
Poaceae	<i>Phyllostachys aurea</i> Rivière & C. Rivière	Bambu-mirim	5618	An	EX		1	0	0	0	0

Família	Nome científico	Nome Popular	NGH	SD	Org	CS	SAF1	SAF2	SAF3	SAF4	SAF5
Primulaceae	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Capororoca	5468	Zo	NA	PI	0	5	4	3	17
Proteaceae	<i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Betche	Macadâmia	5619	Au	EX		0	1	0	0	0
Rhamnaceae	<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	Uva-japonesa	5620	Zo	EX		0	0	0	0	1
Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	Cabriteiro	5177	Zo	NA	PI	0	1	2	6	0
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Nêspera	5621	Zo	EX		1	1	0	0	0
Rosaceae	<i>Prunus spersica</i> (L.) Batsch	Pêssego	5622	Zo	EX		0	1	5	2	2
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	3514	Zo	EX		1	6	2	1	4
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	5181	Zo	NA	ST	0	20	10	12	0
Rutaceae	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	Mamica-de-Cadela	2232	Au	NA	SI	0	0	2	5	1
Rutaceae	<i>Citrus × latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez	Limão-taiti	5623	Zo	EX		3	1	1	5	0
Rutaceae	<i>Citrus × limonia</i> (L.) Osbeck	Limão-rosa	5624	Zo	EX		3	3	2	0	1
Rutaceae	<i>Citrus aurantium</i> L.	Laranja-azedo	3814	Zo	EX		0	15	0	6	0
Rutaceae	<i>Citrus deliciosa</i> Ten.	Mexirica	5625	Zo	EX		0	0	2	0	0
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Pokã	5626	Zo	EX		3	9	7	4	6
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Laranja-pera	5627	Zo	EX		4	11	6	7	7
Rutaceae	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Murta	5628	Zo	NA	ST	0	0	0	2	0
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica-de-Porca	4766	Zo	NA	PI	1	1	2	7	0
Salicaceae	<i>Casearia rupestris</i> Eichler	Guaçatunga	5186	Zo	NA	PI	0	0	10	9	0
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Guaçatunga	5187	Zo	NA	SI	0	0	0	17	0
Sapindaceae	<i>Averrhoidium paraguayense</i> Radlk.	Maria-preta	5188	Zo	NA	SI	0	0	0	0	1
Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	Maria-mole	5190	Zo	NA	PI	0	0	0	1	0
Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Timbó	5191	An	NA	PI	0	0	0	1	0
Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Camboatá-branco	5192	Zo	NA	SI	0	0	0	2	0
Sapindaceae	<i>Melicoccus lepidopetalus</i> Radlk.	Água-pomba	5629	Zo	NA	PI	4	1	0	1	0
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Saboneteira	5630	Zo	NA	ST	0	0	1	0	0
Sapindaceae	<i>Talisia esculenta</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	Pitomba	5221	Zo	NA	SI	0	0	4	3	2
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	Aguai/Leiteiro	3345	Zo	NA	PI	0	1	0	0	0
Solanaceae	<i>Capsicum baccatum</i> L.	Pimenta-vermelha	2142	Zo	NA	PI	0	3	0	3	0
Solanaceae	<i>Cestrum strigilatum</i> Ruiz & Pav.	Anilão	1383	Zo	NA	PI	0	0	1	0	0
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i> L.	Jurubeba	5553	Zo	NA	PI	0	0	1	0	0
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Embaúba	5524	Zo	NA	PI	2	1	3	9	2
Verbenaceae	<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.	Pau-viola	5631	Zo	NA	PI	0	0	0	1	0
Verbenaceae	<i>Duranta repens</i> L.	Pingo-de-ouro	3625	Zo	EX		0	4	0	0	0

Fonte: Os Autores.

No SAF 1 o *H. chrysotrichus* destacou-se em número de indivíduos, devido ao potencial madeireiro e beleza cênica; a *M. paradisiaca* predominou no SAF 2 e 5, a qual é destinada à produção de alimentos, comercialização, produção de biomassa e atração à fauna. O *C. nucifera* destaca-se no SAF 3 e também se destina à comercialização; já a *P. dubium* sobressai no SAF 4 em função da beleza cênica e bem-estar.

A maior diversidade de famílias botânicas e espécies foi amostrado no SAF 4 (Tabela 1), sendo composto de acordo com as particularidades e características sociais, culturais, ambientais e os objetivos do agricultor. Esse aspecto reveste-se de grande importância, pois resulta em vários arranjos e formas de organização espacial e temporal das espécies, influenciando na dinâmica da sucessão vegetal (Moressi et al., 2014).

Foram amostrados nos cinco SAFs 89, 70, 68, 40 e 39 espécies, respectivamente, sendo 41% exclusiva no SAF 4 e apenas 8 espécies (5,75%) foram comuns a todos os SAF, tais como: *C. reticulata*, *C. sinensis*, *C. arabica*, *E. uniflora*, *M. indica*, *P. americana*, *P. guajava* e *T. indica* (Tabela 1), que são destinadas, principalmente, para a alimentação das famílias agricultoras e geração de renda. Os gêneros com maior riqueza são: Citrus, Annona, Ficus, Handroanthus, Spondias e Anadenanthera, os quais exercem funções para produção de alimentos e fins medicinais. O *Citrus* foi plantado por meio de mudas, o *Annona* por indivíduos regenerantes como processo inicial de restauração, predominando em florestas alteradas, corroborando com Rech et al. (2015), que avaliaram a restauração florestal.

As espécies *C. sylvestris*, *D. alata* e *M. urundeuva* representam maior riqueza nos SAF 4 e 3 (Tabela 1), e também ocorreram na Reserva Particular do Patrimônio Natural-RPPN no município de Bonito, MS (Bueno et al., 2007), área de preservação ambiental, mostrando a importância do SAF para auxiliar na manutenção e conservação do material genético das espécies florestais da região. Ressalta-se que é comum a presença de espécies nativas em SAFs localizados em regiões de clima tropical, tornando áreas com características afins a sistemas naturais, contribuindo para equilíbrio ecológico, aliado à geração de renda (Lopes et al., 2013; Moressi et al., 2014).

Foram amostradas 92 espécies nativas nos SAFs (Figura 2), pertencentes ao domínio fitogeográfico de Mata Atlântica e Cerrado (Baptista-Maria et al., 2009; Picharillo; Ogashawara, 2015). O SAF 4 tem maior número de espécies, evidenciando elevada diversidade florística, favorecendo interações ecológicas, disponibilidade de alimentos e habitat natural para a fauna. Essa riqueza de espécies contribui para a recuperação da flora nativa da região, fertilidade do solo, aumento do teor de matéria orgânica, biodiversidade em

ambientes agrícolas, equilíbrio ecológico e prestação de serviços ambientais (Dias et al., 2015; Padovan et al., 2016).

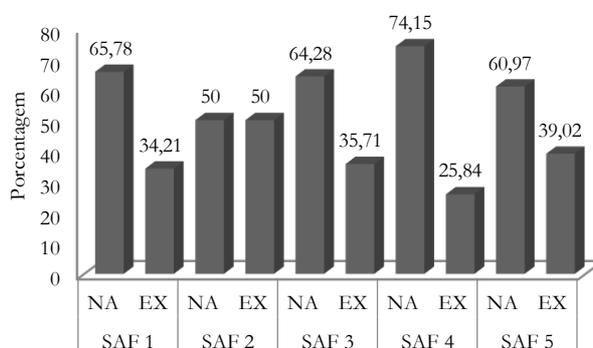


Figura 2. Porcentagem de espécies arbóreas nativas e exóticas em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste de Mato Grosso do Sul. Nativa = NA; Exótica = EX. Fonte: Os Autores.

SAFs podem recuperar áreas degradadas de Reserva Legal, segundo a Resolução nº 11, de 15 julho 2014, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul – SEMAC, que implanta e disciplina procedimentos relativos ao Cadastro Ambiental Rural e sobre o Programa MS Mais Sustentável referente ao Decreto Estadual nº 13.977, de 5 de junho de 2014, sendo:

§ 1º A recuperação de reserva legal poderá ser feita com sistema agroflorestal, observando os seguintes critérios:

I - plantio de espécies exóticas deverá ser combinado com o plantio de espécies nativas de ocorrência regional; II - área plantada com espécies exóticas não poderá exceder a 50% da área total a ser recuperada; III - número mínimo de espécies arbóreas nativas: 50 (cinquenta) espécies arbóreas de ocorrência regional, sendo pelo menos 10 (dez) zoocóricas.

Desta forma, o SAF 4 atende à legislação de Mato Grosso do Sul para recuperação de Áreas de Reserva Legal, com 66 espécies nativas e 36 exóticas, com predominância de zoocóricas (75,28%), destacando-se *M. urundeuva* (aroeira do sertão), oriunda do Cerrado e Caatinga, classificada como vulnerável na Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção (MMA, 2008a; Machado et al., 2008a). Dessa forma, a sua presença em SAFs contribui para a redução da ameaça de sua extinção (Brancaion et al., 2010).

Analisando a síndrome de dispersão, constata-se predominância da zoocoria, destacando o SAF 3 (77,14%), em seguida pela anemocoria no SAF 1 (17,94%) e autocoria que é representada por 14,63% no SAF 5 (Figura 3), indicando tendência similar às florestas tropicais, com diversidade de frutíferas, recursos alimentícios atrativos a pássaros, roedores

e mamíferos, que contribuem para o dinamismo de processos ecológicos nos agroecossistemas (Prado Júnior et al., 2012), sendo essa característica também demonstrada por Baptista-Maria et al. (2009); Froufe; Seoane (2011); Prado Júnior et al. (2012); Zama et al. (2012); Pilon et al. (2013); Budke et al. (2014). Os resultados corroboram com Duarte et al. (2016) que identificaram 44 espécies (84,62%) zoocóricas em floresta ombrófila mista em Santa Catarina.

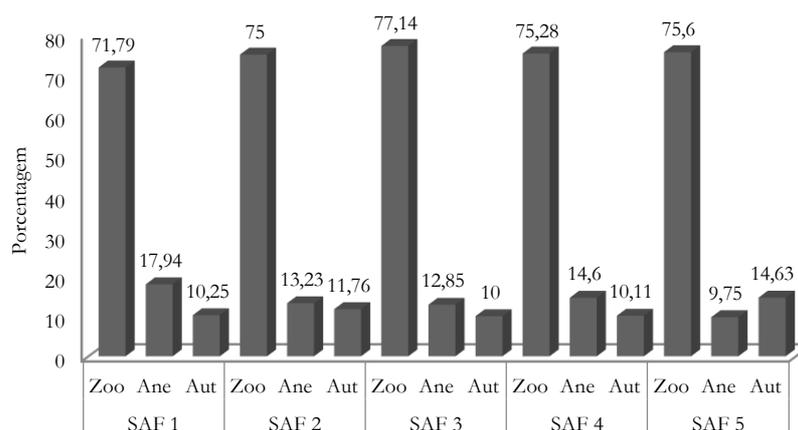


Figura 3. Espécies arbóreas classificadas por síndrome de dispersão em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste de Mato Grosso do Sul. Anemocóricas = Ane; Zoocóricas = Zoo e Autocóricas = Au. Fonte: Os Autores.

As espécies zoocóricas são importantes para a recuperação de áreas degradadas, devido ao aumento da velocidade da sucessão vegetal (Sartori et al., 2015) e as anemocóricas ocorrem em sistemas menos densos, facilitando a disseminação de sementes em função da melhor circulação de ventos (Budke et al., 2014). Corroborando com Córdoba et al. (2014) e Souza e Funch (2015), que a síndrome de dispersão subsidia futuras decisões sobre as estratégias de conservação, recuperação e manejo.

Os animais silvestres são atraídos pelas espécies de plantas zoocóricas presentes nos SAFs. Assim, a presença contínua de animais frugívoros é observada pelos entrevistados, como a anta (*Tapirus* sp.), veado (*Cervus* sp.), cotia (*Dasyprocta* sp.), lobinho (*Cerdo* sp.), macaco (*Cebus* sp.), queixada (*Tayassu* sp.), abelha mamangava (*Bombus* sp.), abelhas africanizadas (*Apis* sp.), morcego (*Chiroderma* sp.), mutum (*Crax* sp.), arara (*Anodorhynchus* sp.), seriema (*Cariama* sp.), papagaio (*Amazona* sp.), periquito (*Brotogeris* sp.), tucano (*Ramphastos* sp.). Além desses, o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga* sp.) e o tatu (*Tolypentis* sp.), que estão na Lista Oficial das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (Machado et al., 2008b; MMA, 2008b).

Analisando às classes sucessionais, as pioneiras são predominantes dentre os SAFs, destacando o SAF 1 (61,53%); em seguida pelas secundárias iniciais no SAF 3 (27,14%) e secundárias tardias que estiveram representadas por 26,96% no SAF 4 (Figura 4). Os SAFs encontram-se em estágio inicial de sucessão, com espécies regenerantes, evidenciando o processo sucessional, corroborando com Prado Júnior et al. (2010), Silva et al. (2010), Neita e Escobar (2012).

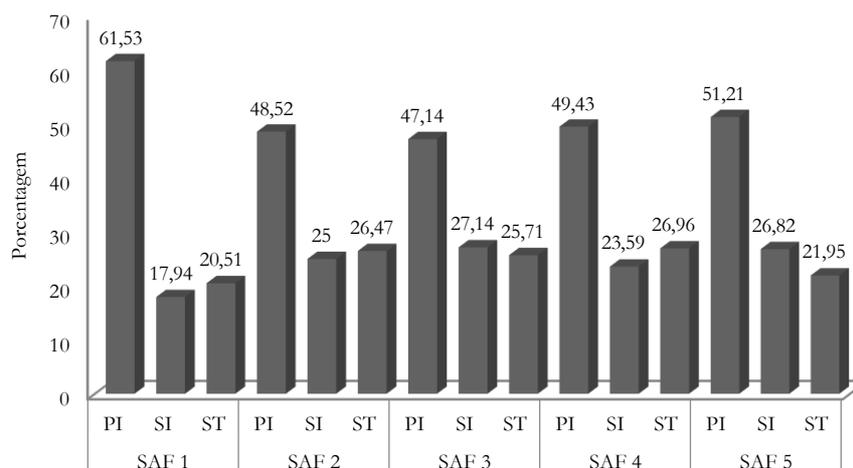


Figura 4. Espécies arbóreas e arbustivas, e as respectivas classes sucessionais em sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste de Mato Grosso do Sul. Pioneiras = PI; Secundária Inicial = SI e Secundária Tardia = ST. Fonte: Os Autores.

Essa separação em grupos ecológicos contribui para a autoecologia e, a partir daí, nortear ações de restauração florestal (Picharillo et al., 2014). Silva et al. (2010) obtiveram resultados, em Pernambuco, afins a esse estudo, com 75% de espécies em início de sucessão. Todavia a classificação sucessional pode apresentar variações, devido à variabilidade na mesma espécie, características genéticas e condições edafoclimáticas (Martins; Ranieri, 2014).

O SAF 4 apresenta mais similaridade às áreas de vegetação nativa, conforme o dendrograma de similaridade florística, devido à riqueza de espécies nativas; já o SAF 2 possui baixa similaridade, quando comparados com os demais. Ocorre dissimilaridade entre os SAFs 1 e 5 com as áreas de vegetação nativa e os demais SAFs (Figura 5). As composições florísticas afins, especialmente próximas ou inclusas na mesma bacia hidrográfica, possuem alta similaridade, devido a fatores ambientais e espaciais (Venzke et al., 2012; Franco et al., 2014; Kunz et al., 2014).

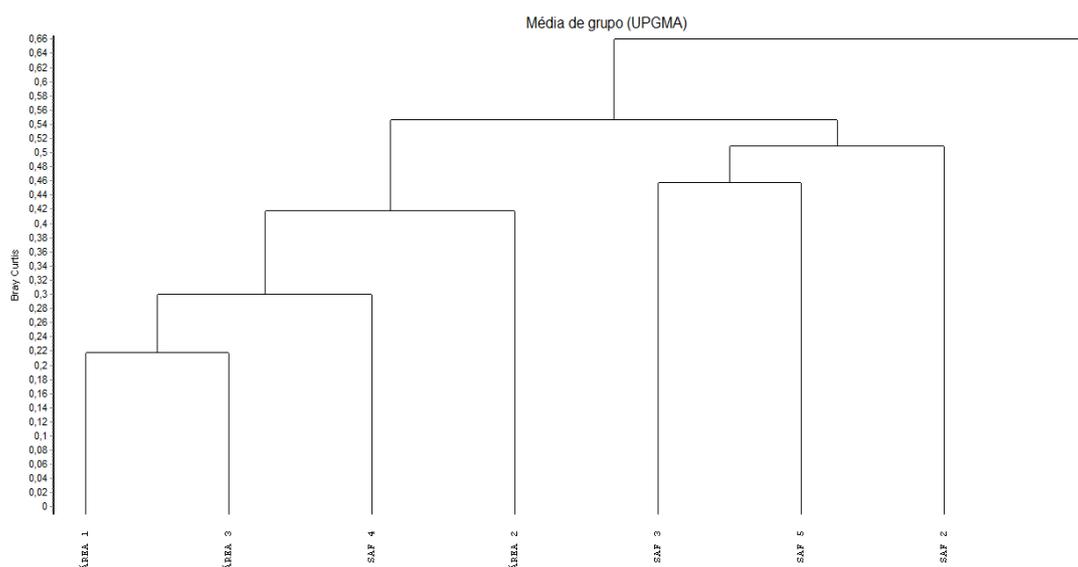


Figura 5. Dendrograma da análise florística (UPGMA) utilizando o Índice de Similaridade de Bray-Curtis para os levantamentos estruturais e florísticos em cinco SAFs, e em três áreas de vegetação nativa na região Sudoeste de Mato Grosso do Sul. Área 1 = Vegetação nativa 1; Área 2 = Veg. nativa 2; Área 3 = Veg. nativa 3. Fonte: Os Autores.

O SAF 4 possui espécies nativas encontradas por Zavala (2014) em outro SAF em Bonito, MS, bem como em mata ciliar do rio da Prata, Jardim, MS (Battilani et al., 2005) e em florestas estacionais ribeirinhas no MS (Baptista-Maria et al., 2009), distribuídas no mapa florístico da região Sudoeste do Mato Grosso do Sul: *M. urundeuva*, *A. cacans*, *A. aculeata*, *A. phalerata*, *J. cuspidifolia*, *C. trichotoma*, *A. falcata*, *J. spinosa*, *D. alata*, *P. dubium*, *P. americana* e *D. bipinnatum*.

A diversidade florística calculada, segundo o índice de Shannon (base neperiana), foi maior no SAF 4 ($H' = 4,20$), seguido do SAF 3 ($H' = 3,95$) e do SAF 2 ($H' = 3,66$), apresentando-se com menores valores os SAF 1 e 5 ($H'=3,13$) e ($H'=2,78$), respectivamente, corroborando com Baptista-Maria et al. (2009) e Zavala (2014), em áreas de vegetação nativa com $H'=3,75$ e $3,41$, respectivamente. Esses resultados mostram que o SAF 4 apresenta diversidade florística semelhante e até superior a áreas nativas na região. Os valores elevados do índice de Shannon nos SAFs ocorrem devido à alta densidade de indivíduos e diversidade de espécies nesses agroecossistemas.

Fina e Monteiro (2013) constataram em áreas de vegetações nativas e SAFs em regiões do Mato Grosso do Sul, distintos valores do índice de diversidade de Shannon, variando entre 2,58 a 3,86, evidenciando a importância dos SAFs para diversificação florística. Todavia o baixo valor do índice de Shannon é característico de florestas secundárias em estágios iniciais de regeneração (Rotmeister et al., 2015). No entanto, a

estrutura arbustivo-arbórea do Cerrado *Sensu Stricto*, no município de Aquidauana, mostrou alta diversidade ($H' = 3,86$) devido à maior uniformidade na distribuição de indivíduos e da diversidade das espécies (Fina; Monteiro, 2013).

A diferença de densidade e diversidade florística em SAFs são influenciadas pela composição dos arranjos, às características sociais e culturais de cada agricultor, bem como às condições ambientais, como: sombreamento, umidade, temperatura, variações espaciais ambientais e estágios sucessionais (Rotmeister et al., 2015).

CONCLUSÃO

Os sistemas agroflorestais biodiversos estudados possuem riqueza de indivíduos, espécies e famílias botânicas, com características afins a sistemas naturais na região.

Destaca-se, nesse estudo, o SAF 4, em função da maior densidade e diversidade florística, com espécies primárias e secundárias tardias; predominam espécies nativas zoocóricas e possui maior índice de Shannon. Há alta similaridade florística com as áreas de vegetação nativa da região, mostrando o potencial para recuperação da biodiversidade e, conseqüentemente, restauração de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida LS, Gama JRV, Oliveira FA, Carvalho JRP, Gonçalves DCM, Araújo GC (2012). Phytosociology and multiple use of forest species in a logged forest in Santo Antonio community, municipality of Santarém, Pará state. *Acta Amazonica*, 42(27): 185-194.
- APG (Angiosperm Phylogeny Group) III (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of Linnean Society*, 161(1): 05-121.
- Araújo SAC, Silva TO, Rocha NS, Ortêncio MO (2017). Growing tropical forage legumes in full sun and silvopastoral systems. *Acta Scientiarum*, 39(1): 27-34.
- Bailey K (1994). *Methods of social research*. 2 ed. Editora: New York: The Free Press, Londres. 539p.
- Baptista-Maria MVR, Rodrigues RR, Junior GD, Maria FS, Souza VC (2009). Composição florística de florestas estacionais ribeirinhas no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 23(2): 535-548.
- Battilani JL, Scremin-Dias E, Souza A (2005). Fitossociologia de um trecho da mata ciliar do rio da Prata, Jardim, MS, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 19(2): 597-608.

- Brancalion PHS, Rodrigues RR, Gandolfi S, Kageyama PY, Nave AG, Gandara FB, Barbosa LM, Tabarelli M (2010). Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. *Revista Árvore*, 34(3): 455-470.
- Bray JR, Curtis JT (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological monographs*, 27(4): 325-349.
- Brower JE, Zar JH (1984). Field and laboratory methods for general ecology. 2 ed. Editora: Dubuque: W. M. C. Brown. 226p.
- Budke JC, Athayde EA, Giehl ELH, Záchia RA, Eisinger SM (2014). Composição florística e estratégias de dispersão de espécies lenhosas em uma floresta ribeirinha, arroio Passo das Tropas, Santa Maria, RS, Brasil. *Iberingia Série Botânica*, 60(1): 17-24.
- Bueno ML, Resende UM, Ranier TG (2007). Levantamento florístico nas trilhas turísticas da RPPN São Geraldo. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(2): 189-191.
- Cerdoura KB, Gardin C (2008). Conhecendo o Município de Bonito, MS através do Olhar de seus Habitantes: Paisagens, Lugares e a Valorização da Experiência. In: Encontro Nacional da Anppas, Brasília, DF. 1-195p.
- Córdula E, Morim MP, Alves M (2014). Morphology of fruits and seeds of Fabaceae occurring in a priority area for the conservation of Caatinga in Pernambuco, Brazil. *Rodriguésia*, 65(2): 505-516.
- Coutinho HLC, Garcez AJS, Gimenes PS, Inácio CT, Seidel ER, Costa Junior ED, Cardoso S, Hernani LC, Mauro RA, Silva MP (2011). *Promoção da transição agroecológica em Bonito, MS* (Projeto GEF Rio Formoso). Embrapa Solos, Documentos, 138(2): 1-21.
- Dias IP, Costa BC, Almeida JF, Tourinho MM (2015). Avaliação da estimativa de fixação de carbono em sistemas agroflorestais na região amazônica. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10(2): 07-10.
- Duarte E, Machado FD, Santos GN, Farias KJ, Fernandes C, Higuchi P, Silva AC, Vieira F, Amaral RS, Aguiar V, Walter FF, Mores B, Reis MA (2016). Síndromes de dispersão de espécies arbóreas regenerantes em uma floresta ombrófila mista, Santa Catarina. *Revista Latinoamericana Ambiente e Saúde*, 1(1): 61-70.
- Ferreira DC, Pompeu GSS, Fonseca JR, Santos JC (2014). Sistemas agroflorestais comerciais em áreas de agricultores familiares no município de Altamira, PA. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 9(3): 104-116.
- Forzza RC, Leitman PM, Costa AF, Carvalho JRAA, Peixoto AL, Walter BMT, Bicudo C, Zappi D, Costa DP, Lleras E, Martinelli G, Lima HC, Prado J, Stehmann JR, Baumgratz JFA, PIRANI JR, Sylvestre L, Maia LC, Lohmann LG, Queiroz LP, Silveira

- M, Coelho MN, Mamede MC, Bastos MNC, Morim MP, Barbosa MR, Menezes M, Hopkins M, Secco R, Cavalcanti TB, Souza VC (2012). Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, RJ, Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012>>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- Froufe LCM, Seoane CES (2011). Levantamento fitossociológico comparativo entre sistema agroflorestal multiestrato e capoeiras como ferramenta para a execução da reserva legal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 31(67): 203-225.
- Franco BKS, Martins SV, Faria PCL, Ribeiro GA, Neto AM (2014). Extrato de regeneração natural de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual, *Revista Árvore*, 38(1): 31-40.
- Fina BG, Monteiro R (2013). Análise da estrutura arbustivo-arbórea de uma área de cerrado *sensu stricto*, município de Aquidauana-Mato Grosso do Sul. *Revista Árvore*, 37(4): 577-585.
- Gandolfi S, Leitão Filho HF, Bezerra CLF (1995). Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, 55(4): 753-767.
- Imasul – Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (2014). Decreto nº 13.977, de 5 de Junho de 2014. Republicado no Diário Oficial nº 8.707, de 3 de julho de 2014. Disponível em: <https://www.imasul.ms.gov.br/legislacao-ambiental/decretos/>. Acesso em 04/05/2020.
- Kunz SH, Moreau J, Spadeto C, Martins SV, Stefanello D, Ivanauskas NM (2014). Estrutura da comunidade arbórea de trecho de Floresta Estacional Sempre-Verde e similaridade florística na Região Nordeste do Mato Grosso, Brasil. *Floresta e Ambiente*, 21(4): 429-440.
- Jeromini TS, Mota LHS, Scalon SPQ, Dresch DM, Scalon LQ (2018). Effects of substrate and water availability on the initial growth of *Alibertia edulis* Rich. *Floresta*, 49(1): 089-098.
- Lefb-Lista de Espécies da Flora do Brasil (2012). Jardim Botânico do Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012>>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- Lopes RMF, Freitas VLO, Barbosa PMM (2013). Structure of the tree component in areas of Cerrado in São Tomé das Letras, MG. *Revista Árvore*, 37(5): 801-813.
- Machado ABM, Drummond GM, Paglia AP (2008a). *Livro vermelho da flora brasileira ameaçada de extinção*. 1 ed. Editora: Ministério do Meio Ambiente-MMA, Brasília, DF, 1100p.

