

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 (Borghgi; 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.

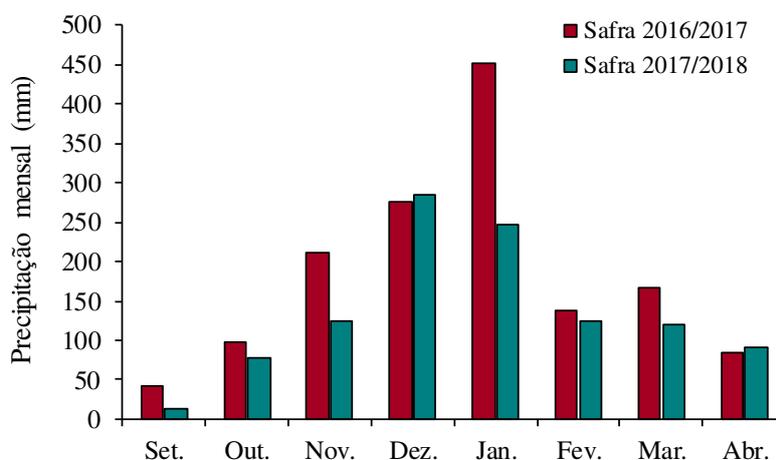


Figura 1. Precipitação pluvial mensal durante duas safras de cultivo de algodão no município de Cassilândia (MS), 2017. Fonte: Os autores.

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).

