

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**ADUBOS VERDES INFLUENCIAM O CULTIVO DE *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, ESPÉCIE NATIVA DO CERRADO**

**JAQUELINE SILVA NASCIMENTO**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2020**

**ADUBOS VERDES INFLUENCIAM O CULTIVO DE *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, ESPÉCIE NATIVA DO CERRADO**

JAQUELINE SILVA NASCIMENTO  
Doutoranda em Agronomia – Produção Vegetal

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria do Carmo Vieira

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora.

Dourados  
Mato Grosso do Sul  
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

N244a Nascimento, Jaqueline Silva  
ADUBOS VERDES INFLUENCIAM O CULTIVO DE *Campomanesia adamantium*  
(Cambess.) O. Berg, ESPÉCIE NATIVA DO CERRADO [recurso eletrônico] / Jaqueline Silva  
Nascimento. -- 2020.  
Arquivo em formato pdf.  
  
Orientadora: Maria do Carmo Vieira.  
Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2020.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>  
  
1. Guavira. 2. *Stylosanthes macrocephala*. 3. *Pueraria phaseoloides*. 4. *Calopogonium mucunoides*. 5. *Cajanus cajan*. I. Vieira, Maria Do Carmo. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

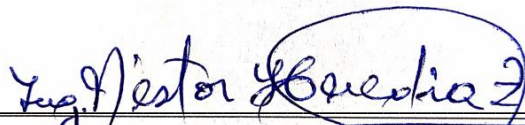
**ADUBOS VERDES INFLUENCIAM O CULTIVO DE *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, ESPÉCIE NATIVA DO CERRADO**


**Por**


**Jaqueline Silva Nascimento**


Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTORA EM AGRONOMIA

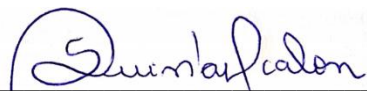
Aprovada em: 27/05/2020

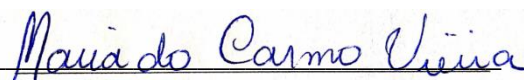
  
Prof. Dr. Néstor Antonio Heredia Zárate  
UFGD

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elisângela Dupas  
UFGD

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cristina Araújo Ajalla  
AGRAER

  
Prof. Dr. Thiago de Oliveira Carnevali  
UFPA

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvana de Paula Quintão Scalon  
UFGD

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria do Carmo Vieira  
Orientadora - UFGD

## DEDICATÓRIA

A Deus, pela benção de viver

E aos meus pais Girleide Oliveira Silva e Adonias Barbosa do Nascimento.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, que nos momentos difíceis ouviu as minhas orações e me conduziu ao melhor caminho, que me dá forças e me concedeu a conclusão de mais uma etapa da minha vida;

À minha mãe Girleide Oliveira Silva e ao meu pai Adonias Barbosa do Nascimento por todo o amor e a dedicação que sempre tiveram comigo.

À professora e orientadora Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo Vieira, ao professor Dr. Néstor A. Heredia Zárate, pela orientação e ao Dr. Milton Parron Padovan. Obrigada pela confiança e paciência que contribuíram para um crescimento pessoal e profissional. Muito obrigada!

À Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação;

À CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro;

Ao CNPq, pela bolsa de doutorado concedida;

Aos funcionários do Horto de Plantas Medicinais e aos amigos do grupo de trabalho pelo apoio, convívio e alegria;

Um MUITO OBRIGADA a todos vocês!

## Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	9
<b>2. Revisão bibliográfica</b> .....	11
2.1 <i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg. ....	11
2.2 <i>Parâmetros fisiológicos das plantas de guavira</i> .....	13
2.3 <i>Adubação verde</i> .....	15
2.4 <i>Indicadores microbiológicos de qualidade do solo</i> .....	17
2.4.1 <i>Biomassa microbiana</i> .....	17
2.4.2 <i>Respiração basal</i> .....	18
2.4.3 <i>Quociente metabólico</i> .....	19
2.4.4 <i>Quociente microbiano</i> .....	19
<b>3. Material e Métodos</b> .....	20
3.1 <i>Aspectos gerais</i> .....	20
3.2 <i>Cultivo e avaliações dos adubos verdes</i> .....	21
3.3 <i>Atributos químicos e carbono da biomassa microbiana do solo</i> .....	25
3.4 <i>Cultivo e avaliações das plantas de guavira</i> .....	25
3.5 <i>Análise de dados</i> .....	27
<b>4. Resultados e Discussão</b> .....	28
4.1 <i>Produtividade dos adubos verdes</i> .....	28
4.2 <i>Dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes da palhada dos adubos verdes</i> .....	31
4.3 <i>Atributos químicos, microbiológicos e temperatura do solo</i> .....	38
4.4 <i>Parâmetros fisiológicos das plantas de guavira</i> .....	43
4.5 <i>Teores de macro e micronutrientes, crescimento e produtividade das plantas da guavira</i> .....	46
4.6 <i>Análise de componentes principais</i> .....	52
<b>5. Conclusões</b> .....	54
<b>6. Referências</b> .....	55
<b>7. Anexos</b> .....	65

# ADUBOS VERDES INFLUENCIAM O CULTIVO DE *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, ESPÉCIE NATIVA DO CERRADO

## Resumo

NASCIMENTO, Jaqueline Silva. **Adubos verdes influenciam o cultivo de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, espécie nativa do Cerrado.** Orientadora: Maria do Carmo Vieira.

Para preservação de plantas medicinais do Cerrado, é essencial seu manejo adequado *in situ* ou no cultivo *ex situ*. Dentre as espécies do Cerrado, a *Campomanesia adamantium* (guavira) tem sido explorada em seu habitat, para consumo dos seus frutos e das folhas, cujas propriedades medicinais são anti-inflamatórias, anti-diarreicas e antimicrobianas, o que, somado às queimadas e o desmatamento, levam-na ao risco de extinção. Daí, serem necessários estudos sobre o seu cultivo para a conservação da espécie. Dentre os manejos, o uso de plantas como adubos verdes contribui para o uso adequado dos recursos naturais, maximização do espaço com espécies de diferentes hábitos e o uso de materiais orgânicos. Assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar o crescimento e produção das plantas de guavira cultivadas com adubos verdes e a influência nos atributos químicos e microbiológicos do solo. Foi estudada a planta de guavira em solo sob cobertura vegetal com três espécies de adubos verdes perenes: *Stylosanthes macrocephala* (estilosantes), *Pueraria phaseoloides* (kudzu tropical) e *Calopogonium mucunoides* (calopogônio) e uma semi-perene *Cajanus cajan* (feijão guandu), além das testemunhas vegetação espontânea e solo exposto (capinado). Os seis tratamentos foram arranjados no delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições. Foram realizados dois cortes dos adubos verdes, sendo o primeiro aos 180 dias após o semeio (DAS), e o segundo, da rebrota, aos 390 DAS. O ciclo de cultivo das plantas de guavira foi de 730 dias após o transplântio. As plantas de calopogônio e vegetação espontânea tiveram maiores massas secas no segundo corte. A concentração de N foi maior nas massas dos estilosantes, calopogônio, kudzu tropical e do feijão guandu no primeiro corte e na massa do kudzu tropical, no segundo corte. As plantas de calopogônio teve maior teor de P, no segundo corte. Os adubos verdes, exceto do feijão guandu tiveram maior teor de K no primeiro corte e o maior teor de Ca foi na massa dos estilosantes nos dois cortes. O calopogônio e a vegetação espontânea tiveram maior teor de Mg. A massa das plantas de calopogônio teve rápida decomposição e menor tempo de meia vida nos dois cortes. O solo com calopogônio e kudzu tropical teve maior teor de P após o segundo corte. O maior teor de K no solo foi com kudzu tropical no primeiro corte e com feijão guandu e vegetação espontânea, no segundo corte. Após o segundo corte houve maior atuação dos microrganismos no processo bioquímico de decomposição dos resíduos orgânicos, com o aumento do C-BMS e do qMIC e a redução da C-CO<sub>2</sub> e do qCO<sub>2</sub>. As plantas de guavira tiveram maior taxa de transpiração quando cultivadas com feijão guandu e maior condutância estomática e taxa fotossintética com os adubos verdes, exceto com a vegetação espontânea. As maiores eficiência instantânea do uso da água e a eficiência intrínseca do uso da água nas plantas de guavira foram com estilosantes e maior eficiência instantânea da carboxilação com calopogônio e feijão guandu. A máxima taxa fotossintética das plantas de guavira (15,13 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) ocorreu aos 483 DAT; a mínima concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (144,54 μmol mol<sup>-1</sup>), aos 392 DAT; a mínima taxa de transpiração (5,79 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), aos 82 DAT e mínima condutância estomática (0,22 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), aos 55 DAT. A máxima eficiência instantânea da carboxilação (0,03 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) das plantas de guavira ocorreu aos 155 DAT; o mínimo índice de clorofila *a* (13,25), aos 430 DAT e mínimo índice de clorofila total (19,25), aos 418 DAT.