- Machado ABM, Drummond GM, Paglia AP (2008b). *Livro vermelho da Fauna brasileira ameaçada de extinção*. 1 ed. Editora: Ministério do Meio Ambiente-MMA, Brasília, DF: 1420p.
- Machado NG, Aquino BG, Neves GAPC (2014). Espécies nativas de plantas frutíferas em uma área de Cerrado em Mato Grosso, Brasil. *Revista Monografias Ambientais*, 13(3): 3306-3315.
- Martins TP, Ranieri VEL (2014). Sistemas agroflorestais como alternativa para as reservas legais. *Ambiente e Sociedade*, 17(3): 79-96.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente/Brasil) (2008a). *Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção*. Portaria 6, de 23 de setembro de 2008. Diário Oficial da União, 185 ed. seção 1, 200p.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente/Brasil) (2008b). *Lista oficial das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção*. Instrução Normativa nº 3, de 27 de maio de 2003, do Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, 185 ed. seção 1, 75–83p.
- Moressi M, Padovan MP, Pereira ZV (2014). Seed bank as indicator of restoration in multistrata agroforestry systems in southwestern of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Revista Árvore*, 38(6): 1073-1083.
- Montagnini F, Cusack D, Petit B, Kanninen M (2008). Environmental Services of Native Tree Plantations and Agroforestry Systems in Central America. *Journal of Sustainable Forestry*, 21(1): 51-67.
- Nair PKR (1985). Classification of agroforestry systems. *Agroforestry systems*, 3(1): 97-128.
- Neita JC, Escobar F (2012). The potential value of agroforestry to dung beetle diversity in the wet tropical forests of the Pacific lowlands of Colombia. *Agroforestry Systems*, 85(1): 121-131.
- Padovan MP, Pereira ZV, Nascimento JS, Fernandes SSL, Alves JC (2016). Potencial de sistemas agroflorestais biodiversos em processos de restauração ambiental. *Cadernos de Agroecologia*, 11(5): 1-11.
- Pereira CN, Maneschy RQ, Oliveira PD, Oliveira IKS (2013). Caracterização de quintais agroflorestais no Projeto de Assentamento Belo Horizonte I, São Domingos do Araguaia, Pará. *Revista Agroecossistemas*, 2(1): 73-81.
- Picharillo C, Ogashawara I (2015). Análise multitemporal da expansão turística e os seus reflexos nas mudanças da cobertura do solo do município de Bonito-MS, Brasil. *Boletim de Geografia*, 33(2): 47-59.

- Picharillo PT, Ogashawara LS, Cardoso-Leite E, Castello ACD, Coelho S, Kortz AR, Villela FNJ, Koch I (2014). Structure, floristic composition and successional characterization of fragments of Semideciduous Seasonal Forest in Southeast Brazil. *Revista Árvore*, 38(5): 799-809.
- Pilon L, Natashi A, Durigan G (2013). Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de cerrado. *Scientia Forestalis*, 41(99): 389-399.
- Pinheiro RT, Marcelino DG, Moura DR (2018). Espécies arbóreas de uso múltiplo e sua importância na conservação da biodiversidade nas áreas verdes urbanas de Palmas, Tocantins. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 49(1): 264-282.
- Prado Júnior JA, Lopes SF, Schiavini I, Vale VS, Oliveira AP, Gusson AE, Dias Neto OC, Stein M (2012). Fitossociologia, caracterização sucessional e síndromes de dispersão da comunidade arbórea de remanescente urbano de Floresta Estacional Semidecidual em Monte Carmelo, Minas Gerais. *Rodriguésia*, 63(3): 289-299.
- Rech CCC, Silva AC, Higuchi P, Schimalski MB, Pscheidt F, Schmidt AB, Ansolin RD, Bento MA, Missio FF, Loebens R (2015). Evaluation of Forest Restoration in a degraded Permanent Preservation Area in Santa Catarina State, Brazil. *Floresta e Ambiente*, 2(22): 194-203.
- Richardson RJ (2012). *Pesquisa social: métodos e técnicas*. 3. ed. ver e ampl. 14. reimp. São Paulo: Atlas. 112 p.
- Rocha GP, Fernandes LA, Cabacinha CD, Lopes IDP, Ribeiro JM, Frazão LA, Sampaio RA (2014). Characterization and carbon storage of agroforestry systems in brazilian savannas of Minas Gerais, Brazil. *Ciência Rural*, 44(7): 1197-1203.
- Rotmeister K, Raymundo D, Ribeiro JHC, Fonseca CR, Almeida VC, Carvalho FA (2015). Estrutura e diversidade da regeneração florestal na nascente do Córrego São Pedro, Juiz de Fora, MG. *Revista Agrogeoambiental*, 7(4): 59-69.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2013). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3 ed. Editora: Embrapa solos. Rio de Janeiro: Embrapa Produção de informação, 306 p.
- Sartori RA, Carvalho DA, Berg EVD, Sá JJG, Marques M, Santos RM S (2015). Structural and floristic variations of the arboreal component of a montane semideciduous forest in Socorro, SP. *Rodriguésia*, 66(1): 33-49.
- Shannon CEA (1948). Mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(1): 379-423.

- Shepherd GJ (1996). *Fitopac 1: manual do usuário*. 1 ed. Editora: Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Botânica, 96 p.
- Silva RKS, Feliciano ALP, Marangon LC, Lima RBA (2010). Florística e sucessão ecológica da vegetação arbórea em área de nascente de um fragmento de Mata Atlântica, Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5(4): 550-559.
- Somarrriba E (1992). Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agroforestry Systems*, 19(3): 233-240.
- Souza IM, Funch LS (2015). Phenology and pollination and dispersal modes of Fabaceae in a riparian forest, Chapada Diamantina, Northeastern Brazil. *Sitientibus série Ciências Biológicas*, 15(1): 1-10.
- Souza PB, Meira Neto JAA, Souza AL (2013). Diversity and phytosociological structure of a topographic gradient in Seasonal Semideciduous Forest of Mata Mumbaça, MG. *Cerne*, 19(3): 489-499.
- Van Der Pijl L (1982). *Principles of dispersal in higher plants*. 3 ed. Berlin: Springer-Verlag. 77 p.
- Venzke TS, Ferrer RS, Costa MAD (2012). Floristic and Similarity Analysis of Tree Species in "Mata da Praia do Totó", Pelotas, Rio Grande do Sul State, Brazil. *Ciência Florestal*, 22(4): 655-668.
- Zama MY, Bovolenta YR, Carvalho ES, Rodrigues DR, Araujo CG, Sorace MAF, Luz DG (2012). Floristic composition and diaspore dispersal syndromes of shrubs and tree species in Parque Estadual Mata São Francisco, Paraná State, Brazil. *Hoehnea*, 39(3): 369-378.
- Zavala CBR, Silva EP, Abreu ACG, Freitas CAB, Padovan MP (2014). Análise de viabilidade e implantação de um sistema agroflorestal em Bonito, região Sudoeste de Mato Grosso do Sul. *Cadernos de Agroecologia*, 9(4): 1-10.

Capítulo III

Reguladores vegetais no crescimento e desenvolvimento de plantas cultivadas *in vitro*

Recebido em: 22/04/2020

Aceito em: 27/04/2020

 10.46420/9786599064159cap3

Cristiano Pereira da Silva^{1*} 

Margareth Ferreira Pistori²

Rony Carlos Barcelos Blini³

Aparecida Penha Lima de Santana⁴

INTRODUÇÃO

As plantas são organismos multicelulares complexos, necessitando para o seu desenvolvimento ordenado um eficiente meio de comunicação entre os órgãos, tecidos e células via simplasto e/ou apoplasto. Para coordenar suas atividades, as células da planta devem ser capazes de se comunicar, frequentemente, a diferentes distâncias (Castro e Vieira, 2012). Os principais meios de comunicação intercelular são os hormônios, mensageiros químicos primários que carregam a informação entre células e, desta forma, coordenam o seu crescimento e desenvolvimento. O desenvolvimento da planta é regulado por cinco principais classes de hormônios: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico (Petri et al., 2016).

O desenvolvimento e o crescimento das plantas são regulados por fatores endógenos e externos. Os fatores endógenos são ativos não somente a nível celular e molecular, afetando os processos metabólicos via transcrição e tradução, mas também têm a função de coordenação do organismo como um todo, realizada por meio dos hormônios vegetais (Taiz; Zeiger, 2017). Os hormônios e reguladores vegetais são substâncias essenciais para os processos fisiológicos que promovem a formação de novos tecidos e conseqüentemente a formação das raízes, folhas, flores, frutos e sementes (Castro e Vieira, 2012; Petri et al., 2016).

¹ Departamento de Agronomia. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Rodovia Graziela Maciel Barroso, Km 12 Zona Rural, Cep: 79200-000. Aquidauana. Mato Grosso do Sul. Brasil.

² Departamento de Ciências Naturais. Secretaria Municipal de Educação e Cultura (SEMEC). Rua Alexandre Costa, 130 - Centro, Cep. 79640-110. Três Lagoas. Mato Grosso do Sul. Brasil.

³ Departamento de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Av. Cap. Olinto Mancini, 1662 - Centro. Cep. 79600-080. Três Lagoas. Mato Grosso do Sul. Brasil.

⁴ Departamento de Ciências Naturais. Centro Estadual de Educação Profissional CEEP Hércules Maymone. Av. Joaquim Murtinho 2612 - Itanhangá Park, Cep. 79003-020. Campo Grande. Mato Grosso do Sul. Brasil.

* Autor de correspondência e-mail: cpsilva.cetec@gmail.com.

Existem algumas diferenças e conceitos sobre reguladores de crescimento vegetal, hormônios e estimulante de crescimento vegetal. Os hormônios vegetais, ou fitormônios, são substâncias orgânicas que desempenham a principal função no regulamento do crescimento (Raven et al., 2012). Já, os reguladores vegetais são substâncias sintetizadas exogenamente e, quando aplicadas nas plantas possuem ações similares aos compostos vegetais conhecidos. Os retardadores ou reguladores vegetais são compostos sintéticos, que retardam a alongação e a divisão celular no meristema subapical (Taiz; Zeiger, 2017).

Estas substâncias são sinalizadoras, responsáveis por efeitos marcantes no desenvolvimento das plantas, atuando em concentrações bastante pequenas (Ecco et al., 2019). São substâncias que desencadeiam as respostas fisiológicas nas plantas, como o desenvolvimento ou a inibição da formação de tecidos e órgãos vegetais, podendo atuar sozinhas ou em conjunto com outros grupos de substâncias, compondo o balanço hormonal (Silva et al., 2013; Fagan et al., 2015).

Taiz e Zeiger (2017) destacam os cinco principais grupos de reguladores vegetais mais utilizados nos diferentes sistemas de produção vegetal, como as auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico e etileno.

As auxinas naturais e sintéticas estimulavam o alongamento celular, crescimento dos tecidos vegetais e conseqüentemente a divisão celular, na formação de novas massas celular, promovendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Hartmann et al., 2012; Taiz; Zeiger, 2017). As auxinas contribuem em muitos outros processos fisiológicos nas plantas, como: a) induz a formação de raízes em estacas, promove a cicatrização de lesões nos tecidos, induz o alongamento e crescimento celular e tecidual; induz a divisão celular em tecidos na formação de calos (tecidos diferenciados que podem resultar na formação de raízes) principalmente na presença de outro regulador de crescimento, as citocininas; promove a formação de raízes laterais em superfícies cortadas de caules; Induz o crescimento de frutos partenocárpico; Induzi a brotação de folhas próximo das gemas, induz na produção de etileno, por exemplo (Fagan et al., 2015).

As giberelinas são um grupo de hormônios envolvidos na regulação da germinação de sementes, expansão foliar, florescimento e desenvolvimento de frutos. Há nível celular, as giberelinas estimulam o alongamento e a divisão celular, porém associadas a indução floral, germinação e frutificação (Almeida e Rodrigues, 2016). Dentre as principais funções das giberelinas, destacamos o estímulo, alongamento e a divisão celular, na frutificação, germinação de sementes, iniciação floral e determinação do sexo. A giberelina endógena (GA₁) está relacionada com a estatura e controle do crescimento do caule (Almeida e

Rodrigues, 2016). Uma das mais importantes propriedades fisiológicas das giberelinas está na indução da floração nas plantas mantidas em condições não indutivas. (Almeida; Rodrigues, 2016; Ecco et al., 2019).

As citocininas são sintetizadas com maior intensidade na extremidade das raízes. Sua translocação se dá via xilema. Movimenta-se das raízes para as folhas e extremidades dos ramos em crescimento. Entre as principais funções fisiológicas estão a divisão celular, o crescimento das células, o aumento da frutificação efetiva, o retardamento da entrada em senescência e a inibição do desenvolvimento de raízes (Ecco et al., 2019). Outros processos fisiológicos estão associados à citocininas, como a mobilização de nutrientes, a dominância apical, a formação e a atividade dos meristemas apicais, a germinação de sementes e a quebra da dormência de gemas. As citocininas estão associadas a diferenciação dos cloroplastos, o desenvolvimento do metabolismo autotrófico e a expansão de folhas e cotilédones (Taiz e Zeiger, 2017).

No que diz respeito à procura por tecnologias consideradas produtivas, foram alcançados, no mundo, avanços altamente significativos como a micropropagação de plantas ou cultivo *in vitro* (Albuquerque et al., 2016). O cultivo *in vitro* permite o crescimento e multiplicação de células, tecidos, órgãos ou partes de órgãos de uma planta, sobre um meio nutritivo e em condições assépticas e controladas (iluminação e temperatura). Esta técnica se baseia principalmente no aproveitamento da totipotência das células vegetais, como a organogênese ou embriogênese somática (Silva, 2017).

Entre as vantagens de sua utilização, estão as possibilidades de se obter várias plantas a partir de um único explante inicial, independentemente de condições climáticas; redução do tempo e da área necessária à propagação da espécie; melhores condições sanitárias por meio do cultivo de meristemas previamente tratados por termoterapia, para eliminação de doenças; reprodução do genótipo da planta-mãe, geralmente com fidelidade durante a multiplicação e a propagação vegetativa de espécies difíceis de serem propagadas por outros métodos (Cid; Teixeira, 2010; Moura et al., 2014; Pêgo et al., 2014; Carvalho et al., 2016; Gonçalves et al., 2018; Winhelmann et al., 2019). O presente trabalho tem como objetivo apresentar e discutir os efeitos dos reguladores vegetais no desenvolvimento e crescimento *in vitro* de propágulos de plantas frutíferas.

O presente trabalho é resultado de revisões de literatura e do acompanhamento de experimentação em laboratórios de micropropagação de plantas. Recomenda-se que os propágulos (gemas, brotos ou meristemas) de plantas frutíferas, na qual se deseja micropropagar, sejam separados dos ramos apicais de plantas matrizes com diferentes

tamanhos distintos (geralmente 0,5cm e 1cm de comprimento) recomendados por pesquisadores que atuam em Biotecnologia de Plantas.

Em seguida, regiões meristemáticas ou brotos devem ser tratados com fungicidas e bactericidas (tratamento fitossanitário) para a desinfestação dos explantes. O processo de desinfestação dos propágulos constituiu-se de seis etapas realizadas sucessivamente, como segue: 1) lavagem em água com detergente comercial (2 gotas/100mL) durante 2 minutos; 2) imersão em solução de álcool 70% por 10 segundos; 3) imersão dos segmentos caulinares em solução de hipoclorito de sódio a 1% acrescido de detergente (2 gotas/100mL) por 10 minutos; 4) três lavagens em água; 5) imersão em solução de bicloreto de mercúrio (HgCl_2) a 0,1%, durante um período de cinco minutos; 6) seis lavagens consecutivas em água sob agitação constante. Todos os explantes são submetidos ao mesmo processo de desinfestação de acordo com as recomendações técnicas (Schwalbert, et al., 2014).

Após o processo de desinfecção é recomendado o início do processo de implantação dos propágulos (meristemas) ou brotos no meio de crescimento (meio MS (Murashige; Skoog, 1962) com concentração de sais e reguladores de crescimento, como a auxina (ácido indolbutírico AIB), giberelinas (GA_3) e citotininina (zeatina CK). O meio MS (Murashige; Scoog, 1962) é o mais recomendado e utilizado nos dias atuais, contendo micro e macronutrientes, água, vitaminas e substâncias co-fatoras como cobre, boro, ferro, cálcio e magnésio etc. Recomenda-se que os meios de MS são acrescidos de 30gL^{-1} de sacarose, 100mgL^{-1} de mio-inositol e 7gL^{-1} de ágar. O pH dos meios de culturas devem ser ajustados para 5,7 a 5,8 antes da autoclavagem. Os meristemas e brotos devem ser mantido em sala de crescimento sob temperatura controlada (média recomendada $25\pm 2^\circ\text{C}$, fotoperíodo de 14 a 16 horas de luz e intensidade luminosa de 30 a $35\mu\text{mol m}^{-2\text{s}}^{-1}$ fornecida por lâmpadas fluorescentes branca-frias. É utilizado análises estatísticas com Delineamento Inteiramente Casualizado, com 4 repetições. As médias são comparadas com testes estatísticos como Duncan ou Tukey a 5% de probabilidade em programas como o SISVAR (Ferreira, 2000).

De acordo com levantamentos bibliográficos as auxinas e citocininas contribuem para o aumento do número de brotos (folhas jovens), número e comprimento das raízes. Às auxinas e citocininas proporcionam o crescimento das plantas, devido à divisão celular e o alongamento dos tecidos. Geralmente recomenda-se as concentrações entre 1mg.L^{-1} e 2mg.L^{-1} AIB e CK, com um tempo médio de 30 e 60 dias em sala de crescimento (Tabela 1 e 2). Estas informações foram observadas por Dezan et al. (2012), Schwalbert et al. (2014) e Campos et al., (2019) onde descrevem os efeitos positivos da atuação das auxinas e

citocininas no desenvolvimento de brotos (folhas) e raízes em diferentes espécies de plantas que trabalharam.

Raven et al. (2012) citam que as principais funções da auxina é a regulação e promoção de crescimento por alongamento de caules e folhas novas, atuando na divisão e no alongamento celular, formando novos tecidos nas plantas. A auxina desempenha um papel na diferenciação de tecidos vasculares. Além disso, a auxina atua na regulação de dominância apical, diferenciação vascular, formação de gemas florais e desenvolvimento de frutos (Castro; Vieira, 2012).

Soares et al. (2012) trabalhando com micropropagação de maracujá silvestre (*Passiflora foetida* L.) avaliaram o número de brotações, comprimento e diâmetro das plântulas, número de calos número médio de gemas axilares, relatam que o meio MS acrescido por $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ de BAP (6-Benzilaminopurina) mantidos sob um fotoperíodo de 16h/8h (luz/escuro) à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, apresentam ótimos resultados na obtenção de mudas nas variáveis estudadas, porém com um tempo médio de 180 dias. Os autores destacaram a importância do regulador vegetal (BAP) mostrou-se eficiente e deve ser utilizado para a conservação e propagação vegetativa da espécie.

Assim como observado neste trabalho, Santos et al. (2010) destacam que o ácido giberélico (GA_3) não contribuiu na formação de brotos e raízes, quando acrescentados em meio MS contendo 30 g L^{-1} de sacarose, em tubos de ensaio e suplementado com zero, 20 ou 40 mg L^{-1} de GA_3 . Segundo os mesmos autores a micropropagação de maracujá-do-sono (*Passiflora setacea* DC) as concentrações do regulador vegetal não contribuíram para o desenvolvimento das plantas, mas destacaram a importância da $28,51$ e $28,74 \text{ g L}^{-1}$ de sacarose e apenas a dose 20 mg L^{-1} de (GA_3) não inibiu o desenvolvimento das plantas.

Segundo Mercier (2012) e Ecco et al. (2019) as auxinas são substâncias essenciais no desenvolvimento de plantas, pois promovem modificações na parede celular durante o processo de divisão celular, permitindo a extensibilidade da célula, estimula o alongamento celular e a formação de novos tecidos. Podem também estimular várias respostas fisiológicas quando utilizadas na indução de raízes, folhas, gemas axilares ou apicais, embriões e calos. Conforme apresentado na tabela 01 e 02, as auxinas e citocininas atuam diretamente no desenvolvimento de tecidos e células meristemáticas, atuando fortemente na divisão celular, diferenciação celular, desenvolvimento de caules e folhas, na quebra da dominância apical, na formação de brotos, crescimento das raízes (Lima et al., 2016).

Tabela 1. Suplementação do meio de cultura Murashige e Skoog (1962) com reguladores vegetais auxinas, ácido indolbutírico (AIB), giberelina (GA₃) e citocinina (CK zinetina) no vigor das mudas de *Passiflora alata* micropropagadas em 30 dias.

Tratamento	Número de Brotos (×)	Número de raízes (×)	Comprimento das raízes (cm)
MS (Controle)	2,5 d	2,3 d	1,8 d
MS + 1mg.L ⁻¹ AIB	3,9 c	3,2 c	3,8 c
MS + 2mg.L ⁻¹ AIB	4,8 b	5,0 b	4,5 b
MS + 1mg.L ⁻¹ CK	3,5 c	3,8 c	4,2 b
MS + 2mg.L ⁻¹ CK	4,7 b	4,6 b	4,8 b
MS + 1mg.L ⁻¹ GA ₃	3,4 c	4,3 b	3,2 c
MS + 2mg.L ⁻¹ GA ₃	3,3 c	4,8 b	3,7 c
MS + 1mg.L ⁻¹ AIB + 1mg.L ⁻¹ CK	5,6 a	5,8 a	5,2 a
MS + 2mg.L ⁻¹ AIB + 2mg.L ⁻¹ CK	5,8 a	6,3 a	5,5 a
MS + 1mg.L ⁻¹ AIB + 1mg.L ⁻¹ GA ₃	3,4 c	3,7 c	3,8 c
MS + 2mg.L ⁻¹ AIB + 2mg.L ⁻¹ GA ₃	3,6 c	3,9 c	3,6 c
CV (%)	8,9	9,2	7,8

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Os autores Silva e Corrêa (2004)

A técnica de propagação *in vitro* possibilita a obtenção de um elevado número de mudas em um curto espaço de tempo, pois as plântulas são cultivadas em tubos de ensaios ou potes de vidros vedados esterilizados, onde permanecem em sala de crescimento e rapidamente formam novas plantas geneticamente idênticas, que poderão ser comercializadas para inúmeros produtores que buscam cultivares homogêneos e uniformes.

Faria et al. (2007) trabalhando com a mesma espécie utilizado neste trabalho, maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) descrevem que o meio de cultura MS proporcionou o desenvolvimento das microplantas, independentemente da concentração do regulador vegetal. Destacaram que nos tratamentos foi observada a oxidação dos explantes o que dificultou o vigor das plantas, com comportamento crescente para comprimento das brotações e número de raízes ao longo do período de avaliação, com folhas de coloração verde mais intenso, principalmente nos meios MS com o dobro da concentração de sacarose (30 gL⁻¹) diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Neste sentido, o uso da auxina e citocininas estimularam a maior produção de parte aérea e raízes neste trabalho, proporcionando do aumento número de gemas e apicais e formação de calos (regiões meristemáticas) após 60 dias. Estes resultados observados estão de encontro com Taiz e Zeiger (2017), Lima et al. (2016) onde descrevem que a citocinina promove a divisão celular, o crescimento das células e o do desenvolvimento de raízes. A auxina e a citocinina promovem juntos o desenvolvimento de caules, a formação de brotos,

crescimento da raiz, capacidade de multiplicidade de brotos. Auxina promove a promoção de crescimento e alongamento de caules, atua no alongamento inibição de raízes (em função da concentração) e na iniciação do crescimento de raízes laterais. A auxina desempenha um papel na diferenciação de tecidos vasculares (Raven et al., 2012).

Isto deve-se as regiões meristemáticas e aos reguladores vegetais, que promovem intensa divisão celular (Hartmann et al., 2012). Ferreira et al. (2020) trabalhando com micropropagação de mudas de maracujazeiro variedades com interesse comercial, como a 'BRS Mel do Cerrado' destacaram que o uso de 6-benzilaminopurina (BAP) adicionado ao meio de cultura promoveu a brotação dos explantes, não havendo diferença significativa entre as concentrações do fitorregulador para número e comprimento de brotos. A adição de BAP e consequentemente o aumento das concentrações (0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 mg L⁻¹) no meio de cultura MS, proporcionou aumento da produção de massa fresca (vigor) das plantas de maracujazeiro 'BRS Mel do Cerrado'.

Tabela 2. Suplementação do meio de cultura Murashige e Skoog (1962) com reguladores vegetais auxinas, ácido indolbutírico (AIB), giberelina (GA₃) e citocinina (CK zinetina) no vigor das mudas de *Passiflora alata* aos 60 dias.