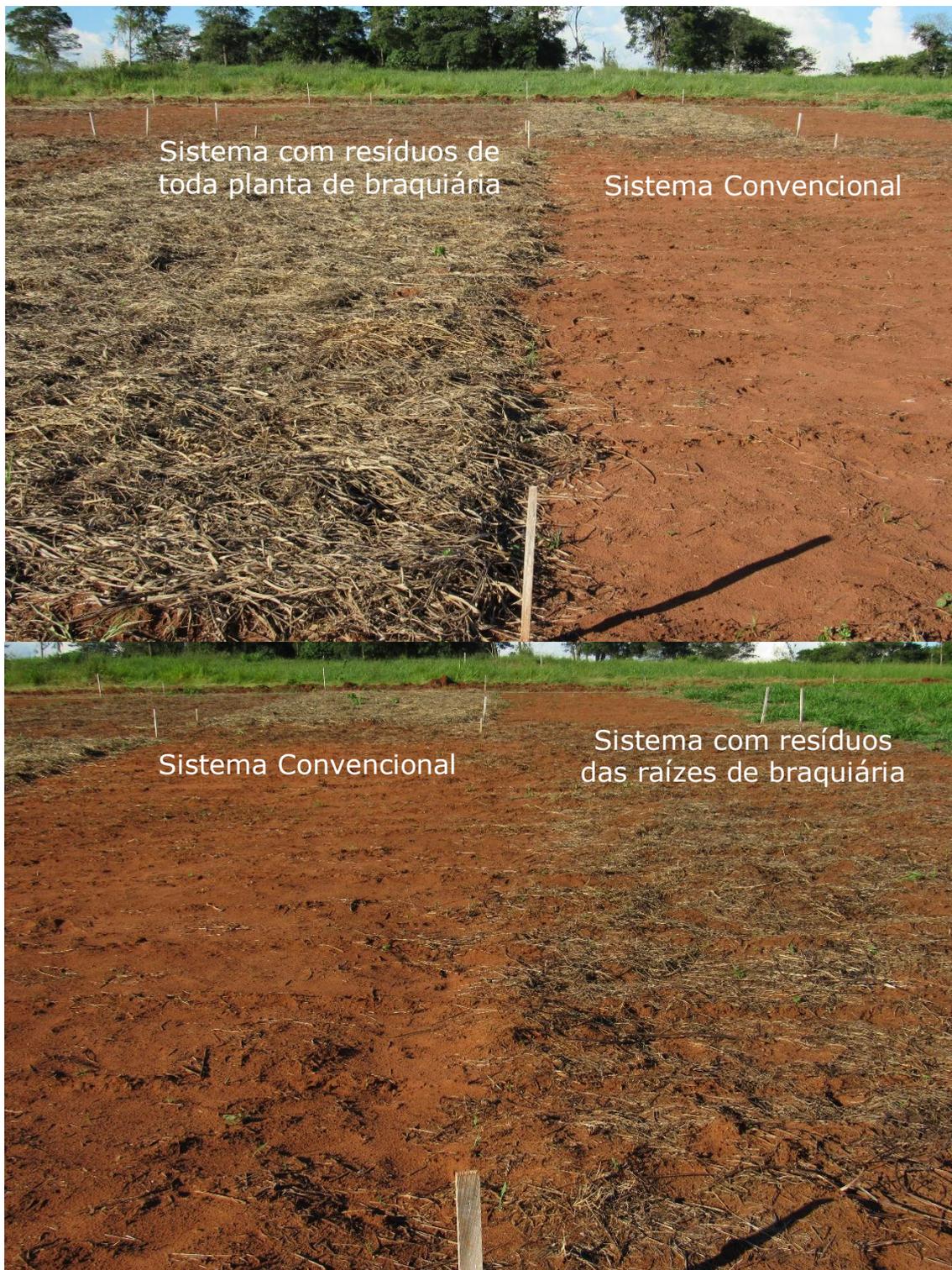


Figura 2. Ilustração dos diferentes sistemas de produção para o cultivo da cultura do algodão utilizados neste estudo. Detalhe da excelente quantidade de palhada deixada na superfície do solo pelas plantas de braquiária. UEMS. Cassilândia (MS), 2017. Fonte: Os autores.



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 ($0,4 + 140$ g ha⁻¹ do i.a.) e dos fungicidas propiconazol + trifloxitrobina ($75 + 75$ 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)
Safra 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
Safra 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 (Faiz 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.

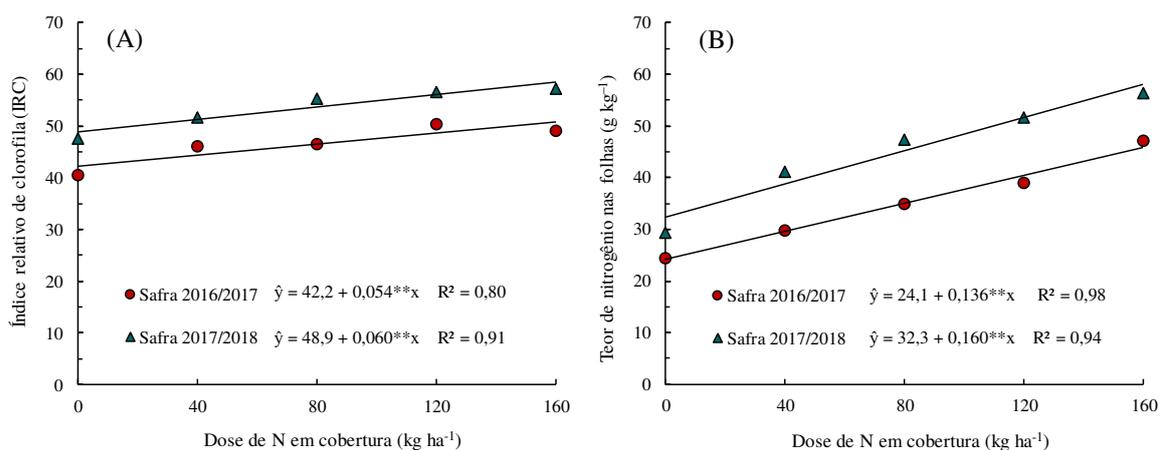


Figura 5. Efeito da adubação nitrogenada em cobertura no índice relativo de clorofila (A) e no teor de nitrogênio (B) das folhas de algodão (*Gossypium hirsutum* L., cv. TMG 44 B2RF) durante as safras de 2016/2017 e 2017/2018 em um solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense. *: significativo a 1%. UEMS.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