Quanto à concentração de nutrientes das folhas das plantas da guavira, tiveram maior teor de N quando cultivadas com calopogônio e P, com estilosantes, feijão guandu e vegetação espontânea; maior teor de K com todos adubos verdes, exceto com a vegetação espontânea e o solo exposto. A maior altura das plantas de guavira foi com estilosantes e o diâmetro do caule, com calopogônio e estilosantes. A maior massa fresca das folhas foi com calopogônio e maior massa seca com calopogônio e estilosantes. As maiores massas frescas e secas dos caules foram com estilosantes. A área foliar das plantas de guavira foi maior no cultivo com calopogônio. As plantas de guavira responderam positivamente ao uso do adubo verde calopogônio, com aumento da produção de folhas.

**Palavras-chave:** guavira, *Stylosanthes macrocephala*, *Pueraria phaseoloides*, *Calopogonium mucunoides*, *Cajanus cajan*

## **GREEN MANURES INFLUENCE THE CROP OF *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, NATIVE SPECIES OF THE CERRADO**

### **Abstract**

NASCIMENTO, Jaqueline Silva. **Green manures influence the crop of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, native species of the Cerrado.** Orientadora: Maria do Carmo Vieira.

For the preservation of medicinal plants from the Cerrado, their proper management *in situ* or *ex situ* cultivation is essential. Among the Cerrado species, *Campomanesia adamantium* (guavira) has been exploited in its habitat to consume its fruits and leaves, whose medicinal properties are anti-inflammatory, anti-diarrheic and antimicrobial, which, added to the burning and deforestation, lead it to the risk of extinction. Therefore, studies on its cultivation are necessary for the conservation of the species. Among the management, the use of plants as green manures contributes to the proper use of natural resources, maximization of space with species of different habits and the use of organic materials. Thus, the aim of this work was to evaluate the growth and production of guavira plants cultivated with green manures and the influence on the chemical and microbiological attributes of the soil. The guavira plant was studied in soil under plant cover with three species of perennial green manures: *Stylosanthes macrocephala* (Stylozanthes), *Pueraria phaseoloides* (tropical kudzu) and *Calopogonium mucunoides* (calopogonium) and a semi-perennial *Cajanus cajan* (guandu beans), besides the witnesses spontaneous vegetation and exposed soil (grass). The six treatments were arranged in the experimental design of randomized blocks, with four repetitions. Two cuts of green manures were made, the first at 180 days after sowing (DAS), and the second, from regrowth, at 360 DAS. The cultivation cycle of guavira plants was 730 days after transplanting. The calopogonium plants and spontaneous vegetation had bigger dry masses in the second cut. The concentration of N was higher in the masses of the stylozanthes, calopogonium, tropical kudzu and guandu beans in the first cut and in the mass of tropical kudzu in the second cut. The calopogonium plants had higher P content in the second cut. The green manures, except for the guandu beans, had higher K content in the first cut and the higher Ca content was in the mass of the stylozanthes in both cuts. Calopogonium and spontaneous vegetation had higher Mg content. The mass of the calopogonium plants had fast decomposition and shorter half-life in both cuts. The soil with calopogonium and tropical kudzu had higher P content after the second