Tratamento	Número de Brotos (×)	Número de raízes (×)	Comprimento da planta (cm)
MS (Controle)	4,5 d	3,3 d	3,3 d
MS + 1mg.L ⁻¹ AIB	5,3 c	4,2 c	4,8 c
MS + 2mg.L ⁻¹ AIB	5,7 c	4,6 c	4,9 c
MS + 1mg.L ⁻¹ CK	6,5 b	4,8 c	5,5 b
MS + 2mg.L ⁻¹ CK	6,8 b	5,6 b	5,8 b
MS + 1mg.L ⁻¹ GA ₃	5,4 c	5,5 b	4,4 c
MS + 2mg.L ⁻¹ GA ₃	5,7 c	5,7 b	4,9 c
MS + 1mg.L ⁻¹ AIB + 1mg.L ⁻¹ CK	7,5 a	6,8 a	6,5 a
MS + 2mg.L ⁻¹ AIB + 2mg.L ⁻¹ CK	7,8 a	7,4 a	7,2 a
MS + 1mg.L ⁻¹ AIB + 1mg.L ⁻¹ GA ₃	5,8 c	4,7 c	4,6 c
MS + 2mg.L ⁻¹ AIB + 2mg.L ⁻¹ GA ₃	5,6 c	4,9 c	4,9 c
CV (%)	10,2	11,5	10,5

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Os autores Silva e Corrêa (2004)

Alguns trabalhos evidenciam que as auxinas como o ácido indolbutírico (AIB) e a citocinina (zeatina-CK ou BAP) promovem a multiplicação dos tecidos meristemáticos, enquanto, que tratamentos em que se utilizou ácido giberélico (GA₃), os resultados não são positivos quando comparados aos demais reguladores vegetais, indo de encontro com as citações de Lacerda et al., (2008) e Murillo-Gómez et al., (2014) que destacam os efeitos com o regulador vegetal (GA₃). Assim como ocorrido com Bakhtiar et al., (2016) que ao

trabalharem como micropropagação de plantas, não obtiveram resultados significativos utilizando 6-benzilaminopurina (BAP), na menor ($0,5 \text{ mg L}^{-1}$) e na maior ($1,5 \text{ mg L}^{-1}$) concentração, tendo produção de menos brotações e, por consequência, menor crescimento da parte aérea.

Nos testes de suplementação do meio de cultura MS com reguladores de crescimento, geralmente obtemos o crescimento e desenvolvimento das gemas apicais tanto da parte aérea como radicular, sendo poucos os estudos e a utilização das giberelinas que reduzem e inibem a divisão celular na formação de brotos e raízes.

Para o número de brotos a combinação MS + auxina AIB e GA_3 , não contribuem para o aumento quando comparado com a combinação auxina AIB e CK. Geralmente o que se tem observado é maior número de brotações e raízes na combinação MS + auxina AIB e CK nos tratamentos entre com 1mg.L^{-1} e 2mg.L^{-1} . Quanto a altura média das plantas micropropagadas, alguns trabalhos relatam diferenças visuais entre os tratamentos combinados com auxina e citocinina (AIB, CK e MS com suplementação com reguladores de crescimento), indo de encontro com Soares et al. (2012) e Campos et al. (2019).

Em relação à massa fresca das mudas, recomenda-se que as plantas sejam pesadas em balança de precisão para obtenção dos resultados, como evidenciada na Tabela 3. De acordo com os resultados analisados com meio de cultura MS acrescido de auxina (ácido indolbutírico AIB) e citocinina (CK-zeatina), tende a proporcionar aumento na massa fresca. Estas afirmações estão de acordo com os obtidos por Soares et al. (2012), Desai et al. (2015) e Gonçalves et al. (2018). Figueiredo et al. (2007) trabalhando com duas espécies de maracujazeiro, *Passiflora gibertii* e *Passiflora edulis* apresentaram os melhores resultados no vigor das plantas micropropagadas na concentração de $8,88 \mu\text{M}$ de BAP + meio de cultura MS, promovendo maior percentagem de calos a partir de segmentos foliares de maracujazeiro, com maiores resultados para a massa fresca.

Ferreira et al. (2020) trabalhando com micropropagação de maracujazeiro amarelo cv. 'mel do cerrado' observaram que a concentração de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ de BAP, os explantes apresentaram relativamente maior conteúdo de massa fresca e massa seca. Isso ocorre porque o uso das citocininas além de estimular brotações, por promover a quebra da dominância apical, também aumenta a produção de biomassa ao estimular a formação de brotação lateral (Figueiredo et al., 2007; Pacheco et al., 2012). Assim, o acúmulo adequado de reservas nesta fase pode proporcionar aumento da taxa de sucesso na multiplicação do explante, mitigando perdas de plantas, o que reduz os custos de produção das mudas.

Tabela 3. Suplementação do meio de cultura Murashige e Skoog (1962) com reguladores vegetais auxinas, ácido indolbutírico (AIB), giberelina (GA₃) e citocinina (CK zinetina) no vigor das mudas de *Passiflora alata* aos 60 dias.

Tratamento	Massa Fresca das mudas (g)
MS (Controle)	7,75 c
MS + 1mg.L ⁻¹ AIB	10,75 b
MS + 2mg.L ⁻¹ AIB	10,55 b
MS + 1mg.L ⁻¹ CK	11,25 b
MS + 2mg.L ⁻¹ CK	11,55 b
MS + 1mg.L ⁻¹ GA ₃	8,75 c
MS + 2mg.L ⁻¹ GA ₃	8,55 c
MS + 1mg.L ⁻¹ AIB + 1mg.L ⁻¹ CK	12,75 a
MS + 2mg.L ⁻¹ AIB + 2mg.L ⁻¹ CK	12,55 a
MS + 1mg.L ⁻¹ AIB + 1mg.L ⁻¹ GA ₃	8,55 c
MS + 2mg.L ⁻¹ AIB + 2mg.L ⁻¹ GA ₃	8,75 c
CV (%)	9,7

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Os autores Silva e Correa (2004).

CONCLUSÃO

Através de revisões de literaturas o presente trabalho destaca a importância do uso de reguladores vegetais auxina (ácido indolbutírico AIB) e citotina (zeatina CK) nas concentrações de 1mg.L⁻¹ e 2mg.L⁻¹, como suplementação do meio de cultura MS na micropropagação *in vitro*, apresentaram os melhores resultados para número de brotos, número das raízes, comprimento das raízes e massa fresca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque MMS, Brito AL, Lima APPS, Alvim BFM, Santana JRF (2016). *In vitro* establishment of *Comanthera curralensis*, “sempre viva” native of Chapada Diamantina/Bahia. *Ciência Rural*, 46(1): 991-995.
- Almeida GM, Rodrigues JGL (2016). Desenvolvimento de plantas através da interferência de auxinas, citocininas, etileno e giberelinas. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, 9(3): 111-117.
- Bakhtiar Z, Mirjalili MH, Sonboli A (2016). *In vitro* callus induction and micropropagation of *Thymus persicus* (Lamiaceae), an endangered medicinal plant. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 16(1): 48-54.
- Castro PRC, Vieira EL (2012). *Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical*. 1ª ed. Editora Guaíba: Agropecuária. 132p.

- Carvalho ACPP, Rodrigues AAJ, Santos EO (2016). *Panorama da Produção de Mudanças Micropropagadas no Brasil (2008–2015)*. Brasília: Boletim Técnico Embrapa 174. 36p.
- Campos AS, Melo, PBS, Bertini CHCM, Carvalho ACPP (2019). *Micropropagação de Antúrio 'Rubi' Estiolamento e Regeneração de Brotações*. Brasília: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 185. 23p.
- Cid LPB, Teixeira JB (2010). *Explante, meio nutritivo, luz e temperatura no cultivo in vitro de Plantas*. Brasília: Embrapa. p. 15-49.
- Dezan LF, Canassa F, Souza-Leal T, Diogo JA, Massaro R, Cordeiro GM, Pedroso-De-Moraes C (2012). Crescimento *in vitro* de *Schomburgkia gloriosa* (L) em meio de cultivo simplificados. *Revista Idesia*, 30(2): 78-82.
- Desai C, Inghalihal R, Krishnamurthy R (2015). Micropropagation of *Anthurium andraeanum* An important tool in floriculture. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 4(3): 112-117.
- Ecco M, Morais WG, Reuter RJ, Pottker VL, Lenhardt VL, Vanzella T (2019). Uso de diferentes tratamentos de bioestimulante vegetal na cultura da soja. *Revista Científica Rural*, 21(2): 269-283.
- Fagan EB, Ono EO, Rodrigues JD, Chalfun J, Dourado Neto D (2015). *Fisiologia Vegetal: Reguladores Vegetais*. 1ª edição. Editora Andrei. 302p.
- Figueiredo MA, Paiva R, Souza AC, Porto JMP, Nogueira GF, Soares FP (2007). Indução *in vitro* de Calos em Duas Espécies de Maracujazeiro Nativo. *Revista Brasileira de Biociências*, 5 (supl. 2): 288-290.
- Ferreira DF (2000). Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, São Carlos. *Anais...* São Carlos: UFSCar, p.255-258.
- Ferreira LV, Barreto CF, Taniguchi M, Silva TB, Antunes LEC, Dutra LF (2020). Indução de brotos *in vitro* em maracujazeiro doce BRS mel do cerrado. *Brazilian Journal of Develoment*, 6(3): 9644-9652.
- Gonçalves JS, Muniz NP, Souza EH, Souza FVD, Silva HSA (2018). *Crescimento de mudas micropropagadas de abacaxizeiro em substratos suplementados com rizobactérias produtoras de ácido indolacético*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 92. Brasília: Editora Embrapa. 22p.
- Hartmann HT, Kester DE, Davis JRFT, Geneve RL (2012). *Plant propagation: principles e practices*. 8ª ed. Boston: Prentice Hall. 915p.

- Lacerda GA, Chalfun-Júnior A, Paiva LV, Melo EF, Oliveira ACS, Rezende JC (2008). Influência de reguladores de crescimento no desenvolvimento radicular de sementes de *Coffea arabica* L. 'Rubi' *in vitro*. *Coffee Science*, 3(1):81-84.
- Lima AB, Albuquerque MMS, Resende SV, Carneiros CE, Santana JRF (2016). Rustificação *in vitro* em diferentes ambientes e aclimatização de microplantas de *Comanthera mucugensis*. *Revista Ciência Agronômica*, 47(1): 152-161.
- Mercier H (2012). *Fisiologia Vegetal: Auxinas*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 431p.
- Murashige T, Skoog F (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco cultures. *Plant Physiology*, 15: 473-497.
- Moura LC, Titon M, Fernandes JFC, Santana RC (2014). Germinação *in vitro* e aclimação de plântulas de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). *Bioscience Journal*, 30(2): 678-687.
- Murillo-Gómez PA, Naranjo E, Callejas R, Atehortúa L, Urrea A (2014). Micropropagation of the native species *Anthurium antioquiense* (Engl.) for conservation purposes. *Agronomía Colombiana*, 32(3): 334-340.
- Pacheco G, Garcia EL, Vianna M, Mansur E (2012). Plant regeneration, callus induction and establishment of cell suspension cultures of *Passiflora alata* Curtis. *Scientia Horticulturae*, 144(1): 72-47.
- Pêgo RG, Paiva PDO, Paiva R (2014). Micropropagation protocol for *Syngonanthus elegans* (Bong.) Ruhland: an ornamental special. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 36(1): 347-353.
- Petri JL, Hawerth FJ, Leite GB, Sezerino AA, Couto M (2016). *Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado*. 1ª ed. Editora Epagri. 141p.
- Raven PH, Ray EF, Eichho R.N. (2012). *Biologia Vegetal*. 8º edição. Rio de Janeiro. Editora Guanabara. 739p.
- Silva CP, Corrêa, LS (2004). Micropropagação de frutíferas, uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos observados em laboratórios. In: 14º Encontro de Biólogos do CRBio 1ª Região (SP, MS, MT). *Anais...Editora CRBio*, 1(1): 107-108.
- Silva DM, Carneiro LL, Mendes DJ, Sibov ST (2013). Efeito das auxinas ácido naftaleno acético e ácido indol butírico no desenvolvimento *in vitro* de plântulas de *Cyrtopodium saintlegerianum* Rchb. F. (*Orchidaceae*). *Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer*, 9(16): 852-860.
- Silva MMA (2017). Micropropagação da palma forrageira variedade miúda em meio de cultura simplificado. *Revista Tecnologia & Ciências Agropecuária*, 11(2): 25-29.

- Santos FC, Ramos JD, Pasqual M, Rezende JC, Santos FC, Villa F (2010). Micropropagação do maracujazeiro-do-sono. *Revista Ceres*, 57(1): 112-117.
- Soares WS, Rêgo MM, Rêgo ER, Barroso PA, Nascimento KS, Ferreira KT (2012). Estabelecimento *in vitro* e micropropagação de maracujá silvestre (*Passiflora foetida* L.). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 14(n. especial): 138-142.
- Schwalbert R, Maldaner J, Aita MF, Amaral GA, Tarouco AK (2014). Concentrações de sais do meio MS no cultivo *in vitro* de *Desmodium incanum*. *Enciclopédia Biosfera Centro Científico Conhecer*, 10(18): 1009-1015.
- Taiz L, Zeiger E (2017). *Fisiologia Vegetal*. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.
- Winhelmann MC, Tedesco M, Luchese JR, Fior CS, Schafer G (2019). Propagação *in vitro* de *Angelonia integerrima*. *Revista Rodriguésia*, 70(1): 223-217.

Capítulo IV

Escoamento de *commodities* agrícolas brasileiras

Recebido em: 24/04/2020

André Luiz Alvarenga de Souza^{1*} 

Aceito em: 29/04/2020

 10.46420/9786599064159cap4

INTRODUÇÃO

As mudanças sociais, econômicas e de mercado nos últimos anos a nível mundial, fizeram com que o agronegócio globalizado se estabeleça com caráter incomum de anos atrás. O Brasil continuará a produzir alimentos, cuja demanda aumenta em todo o mundo, pois possui grandes recursos naturais em abundância. Contudo, devido ao sistema modal de transporte que utiliza, tende a perder grande parte de suas cargas, deixando os alimentos cada vez mais caros. Compreende-se que os mecanismos produtivos de bens e de serviços em agronegócios no Brasil exige o trabalho humano, de máquinas, de materiais, recursos financeiros, com a finalidade de fazer algo que atenda às necessidades do consumidor. O processo de gestão da produção agrícola está diretamente relacionado com matéria-prima, equipamentos, tecnologia, custos e mão de obra, para fabricar bens na quantidade desejada e segundo a capacidade instalada (Rodrigues, 2006).

O escoamento das commodities nos dois últimos anos o Brasil teve registro de 645 milhões de toneladas de exportações, das quais cerca de 65% foram commodities (Lourenço; Lima, 2009). As previsões dão conta que a safra de grãos, com seguidos recordes, terá mais um em 2017 com cerca de 220 milhões de toneladas. Isso representará cerca de 20% a mais. Contudo, o sistema de escoamento de safras nunca esteve tão prejudicado. Os fretes dobraram de preço e a frota, que já era insuficiente, diminuiu devido aos muitos motoristas que se recusam a enfrentar os trechos sem condições. Os prazos estão ameaçados e os

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS. Doutorando em Educação pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS, Mestre em Administração do Agronegócio pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS, Graduado em Administração, Serviço Social, Tecnologia em Gestão de Recursos Humanos, Licenciado em Pedagogia, MBA em Gestão de Pessoas, Pós Graduado em Educação a Distância, atuou em cursos de Graduação Presenciais e EaD, Pós Graduação, Cursos de Qualificação Profissional, Políticas em Educação para Pessoas com Deficiência, formação docente, tecnologias assistivas e novos métodos de ensino e aprendizagem de jovens e adultos, Políticas Públicas de Inclusão. Também atuou nas áreas de Gestão Estratégica Empresarial, Planejamento e Desenvolvimento Organizacional, Educação e Trabalho, Administração, Serviço Social, Gestão de Pessoas, Treinamento e Desenvolvimento, Gestão de Projetos Sociais, Economia Solidária, Direito das Pessoas com Deficiência.

* Autor de correspondência e-mail: professorandrealvarenga@gmail.com.

prejuízos iminentes. As dificuldades também são relatadas em ferrovias e nos portos brasileiros.

A comercialização não compreende somente da venda da produção e sim no beneficiamento, na venda, na logística, entre outros. O agronegócio ainda é responsável por grande parte dos recursos humanos utilizados em toda a cadeia, pois temos desde o pessoal que maneja as sementes, planta, colhe, armazena, beneficia, transporta até chegar ao consumidor final. Principalmente em regiões menos desenvolvidas, os setores da agricultura, da agroindustrialização e de áreas correlatas serão importantes para o crescimento da renda e do emprego (Lourenço; Lima, 2009).

O Brasil é destaque internacional no que se refere a produção do agronegócio, mas a infraestrutura logística é o maior obstáculo para o desenvolvimento do agronegócio do Brasil que esta ligada diretamente ao sistema rodoviário. O Brasil é o 2º maior exportador de soja e de milho do mundo. Em 2014, foram 46 milhões de toneladas de soja e 19,5 milhões de toneladas de milho exportadas CNT Confederação Nacional do Transporte (2014). O agronegócio é o maior negócio mundial e brasileiro, representa a geração de U\$ 6,5 trilhões/ano e, no Brasil, em torno de R\$ 350 bilhões, ou 26% do PIB (29%, segundo a Confederação Nacional da Agricultura CNA). O Brasil está estabelecido hoje no contexto mundial atual, como celeiro de riquezas em termos de agronegócio. O país possui 22% das terras agricultáveis do mundo, além de elevada tecnologia utilizada no campo, dados estes que fazem do agronegócio brasileiro um setor moderno, eficiente e competitivo no cenário internacional (Rodrigues, 2006),

Diante deste cenário ainda existem alguns problemas relacionados ao escoamento de toda a safra. Somente as condições do pavimento das rodovias levam a um aumento de 30,5% no custo operacional. Se fossem eliminados os gastos adicionais devido a esse gargalo, haveria uma economia anual de R\$ 3,8 bilhões (CNT, 2014).

Segundo Santos (2008) no Brasil, a representatividade do agronegócio para a economia faz com que o país busque mecanismos para se tornar mais eficiente e competitivo frente às oportunidades e ameaças que surgem no setor.

Dada a importância que a soja possui para o mercado brasileiro, o presente estudo possui o seguinte problema de pesquisa: qual a logística da cadeia produtiva da soja no Brasil? Como ocorre o escoamento da produção desde as regiões produtoras até os principais portos? Para isso, será utilizada uma pesquisa bibliográfica demonstrando através de dados e fontes oficiais o quão importante é o agronegócio e o sistema de transporte no Brasil.

Implica-se ao finalizar a pesquisa em apresentar a importância de exercer na comercialização das commodities agrícolas, e também sua intermediação de commodities, abordando fatores dificultadores de escoamento logísticos e também exaltando pontos importantes da produção agra brasileira.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho procurou analisar algumas pesquisas presentes na literatura científica de modo a descrever o caminho percorrido pela soja desde seu local de produção até os portos exportadores. Procurou assim, investigar o fluxo logístico dessa commodity. Para a revisão de literatura foram utilizados os bancos de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e nos sites de pesquisas Google Acadêmico. Foram consultados livros e outros materiais impressos.

Os aspectos metodológicos visam descrever os procedimentos utilizados para alcançar os objetivos propostos no trabalho. Iniciou-se pela descrição dos métodos utilizados na operacionalização da pesquisa teórica, apresentando em seguida as técnicas de pesquisa, o universo da pesquisa, e os procedimentos de coleta de dados.

Esta pesquisa pode ser classificada como um ensaio teórico escrito a partir de uma revisão bibliográfica (Gil, 1999). Da natureza da pesquisa, caracteriza-se como básica, objetiva gerar conhecimentos novos, úteis para o avanço da Ciência, sem aplicação prática prevista, envolve verdades e interesses universais (Gerhardt; Silveira, 2009).

Podemos considerar o objetivo deste estudo como exploratório, pois tem como objetivo o aumento do conhecimento em relação ao tema, proporcionando maior familiaridade com o problema a fim de torná-lo explícito. Para o desenvolvimento desta pesquisa também foram utilizados dados secundários, os dados utilizados são provenientes do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Confederação Nacional do Transporte (CNT). Segundo Malhotra (2001), a utilização de dados secundários justifica-se em virtude da sua grande abrangência e facilidade de acesso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Soja

A soja possui enorme valor para o agronegócio e para a economia brasileira. Ela é o grão mais produzido nacionalmente e gera um valor bruto de produção mais elevado comparado aos outros grãos (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 201). É

também o produto vegetal brasileiro mais exportado, com exportações superiores ao milho, açúcar e café (Conab, 2012).

Segundo Castro et al. (2013) a produção de soja no Brasil começou na Bahia, no fim do século XIX, mas foi no Rio Grande do Sul que se iniciou uma produção consistente. A produção avançou para a região Centro-Oeste e hoje já está presente nas regiões Norte e Nordeste. Os cento e cinquenta maiores municípios produtores estão localizados em treze dos 26 estados brasileiros (Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Paraná, Rondônia, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins) e no Distrito Federal.

A soja é aproveitada pelos produtores, mas também possui outros destinos. Ela pode ser exportada em grão, farelo e óleo, e possui diversas finalidades como alimento em todo o mundo. Dessa forma, geram-se inúmeras oportunidades de negócios e empregos relacionados à indústria, distribuição e também ao mercado de insumos (Castro et al., 2013).

Logística

Nos dias atuais a logística está em destaque, pois diante da atual conjuntura brasileira os gestores empresariais perceberam a grande importância acerca deste tema. Sua importância para o agronegócio é evidente e vem sendo sentida ao longo do tempo através de cada safra colhida. Ao se falar acerca da logística do agronegócio dentro do processo de exportação, compreende-se que, para Slack et al. (1999), “a produção é a função central das organizações, já que vai se incumbir de alcançar o objetivo principal da empresa”. No contexto de agronegócios, os mecanismos de produção dizem respeito à transformação de entradas em saídas de bens e prestação de serviços. Grande parte das operações traz como resultado tanto produtos como serviços. A transformação seria, nesse caso, a utilização de ferramentas para provocar modificações no estado ou na condição de algo, de modo a produzir saídas. Essa produção é realizada pelo pessoal de apoio (escritórios, etc). Seu uso excessivo tem sido criticado por modelos japoneses, que preveem maior interação de pessoal da fábrica com fornecedores/clientes externos.

Segundo Marras (2007), “o projeto do sistema produtivo envolve a configuração do processo de conversão dos materiais e insumos em produtos úteis, bens, conhecimento e serviços”. O dimensionamento do processo de conversão envolve a execução de atividades relacionadas à definição dos equipamentos, capacidade, especificações técnicas, definição de layout e fluxo produtivo.

As proteções da produção podem se dividir de acordo com sua natureza:

- Aspectos físicos - envolvem como um todo o processo de construção de um estoque de recursos, de modo que qualquer interrupção de fornecimento possa ser absorvida pelo estoque. Serve tanto para matérias-primas quanto para produtos acabados.

- Aspectos organizacionais - uma função de isolamento do pessoal da produção com o ambiente externo, onde as outras funções organizacionais agem formando barreiras ou proteções entre as incertezas ambientais e a função produção.

As operações no caso do agronegócio, portanto, contemplam o planejamento, programação e controle da produção envolvendo atividades de aprazamento, sequenciamento e programação. A palavra estratégica 'Planejamento Operacional' pode se definir, por exemplo, como todo um conjunto de atividades gerenciais a serem executadas para que se efetue com excelência e eficácia a produção de um produto ou serviço (Batalha, 2012).

Compreende-se que outro importante meta é que se possam identificar melhorias que possam ser implantadas, aumentando assim a eficiência do sistema produtivo em todas as suas etapas. A situação atual do mercado de commodities embora a balança comercial brasileira esteja superavitária (mais exportações que importações), inclusive com recorde de US\$ 47,69 bilhões em 2017, o volume total vem caindo seguidamente em meio aos recordes de produção de grãos, o que afeta diretamente os serviços logísticos pela escassez ou pelo excesso.

Segundo divulgado no site logisticadescomplicada.com, a explicação vem de um conjunto de quatro situações persistentes nesta última década: Com a recessão econômica brasileira, o país importa menos devido à queda da produção na indústria, que também sofre com flutuações no câmbio; a China, o maior importador, desacelerou economicamente entre 2011 e 2012, mantendo-se assim nos anos seguintes e causando queda nos preços das commodities, influenciando os mercados futuros e as bolsas onde são negociadas; e, a partir de 2017 vêm demonstrando aceleração e interesse aos negócios relacionados a área agrícola e ao setor agro brasileiro; Embora a política brasileira de comércio exterior possui excessos burocráticos que são inimigos dos prazos contratuais e afetam fortemente a competitividade; a logística é hoje o ponto mais sensível porque se os demais citados fossem contornados, o que há de se considerar, todas as condições para o fortalecimento das operações esbarrariam nas limitações causadas pela falta de infraestrutura de transporte e de armazenagem (Costa, 2017).

Mercado de comercialização de commodities

Para Batalha (2012) a palavra *commodity*–mercadoria, em inglês adquiriu um sentido mais específico no jargão do comércio. Nem todas as mercadorias são commodities. Para que uma mercadoria possa receber essa qualificação é necessário que ela atenda a pelo menos três requisitos mínimos: padronização de um contexto no comércio internacional, possibilidade de entrega nas datas acordadas entre comprador e vendedor e possibilidade de armazenagem ou de venda de unidades padronizadas.

O Brasil tem sido um dos principais beneficiários com os preços das commodities no mercado internacional no início do século XXI. As exportações do país saltaram de US\$ 72 bilhões em 2003 para US\$ 201,9 bilhões em 2010, sendo que no último ano, 69,4% do total exportado eram commodities, o que demonstra a importância das matérias-primas para a expansão das exportações brasileiras e ao mesmo tempo revela uma concentração da pauta exportadora (MDIC, 2019).

Segundo dados do Ministério de Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior (MDIC) as exportações brasileiras de commodities totalizam 23 itens, porém cerca de 50% de todas as exportações estão concentradas em seis grupos de produtos primários (minérios, petróleo e combustíveis, complexo soja, açúcar e etanol, complexo carnes –boi, frango e suíno e celulose) (MDIC, 2011).

A logística nas cadeias produtivas do agronegócio

O termo *agribusiness* esta diretamente associado ao conceito de Agronegócio que surge em 1957, com John Davis e Ray Goldberg (2015) pesquisadores norte americanos. Segundo (Cruvine; Martin Neto, 1999) o conceito de *Agribusiness* é “a soma das operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas, das operações de produção nas unidades agrícolas, do armazenamento, processamento e distribuição dos produtos agrícolas e itens produzidos a partir deles”.