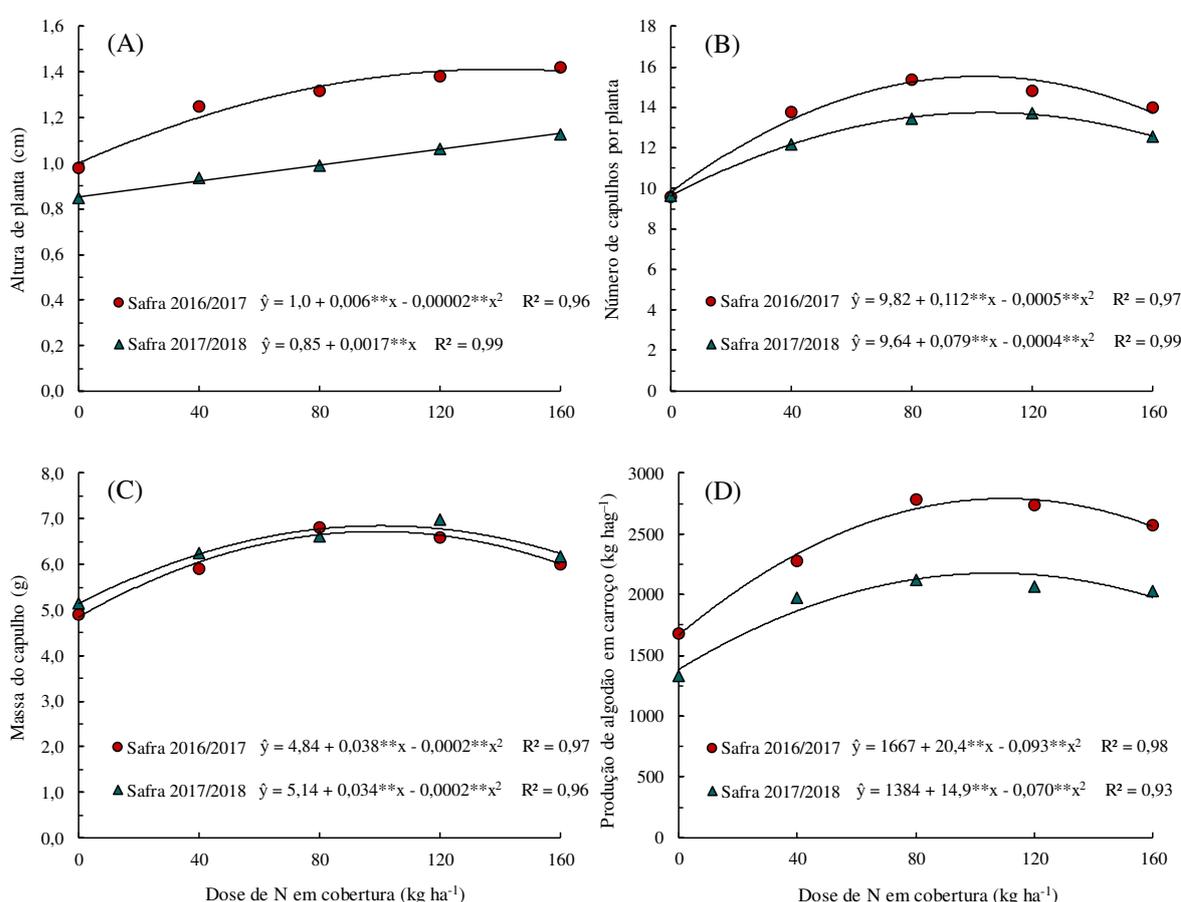


Figura 6. Efeito da adubação nitrogenada em cobertura na altura de planta (A), número de capulhos por planta (B), massa do capulho (C) e na produção de algodão em carroço (D) para a cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L., cv. TMG 44 B2RF) durante as safras de 2016/2017 e 2017/2018 em um solo 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.

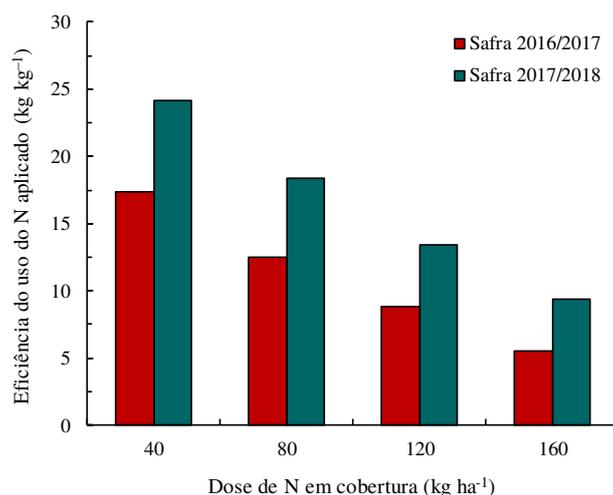


Figura 7. Efeito da adubação nitrogenada em cobertura na eficiência do uso do nitrogênio aplicado ao solo pelas plantas de algodão (*Gossypium hirsutum* L., cv. TMG 44 B2RF) durante as safras de 2016/2017 e 2017/2018 em um solo arenoso do Cerrado Sul-Mato-Grossense. UEMS. Cassilândia, 2016/2018. Fonte: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

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