Em verificação ao termo utilizado por John Davis e Ray Goldberg entende-se também que *agribusiness* é a soma total de todas as operações feitas dentro e fora da fazenda e que envolvem a produção de suprimentos agrícolas e posteriormente o processamento e distribuição de produtos. No Brasil, o conceito surgiu nos anos de 1980 com a nomenclatura “Complexo Agroindustrial” que posteriormente evolui para Agronegócio. Dentre várias expressões já encontradas sobre agronegócio, o que importa é que o conceito agrega o conjunto do agronegócio de base empresarial ou familiar envolvendo toda a cadeia produtiva. Dentro do contexto também existem as explicações relacionadas as situações

colocadas por John Davis e Ray Goldberg (2015) que são “o antes da porteira, o dentro da porteira e o depois da porteira da propriedade”.

A explicação destes itens está relacionado à aquisição de sementes, mudas, fertilizantes, agroquímicos, tratores e implementos que significa (antes da porteira) o outro aspecto está representado pela produção propriamente dita de café, soja, milho, arroz, feijão, pecuária, agroturismo, entre outras (dentro da porteira) e o beneficiamento, transporte, armazenamento, processamento ou industrialização, comercialização é o (depois da porteira). Dentro dos aspectos do agronegócio vale resaltar as cadeias produtivas por serem consideradas como o conjunto de todos os envolvidos nos processos que envolvem um determinado produto desde a sua concepção até chegar ao consumidor. Cada uma das operações compõe um chamado “elo”, que forma uma longa cadeia remetendo-se a pensar em encadeamento (Davis; Goldberg, 2015).

O Brasil ainda utiliza-se em grande parte ainda do modelo de transporte rodoviário para escoar a produção o que gera custos em toda a cadeia produtiva. Caixeta-Filho e Martins (2011) afirma que a safra da soja é, sem dúvida, a que mais desestabiliza o mercado de frete, isto é, com a utilização intensa dos serviços de transporte, pois os veículos disponíveis se tornam escassos e os valores de frete se elevam significativamente.

Recentemente o governo federal anunciou investimentos de R\$ 198,4 bilhões nos próximos anos, o governo frisou a nova fase do Programa de Investimento em Logística (PIL), que vai privatizar aeroportos, rodovias, ferrovias e portos (Agencia Brasil, 2019). O grande impacto dessas medidas vem de encontro com as políticas agrícolas precárias, escoamento deficiente da safra das unidades produtivas sem falar na falta de apoio estrutural adequado, além da grande queda de rentabilidade de um negócio que pesa muito na balança comercial brasileira afetando diretamente o PIB.

Sabe-se, então, que quando há boa infraestrutura de transportes a eficiência do sistema agroindustrial é maior, pois se conseguem menores custos de movimentação de produtos. A logística dos transportes na agroindústria possui grande relevância, pois causa forte impacto na determinação dos preços pagos ao produtor. Outro aspecto de estrangulamento enfrentado pelo setor é a falta de outros modelos de modais alternativos ao rodoviário. Segundo Caixeta-Filho e Martins (2011), no caso de produtos agrícolas (granéis sólidos), a concentração modal é muito inadequada, sendo o rodoviário responsável por 80% das cargas, o ferroviário, 8-10%, e as hidrovias ficam com o restante.

Segundo o balanço do agronegócio realizado pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2013, 2014), nos últimos anos, o Agronegócio destacou-se como fator

preponderante para o crescimento econômico do País. O desempenho poderia ser melhor, se não fossem os custos e os desperdícios gerados pela falta de infraestrutura e logística no Brasil. De acordo com dados da Inteligência da gestão logística (2013), para cobrir as despesas com logística são gastos entre 8,5% e 9,0% de tudo que é produzido pelo setor. Os custos operacionais dos terminais também devem ser avaliados, buscando que seu desempenho seja eficiente. Dessa forma, para analisar o desempenho de terminais intermodais devem-se avaliar as dimensões operacionais e gerenciais conjuntamente. Assim, podem-se verificar os níveis de eficiência dos mesmos.

A infraestrutura ruim também é um dos principais fatores responsáveis pelo desperdício com a soja, conforme figura 3. Estima-se que a perda de grãos, da lavoura ao porto, varie entre 6,0% e 13,0%.) os portos servem primariamente como vias de saída de commodities, principalmente de soja, minério de ferro, petróleo e seus derivados, que estão entre os principais produtos da exportação brasileira. Destacam-se os portos de Itacoatiara (AM), Paranaguá (PR), Rio Grande (RS), Salvador (BA), Santarém (PA), São Francisco do Sul (SC) e o Porto de Itaqui (MA) no escoamento da soja (Sogabe, 2017).

Contudo, eles também passam por diversos problemas, como aponta o Instituto ILOS. A burocracia, os portos saturados, a infraestrutura de acesso à área portuária pelas rodovias, os custos, a deficiência na armazenagem e a demora na liberação dos produtos são algumas das dificuldades encontradas. É necessário apontar que entre os modais de transporte, utiliza-se os terminais intermodais. Estes são complexos logísticos cuja função principal é realizar o transbordo de um produto de um modal de transporte ao outro (Sogabe, 2017).

Desafios no escoamento da commodities

No Brasil, como as maiores regiões de plantios de soja ficam na região Sul e Centro Oeste e estão distantes dos principais portos de exportação, atualmente há uma grande perda no crescimento econômico quando não existe uma infraestrutura que atenda os objetivos esperados, viabilizando assim a necessidade da utilização de sistemas integrados que interliguem toda a cadeia para que se minimizem os desperdícios. Segundo Ballou (2006), a logística trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informações que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável.

Diante do crescimento da produção agrícola, os produtores sofrem com problemas de armazenagem, o que os obrigam a tomarem medidas não tão rentáveis, como por exemplo, a locação de armazéns de terceiros e encargos pagos às transportadoras por permanecerem dias em filas com a carga sobre o modal. Todo este impasse dificulta o escoamento correto do produto, porque os fornecedores com o intuito de evitar gastos demasiados, logo após a colheita da safra são obrigados a despachar a soja imediatamente ao seu destino, no caso os portos (Costa, 2017).

Paga-se um alto preço por sermos tão dependentes de commodities. Não é raro sermos surpreendidos com dificuldades, muitas alheias às nossas vontades, como ocorre com a China após a desaceleração de seu intenso crescimento econômica que provocou uma indesejável queda nos preços das commodities diminuindo o volume de nossa balança comercial e, combinado com a diminuição sistemática das importações, tivemos um superávit recorde em 2016 de US\$ 47,7 bilhões que foi – equivocadamente – comemorado. Claro, poderia ser pior, mas com os pés no chão, podemos sim comemorar mais um avanço de nossa produção, embora o clima seja tenso na hora de transportá-la (Costa, 2017).

Muitos defendem uma melhor diversificação na oferta de produtos brasileiros ao comércio internacional e isso talvez esteja um pouco distante ante os baixos investimentos em tecnologias de ponta e em infraestrutura logística para adequá-la competitivamente. Aliás, já está mais que provado que o país possui meios eficientes para produzir, o que causa mesmo essa distonia nos processos é a capacidade insuficiente de armazenagem e a cansativa e danosa atividade de transporte até os portos, para lá, enfrentar outros conhecidos problemas.

Apesar de manter uma linha de abordagem na produção de grãos, sendo a soja nosso principal produto, não se pode desprezar os problemas nos transportes de minérios de ferro e de petróleo com suas ferrovias e dutos insuficientes. Porém, o drama do campo rompe o imaginário. Contudo a ineficiência logística para o escoamento das safras de grãos nos atormenta há décadas, e não se concentra apenas nas estradas precárias e na saturação dos portos, mas está bem representada pela falta de planejamento do poder público que obriga produtores a implantar e fazer manutenções nas estradas para evitar que seus prejuízos inviabilizem seus compromissos (Costa, 2017).

O Brasil nas exportações e importações no segmento agro

Para se entender como funciona a questão das exportações e importações na área de agronegócio, cabe compreender a ideia de *commodities*. Provinda do idioma inglês, a palavra *commodities* tem o significado de mercadoria e, durante o passar dos anos, tornou-se um termo

usado para referenciar produtos de base em estado bruto, que podem ser considerados como matéria-prima (Slack et al., 1999).

Contudo, cabe ressaltar que as *commodities* vão muito além dos níveis representativos de matéria-prima, uma vez que se referem aos produtos minimamente industrializados. As *commodities* se produzem em dimensão extensa, por diversos organizadores. Elas compreendem mercadorias “*in natura*”, ou seja, advindas de cultivos ou dos processos de extração. Elas têm a possibilidade, dessa maneira, de passar por mudanças relevantes no que diz respeito à cotação de mercado, por conta das perdas e ganhos no fluxo financeiro global. As *commodities* não apresentam aspectos diferenciados entre si, pelo fato de não possuírem um valor incorporado, marca de referência ou serviço que as tornem diversas. As *commodities* em agronegócios se configuram, desse modo, como uma atividade presente em muitos países, não importando seu nível de desenvolvimento. Porém, cabe ressaltar que, olhando-se por outro prisma, a queda nas exportações de mercadorias pode gerar retração no PIB de certos países.

Em termos gerais, são negociadas em mercado físico, seja com o objetivo de exportação ou com direcionamento ao mercado interno, sem esquecer os mercados derivativos das Bolsas de Valores e contratos futuros. No Brasil, por exemplo, as *commodities* representam grande parte riqueza de exportação e, em âmbito mundial, a exportação dessas mercadorias não se refere apenas a uma atividade de países subdesenvolvidos. Uma vez que, como citado, elas se referem a mercadorias de nível primário, as *commodities* apresentam maior propensão a se transformarem durante as etapas produtivas, possuindo maior potencial de serem negociadas mundialmente.

No que se refere às exportações de *commodities* em agronegócios, existe o conceito de administração da produção ou de operações, que é o papel administrativo responsável pelas pesquisas e pelo desenvolvimento de técnicas de gestão produtiva de bens de consumo em determinada nação. Ao se objetivar a entrada em certos países, alguns investidores necessitarão executar o plano operacional, englobando a análise dos objetivos, isto é, quais as metas que se visa alcançar com o investimento. Segundo Pessoa e Martins (2007):

Os modelos de produção em massa e invenção abrangem a introdução de um novo produto, seu desenvolvimento, padronização e difusão em massa, mostrando, assim, correspondência evidente com a teoria do ciclo do produto de Vernon. Já os modelos de customização em massa e melhoramento contínuo de processos vão de encontro a essa teoria, uma vez que admitem o desenvolvimento simultâneo de novos produtos e mudanças contínuas no plano tecnológico. Admitindo-se que estes últimos modelos vêm, desde fins do século XX, avançando sobre as estratégias de produção fordista, a conclusão é que a teoria de Vernon estaria empiricamente defasada (Pessoa; Martins, 2007).

Compreende-se ainda que, de acordo com dados fornecidos pela Funcex (Fundação Centro de Estudos do Comércio Exterior), as *commodities* mais comuns no Brasil são os seguintes: minérios de ferro, petróleo bruto, carne de frango, café em grão, carne bovina, soja e milho. Existe também o planejamento da utilização em um padrão de tempo eficaz, que se permitirá elaborar baseado em um cronograma, para se visualizar com facilidade a evolução do plano. Há, por outro lado, que se avaliar cada um dos fatores de riscos, de modo a evidenciar o que ocorrerá caso o plano não ocorra como previsto. Segundo Luporini e Alves (2015):

As flutuações do investimento e, por conseguinte, da demanda agregada são resultantes da escolha intertemporal do empresário entre a retenção de ativos de liquidez universal (moeda), e a de empreender a criação de ativos de liquidez específica (investimento), decisão que é dada pela comparação entre a taxa de juros ("recompensa" pela renúncia à liquidez) e a eficiência marginal do capital (retorno esperado para o investimento), sob condições de incerteza (Luporini; Alves, 2015).

É necessário que haja, por parte dos investidores, um plano de estrutura, buscando compreender quais recursos serão demandados para a realização da estratégia, e entendendo quais pessoas, informações e custos devem ser inclusos quando o quesito é a área de agronegócios.

O Brasil é um grande país em muitos aspectos. É o quinto maior país em extensão territorial, tem o nono maior Produto Interno Bruto (PIB) e é responsável por mais da metade dos investimentos em exportação de *commodities* na América Latina. A atividade da agrícola pertence ao setor primário da nossa economia que tem um importante papel no contexto econômico brasileiro, seja em termos de participação na renda nacional, como em desenvolvimento regional e no saldo da balança comercial. No entanto, o papel mais importante desempenhado pela agrícola no conjunto da economia brasileira é o de fornecedora de divisas.

Em segundo lugar, ela é importante produtora de matérias-primas para a indústria, como algodão, álcool e couro, por exemplo. Aliás, grande parte dos produtos industrializados que o Brasil exporta são gêneros alimentícios semielaborados: suco de laranja, café solúvel, açúcar, óleos vegetais etc (Vesentini; Vlach, 2017).

Apesar de não ser mais a atividade de maior importância na economia brasileira continua se destacando pela significativa participação em nosso comércio exterior. Pois, o Brasil é possuidor de uma das maiores áreas agrícolas do planeta, ocupando cerca de 3,5 milhões de km² ou 353,6 milhões de hectares (41,4% da área territorial do país). No Brasil, há ainda, de 100 a 200 milhões de hectares potencialmente aproveitáveis para exportação de *commodities*. Graças ao extenso território com relativa variedade de climas,

predominantemente quentes, que nos permite o cultivo de quase todos os produtos em larga escala (Bacha, 2004).

Diversos autores contribuíram com trabalhos que ajudaram a desenvolver e crescer acompanhando a evolução da produtividade do setor da agrícola brasileira. Historicamente, o setor de exportação de *commodities* sempre foi um setor importante em termos da obtenção de divisas externas. Em anos recentes, as exportações agrícolas do país têm tido grande relevância para um frágil – e indispensável – equilíbrio do balanço de pagamentos local, proporcionando *superávits* localizados no saldo comercial brasileiro (Vesentini; Vlach, 2017).

Isso ocorre desde o início da colonização, até os dias atuais, a agrícola foi e ainda continua sendo de fundamental importância para a geração de riquezas e o aumento do bem-estar social. Pode-se dizer que produtos agrícolas como o pau-brasil (extrativismo), a cana-de-açúcar, o fumo, o algodão, o café, a borracha e o cacau foram os principais geradores de renda para o país no período de 1500 a 1930 (Alves; Contini, 2015).

Nesta fase, caracterizada como modelo econômico primário-exportador, quase todos os outros bens de consumo que não eram produzidos internamente dependiam da renda gerada pela exportação de *commodities* para serem adquiridos (Vesentini; Vlach, 2017).

A partir de 1920, e principalmente após a década de 30, a indústria brasileira começa a desenvolver-se com maior intensidade. O financiamento desse crescimento é baseado na riqueza gerada pela agrícola.

A maior parte dos incentivos e políticas governamentais, de lá para cá, esteve voltada para o desenvolvimento da indústria, em detrimento da agrícola. Mesmo assim, a riqueza interna gerada pela indústria só se distancia da riqueza interna gerada pelo setor de *commodities* no final da década de 50 (Brum, 2011).

Compreende-se que, em 1960, a renda gerada pelo setor de *commodities* já é menor que a produzida pelo setor industrial, passando este último a ganhar cada vez mais destaque na economia brasileira. Atualmente, o setor de serviços e o setor industrial têm maior participação na geração da renda interna (cerca de 88%) cabendo apenas 12% ao setor de exportação de *commodities* (Alves; Contini, 2015).

Entretanto, este fato não significa que a agrícola diminuiu sua importância para o desenvolvimento do país. Ao contrário, pode-se afirmar que ela foi e ainda continua sendo de fundamental importância para a economia brasileira, através da geração de divisas pelas exportações de *commodities*, pelo fornecimento de insumos às agroindústrias e pela produção de alimentos às pessoas que vivem nas cidades.

O fato de a agrícola ter uma menor participação na formação do PIB, com relação aos outros setores (indústria e serviços), não diminui a sua importância como setor alavancador da economia. O setor de exportação de *commodities* continua sendo a base para o bom desempenho do complexo agroindustrial que envolve toda a produção agrícola, produção de insumos e máquinas, a industrialização e a distribuição da produção do setor de exportação de *commodities*.

O complexo agroindustrial corresponde cerca de 40% do PIB e, aproximadamente, 40% das exportações brasileiras. O setor de exportação de *commodities* é a base para todo o complexo agroindustrial, que surgiu em correspondência com a transformação de uma economia puramente voltada à atividade primária para uma economia mais industrializada, onde se desenvolvem com grande rapidez os setores industriais e de serviços (Vesentini; Vlach, 2017).

Uma característica importante do complexo agroindustrial é a de que o processo de industrialização, neste tipo de atividade, ocorre em sua maioria no interior do país, funcionando como descentralizadora dos investimentos nos grandes centros e promotora do progresso no interior. A expansão da produção agrícola brasileira, a partir dos anos 70, se dá, basicamente, através do aumento da utilização de insumos modernos (máquinas, produtos químicos e sementes melhoradas), conforme processo de modernização é apresentado a seguir (Candiotta et al., 2015).

Nos últimos 40 anos a produção agropecuária brasileira se desenvolveu de tal forma que o Brasil se tornou grande fornecedor de alimentos. Temos, uma agricultura adaptada às regiões tropicais e uma legião de produtores rurais conscientes de suas responsabilidades com o meio ambiente aliadas à produção de alimentos. Essas pessoas compõem o setor produtivo mais moderno do mundo, que vem transformando a economia brasileira.

Produzindo cada vez mais, o Agro brasileiro reduziu drasticamente o preço da alimentação, melhorando a saúde e qualidade de vida da população urbana, liberando seu poder de compra para bens produzidos pela indústria e pelo setor de serviços. Produzindo excedentes cada vez maiores, o agro expandiu suas vendas para o mundo, conquistou novos mercados, gerando superávites cambiais que libertam a economia brasileira. O efeito transformador da revolução agrícola dos últimos 40 anos é certamente o fato mais importante da história econômica recente do Brasil e continua abrindo perspectivas para o desenvolvimento futuro do país. O agronegócio tem sido reconhecido como um vetor crucial do crescimento econômico brasileiro (Candiotta et al., 2015).

Em 2016, a soma de bens e serviços gerados no agronegócio chegou a R\$1,3 trilhão ou 23,6% do PIB brasileiro. Essa participação tem crescido nos últimos anos. Era de 20,4% em 2014 e de 21,4% um ano depois.¹ Ou seja, não fosse a expansão do agronegócio, a retração da economia brasileira -3,8% em 2015 e -3,6% em 2016 – teria sido ainda pior.

O valor bruto da produção (VBP) do agronegócio alcançou R\$536,5 bilhões em 2017, dos quais R\$342,6 bilhões na produção agrícola e R\$193,9 no segmento pecuário. Como revela a figura 1 a seguir, a soja (grãos) foi o produto com maior VBP em 2017, R\$127,7 bilhões. O segundo lugar no ranking do VBP do agronegócio nacional foi ocupado pela pecuária de corte, com R\$88 bilhões. O terceiro maior VBP foi o da cana de açúcar, com R\$55,3 bilhões, seguido do milho (R\$49,3 bilhões) e da pecuária de leite (R\$44,6 bilhões). Frango aparece em sexto lugar com VBP de R\$35,6 bilhões, seguido do café com R\$20,6 bilhões, Suínos R\$14,3 bilhões, ovos R\$11,4 bilhões e mandioca com R\$10,8 bilhões.

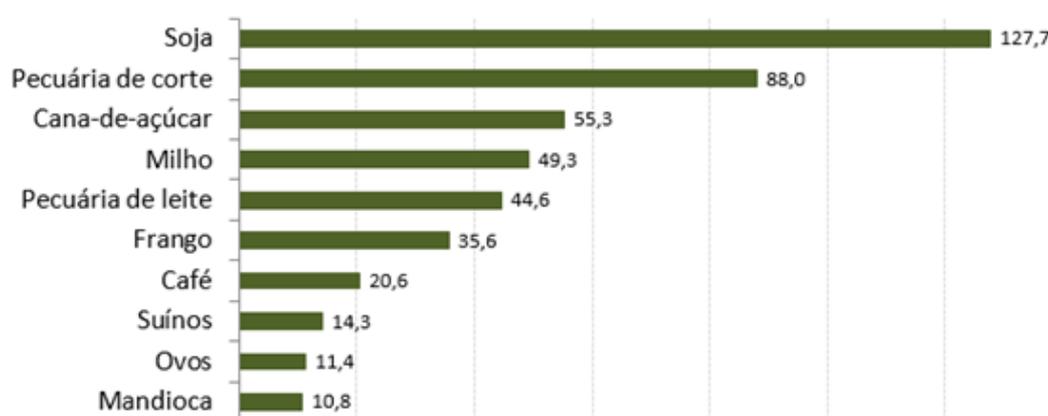


Figura 1. Valor Bruto da Produção no Brasil em 2017 (em R\$ bilhões). Fonte: CNA, Estimativa Jan/2018 (preços reais - IGP-DI).

O setor absorve praticamente 1 de cada 3 trabalhadores brasileiros. Em 2015, de acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 32,3% (30,5 milhões) do total de 94,4 milhões de trabalhadores brasileiros eram do agronegócio. Desses 30,5 milhões, 13 milhões (42,7%) desenvolviam atividades de agropecuária, 6,43 milhões (21,1%) no agro comércio, 6,4 milhões (21%) nos agro serviços e 4,64 (15,2%) na agroindústria.

Quanto ao comércio internacional – 44,1% das exportações brasileiras, em 2017, foram de produtos do agronegócio – também há forte contribuição do agronegócio para o desempenho da economia brasileira. Em 2017 o superávit comercial do agronegócio

brasileiro superado o déficit comercial dos demais setores da economia brasileira garantido sucessivos superávits à Balança Comercial brasileira (MAPA, 2019)

Apesar dos desafios contemporâneos nos mercados doméstico e internacional, os destinos e a diversidade de produtos exportados pelo agronegócio brasileiro aumentaram significativamente. O Brasil é hoje o maior exportador de açúcar, café, suco de laranja, soja em grãos e carnes bovina e de frango; e o segundo maior de milho e de óleo e farelo de soja. É também o maior produtor mundial de açúcar, café e suco de laranja; o segundo na produção de soja em grãos e de carnes bovina e de frango; e o terceiro na produção mundial de milho.

O Brasil é o quarto maior exportador mundial de produtos agropecuários, aproximadamente USD 96 bilhões, atrás apenas da União Europeia, EUA e China. Esse desempenho comercial superavitário com o resto do mundo, tem contribuído de forma decisiva para a estabilidade da taxa de câmbio e para a continuidade da política de flexibilização da política monetária – a taxa SELIC já caiu 7,5 desde outubro 2016, com reflexos importantes nos menores custos de crédito para toda a sociedade brasileira.

Além disso, a safra recorde 2016/17 com 238 milhões de toneladas de grãos tem contribuído significativamente para a estabilidade de preços no Brasil. O IPCA global, por exemplo, encerraram 2017 com alta de 2,95% a.a., o menor índice desde 1998, beneficiado pela queda de -4,85% nos preços do subgrupo ‘alimentação no domicílio’.

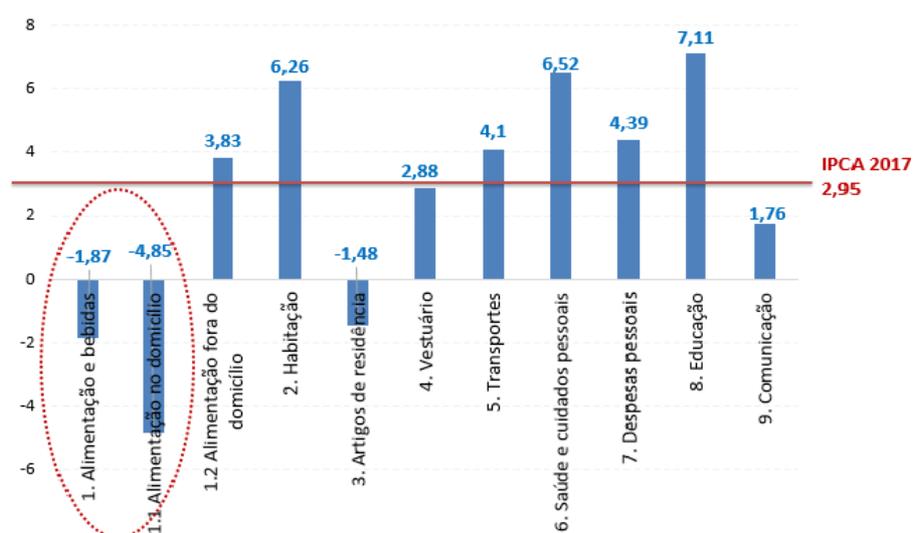


Figura 2. Inflação no Brasil em 2017 – Grupos e Subgrupos do IPCA. Fonte: IBGE / Elaboração CNA.

Segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/USP) em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). Exceto 2014 quando o superávit da Balança Comercial do Agronegócio foi de USD80, 13 bilhões e o déficit dos demais setores foi de USD84,18 bilhões.

A política de arranjo produtivo local

As atividades agrícolas sempre desempenharam papel fundamental no processo de desenvolvimento econômico brasileiro, evidenciado no estreito vínculo socioeconômico do setor rural com o setor urbano, seja através do fornecimento de matérias-primas industriais e alimentos para as cidades, seja pelo intenso fluxo migratório observado, principalmente, na segunda metade do século XX (Alves; Contini, 2015).

Nas últimas décadas observa-se a crescente subordinação dos interesses rurais à dinâmica do desenvolvimento industrial, evidenciada nas principais funções desempenhadas pela agrícola nacional, como (Vicentin, Vlach, 2017):

- Provisão de divisas para viabilizar a importação de bens e serviços para os segmentos urbanos, papel que tem sido viabilizado com grande competência pela agrícola nacional;
- Manutenção da estabilidade de preços da economia, dada a relevância dos preços agrícolas no cálculo dos principais índices de preços do País;
- Liberação de mão-de-obra para os segmentos urbano-industriais e de serviços onde ocorra demanda, podendo assumir, também, como ocorre atualmente em alguns casos, a função inversa, de reter ou mesmo reabsorver o excedente demográfico urbano;
- Liberação de recursos financeiros para os demais setores, através de impostos, políticas de preços e transferências voluntárias de poupança agrícola;
- Expansão do mercado interno de bens e serviços, através da demanda de produtos industriais, em especial de máquinas, equipamentos, fertilizantes e defensivos, além de serviços de natureza variada;
- Expansão do emprego urbano, através do segmento agroindustrial e de serviços associados à agrícola;
- Provisão de alimentos a custos compatíveis com a renda da população, item de grande importância para países em que, como no Brasil, a alimentação absorve grande parcela dos dispêndios de consumo;
- Viabilização da ocupação de área inexploradas do território nacional.

Compreende-se, desse modo, que as transformações estruturais por que vem passando a agrícola nacional nas últimas décadas deslocaram os interesses sociais e econômicos baseados na propriedade da terra em favor dos interesses industriais, comerciais e financeiros vinculados à agrícola moderna, resultando na formação e no fortalecimento do que se denomina complexo agroindustrial ou cadeias produtivas agroindustriais (Vlach, 2017).

Nesse sistema, que abrange a produção de insumos (fertilizantes e corretivos, defensivos, rações, medicamentos etc.), a produção agrícola propriamente dita, as etapas beneficiamento e industrialização, o setor de embalagem, os serviços de logística (transporte, comercialização, conservação, armazenagem) e os demais serviços (assistência técnica, pesquisa, informação e financiamento), sobressai a dinâmica imposta pelos setores agroindustriais, financeiros e de comercialização/logística, que determinam as macroações e tendências do desenvolvimento do setor de exportação de *commodities*, subordinado a autonomia da produção primária (Alves; Contini, 2015).

Entende-se que à justamente da cadeia produtiva se torna cada vez mais relevante a participação de grandes empresas de logística de distribuição e comercialização, com os supermercados, grandes varejistas e grandes empresas de beneficiamento de matérias-primas agrícolas dominando os mercados e determinando as suas tendências (Vlach, 2007).

CONCLUSÕES

Na economia brasileira, o agronegócio é de extrema importância. A soja é o grão mais produzido no Brasil e está presente em diversos estados brasileiros. Altamente exportada em grãos, farelo ou óleo, ela gera desenvolvimento ao país por meio de oportunidades de negócios, empregos, em sua distribuição e no mercado de insumos.

Devido a dimensão territorial do país, faz-se necessário uma infraestrutura eficiente e integrada para o escoamento da produção. Por mais que o agronegócio bata recorde de safras nos últimos anos, o escoamento da safra é comprometido pelo transporte e armazenagem. Com isso, trava-se o desenvolvimento do setor no país.

O Brasil ainda utiliza prioritariamente o modelo rodoviário para escoamento da produção agrícola, que eleva os custos de transporte. Além disso, há perda de mercadoria e deterioração das estradas. Pelo extenso território do país, o melhor seria movimentar a safra utilizando as ferrovias e hidrovias, aumento a competitividade dos produtos. Os custos de transporte dentro do país chegam a ser maiores que o custo para o escoamento da produção dos portos para outros países, e isso acaba acarretando aumentos consideráveis nos preços.

Para aumentar a competitividade, a movimentação da commodity tem uma relevância estratégica. Por mais que o modal rodoviário possua maior flexibilidade, os modais ferroviários e os hidrovieiros possuem custos mais baixos. Além disso, terminais intermodais mais eficientes também fariam-se necessários.

O escoamento de commodities agrícolas brasileiras, por processo de comercialização abrange todo um sistema, desde o início da produção, processo de beneficiamento, até a comercialização, que possui um impacto enorme em relação ao lucro do produtor. Sendo assim, foi possível perceber que para realizar a comercialização de produtos agrícolas, ou seja, de commodities, é de grande valia trabalhar com empresas especializadas, como a empresa estudada.

Outro fator que deve ser ressaltado é a região Centro Oeste, celeiro de grãos com um grande polo agrícola em expansão significa desenvolvimento no setor de produção. Ainda em análise crítica obtida na pesquisa bibliográfica permitiram identificar diversas causas para as dificuldades do escoamento de commodities, mas como o transporte rodoviário é a logística mais usada, também neste modal destacaram as dificuldades, alto custos, ineficiência na infra estrutura, distância, alto valores de fretes, etc.

Por fim, espera-se que este trabalho venha contribuir sendo mais uma fonte de pesquisa e que novas pesquisas possam ser desenvolvidas a fim de atualizar o tema dando continuidade aos assuntos aqui abordados. A presente contribuiu para maior entendimento sobre toda a cadeia produtiva da soja. Identificou pontos fortes que o agronegócio no país possui e algumas limitações ligadas à logística, como o tipo de modal implantado para o escoamento da produção. O Brasil tem condições de aumentar a competitividade do agronegócio da soja por meio da mudança em certos aspectos da logística e do transporte dos grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves EE, Contini E (2015). A Modernização da Cultura Brasileira. In: Brandão ASP. *Os Principais Problemas da Agricultura Brasileira: Análise e Sugestões*. Rio de Janeiro: IPEA/INPES.
- Bacha CJC (2004). Economia e política agrícola no Brasil. São Paulo: Atlas. 226p.
- Batalha MO (2012). *Gestão Agroindustrial: GEPAI: Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais* – v. 2, 3 ed. São Paulo: Atlas. 419p.
- Bauman Z (1999). *Globalização: As Consequências Humanas*. Rio de Janeiro: Editora Jorge Zahar. Tradução de Marcus Penchel. 148p.

- Brum AJ (2011). *O Desenvolvimento Econômico Brasileiro*. Ijuí: Vozes. 632p.
- Ballou RH (2006). *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial*. 5a. ed. Porto Alegre: Bookman. 617p.
- Castro LS, Miranda MH, Lima JE (2015). Indicadores sociais de desenvolvimento e a produção de soja: Uma análise multivariada nos 150 maiores municípios produtores no Brasil. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 11(1): 69-87.
- Caixeta – Filho JV, Martins RS (2011). *Gestão Logística do Transporte de Cargas*. Atualizada. 7.ed. Atlas. São Paulo. 304p.
- CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2018). Disponível em: <<http://www.cna.org.br/site/pesquisa/>>. Acesso em: 15 jul.2015.
- CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2011). *Conceitos gerais, evolução e apresentação do sistema agroindustrial*. In: Caixeta-Filho JV, Martins RS (Org). *Gestão logística do transporte de cargas*. São Paulo. Ed. Atlas.
- Candiotto A, Nascimento IJ, Tabachini GA, Ferreira J, Campos RVM (2015). Comercialização de Commodities Agrícolas: Um Estudo de Caso em uma Corretora de Grãos. IX Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, p. 1-9.
- Costa, MA da (2017). *A logística e as commodities brasileiras*. Disponível em: <https://www.logisticadescomplicada.com/logistica-commodities-brasileiras/>. Acesso em 24 de jun de 2019.
- Cruvine PE, Martin Neto L (1999). Subsídios para o Desenvolvimento do Agronegócio Brasileiro: o Programa Automação Agropecuária, Visão e Estratégias. *Embrapa: Comunicado Técnico*, 32: 1-4.
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. Balança do Agronegócio Exportações Brasileiras. (2012). Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=547&t=>. Acesso em: 09 dezembro.2015.
- Conti ML (2004). Esame e confronto di differenti soluzioni al problema del trasporto merci in âmbito urbano. Università di Parma: Ottobre, 2004.
- Davis JH, Goldberg RA (2015). The genesis and evolution of agribusiness. In: Davis JH, Goldberg RA. *A concept of Agribusiness*. Harvard University. p. 7-23.
- Dias JCQ (2005a). *Logística global e macrologística*. Lisboa: Edições Silabo. 586p.
- Dias JCQ (2005b). Economia das organizações. In: Zylbersztajn D, Neves MF (Org.). *Economia e gestão dos negócios agroalimentares*. 1. ed. São Paulo: Pioneira Thomson, 23-38.

- Gerhardt TE, Denise TS coordenado pela Universidade Aberta do Brasil. UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica. *Métodos de pesquisa. Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS*. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em julho de 2015.
- Gil AC (1999). Como elaborar Projetos de Pesquisa. Atlas. São Paulo. 175p.
- Inteligência em gestão logística. Custo logístico que limita crescimento da agricultura. Artigo. (2013).
- Lourenço CL, Lima CEB (2009). Evolução do agronegócio brasileiro, desafios e perspectivas. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 118.
- Luporini V, Alves J (2015). Investimento privado: uma análise empírica para o Brasil. *Economia e Sociedade*, 19(3): 449-475.
- Panorama Agro. Mapa. Mca Mdic e AgroStat/Mapa. Elaboração CNA. 2019. <https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em 24 de jun de 2019.
- Marras JP (2007). *Administração de Recursos Humanos, Do Operacional ao Estratégico*. 12º edição, editora Futura. 352p.
- Maranhão M (2005). *ISO série 9000 (versão 2000) – Manual de Implementação*. Rio de Janeiro: Qualitymark. 220p.
- Malhotra N (2001). *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada*. 3ª edição. Porto Alegre: Bookman. 719p.
- Neto JS, Edward J (1999). O Brasil que aguenta o tranco. *Veja*, 32(20): 122-127.
- Pessoa E, Martins M (2007). Revisitando a teoria do ciclo do produto. *Rev. econ. contemp.* Rio de Janeiro, 11(2): 307-329.
- Renai (2007). A Rede Nacional de Informações sobre o Investimento. *O Setor de Agronegócio no Brasil: Histórico e Evolução do Agronegócio Brasileiro*. Disponível em: <<http://investimentos.desenvolvimento.gov.br/intern>>. Acesso em: 29 jan. 2009.
- Revista Meio Ambiente (2015). *Empresas dominam 75% do mercado mundial de sementes*. Disponível em <<http://www.revistameioambiente.com.br/2015/08/03/10/>> Acesso dia 12 de fev de 2019.
- Rodrigues R (2006). O céu é o limite para o agronegócio brasileiro. *Conjuntura Econômica*, 60(11): 1415.
- Santos RF (2008). Análise Crítica da Interpretação Neoclássica do Processo de Modernização da Agricultura Brasileira. *Revista de Economia Política*, 8(3): 131-148.

- Slack N, Chambers S, Harland C, Harrison A, Johnston R (1999). *Administração da produção*. São Paulo: Atlas. 525p.
- Sogabe VP (2017). Caracterização do desempenho operacional em terminais intermodais de escoamento de grãos: Um estudo multicaso no corredor Centro-Oeste. Dissertação (Mestrado). Curso de Administração, Departamento de Economia e Administração, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 122f.
- Vesentini JW, Vlach V (2017). *Geografia crítica: o espaço social e o espaço brasileiro*. 16. ed. 2. V. São Paulo: Ática.
- Zylbersztajn D, Neves MF (2005). *Economia e gestão dos negócios agroalimentares*. 1. ed. São Paulo: Pioneira Thomson. p. 1-21.

Resposta de variedades de cana-de-açúcar à adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense*

Recebido em: 06/05/2020

Aceito em: 10/05/2020

 10.46420/9786599064159cap5

Daniel Henrique Santana Rodrigues¹

Sara da Silva Abes¹

Fábio Steiner^{1*} 

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma das principais culturas energéticas do mundo, sendo cultivada em mais de 100 países. Atualmente, a cana-de-açúcar é considerada uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis devido ao elevado potencial na produção de etanol e aos respectivos subprodutos. Além da produção de etanol e açúcar, as unidades de produção têm buscado operar com maior eficiência, inclusive com geração de energia elétrica, auxiliando na redução dos custos e contribuindo para a sustentabilidade da atividade sucroenergética (Santos; Borém, 2013).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, tendo grande importância para o agronegócio brasileiro. No entanto, apesar do país ser o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, apresenta produtividade média relativamente baixa. Na safra 2019/2020, a produção nacional de cana-de-açúcar alcançou 643 milhões de toneladas de colmos, ocupando uma área de 8,5 milhões de hectares (Conab, 2019), o que corresponde a uma produtividade média de colmos de 75,6 Mg ha⁻¹, considerada baixa, uma vez que a cultura tem potencial para produtividades acima de 180 Mg ha⁻¹. As condições climáticas adversas e a baixa disponibilidade de nutrientes dos solos tropicais, especialmente de nitrogênio (N) têm sido apontados como os principais fatores que contribuem para a baixa produtividade da cultura de cana-de-açúcar no Brasil (Prado; Pancelli, 2008; Schultz et al., 2012; Abreu et al., 2013).

O adequado desenvolvimento dos canaviais e a obtenção de altas produtividades de colmos são dependentes do emprego de tecnologias apropriadas, com destaque para o

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rod. 306, km 6,4, CEP 795400-000, Cassilândia, MS, Brasil.

* Autor de correspondência e-mail: steiner@uems.br.

adequado manejo da adubação nitrogenada. O nitrogênio é requerido em grandes quantidades pelas plantas de cana-de-açúcar. Estima-se que a cultura extrai em torno de 180 kg ha⁻¹ de N para produzir 100 Mg ha⁻¹ de colmos (Oliveira et al., 2011). A maior parte desta demanda é atendida pela adubação nitrogenada (Prado; Pancelli, 2008; Bastos et al., 2017), em complementação à quantidade fornecida pelo solo ou pelo processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) (Urquiaga et al., 2012; Schultz et al., 2012). A resposta de produtividade da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada depende de diversos fatores que vão desde o material genético até as condições edafoclimáticas (Cabrera; Zuaznábar, 2010), embora, Pradi e Pancelli (2008) constataram que a cultura tem resposta em produtividade até a dose de 200 kg ha⁻¹ de N. No entanto, o adequado manejo do N no sistema solo-planta-palha é normalmente dificultado, devido à variabilidade dos processos de mineralização, lixiviação, volatilização, desnitrificação e extração pela cultura.

A adoção de práticas de manejo que possibilite otimizar a extração de N pela cultura de cana-de-açúcar são importantes para o setor sucroenergético, em razão do alto custo dos fertilizantes nitrogenados e das perdas de N no sistema solo-planta, que podem representar prejuízos aos agricultores e riscos ao ambiente pela contaminação da água e do solo (Udvardia et al., 2015). Nesse sentido, uma alternativa para melhorar a eficiência do uso de N e, conseqüentemente, reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados na cultura, consiste na utilização de bactérias diazotróficas, capazes de promover a FBN (Schultz et al., 2012; Pereira et al., 2013; Gírio et al., 2015; Oliveira; Simões, 2016; Lopes et al., 2019).

As bactérias diazotróficas consistem num grupo de microorganismos capazes de converter o nitrogênio (N₂) presente na atmosfera em formas que podem ser assimiláveis pelas plantas (NH₃), por meio da FBN, processo esse diretamente influenciado pela enzima nitrogenase (Shin et al., 2016). O gênero *Azospirillum* é um dos grupos de microorganismos mais estudados para a inoculação em gramíneas de interesse agrônomo, destacando-se dentre os grupos de bactérias diazotróficas endofíticas com capacidade de fixação biológica de N e promover o crescimento das plantas. Estudos tem comprovado a eficiência da inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura da cana-de-açúcar resultando em maior desenvolvimento e produtividade de colmo (Moutia et al., 2010; Serna-Cock et al., 2011; Moura et al., 2019).

O *Azospirillum brasilense* é uma bactéria endofítica gram-negativas, capaz de fixar nitrogênio e colonizar todas as partes da planta, especialmente as raízes de uma ampla variedade de espécies gramíneas (Bashan; Holguin, 1997). Além da fixação de N₂ atmosférico, essas bactérias contribuem para maior desenvolvimento das plantas através de

diversos mecanismos como a síntese de substâncias promotoras de crescimento, como auxinas, giberilinas e citocininas, aumento da atividade da enzima nitrato redutase, indução da resistências das plantas aos estresses abióticos e bióticos, e a solubilização de fosfatos (Fukami et al., 2018).

Estudos realizados comprovam que a resposta dos genótipos de cana-de-açúcar à inoculação de *A. brasilense* é dependente das condições edafoclimáticas, sendo mais efetiva em solos de baixa e média fertilidade (Oliveira et al., 2006) e em condições ambientais adversas (Moutia et al., 2010). Os ganhos médios decorrentes da FBN no cultivo de cana-de-açúcar no Brasil são em torno de 40 kg ha⁻¹ de N (Urquiaga et al., 2012). Neste contexto, a utilização da inoculação com bactérias diazotróficas pode melhorar a contribuição da FBN para a produção da cultura de cana-de-açúcar, proporcionando uma agricultura de menor impacto ambiental e mais rentável devido a possibilidade de se reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados na cultura. Portanto, torna-se importante compreender a resposta dos genótipos de cana-de-açúcar à inoculação de bactérias endofíticas e o quanto esta prática de manejo poderá reduzir a aplicação de fertilizantes nitrogenados.

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a eficiência da inoculação das mudas pré-brotadas com *Azospirillum brasilense* e estabelecer a dose ideal suplementar de adubação nitrogenada em cobertura no desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*).

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em condições de casa de vegetação no Departamento de Produção Vegetal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS, em Cassilândia, MS (19°05'30" S; 51°48'50" W e altitude de 540 m), no período de março a novembro de 2019. Durante o experimento, as condições ambientais no interior da casa de vegetação foram temperatura média do ar de 24 °C (± 4 °C) e umidade relativa do ar de 68% (± 6%).

Foram utilizadas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico (NQo), com 130 g kg⁻¹ de argila, 30 g kg⁻¹ de argila e 840 g kg⁻¹ de areia, coletadas na camada de 0-0,20 m de profundidade, em uma área de pastagem nativa sem histórico de cultivo agrícola. Solo de áreas sem histórico de uso agrícola é considerado ideal para investigar a interação entre a inoculação de bactérias diazotróficas e o uso de nitrogênio. As análises químicas foram efetuadas seguindo indicações de Teixeira et al. (2017), e os resultados são apresentados a seguir: pH (CaCl₂) = 4,5, matéria orgânica = 6,5 g dm⁻³, P (Mehlich-1) = 4,8 mg dm⁻³, K =

$0,08 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{Ca} = 1,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{Mg} = 0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{H}+\text{Al} = 3,70 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{Al} = 0,55 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{CTC} = 5,48 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{V} = 32\%$.

A correção da acidez do solo foi realizada com a aplicação de 820 g de calcário por dm^3 de solo (CaO: 28%; MgO: 12%; e, PRNT: 92%), visando elevar a saturação por base à 60% (Sousa; Lobato, 2004). Em seguida, o solo foi homogeneizado, umedecido até alcançar 80% da capacidade de retenção de água e incubado por 40 dias. Decorrido esse período, o solo foi fertilizado com 250 mg dm^{-3} de P (superfosfato triplo), 100 mg dm^{-3} de K (cloreto de potássio), 15 mg dm^{-3} de S (gesso agrícola), 2 mg dm^{-3} de Cu (sulfato de cobre), 2 mg dm^{-3} de Zn (sulfato de zinco), 1 mg dm^{-3} de Mo (molibdato de amônio) e 1 mg dm^{-3} de B (ácido bórico), transferido para vasos plásticos com capacidade para $12,0 \text{ dm}^3$ e submetido ao cultivo de cana-de-açúcar.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial $2 \times 5 \times 5$, constituídos por dois tratamentos de inoculação [sem (controle) e com inoculação de *Azospirillum brasilense*], cinco variedades de cana-de-açúcar (CTC 4, CTC 15, RB 867515, RB 966928 e SP 832847) e cinco doses de adubação nitrogenada em cobertura (0, 30, 60, 90 e 120 mg dm^{-3} de N), com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso plástico de 15 L contendo uma planta, perfazendo um total de 200 vasos.

A inoculação com *Azospirillum brasilense* foi realizada utilizando o inoculante comercial líquido AzoTotal® (Total Biotecnologia), contendo as estirpes AbV₅ e AbV₆ [concentração mínima de $2,0 \times 10^8$ unidades formadoras de colônias (UFC) por mL], na dose de 2,0 mL do inoculante por muda pré-brotada. A quantidade de inoculante utilizada foi diluída em uma solução contendo 2 mL de aditivo para inoculante Protege® TS (Total Biotecnologia) e, então, ambos os produtos (inoculante + aditivo) foram aplicados sobre as raízes das plantas por ocasião de transplante das mudas para os vasos, com o auxílio de uma pipeta graduada em mililitros. O aditivo para inoculante é constituído de metabólitos ativos de bactérias, complexo de açúcares e biopolímeros encapsulantes e tem a finalidade de melhorar a proteção e a viabilidade das bactérias no solo. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada aos 30 dias após o transplante das mudas na forma de solução diluída utilizando como fonte de fertilizante à ureia (45% de N).

O transplante das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar para os vasos plásticos foi realizado aos 30 dias após a brotação. Os minirrebolos (segmentos de colmos com gemas individualizadas) de 3,0 cm de comprimento utilizados para a produção das mudas pré-brotadas (MPB) foram extraídos de colmos-sementes provenientes de viveiros comerciais de 10 meses de idade, da Usina Generalco S/A - Grupo Aralco, localizados em General Salgado

(SP). Os minirrebolos não receberam nenhum tratamento térmico e nem a aplicação de fungicida (Figura 1). As mudas pré-brotadas foram produzidas em caixas plásticas (42 × 28 × 6 cm), preenchidas com substrato comercial (Carolina Soil[®]), com as seguintes características: pH 5,6; 0,85 g dm⁻³ de N; 0,18 g dm⁻³ de P, 0,25 g dm⁻³ de K; 1,24 g dm⁻³ de Ca; 0,72 g dm⁻³ de Mg; 0,30 g dm⁻³ de S; 0,70 dS m⁻¹ de condutividade elétrica (CE); 76% de porosidade total e 55% de capacidade de retenção de água (Figura 1). Após o transplântio, os vasos foram mantidos em condições controladas de casa de vegetação e diariamente irrigados para manter o teor de água próximo à 80% da capacidade de retenção de água do solo (Figura 2).



Figura 1. Corte e seleção dos minirrebolos de cana-de-açúcar com 3,0 cm de comprimento (à esquerda). Plantio dos minirrebolos em bandejas plásticas contendo substrato comercial (no centro). Mudanças de cana-de-açúcar no início do período de brotação das gemas (à direita). UEMS/Cassilândia, 2019. Fonte: Os autores.



Figura 2. Desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar em condições de casa de vegetação aos 60 dias (à esquerda) e aos 150 dias após o plantio das mudas (à direita). UEMS/Cassilândia, 2019. Fonte: Os autores.

Aos 150 dias após o transplântio da cana-de-açúcar, as plantas foram retiradas dos vasos, e as raízes lavadas em água corrente sobre peneiras com malha de 1,0 mm, para remoção do solo. Em seguida, foram mensuradas as seguintes características morfológicas: altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), número de folhas por planta (NF), número

de perfilhos (NP), área foliar (AF), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca das raízes (MSR).

A AP foi determinada a partir do nível do solo até a altura de inserção da folha +1 (sistema de numeração de Kuijper). O DC foi mensurado na base do colmo principal, utilizando um paquímetro digital. A AF foi determinada seguindo metodologia proposta por Hermann e Câmara (1999). Após a contagem do número de folhas verdes por planta (folhas totalmente expandida com o mínimo de 20% de área verde), a área foliar foi estimada por meio da seguinte equação: $AF = C \times L \times 0,75 \times (N + 2)$, em que C é o comprimento da folha +1, L é a maior largura da folha +1 e N é o número de folhas verdes contadas a partir da folha +1. O sistema radicular e a parte aérea (folhas e colmos) foram separados, secados em estufa à 65 °C, até massa constante, e então pesados em balança semianalítica, para a determinação da MSR e da MSPA.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a significância dos efeitos das variedades e da inoculação com *Azospirillum brasilense* foram testados pelo teste t de Fisher (LSD) ao nível de 5% de probabilidade. Para as doses de N em cobertura foram utilizadas a análise de regressão polinomial e as equações significativas (teste F, $p \leq 0,05$) com os maiores coeficientes de determinação (R^2) foram ajustadas. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Sisvar[®] versão 5.6 para Windows (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância reportou efeitos significativos ($p \leq 0,05$) para os efeitos isolados dos fatores variedades de cana-de-açúcar, inoculação de *A. brasilense* e aplicação de doses de N em cobertura para todas as características morfológicas (Tabela 1). Os efeitos da interação tripla entre os fatores variedades, inoculação com *A. brasilense* e aplicação de doses de N em cobertura foram significativos ($p \leq 0,05$) para todas as características morfológicas das plantas, exceto para o número de perfilhos por planta (Tabela 1). Estes resultados indicam que as variedades de cana-de-açúcar quando inoculadas e não com *A. brasilense* possuem respostas distintas à adubação nitrogenada em cobertura.

Os efeitos das doses de nitrogênio em cobertura na altura da planta e no diâmetro do colmo das variedades de cana-de-açúcar não inoculadas e inoculadas com *A. brasilense* são mostrados na Figura 3. As variedades CTC 4, CTC 15 e RB 96-6928 responderam positivamente à aplicação de N para a variável altura das plantas não inoculadas (Figura 3A). A variedade CTC 15 teve o máximo crescimento de altura das plantas não inoculadas com a aplicação de 91 mg dm⁻³ de N. Em contrapartida, as variedades CTC 4, CTC 15, RB 86-7515

e SP 83-2847 foram responsivas à aplicação de N para a variável altura de planta quando as plantas foram inoculadas com *A. brasilense* (Figura 3B). As variedades CTC 4 e CTC 15 apresentaram o máximo crescimento da altura das plantas com a aplicação de 70 e 89 mg dm⁻³ de N, respectivamente.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os efeitos isolados e associados da interação entre variedades, inoculação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cobertura nas características morfológicas das plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*).

Causas de variação	GL	Quadrados Médios						
		AP	DC	NF	NP	AF	MSPA	MSR
Bloco	3	605**	27,7**	7,4	0,69	98**	23	128
Variedade (V)	4	4408**	107,8**	380,2**	10,29**	462**	34624**	1893**
Inoculação (I)	1	8269**	230,7**	253,1**	6,38*	447**	13170**	836**
Dose nitrogênio (N)	4	2475**	10,0*	583,9**	3,01*	1786**	55740**	4689**
V × I	4	598**	13,1**	73,3**	1,30	80**	4775**	513**
V × N	16	234**	8,0**	24,0**	1,11	51**	3014**	341**
I × N	4	109	6,1	40,1**	1,59	68*	2055**	336**
V × I × N	16	338**	5,4*	20,5**	0,98	49**	1965**	216**
Resíduo	147	84	3,0	7,8	0,68	23	224	65
CV (%)		8,08	8,38	7,82	15,56	11,41	8,29	11,10

AP: altura de planta; DC: diâmetro do colmo; NF: número de folha por planta; NP: Número de perfilho; AF: Área foliar; MSPA: matéria seca da parte aérea; MSR: matéria seca das raízes; ** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Fonte: Os autores.

Estes resultados sugerem que a inoculação com *A. brasilense* potencializou o efeito da aplicação de N em cobertura entre as variedades mais responsivas à altura da planta. Matoso et al. (2020) mostraram que as variedades de cana-de-açúcar possuem respostas distintas à inoculação com bactérias diazotróficas. Oliver e Silva (2018) relataram que a inoculação de bactérias diazotróficas pode otimizar a eficiência do uso do fertilizante nitrogenado nas doses de 60 e 90 kg ha⁻¹ de N, sendo possível obter aumentos de produtividade de colmo em doses mais baixas de N e em associação às bactérias diazotróficas. Por sua vez, Garcia et al. (2013) verificaram que a inoculação de bactérias diazotróficas proporcionou altura de planta para a variedade RB 86-7515 semelhante as plantas com a adubação mineral.

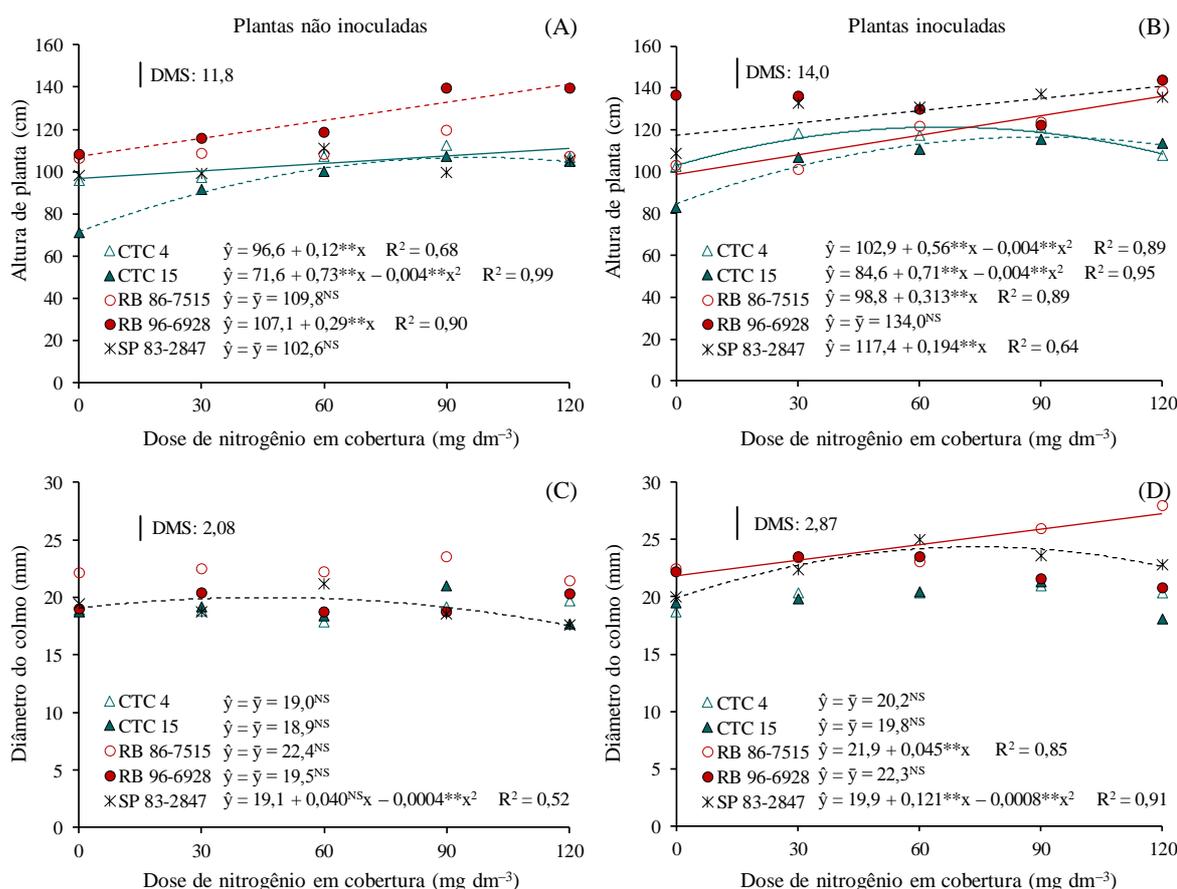


Figura 3. Efeito das doses de nitrogênio em cobertura na altura de planta (A e B) e no diâmetro do colmo (C e D) das variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) não inoculadas (A e C) e inoculadas com *Azospirillum brasilense* (B e D). DMS: diferença mínima significativa do Teste t de Fisher (Teste LSD). ^{NS}: não significativo. ^{**}: significativo à 1% de probabilidade. Fonte: Os autores.

A variedade SP 83-2847 foi responsiva até a aplicação de 50 mg dm^{-3} para a variável diâmetro do colmo das plantas não inoculadas, ao passo que as demais variedades não demonstraram efeitos significativos para a aplicação de N em cobertura (Figura 3C). A variedade RB 86-7515 apresentou desenvolvimento linear para o diâmetro do colmo das plantas inoculadas e, a variedade SP 83-2847 foi responsiva até a aplicação de 76 mg dm^{-3} de N. As variedades CTC 4, CTC 15 e RB 96-6928 não mostraram respostas significativas para o diâmetro do colmo das plantas inoculadas (Figura 3D).

Estes resultados reportaram que as variedades RB 86-7515 e SP 83-2847 foram mais responsivas ao desenvolvimento no diâmetro do colmo das plantas inoculadas, ao passo que a variedade SP 83-2847 teve maior resposta a aplicação de N para as plantas não inoculadas. Estas respostas distintas entre as variedades de cana-de-açúcar podem ser devido às especificidades genótípicas. As diferenças entre os genótipos da cana-de-açúcar e as condições edafoclimáticas podem influenciar na resposta à inoculação de bactérias

diazotróficas (Chaves et al., 2015). Silva et al. (2009) verificaram que a inoculação de diferentes estirpes de bactérias diazotróficas endofíticas promoveram aumento da produtividade de colmos para a variedade RB 86-7515. De modo similar, Schultz et al. (2012), Pereira et al. (2013) e Matoso et al. (2020) reportaram que a inoculação de bactérias diazotróficas proporcionou incrementos na produtividade de colmos da variedade RB 86-7515; no entanto, Schutz et al. (2012) constataram que as variedades RB 72-454 e CTC 2 apresentaram redução na produtividade de colmos quando inoculadas com bactérias diazotróficas.

A variedade RB 96-6928 foi responsiva ao uso de bactérias diazotróficas para a altura da planta e diâmetro do colmo nos estudos realizados por Matoso et al. (2020). Simões et al. (2018) constataram que a época de aplicação mais indicada para a inoculação das bactérias fixadoras de nitrogênio, via sistema de irrigação, é aos 10 dias após a emergência das plantas, proporcionando o maior acúmulo de matéria seca dos colmos. Em estudos realizados por Dellabiglia et al. (2018), a inoculação de bactérias diazotróficas não promoveu aumento de produtividade dos colmos na variedade de cana-de-açúcar RB 92-579, o que demonstra a importância da seleção de genótipos de cana-de-açúcar mais responsivos à inoculação com as respectivas estirpes bactérias diazotróficas. A inoculação com bactérias diazotróficas aumenta a produtividade de colmos de cana-de-açúcar de genótipos responsivos, gerando economia do uso de fertilizantes nitrogenados, por meio do processo de FBN.

Em geral, o uso de bactérias diazotróficas no cultivo de cana-de-açúcar tem promovido aumentos significativos em diversas características agronômicas das plantas, tais como altura de planta, diâmetro de colmo e índice relativo de clorofila. Além disso, por meio do processo de FBN é possível aprimorar o estado nutricional das plantas, refletindo no uso de menor quantidade de fertilizantes nitrogenados, minimizando os impactos ambientais da utilização desses insumos e favorecendo o cultivo sustentável da cana-de-açúcar (Matoso et al., 2020).

Os efeitos das doses de N em cobertura no número de folhas por planta e na área foliar das variedades de cana-de-açúcar não inoculadas e inoculadas com *A. brasilense* são mostrados na Figura 4. As variedades CTC 4, RB 86-7515, RB 96-6928 e SP 83-2847 foram responsivas à aplicação de N para o número de folhas das plantas não inoculadas e, somente, a variedade CTC 15 não foi responsiva a aplicação de N (Figura 4A). As variedades RB 96-6928 e SP 83-2847 responderam positivamente até a aplicação de 107 e 79 mg dm⁻³ de N, respectivamente. Todas as variedades foram responsivas à aplicação de N para o número de

folhas das plantas inoculadas com *A. brasilense* (Figura 4B). A variedade CTC 15 apresentou resposta positiva até a aplicação de 100 mg dm⁻³ de N.

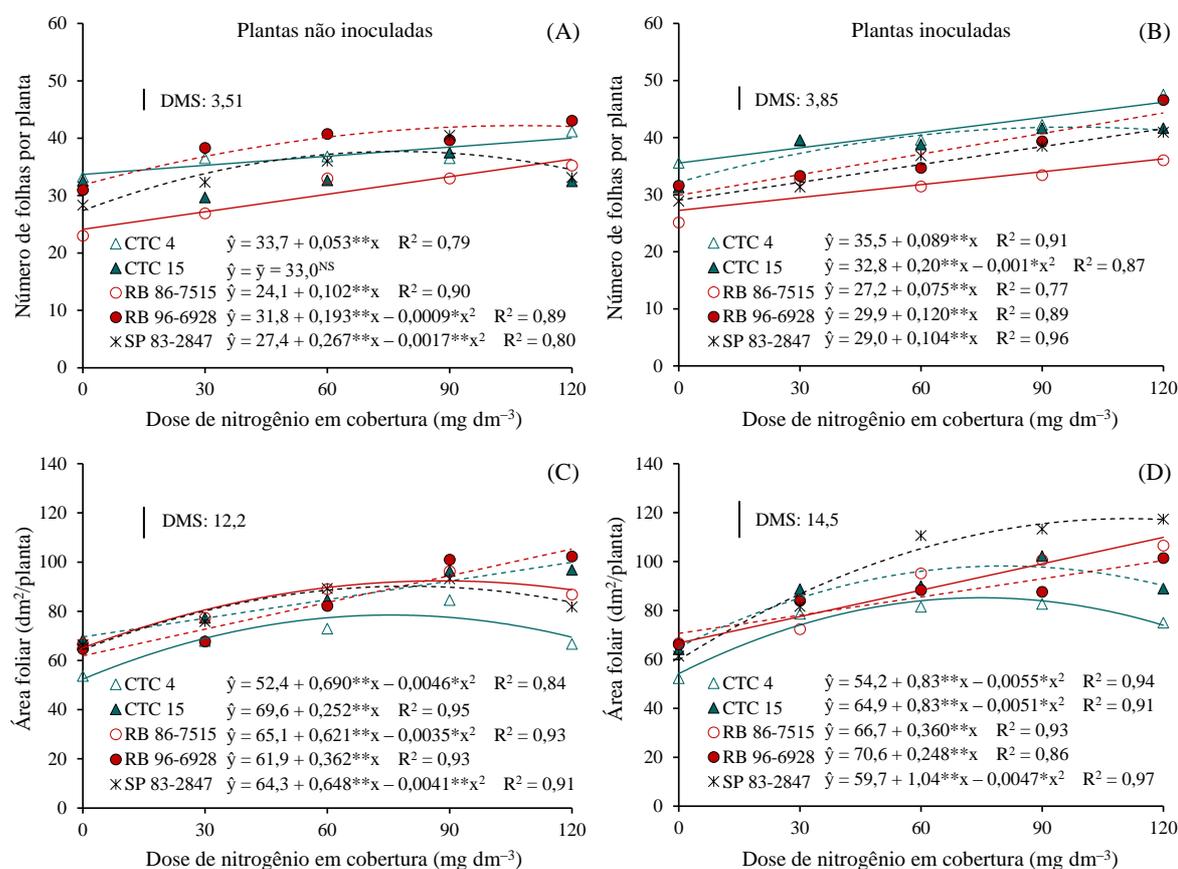


Figura 4. Efeito das doses de nitrogênio em cobertura no número de folhas por planta (A e B) e na área foliar (C e D) das variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) não inoculadas (A e C) e inoculadas com *Azospirillum brasilense* (B e D). DMS: diferença mínima significativa do Teste t de Fisher (Teste LSD). ^{NS}: não significativo. ^{**}: significativo à 1% de probabilidade. Fonte: Os autores.

Todas as variedades foram responsivas à aplicação de N para a área foliar das plantas não inoculadas (Figura 4C). As variedades CTC 4, RB 86-7515 e SP 83-2847 apresentaram resposta positiva até a aplicação de 75, 89 e 79 mg dm⁻³ de N, respectivamente. Todas as variedades foram responsivas à aplicação de N em cobertura para a área foliar das plantas inoculadas com *A. brasilense* (Figura 4D). As variedades CTC 4, CTC 15 e SP 83-2847 apresentaram resposta positiva até a aplicação de 75, 81 e 111 mg dm⁻³ de N, respectivamente.

A maioria das variedades de cana-de-açúcar foram responsivas à aplicação de N em cobertura para o número de folhas e área foliar, independentemente da inoculação ou não das plantas com *A. brasilense* (Figura 2). Kleingesinds (2010) reportou que a inoculação com

Acinetobacter sp. ICB117 proporcionou benefícios à cana-de-açúcar, isto é, aumento das raízes, da assimilação de CO₂ e do número de folhas. Além disso, Martínez (2012) verificou que a presença da bactéria *Rhizobium* sp. ICB503 aumentou significativamente a matéria seca total, área foliar, assimilação máxima de CO₂ e o teor de N nas folhas de plantas da variedade SP 80-1816. Por sua vez, Garcia et al. (2013) observaram que o teor de clorofila das plantas da variedade RB 86-7515 foi maior nos tratamentos com inoculação quando comparado com a adubação mineral.

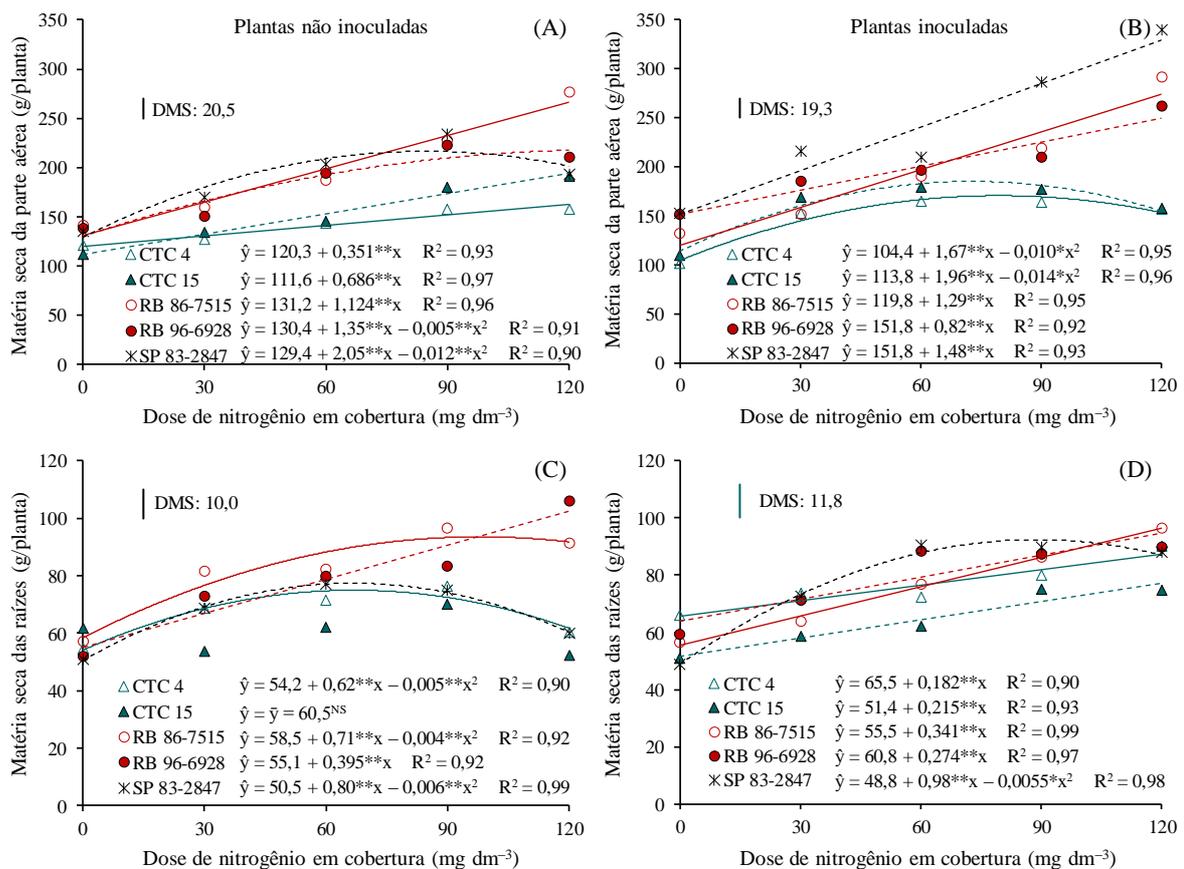


Figura 5. Efeito das doses de nitrogênio em cobertura na produção de matéria seca da parte aérea (A e B) e das raízes (C e D) das variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) não inoculadas (A e C) e inoculadas com *Azospirillum brasilense* (B e D). DMS: diferença mínima significativa do Teste t de Fisher (Teste LSD). ^{NS}: não significativo. ^{**}: significativo à 1% de probabilidade. Fonte: Os autores.

Os efeitos da aplicação de N em cobertura na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes das variedades de cana-de-açúcar submetidas ou não a inoculação de *A. brasilense* são mostrados na Figura 5. Todas as variedades foram responsivas à aplicação de N para o acúmulo de matéria seca da parte aérea das plantas não inoculadas (Figura 5A). As variedades RB 96-6928 e SP 83-2847 foram responsivas até a aplicação de 135 e 85 mg dm⁻³

³ de N, respectivamente. Todas as variedades foram responsivas à aplicação de N para o acúmulo de matéria seca da parte aérea das plantas inoculadas com *A. brasilense* (Figura 5B). As variedades CTC 4 e CTC 15 foram responsivas até a aplicação de 83 e 70 mg dm⁻³ de N, respectivamente.

As variedades CTC 4, RB 86-7515, RB 96-6928 e SP 83-2847 foram responsivas à aplicação de N para o acúmulo de matéria seca das raízes das plantas não inoculadas e, somente, a variedade CTC 15 não foi responsiva a adubação nitrogenada (Figura 5C). As variedades CTC 4, RB 86-7515 e SP 83-2847 foram responsivas até a aplicação de 62, 89 e 67 mg dm⁻³ de N, respectivamente. Todas as variedades foram responsivas à aplicação de N para o acúmulo de matéria seca das raízes das plantas inoculadas com *A. brasilense* (Figura 5D). A variedade SP 83-2847 foi responsiva até a aplicação de 89 mg dm⁻³ de N.

Em geral, todas as variedades mostraram efeitos positivos à aplicação de N para o acúmulo de matéria seca da parte aérea e das raízes, tanto para as plantas inoculadas ou não inoculadas com *A. brasilense*, exceto a variedade CTC 15 que não foi responsiva à matéria seca das raízes das plantas não inoculadas. A inoculação de bactérias diazotróficas promoveram o aumento da matéria seca da variedade RB 86-7515 (Silva et al., 2009). Schultz et al. (2012) reportaram que a variedade RB 86-7515, amplamente cultivada no Brasil, foi responsiva à inoculação e à adubação nitrogenada, mas o crescimento e o acúmulo de N total na parte aérea das plantas, promovidos pela inoculação, foram similares aos do tratamento com adubação nitrogenada. Pereira et al. (2013) constataram que a inoculação promoveu maior acúmulo de matéria seca das plantas, mas a contribuição foi diferente entre variedades e estirpes inoculadas, sugerindo uma interação entre os fatores avaliados e, ainda, relataram que a variedade RB 86-7515 é promissora para pesquisas com inoculação, pois respondeu positivamente à inoculação de diferentes bactérias diazotróficas.

Chaves et al. (2015) e Gírio et al. (2015) verificaram que a inoculação aumentou a velocidade de brotação da cultivar RB 86-7515 e, também, o teor de N e o acúmulo de matéria seca das raízes e da parte aérea, produzindo efeitos fisiológicos no crescimento das plantas. Gírio et al. (2015) relataram que a inoculação, associada ao fornecimento de N, favoreceu o crescimento inicial da parte aérea até os 180 dias após o transplante, ao aumentar o perfilhamento, a altura, o diâmetro e a produção da matéria seca dos colmos e das folhas. Porém, a inoculação de bactérias diazotróficas não aumentou o acúmulo de matéria seca das raízes, mas promoveu o incremento no comprimento do sistema radicular. Garcia et al. (2013) constataram que a inoculação de bactérias diazotróficas proporcionou acúmulo de matéria seca da parte aérea semelhante à aplicação doses de nitrogênio. Romano

(2016) relatou que a interação entre *A. brasiliense* e a cultivar RB 86-7515 mostrou resultados satisfatórios para o acúmulo de matéria seca da parte aérea e das raízes, podendo ser uma alternativa sustentável a sua utilização em campo, considerando que esta variedade de cana-de-açúcar tem sido efetiva à inoculação com bactérias diazotróficas em diversos estudos experimentais.

Por outro lado, um decréscimo na produtividade da variedade CTC 15 foi observado em estudos realizados por Pereira et al. (2013), indicando um possível efeito negativo da inoculação de bactérias diazotróficas para esta variedade, que pode ser atribuído aos efeitos decorrentes da interação simbiótica entre planta e bactéria, bem como, das condições edafoclimáticas. Esta variedade é uma das principais em expansão produzidas pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), com potencial produtivo promissor, mostrando efeitos satisfatórios para a inoculação de *A. brasiliense* neste estudo.

A necessidade de seleção dos genótipos com maior potencial produtivo, sob condições de baixas doses de adubação nitrogenada e responsivos à inoculação com bactérias diazotróficas, com potencial para a fixação biológica de nitrogênio, otimizando a eficiência de produção em níveis sustentáveis. Schultz et al. (2012) relatou que a cana-de-açúcar tem alta viabilidade de resposta à adubação nitrogenada e à inoculação, em função dos genótipos e condições edafoclimáticas, ou seja, em torno de 50% de nitrogênio acumulado na parte aérea da cana-de-açúcar é proveniente da fixação biológica de N associado à cultura.

As cinco variedades de cana-de-açúcar avaliadas possuem respostas diferentes à aplicação de N e a inoculação com *A. brasiliense*. Estudos sobre bactérias diazotróficas associadas às variedades de cana-de-açúcar mostraram a ocorrência de *A. brasiliense*, dentre outras espécies, em todas as partes da planta e solo rizosférico (Milani et al., 2011; Costa et al., 2013; Zhu et al., 2013; Souza et al., 2015). A fixação biológica de N associada à cana de açúcar é um processo intrínseco que deve ser pesquisado no sentido de melhorar o balanço energético da cultura, bem como, para preservar a qualidade física e química do solo, principalmente, aumentando os estoques de C e N dos solos cultivados (Baudoin et al., 2010; Gosal et al., 2012; Schultz et al., 2012; Souza et al., 2015; Rodrigues et al., 2016; Finkel et al., 2017). Lima et al. (2011) ressaltaram que a fixação biológica em plantas de cana-de-açúcar é um processo complexo que envolve uma gama de fatores relacionados ao genótipo das plantas e respectivas bactérias associadas.

Pesquisas sobre a aplicação tecnológica de bactérias diazotróficas em cana-de-açúcar apontam diversos benefícios ambientais e econômicos para essa cultura, mas os efeitos da aplicação podem variar entre os diversos genótipos da planta e estirpes de bactérias utilizadas

e, principalmente, com as condições edafoclimáticas da região de plantio. Bactérias diazotróficas realizam a fixação biológica de N, por meio de reações químicas de biossíntese catalisadas pela enzima nitrogenase que produzem exsudados, ainda que haja muitas diferenças morfológicas, fisiológicas e genéticas entre as estirpes e nas condições ambientais onde são encontradas. A influência das bactérias na rizosfera das plantas é também devida a produção de fitormônios, tais como, os compostos indólicos (auxina), com grande relevância fisiológica nas interações simbióticas entre bactérias e plantas (Baudoin et al., 2010; Costa et al., 2013; Santi e al., 2013). *Azospirillum lipoferum*, *Azospirillum brasilense*, *Azospirillum amazonense*, *Acetobacter diazotrophicus* e *Herbaspirillum* spp. são espécies de bactérias diazotróficas presentes tanto em genótipos de cana-de-açúcar ditos eficientes quanto em genótipos não eficientes em relação à fixação biológica de nitrogênio e estas bactérias estão presentes nas raízes, colmos e folhas das plantas, com exceção de *A. amazonense* (Reis-Junior et al., 2000).

O aumento da eficiência produtiva da cana-de-açúcar, por meio de tecnologias que visem aumentar seu balanço energético é uma necessidade do setor sucroenergético, pois trata-se de uma cultura estratégica para o país. Dentre as diversas alternativas, a inoculação com bactérias diazotróficas demonstra ser, evidentemente, uma tecnologia promissora e de elevado potencial para agricultura sustentável, pois essa técnica de inoculação com bactérias diazotróficas endofíticas na cana-de-açúcar apresenta-se como uma prática alternativa para promover o crescimento vegetal, com menor dependência da adubação nitrogenada. Neste estudo, foi possível concluir que: i) as cinco variedades de cana-de-açúcar possuem respostas distintas à aplicação de doses de nitrogênio e a inoculação com *A. brasilense*; b) a inoculação *A. brasilense* promoveu maior crescimento das plantas das plantas de cana-de-açúcar quando cultivadas em um solo arenoso da região do Cerrado; c) a maioria das variedades de cana-de-açúcar avaliadas foram responsivas à aplicação de doses de nitrogênio para a altura de planta, número de folhas, área foliar, matéria seca da parte aérea e matéria seca das raízes, especialmente quando as plantas foram inoculadas com *A. brasilense*; d) a dose de N em cobertura ideal para o crescimento e o desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar em condições de casa de vegetação varia de 70 a 100 mg dm⁻³ de N, independentemente da inoculação com *A. brasilense*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu ML, Silva MA, Teodoro I, Holanda LA, Sampaio-Neto GD (2013). Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. *Bragantia*, 72(3): 262-270.
- Bashan Y, Holguin G (1997). Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances. *Canadian Journal of Microbiology*, 43(2): 103-121.
- Bastos A, Teodoro J, Teixeira M, Silva E, Costa D, Bernardino M (2017). Efeitos da adubação nitrogenada e potássica no crescimento da cultura da cana-de-açúcar segunda soca. *Revista de Ciências Agrárias*, 40(3): 554-563.
- Baudoin E, Couillerot O, Spaepen S, Moëgne-Loccoz Y, Nazaret S (2010). Applicability of the 16S-23S rDNA internal spacer for PCR detection of the phyto-stimulatory PGPR inoculant *Azospirillum lipoferum* CRT1 in field soil. *Journal of Applied Microbiology*, 108(1): 25-38.
- Cabrera JA, Zuaznábar R (2010). Respuesta de la caña de azúcar a la fertilización nitrogenada en un experimento de larga duración con 24 cosechas acumuladas. *Cultivos Tropicales*, 31(1): 93-100.
- Chaves VA, Santos SG, Schultz N, Pereira W, Sousa JS, Monteiro RC, Reis VM (2015). Desenvolvimento inicial de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(5): 1595-1602.
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar*, Safra 2019/2020. 6(3): 58.
- Costa PB, Beneduzi A, Souza R, Schoenfeld R, Vargas LK, Passaglia LMP (2013). The effects of different fertilization conditions on bacterial plant growth promoting traits: guidelines for directed bacterial prospecting and testing. *Plant Soil*, 368(3): 267-280.
- Dellabiglia WJ, Gava GJC, Arlanch AB, Boas RLV, Cantarella H, Rossetto R (2018). Produtividade de cana-de-açúcar fertirrigada com doses de N e inoculadas com bactérias diazotróficas. *Irriga*, 1(1): 29-41.
- Ferreira DF (2014). Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2),109-112.
- Finkel OM, Castrillo G, Paredes SH, González IS, Dangel JL (2017). Understanding and exploiting plant beneficial microbes. *Current Opinion in Plant Biology*, 38(3): 155-163.
- Fukami J, Cerezini P, Hungria M (2018). *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*, 8(73): 1-12.

- Garcia JC, Vitorino R, Azania CAM, Silva DM, Beluci LR (2013). Inoculação de bactérias diazotróficas no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar, variedade RB 867515. *Nucleus*, 10(1): 1-12.
- Gírio LAS, Dias FLF, Reis VMR, Urquiaga S, Schultz N, Bolonhezi D, Mutton MA (2015). Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pré-brotadas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(1): 33-43.
- Gosal SK, Kalia A, Uppal SK, Kumar R, Walia SS, Singh K, Singh H (2012). Assessing the benefits of Azotobacter bacterization in sugarcane: a field appraisal. *Sugar Tech*, 14(2): 61- 67.
- Hermann ER, Câmara GMS (1999). Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. *Revista da STAB*, 17(5): 32-34.
- Kleingesinds CK (2010). *Efeito da inoculação de uma bactéria endofítica fixadora de nitrogênio (Acinetobacter sp. ICB117) no desenvolvimento da cana-de-açúcar (Saccharum sp. variedade SP791011)*. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo.
- Lima RC, Kozusny-Andreani DI, Andreani-Junior R, Fonseca L (2011). Caracterização fenotípica de bactérias diazotróficas endofíticas isoladas de cana de açúcar. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(1): 5803-5813.
- Lopes VR, Bessalho-Filho JC, Figueiredo GGO, Oliveira RA, Daros E (2019). Interaction between sugarcane families and plant growth-promoting bacteria in two crop cycles. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(2): 527-538.
- Martínez LRDPR (2012). *Efeito da inoculação da bactéria endofítica fixadora de nitrogênio Rhizobium sp. ICB503 no desenvolvimento de plantas de cana-de-açúcar (Saccharum sp.)*. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade São Paulo.
- Matoso ES, Avancini AR, Maciel KFK, Alves MC, Simon EDT, Silva MT, Dias NL, Silva SDA (2020). Influência do uso de um mix de bactérias diazotróficas na biometria e no conteúdo de clorofila de plantas de cana-de-açúcar. *Brazilian Journal of Development*, 6(2): 7261-7274.
- Milani KML, Machneski O, Balota EL (2011). Ocorrência e isolamento de bactérias diazotróficas associadas à cana-de-açúcar. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, Goiânia, 7(13): 1-11.
- Moura JB, Souza RF, Ventura MVA, Furquim LC, Vieira-Junior WG, Braga APM, Lima IR, Caixeta JGA, Milk DC, Silva JC, Rocha ECV, Lopes HPB (2019). Influence of

- nitrogen fixing bacteria in the establishment of pre-broken sugar cane. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*, 21(1): 22-26.
- Moutia JFY, Saumtally S, Spaepen S, Vanderleyden J (2010). Plant growth promotion by *Azospirillum* sp. in sugarcane is influenced by genotype and drought stress. *Plant and Soil*, 337: 233-242.
- Oliveira ALM, Canuto EL, Urquiaga S, Reis VM, Baldani JI (2006). Yield of micropropagated sugarcane varieties in different soil types following inoculation with endophytic diazotrophic bacteria. *Plant and Soil*, 284(1): 23-32.
- Oliveira AR, Simões WL (2016). Cultivares de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas em condições irrigadas no semiárido brasileiro. *Revista Energia na Agricultura*, 31(2): 154-161.
- Oliveira ECA, Freire JF, Oliveira RI, Oliveira AC, Freire MBGS (2011). Acúmulo e alocação de nutrientes em cana-de-açúcar. *Revista Ciência Agronômica*, 42(3): 579-588.
- Oliver R, Silva MA (2018). Interaction between diazotrophic bacteria and N-fertilizer doses on sugarcane crop. *Journal of Plant Nutrition*, 41(6): 722-736.
- Pereira W, Leite JM, Hipólito GS, Santos CLR, Reis VM (2013). Acúmulo de biomassa em variedades de cana-de-açúcar inoculadas com diferentes estirpes de bactérias diazotróficas. *Revista Ciência Agronômica*, 44(2): 363-370.
- Prado RM, Pancelli MA (2008). Resposta de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistema de colheita sem queima. *Bragantia*, 67(4): 951-959.
- Reis-Junior FB, Silva LG, Reis VM, Döbereiner J (2000). Ocorrência de bactérias diazotróficas em diferentes genótipos de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(5): 985-994.
- Rodrigues AA, Forzani MV, Soares RSS, Sibov ST, Vieira JDG (2016). Isolation and selection of plant growth-promoting bacteria associated with sugarcane. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 46(2): 149-158.
- Romano T (2016). *Inoculação de bactérias diazotróficas em cana-de-açúcar: efeito do nitrogênio e genótipo vegetal*. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- Santi C, Bogusz D, Franche C (2013). Biological nitrogen fixation in non-legume plants. *Annals of Botany*, 111(5): 743-767.
- Santos F, Borém A (2013). *Cana-de-açúcar: do plantio à colheita*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa.

- Schultz N, Morais RF, Silva JA, Baptista RB, Oliveira RP, Leite JM, Pereira W, Carneiro Júnior JB, Alves BJR, Baldani JI, Boddey RM, Urquiaga S, Reis VM (2012). Avaliação agronômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(2): 261-268.
- Serna-Cock L, Arias-García C, Hernandez LJV (2011). Efecto de la biofertilización sobre el crecimiento en maceta de plantas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(2): 85-95.
- Shin W, Islam R, Benson A, Joe MM, Kim K, Gopal S, Samaddar S, Banerjee S, Sa T (2016). Role of diazotrophic bacteria in biological nitrogen fixation and plant growth improvement. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 49(1): 17-29.
- Silva MF, Oliveira PJ, Xavier GR, Rumjanek NG, Reis VM (2009). Inoculantes formulados com polímeros e bactérias endofíticas para a cultura da cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(11): 1437-1443.
- Simões WL, Oliveira AR, Reis VM, Pereira W, Lima JA (2018). Aplicação de bactérias diazotróficas via sistema de irrigação para fixação biológica de nitrogênio na cana-de-açúcar. *Energia na Agricultura*, 33(1): 45-51.
- Sousa DMG, Lobato E (2004). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 416 p.
- Souza R, Ambrosini A, Passaglia LMP (2015). Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and Molecular Biology*, 38(4): 401-419.
- Teixeira PC, Donagemma GK, Fontana A, Teixeira WG (2017). Manual de métodos de análise de solo. 3ª ed. Brasília, DF: Embrapa Solos. 573p.
- Udvardia M, Brodie EL, Riley W, Kaeppler S, Lynch J (2015). Impacts of agricultural nitrogen on the environment and strategies to reduce these impacts. *Procedia Environmental Sciences*, 29(3): 303-318.
- Urquiaga S, Xavier R, Morais RF, Batista R, Schultz N, Leite JM, Resende A, Alves BJR, Boddey RM (2012). Evidence from field nitrogen balance and ¹⁵N natural abundance data of the contribution of biological N₂ fixation to Brazilian sugarcane varieties. *Plant and Soil*, 356(1): 5-21.
- Zhu B, Zhou Q, Lin L, Hu C, Shen P, Yang L, An Q, Xiel G, Li Y (2013). *Enterobacter sacchari* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with sugar cane (*Saccharum officinarum* L.). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 63(5): 2577-2582.

Capítulo VI

Residual effect of rock dust doses after two years of application in maize

Received in: 04/05/2020

Accept in: 10/05/2020

 10.46420/9786599064159cap6

Jorge González Aguilera^{1*} 

Renato Jaqueto Goes¹ 

Alan Mario Zuffo¹ 

Rafael Felipe Ratke¹ 

Natielly Pereira Da Silva¹

Matheus Liber de Godoy¹

Johann Francie Nantes Erharter¹

INTRODUCTION

Maize (*Zea mays* L.) is the cereal with the highest grains yield in the world. Brazil has the third position in the world ranking of maize production with 101 million tons, behind China and United States of America (USA), whose production 260.8 and 347.8 million tons in the 2019/2020 harvest, respectively (Fiesp, 2020).

In Brazil, the Midwest region has the largest grains yield in this country. Mato Grosso state is the main producing followed by Mato Grosso do Sul, Goiás and Federal District which produced in the current maize crop about 53 million t in 8 million hectares (Conab, 2020). In Mato Grosso do Sul, the estimated area with the crop is 1,840 thousand hectares for the 2019/2020 harvest, mainly due to the soybean (*Glycine max* L.) crop. With the technological package adopted by the producers, the forecast is to obtain good grains yield in this crop succession.

In general, agricultural production is dependent on genetic, nutritional, environmental, and phytosanitary factors (Ferneda et al., 2019). Crop nutrition is an essential role in its development, and for specific regions, its management determines grains yield. The maintenance of yield levels depends on the investment in technologies that improve this nutrition and that are also economically adequate.

Sources of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) as the basis for plant nutrition in small and large crops experience high prices in the international market

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil.

*Autor de correspondência e-mail: j51173@yahoo.com.

(Manning; Theodoro, 2018). More economical alternatives, such as the use of rock dust in minerals and trace elements, provide the perfect environment for natural agriculture (Ramos et al., 2015; Nunes et al. 2014; Aguilera et al., 2020, Ratke et al., 2020).

The objective was to verify the effect of doses of rock dust doses in maize cultivars grown after soybean at no-tillage (NT) conditions in the region of Chapadão do Sul in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil.

MATERIALS AND METHODS

Experimental Field

The research was carried out in an experimental area at the Federal University of Mato Grosso do Sul in Chapadão do Sul, MS, Brazil (18°46'17.9 S; 52°37'25.0 W, and 810 m above the sea level), during the 2019/2020 harvest. The region's climate, according to the Köppen classification, is a tropical rainy type (Aw), with rainy summer and dry winter, with precipitation, average temperature, and annual relative humidity of 1,261 mm, 23, 97 ° C, 64.23%, respectively. The soils of the experimental area characterized as Rhodic Ferralsol (IUSS, 2015) and "Latossolo Vermelho distrófico" by the Brazilian survey (Santos et al., 2018).

Experimental design and treatments

The experimental design used was randomized blocks, arranged in a 2 × 4 factorial scheme, with three replications. The treatments consisted of two maize hybrids (HB1: Defender VIP3 and HB2: Pioneer® 30F53VYHR), and four doses of basalt rock dust (0; 1,0; 3,0 and 5,0 t ha⁻¹) applied on the soil surface in the 2018/2019 crop season (Aguilera et al., 2020). Each plot consisted of seven rows spaced 0.45 m with 3 m of length. As a useful area, were considered 2 m length of the three central lines (1.8 m²).

Conduct Field Experiment

The area was prepared with glyphosate (720 g ha⁻¹), and haloxifop-P-methyl (63 g ha⁻¹). The maize was planted 10 days after initial weed control with an air seeder prepared for no-till system (NTS). The corn seeds were deposited at a depth of 0.03 m, the spacing rows were 0.45 m, and the density was 3.4 seeds m⁻¹, reaching the final stand of 70,000 plants per hectare. The planting fertilization consisted of 150 kg ha⁻¹ of MAP (11% N-ammoniacal and 52% P₂O₅). The cover fertilization was 100 kg ha⁻¹ of K₂O, whose source was potassium chloride at 40 days after emergence (DAE).

During the development of plants, the management of weeds, pests, and diseases carried out using products according to the need for control in the maize crop.

Assessment

The full flowering of the maize evaluated in five plants per plot: height of the ear insertion (HEA) (cm) - a depth of the soil surface until the insertion of the first ear with the aid of a millimeter rule; plant height (PH) (cm) - specified on the soil surface until the last top leaf with the aid of a millimeter ruler; and a leaf area of the plant (LAP) (cm²) - was applied by the non-destructive method described by Francis et al. (1969).

Statistical Analysis

The data from the assessments were used for the analysis of variance (ANOVA) (F test). When significant, the means of the hybrids compared by the Tukey test ($P < 0.05$) and for the doses of basalt rock dust made the regression graphs. The Rbio software (Bhering, 2017) and the Sigma Plot 10.0® (Systat Software Inc.) were used to make the graphics.

RESULTS AND DISCUSSION

ANOVA results are summarized in Table 1. The analyzes show a highly significant effect only for the hybrid factor ($P < 0.01$). The lack of a significant effect on the doses of rock dust was also found by Nalon and Oliviera (2009). The coefficients of experimental variation were adequate for field experiments, with values $< 6\%$ showing the high homogeneity of the data obtained and the experimental precision.

Table 1. ANOVA values (F values) performed in a field experiment that assesses the effects of doses of basalt rock dust on two maize cultivars was evaluated in an experiment of field conducted in the municipality of Chapadão do Sul, MS during the 2019/2020 off-season.

Sources	GL	HEA ¹ (cm)	PH (cm)	LAP (cm ²)
Cultivars (C)	1	0.00009	0.00003	0.00000
Doses PR (PR)	3	0.33121	0.15926	0.79894
C x PR	3	0.79403	0.74002	0.86763
Residual	16			
Total	23			
CV (%)		5.13	4.00	5.59
Overall Average		100.68	190.99	6031.70
Minimum		87.6	173.8	4660.39
Maximum		113.6	213.4	7107.78

¹HEA: height of the ear insertion; PH: plant height; LAP: Leaf area of plant. CV: Coefficient of variation.

The development of the tested maize hybrids was adequate if we consider the mean values of the three variables evaluated, which were 100.68 cm, 190.99 cm, and 6031.70 cm² for HEA, PH, and LAP, respectively (Table 1). Climatic conditions in the period contribute to this observed response to the evaluated characteristics.

HB2 (Pioneer® 30F53VYHR) is a Pioneer® hybrid with Leptra® insect protection technology and with Roundup Ready™ Maize 2 gene. Evaluated in our experiment), and in this last season, the breeders highlight its high productive potential, full adaptation with productive stability and grain quality, high response to handling and precocity (Pioneer, 2020), attributes that confirm his superiority about the HB1 for the evaluated characteristics and environmental conditions of Chapadão do Sul in the 2019/2020 off-season (Figure 1).

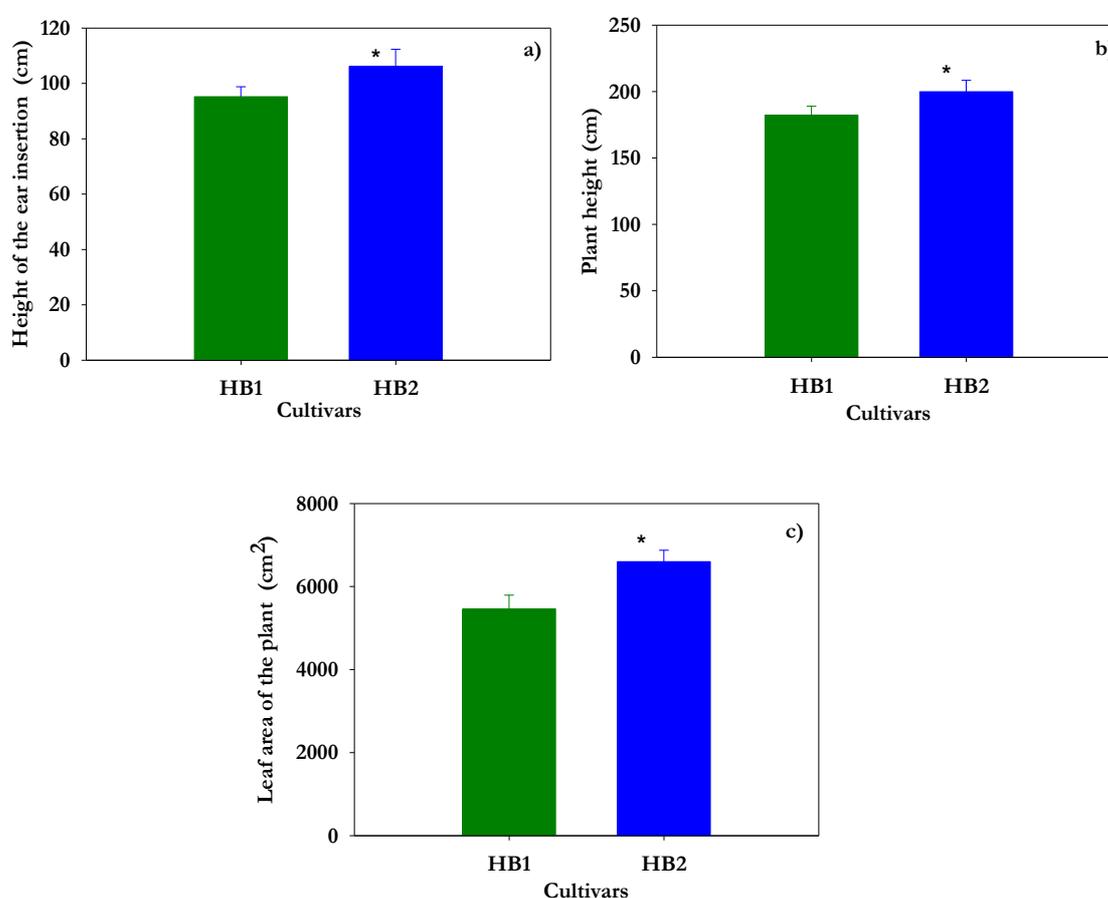


Figure 1. The behavior of two maize cultivars (HB1: Defender VIP3 and HB2: Pioneer® 30F53VYHR) when the variables height of the ear insertion (a), plant height (b) and leaf area of the plant (c) was evaluated in an experiment of field conducted in the municipality of Chapadão do Sul, MS during the 2019/2020 off-season. *It represents highly significant differences between the means \pm standard deviation, by the F test ($P < 0.001$). Source: The authors.

The doses of basalt rock dust were another factor evaluated in our experiment (Table 1), and the means of the characteristics showed in Figure 2. ANOVA found no effect for this factor, showing that the doses of basalt rock dust used had a coincident effect, not statistically exceeding the control used in our experiments (Figure 2). As it is a quantitative factor, the averages were shown in Figure 2, indicating that although the averages do not show statistical differences, the data show a tendency to increase as the doses are observed from the absence of rock dust (control) concerning the other increasing doses of basalt rock dust.

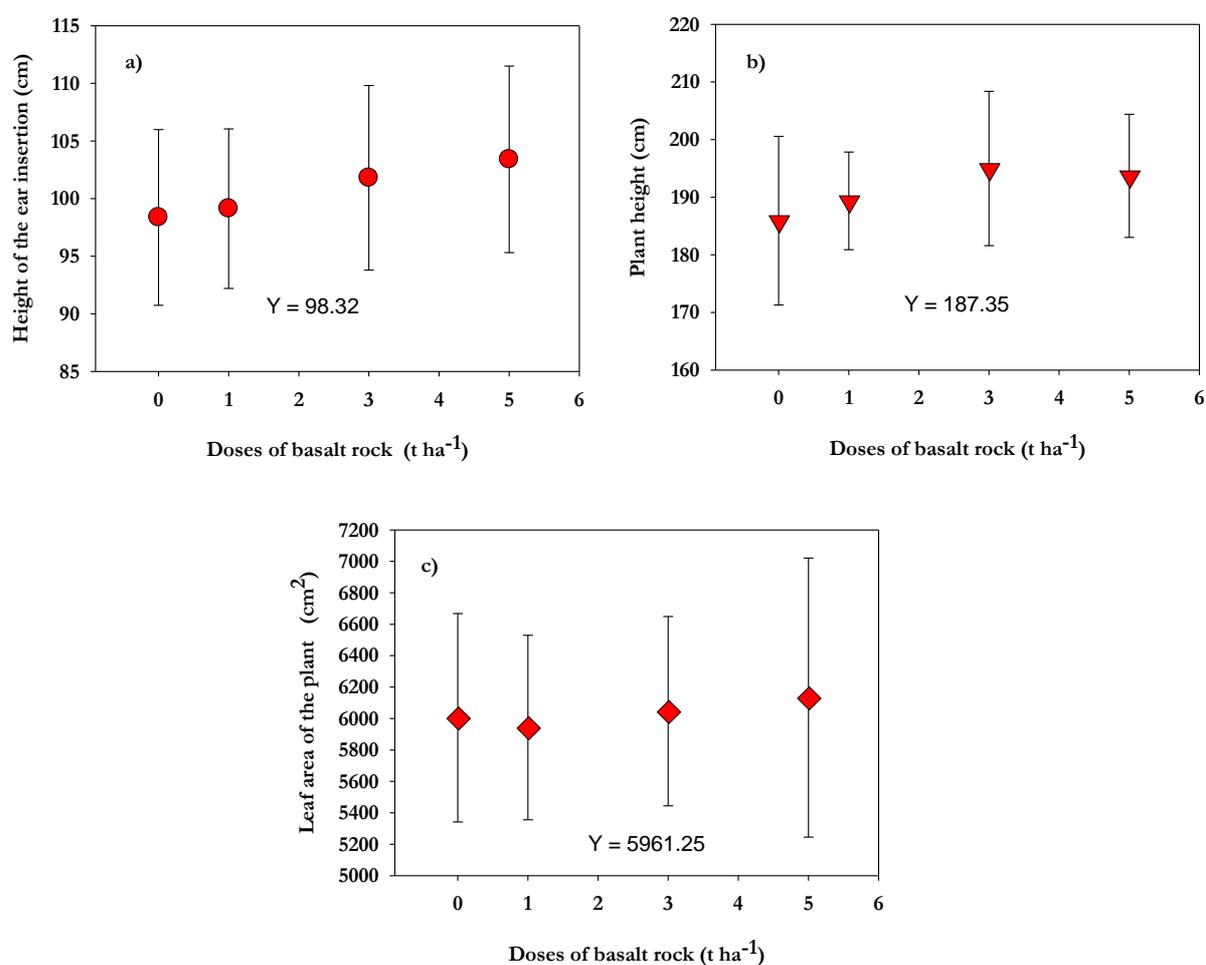


Figure 2. The behavior of maize in different doses of basalt rock dust for the variables height of ear insertion (a), plant height (b), and leaf area of the plant (c) in a field experiment conducted in the municipality of Chapadão do Sul, MS during the 2019/2020 off-season. Mean data \pm standard deviation. Source: The authors.

The area where the experiment installed was the same soybean cultivated during two 2018/2019 (Aguilera et al., 2020) and 2019/2020 (unpublished data) harvests, with the residual or long-term effect being evaluated in our experiment. In this way, hat the application of basalt rock dust applied superficially in the 2018/2019 harvest can exercise

residual effect the current maize crop. Aguilera et al. (2020) reported absence of effects on the yield of three soybean cultivars in the 2018/2019 harvest, the first year of experimenting, however, the doses of tested basalt rock dust contributed to obtaining a better seed size and, thus, improve the quality of the seeds obtained in the three cultivars tested. Ratke et al. (2020), after the physicochemical characterization of three powders, applied different doses (2.0; 6.0; 8.0 and 10.0 t ha⁻¹) to the soil to analyze its effects on corn plants. The authors confirmed that the rocky dust materials showed dissolution of P and K in an acid medium in the aqueous extract, and, the rocks dust collected in Gilbués-PI improved the availability of P and K and favored the development of the aerial part of the corn plants.

The effects of rock dust, in general, depend in part on the applied particle size [between smaller size and better availability of nutrients, Anda et al. (2009)], chemical properties (Manning; Theodoro, 2018; Ratke et al., 2020), soil conditions and their microbial activity (Ramos et al., 2015), among other factors. The sum of these factors can show a short, medium to the long-term response. Thus, the researcher needs to evaluate more than one harvest to measure and quantify these effects in more than one culture as done by this research in the soybean (Aguilera et al., 2020), and the maize (current work).

Straaten (2006) reports that the transformation of these minerals that make up the crushed rocks, depends on the biological activity present in the soil and can be minimal (long term) or null, leading to precipitated conclusions that the rocks cannot bring benefits for agricultural soils and cultivated plants. In the case of NTS, these activities benefit from the constant supply of organic matter in this system and the stimulus to increase microbial life, and thus the possibility of improving the development of organisms that provided the nutrients that the rock dust provides.

Similar responses when working with soybeans and maize for four years were obtained by Hanisch et al. (2013). The authors found the influence of increasing doses of basalt rock dust, in the increase in the availability of Zn, Cu, Fe, Mg and P in the soil, a result obtained over time.

Although this research is not conclusive about the effects in maize cultivated after soybean with applications of doses of basalt rock dust in the soil and climate conditions of Chapadão de Sul, in the future, the research of yield and components of the production of the cultures with the applications rock dust can show other effects on the interaction of the evaluated factors in this work.

CONCLUSION

The application of rock powder did not show statistical differences between the doses used in relation to the control, however, I show an increase in the response for all tested variables.

The hybrid HB2 Pioneer® 30F53VYHR had a superior behavior for all variables measured in the experiment.

ACKNOWLEDGMENTS

The Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS - CPCS). To producer Evandro Loeff and his team, for providing the basalt rock dust used in the experiment. The financial support of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel - Brazil (CAPES) - Financing Code 001 on behalf of Visiting Professors JGA and AMZ. To the Chapadão Foundation for supporting the machines and seeds for the implementation of the field experiment.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Aguilera JG, Zuffo AM, Ratke RF, Trento ACS, Lima RE, Gris GA, Morais KAD, Silva JX, Martins WC (2020). Influencia de dosis de polvo de basalto sobre cultivares de soya. *Research, Society and Development*, 9(7): e51973974.
- Anda M, Shamshuddin J, Fauziah CI, Omar SRS (2009). Dissolution of ground basalt and its effect on oxisol chemical properties and cocoa growth. *Soil Science*, 174: 264–271.
- Bhering LL (2017). Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17: 187-190.
- Ferneda BG, Martim CC, da Silva SG, da Silva AC, de Souza AP (2019). Produtividade real e potencial da sucessão soja/milho em região de transição Cerrado-Amazônia. *Agrometeoros*, 27(1): 9-18.
- Fiesp - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (2019). *Safra Mundial de Milho*. São Paulo: Fiesp. Disponível em: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - Fiesp. Acessado em maio de 2020. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/attachment/file-20200413143957-boletim milho abril 2020/>
- Francis CA, Rutger JN, Palmer AFE (1969). A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). *Crop Science*, 9: 537-539.

- IUSS - International Union of Soil Science (2015). *World Reference Base for Soil Resources (WRB)* (World Soil). Rome: FAO.
- Manning DAC, Theodoro SH (2018). Enabling food security through use of local rocks and minerals. *The Extractive Industries and Society*, 1-8.
- Nalon JM, Oliveira JRF (2009). Avaliação do Uso de Pó de Basalto e Hiperfosfato de Gafsa na Cultura de Milho em Sucessão a Coquetel de Adubos Verdes no Município de Bituruna-PR. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4(2): 2282-2285.
- Nunes JMG, Oliveira C, Kautzmann RM (2014). Evaluation of the natural fertilizing potential of basalt dust wastes from the mining district of Nova Prata (Brazil). *Journal of Cleaner Production*, 84: 649-656.
- Piletti GJ (2013). Resistência de genótipos de milho à mancha de macrospora. Orientador: Ricardo Trezzi Casa – Lages, Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC. 75p.
- Pioneer (2020). *Híbridos de Milho 30F53VYHR*. Acessado em 08 de maio 2020. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/milho/central-de-produtos/produtos/30f53vyhr>
- Ramos CG, Querol X, Oliveira MLS, Pires K, Kautzmann RM, Oliveira LFS (2015). A preliminary evaluation of volcanic rock powder for application in agriculture as soil a remineralizer. *Science of the Total Environment*, 512–513: 371–380.
- Ratke RF, Andrade TG, Rocha SG, Sousa A, Dai PVS, Silva-Filho EC, Bertolino LC, Zuffo AM, Oliveira AM, Aguilera JG (2020). Pós de rochas regionais como fonte de fósforo e potássio para plantas. *Research, Society and Development*, 9(7): e497974257.
- Santos HG, Jacomine PKT, AnjosLHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MG, Cunha T (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos* (5th ed.). Rio de Janeiro: Embrapa. 356p.
- Straaten PV (2006). Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78(4): 731-747.

Capítulo VII

Desfolha e adubação nitrogenada associada à inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* na soja

Recebido em: 05/05/2010

Aceito em: 10/05/2010

 10.46420/9786599064159cap7

Alan Mario Zuffo¹ 

Jorge González Aguilera^{1*} 

Karen Annie Dias de Morais¹ 

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é a principal oleaginosa cultivada no mundo. Sendo o Brasil o segundo maior produtor de soja, com aproximadamente 36 milhões de hectares cultivados com essa cultura na safra 2018/2019 (Conab, 2019). Entre os fatores limitantes para o incremento da produtividade dos grãos de soja, destaca-se a ocorrência de insetos desfolhadores (Sediyama, 2016).

Em condições de campo, as pragas desfolhadoras e algumas doenças causam injúrias, reduzem a área foliar e consequentemente a capacidade fotossintética da planta (Zuffo et al. 2015). Todavia, o nível de dano depende do tempo de permanência da praga na planta, do percentual de desfolhamento e do estágio fenológico da planta (Hoffman-Campo et al., 2012). Sendo que, as desfolhas acima de 25% e no estágio reprodutivo são os estádios mais sensíveis à desfolha, ocorrendo maior redução no potencial produtivo da soja e a produtividade dos grãos de soja (Glier et al., 2015; Zuffo et al., 2015).

A soja é uma oleaginosa que necessita de 80 kg de nitrogênio (N), para produzir uma tonelada de grãos (Kaschuk et al., 2016) e são geralmente cumpridos por fixação biológica de nitrogênio (FBN) pela simbiose que as raízes das plantas estabelecem com *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* (Domingos et al., 2015), além da absorção de N do solo (Zuffo et al., 2018), que pode ser fornecido pela aplicação de N mineral.

Em condição do estresse abiótico, a exemplo a desfolha, o N mineral pode auxiliar na recuperação da planta principalmente na fase reprodutiva. Segundo Zuffo et al. (2015) como reflexo da redução da área foliar, há inibição na produção de fotoassimilados, pois é nessa estrutura que ocorre a fotossíntese e na fase reprodutiva são priorizados esses assimilados para a formação de legumes e enchimentos dos grãos.

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil.

*Autor de correspondência e-mail: j51173@yahoo.com.

Portanto, a suplementação com N mineral pode amenizar os efeitos da desfolha na soja. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a resposta da soja a desfolha e a doses de N, associada à inoculação de *B. japonicum*.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em área experimental da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, em Chapadão do Sul, MS, Brasil (18°46'17,9" Sul; 52°37'25,0" Oeste e altitude média de 810 m), durante a safra 2018/2019. O clima da região, segundo classificação de Koppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw), com verão chuvoso e inverno seco, com precipitação, temperatura média e umidade relativa anual de 1.261 mm; 23,97 °C e 64,23%, respectivamente. Os dados de precipitação durante a condução dos experimentos são mostrados na Figura 1.

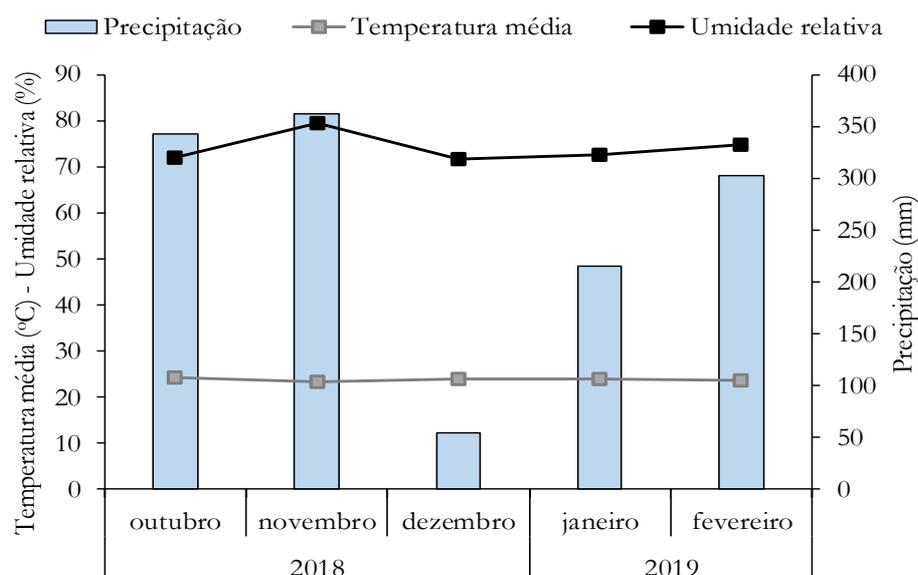


Figura 1. Médias mensais da temperatura, umidade relativa do ar e o acúmulo da precipitação pluvial, ocorridas em Chapadão do Sul-MS na safra 2018/2019, durante o ciclo da soja. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho baseado no Sistema Brasileiro de Classificação do solo (Santos et al., 2018). Antes de iniciar o experimento, os solos foram amostrados nas camadas 0-0,20 m e as principais propriedades químicas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais propriedades químicas dos solos utilizados no experimento.

pH	MO	P _{Mehlich} ⁻¹	H+Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----						%
4,3	22,8	12,8	5,7	0,37	2,20	0,40	0,27	8,6	33,5

MO: Matéria orgânica. CTC: Capacidade de troca de cátions à pH 7,0. V: Saturação de bases.

A correção da acidez do solo foi realizada com a aplicação superficial de calcário (CaO: 29%; MgO: 20%; PRNT: 90,1%; PN: 101,5%), visando elevar a saturação por base dos solos à 60%. A calagem foi realizada 60 dias antes da implantação do experimento. Utilizou-se o método de saturação por bases para cálculo da dose de calcário, para elevar a saturação para 60%, seguindo as recomendações de Sousa e Lobato (2004), dessa forma foi aplicado 0,4 t ha⁻¹, deste calcário, considerando o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT).

Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, disposto em esquema fatorial 4 × 4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro níveis de desfolha (0, 33, 66 e 99%) realizado no estágio R₃ (legume - canivete com 5mm) de acordo com Fehr et al. (1981) e quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N). As desfolhas foram caracterizadas pela retirada de um (folíolo terminal), dois (folíolo opostos) e três (todos os folíolos) de todas as folhas desenvolvidas na planta, com o auxílio de uma tesoura. A fonte de N utilizada foi a ureia (45% de N) realizadas distribuições manuais a lanço dois dias após a desfolha. Cada unidade experimental foi constituída por três fileiras espaçadas em 0,45 m entre si e com 5 m de comprimento, totalizando 6,75 m². Como área útil, foi considerada a linha central, sendo-se desprezado 1 m em cada extremidade, perfazendo uma área de 1,35 m².

Implantação e condução do experimento

O preparo da área foi realizado com uma dessecação usando os produtos Glifosato (720 g ha⁻¹ i.a) + Haloxifope-P-metilico (63 g ha⁻¹ i.a). Após 10 dias foi realizado a instalação dos ensaios que seguiu o sistema de plantio direto (SPD). A cultura da soja cultivar Brasmax Bonûs IPRO foi semeada no dia 4 de outubro de 2018 mecanicamente por meio de semeadora-adubadora, a uma profundidade de aproximadamente 3 centímetros, com espaçamento de 0,45 cm e 13 sementes por metro. A adubação de base foi constituída de 150 kg ha⁻¹ de MAP (11% de N-amoniaco e 52% de P₂O₅). A adubação de cobertura foi 100 kg ha⁻¹ de K₂O, cuja fonte foi o cloreto de potássio aos 40 dias após a emergência (DAE).

Aos 40 DAE realizou-se a aplicação de adubação foliar dos produtos Actilase ZM e Racine nas doses de 1 L ha⁻¹ e 120 mL por ha⁻¹, respectivamente.

As sementes de soja foram tratadas com piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil (Standak Top[®]) na dose de 2 mL p.c. kg⁻¹ de semente, foram inoculadas com *B. japonicum*, utilizou-se o inoculante comercial líquido Simbiose Nod Soja[®] (Simbiose: Agrotecnologia Biológica) contendo as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 (concentração mínima de 7,2 x 10⁹ células viáveis por mL), na dose de 150 mL para 50 kg de sementes. A quantidade de inoculante utilizada foi dissolvida em uma solução contendo 2 mL p.c. kg⁻¹ de semente de aditivo para inoculante Protege[®] TS (Total Biotecnologia) e, então, ambos os produtos (inoculante + aditivo) foram aplicadas nas sementes. Para potencializar a nodulação da soja, as sementes também receberam a aplicação de micronutrientes, especialmente, de molibdênio. A fonte utilizada foi o fertilizante comercial para sementes Nódulus[®] Premium 125 (Biosoja) contendo: Mo, 10%; Co, 1%; S, 1%; Ca, 1%; Fe, 0,2%.

Para o manejo de plantas daninhas, pragas e doenças durante o desenvolvimento da cultura, foram utilizados os produtos: glifosato, haloxifope-p-metílico, piraclostrobina + epoxiconazol, picoxistrobina+ benzovindiflupir, mancozeb, azoxistrobina + ciproconazole, teflubenzurom, clorpirifós, cipermetrina e imidacloprido + beta-ciflutrina nas doses recomendadas pelo fabricante.

Mensuração das avaliações

Por ocasião da colheita (estádio R₈) foram obtidos em cinco plantas por parcela as seguintes variáveis: número de legumes e número de grãos por legume (unidade) – por meio da contagem manual; massa de mil grãos (g) - de acordo com a metodologia descrita em Brasil (2009); produtividade de grãos (kg ha⁻¹) – determinada com a colheita da área útil da parcela e padronizada para o grau de umidade dos grãos de 13%.

Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) utilizando o programa estatístico Sisvar). Para as variáveis que obtiveram efeito significativo para desfolha e doses de N isoladas foram analisados por equação de regressão polinomial e escolhidas as equações significativas pelo teste t de Student com os maiores coeficientes de determinação (teste F, p < 0,05) foram ajustadas. A análise de regressão foi realizada usando o software SigmaPlot 11.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, são apresentadas as imagens ilustrativas da instalação e do desenvolvimento das plantas de soja.



Figura 2. Imagens ilustrativas dos experimentos em diferentes fases: a-b) semeadura da soja, c-d) aplicação de produtos fitossanitários em diferentes estádios da cultura, e) desenvolvimento da cultura, e, f) desfolha de 99% das plantas de soja, na safra 2018/2019. Chapadão do Sul, MS, Brasil. (Fotos: Alan Mario Zuffo)

Os resultados da análise de variância não mostraram efeitos significativos ($p > 0,05$) para as interações entre os fatores estudados (níveis de desfolha e doses de N) para nenhuma das características avaliadas (Tabela 2). A ausência das interações significativas entre os fatores estudados indica que a adubação nitrogenada não tem a capacidade de aliviar o efeito da desfolha na cultura da soja. Os resultados reportaram efeitos significativos entre os níveis de desfolha da soja em todas as variáveis (Tabela 2). Esses resultados se assemelham aos

verificados por Zuffo et al. (2015). Para as doses de N não houve efeito significativo nas variáveis avaliadas.

Tabela 2. Valores de probabilidade do teste F da análise de variância para os componentes de produção da cultura da soja, obtidas no ensaio com desfolha e doses de aplicação do fertilizante nitrogenado na soja durante a safra 2018/2019. Chapadão do Sul, MS, Brasil.

Fontes de variação	NLP	NGL	MMG	PG
Desfolha (DE)	<0,01	0,017	<0,01	<0,01
Dose (DO)	0,444	0,957	0,012	0,304
Interação (DE × DO)	0,072	0,876	0,713	0,541
CV (%)	16,09	17,99	7,58	18,87

NLP: número de legumes por planta; NGL: número de grãos por legume; MMG: massa de mil grãos; PG: produtividade dos grãos. CV: coeficiente de variação.

De maneira geral, percebe-se que todos os níveis de desfolha afetam linearmente o número de legumes por planta (Figura 3a), número de grãos por legume (Figura 3b), massa de mil grãos (Figura 3c) e a produtividade dos grãos (Figura 3d). Reduções no número de legumes por planta, número de grãos por legumes e produtividade dos grãos da soja em função dos níveis de desfolha também foram verificados por Glier et al. (2015) e Zuffo et al. (2015).

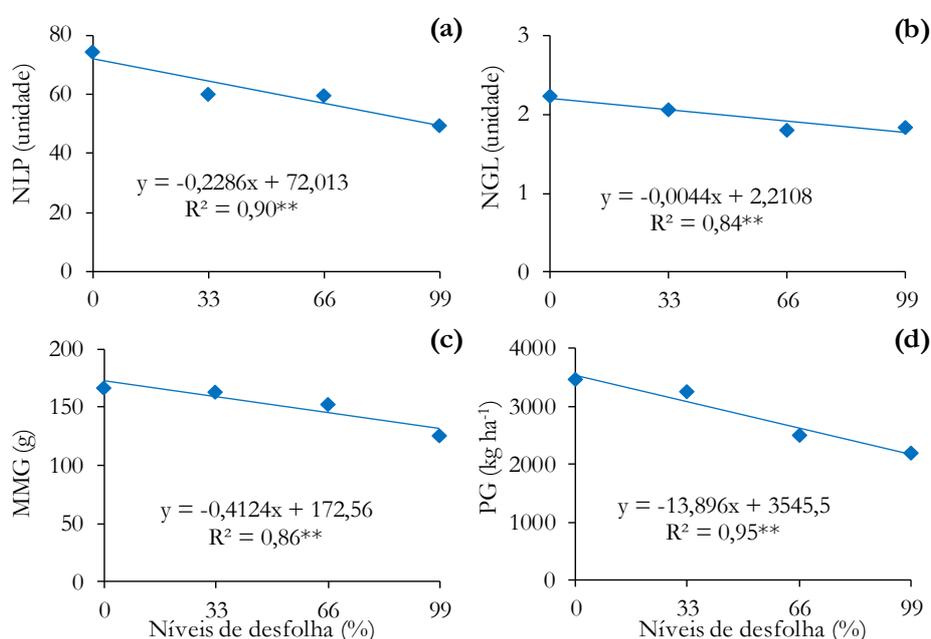


Figura 3. Valores médios do número de legumes por planta – NLP (a), número de grãos por legume – NGL (b), massa de mil grãos – MMG (c) e produtividade dos grãos – PG (d) em função dos níveis de desfolha na cultura da soja durante a safra 2018/2019. Chapadão do Sul, MS, Brasil. Fonte: Os autores.

Ao avaliar as doses de N na cultura da soja, percebe-se que não houve reflexos nos componentes produtivos da soja com o uso de N mineral associada à inoculação com *B. japonicum* (Tabela 3). Esses resultados corroboram aos obtidos por Zuffo et al. (2018) e Zuffo et al. (2020), os quais, observaram que nos componentes de produção não houve efeito significativo.

Tabela 3. Valores médios para caracteres agronômicos influenciados pelas doses do fertilizante nitrogenado, durante a segunda safra 2018/2019. Chapadão do Sul, MS, Brasil.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	NLP (unidade)	NGL	MMG g	PG kg ha ⁻¹
0	63,52	1,99	146	2851
50	62,25	2,05	157	2614
100	57,53	1,98	157	3008
150	59,48	1,96	149	2957

NLP: número de legumes por planta; NGL: número de grãos por legume; MMG: massa de mil grãos e PG: produtividade dos grãos. Fonte: Os autores.

As doses de N não favoreceram os componentes de produção da soja. Tais achados também foram verificados por Werner et al. (2016) e Zuffo et al. (2018), que também verificaram que a fertilização com N mineral no início do ciclo de desenvolvimento, não reflete os incrementos no rendimento e o teor de proteína dos grãos de soja.

Segundo Zuffo et al. (2020) em relação ao N não melhorar a produtividade dos grãos, pode ser atribuído à utilização pelas plantas de soja, do N fixado pela simbiose *Bradyrhizobium*–soja, que pode ter sido a fonte de todo o N que as plantas necessitaram. Assim, a quantidade de nitrogênio fixada pela cultura mais a aplicação do MAP, estavam dentro das necessidades das plantas, tornando dispensável a adubação complementar com N mineral. Dessa forma, fica evidente a importância da inoculação com as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* para o fornecimento de N na cultura da soja.

De modo geral, mesmo em condição de desfolha severa (100%), as plantas suprimidas com N não apresentaram a capacidade de se recuperar do estresse sofrido. Para Sangoi et al. (2014) com a eliminação total da área foliar, a radiação fotossinteticamente ativa não é interceptada, prejudicando a fotossíntese. Assim, mesmo sobre essas condições as plantas de soja, podem ser suprimidas apenas com o N fixado pela simbiose *Bradyrhizobium*–soja.

Em resumo, os resultados mostraram que a adubação nitrogenada não tem a capacidade de amenizar o efeito da desfolha na cultura da soja, independentemente do nível de desfolha e das doses de N na aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brasil (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília: MAPA/ACS. 399p.
- Conab (2019). Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento, agosto 2019*. Brasília: Conab. 107p.
- Domingos CS, Silva Lima LH, Braccini AL (2015). Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. *Scientia Agraria Paranaensis*, 14(3): 132-140.
- Fehr WR, Lawrence BK, Thompson TA (1981). Critical stage of development for defoliation soybean. *Crop Science*, 21(2): 259-262.
- Glier CA da S, Duarte Júnior JB, Fachin GM, Costa ACT da, Guimarães VF, Mrozinski CR (2015) Defoliation percentage in two soybean cultivars at different growth stages. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(6): 567–573.
- Hoffman-Campo CB, Corrêa-Ferreira BS, Moscardi F (2012). *Soja - Manejo integrado de insetos e outros Artrópodes-Praga: Artrópodes que atacam as folhas da soja*. Embrapa Soja. 859p.
- Kaschuk G, Nogueira MA, Luca MJ de, Hungria M (2016). Response of determinate and indeterminate soybean cultivars to basal and topdressing N fertilization compared to sole inoculation with *Bradyrhizobium*. *Field Crops Research*, 195: 21-27.
- Sangoi L, Picoli Júnior GJ, Vargas VP, Vieira J, Schmitt A, Zoldan SR, Siega E, Carniel G (2014). Cobertura nitrogenada como estratégia para reduzir os prejuízos da desfolha em diferentes estádios fenológicos do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(2): 671-682.
- Santos HG dos, Jacomine PKT, Anjos LHC dos, Oliveira VA de, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JA de, Araújo Filho JC de, Oliveira JB de, Cunha TJJF (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa.
- Sediyama T (2016). *Produtividade da soja*. Londrina: Mecenias. 310p.
- Sousa DMG, Lobato E (2004). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 416p.
- Zuffo AM, Zambiazzi EB, Gesteira G de S, Rezende PM de, Soares IO, Gwinner R, Bianchi MC (2015). Agronomic performance of soybean according to stages of development and levels of defoliation. *African Journal of Agricultural Research*, 10(19): 2089-2096.
- Zuffo AM, Steiner F, Busch A, Zoz T (2018). Response of early soybean cultivars to nitrogen fertilization associated with *Bradyrhizobium japonicum* inoculation. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 48(4): 436-446.
- Zuffo AM, Ratke RF, Aguilera JG, Santos Filho FN, Yokota LA, Morais DB (2020). Adubação nitrogenada associada à inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* pode

aumentar a produtividade e o teor de proteínas de grãos de soja? *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 13(4).

Werner F, Balbinot Junior AA, Ferreira AS, Marcelo A de A, Debiasi SH, Franchini JC (2016). Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(8): 734-738.

ÍNDICE REMISSIVO

A

agricultura, 6, 10, 15, 16, 21, 22, 59, 60, 61, 63, 66, 67, 71, 72, 73, 75, 76, 82, 94, 107, 110, 112, 113
agronegócio, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 71, 72, 73, 75, 76, 80

B

biotecnologia, 50, 83, 110, 7
Bradyrhizobium japonicum, 107
braquiária, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18

C

commodities, 59, 61, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 76
cultivo *in vitro*, 49, 56

D

desfolha, 107, 112

E

escoamento, 59, 76
espécies nativas, 26, 29, 36, 37, 39, 40

G

Gossypium hirsutum, 6, 8, 12, 16, 18, 20, 21

M

micropropagação, 49, 51, 53, 54, 55
microrganismos, 15

N

nitrogênio, 7, 8, 14, 16, 18, 21, 35, 80, 81, 82, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 107, 109, 113

P

planta de cobertura, 10, 16

R

Reguladores vegetais, 47

S

Saccharum officinarum, 29, 80, 82, 86, 87, 90, 91
soja, 28, 56, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 69, 72, 73, 75, 76, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113

U

Urochloa, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 21



Alan Mario Zuffo

Graduado em Agronomia pela UNEMAT. Mestre em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) UFPI. Doutor em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) UFLA. Pós-Doutorado em Agronomia na UEMS. Prof. UFMS em Chapadão do Sul.



Jorge González Aguilera

Graduado em Agronomia pelo ISCA-B (Cuba). Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (Cuba). Mestrado em Fitotecnia e Doutorado em Genética e Melhoramento pela UFV e Pós-Doutorado na Embrapa Trigo. Prof. UFMS em Chapadão do Sul.

ISBN 978-659906415-9



Pantanal Editora
Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br