cut. The highest K content in the soil was with tropical kudzu in the first cut and with guandu beans and spontaneous vegetation in the second cut. After the second cut there was a greater action of microorganisms in the biochemical process of decomposition of organic waste, with the increase of C-BMS and qMIC and the reduction of C-CO<sub>2</sub> and qCO<sub>2</sub>. Guavira plants had higher perspiration rate when grown with guandu beans and higher stomach conductivity and photosynthetic rate with green manures, except with spontaneous vegetation. The highest instantaneous efficiency of water use and the intrinsic efficiency of water use in guavira plants were with stylozanthes and higher instantaneous efficiency of carboxylation with calopogonium and guandu beans. The maximum photosynthetic rate of guavira plants (15.13  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) occurred at 483 DAT; the minimum intercellular concentration of CO<sub>2</sub> (144.54  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), at 392 DAT; the minimum perspiration rate (5.79  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), at 82 DAT; and minimum stomach conductance (0.22  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), at 55 DAT. The maximum instantaneous carboxylation efficiency (0.03  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) of guavira plants occurred at 155 DAT; the minimum chlorophyll index at (13.25), 430 DAT and minimum total chlorophyll index at (19.25), 418 DAT. As for the concentration of nutrients in the leaves of guavira plants, they had a higher N content when cultivated with calopogonium and P, with stylozanthes, guandu beans and spontaneous vegetation; higher K content with all green manures, except with spontaneous vegetation and exposed soil. The highest height of guavira plants occurred with stylozanthes and the diameter of the stem, with calopogonium and stylozanthes. The largest fresh mass of the leaves occurred with calopogonium, and the largest dry mass occurred with calopogonium and stylozanthes. The largest fresh and dry mass of the stems occurred with stylozanthes. The foliar area of guavira plants was larger in cultivation with calopogonium. Guavira plants responded positively to the use of green calopogonium manure, with increased leaf production.

**Keywords:** Guavira, *Stylosanthes macrocephala*, *Pueraria phaseoloides*, *Calopogonium mucunoides*, *Cajanus cajan*

## 1. Introdução

Para a preservação de espécies de plantas medicinais nativas é essencial seu manejo adequado *in situ* e o cultivo *ex situ* (MIRANDA et al., 2016). Dentre os biomas ricos em espécies de interesse medicinal e econômico está o Cerrado, que é a segunda maior unidade vegetal brasileira, considerado o mais abundante em espécies vegetais, comparado às savanas do mundo (LEÃO-ARAÚJO et al., 2019). Há, no entanto, o risco de extinção da biodiversidade dessas espécies no Cerrado devido ao avanço das atividades agropecuárias, à introdução e dispersão de espécies exóticas, ao desmatamento, às queimadas e à degradação dos recursos naturais (FERREIRA et al., 2018). Também há a coleta extrativista, como é o caso da coleta de folhas e frutos da *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. (guavira, Myrtaceae) para usos medicinal e nutricional, tornando-a mais suscetível à extinção (FERNANDES et al., 2016; JEROMINI et al., 2018).

A guavira é uma espécie nativa do Brasil e com ocorrência no Cerrado (LORENZI, 2006). Suas folhas têm propriedades medicinais sendo usadas na medicina popular e com base no conhecimento científico, são recomendadas contra diabetes (ALVES et al., 2019), bactérias e fungos (OLIVEIRA et al., 2016), inflamações e diarreias (MARTELLO et al., 2016), gripe (LESCANO et al., 2016) e doenças cardiometabólicas (ALVES et al., 2019). Os frutos maduros são adocicados e apreciados na alimentação humana e pelos pássaros (AJALLA et al., 2014; FERNANDES et al., 2016).

Com base no potencial medicinal e alimentar das plantas de guavira e considerando que não há registro do cultivo *ex situ* da espécie, é necessário o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis de base agroecológica com a mínima utilização de insumos químicos, a menor degradação do meio ambiente, minimizando o revolvimento do solo e o uso adequado dos tratos culturais (AJALLA et al., 2014; SANTOS et al., 2019). Dentre eles, a possibilidade do consórcio ou da sucessão com plantas utilizadas como adubos verdes (CUNHA et al., 2013). Assim, maximizando o espaço com espécies de diferentes hábitos e com o uso de materiais orgânicos para induzir maior crescimento e produtividade das plantas de guavira (LIMA FILHO et al., 2014; SOLATI et al., 2017).

O uso de plantas como adubos verdes pode, dentre outros, promover maior cobertura e conservação do solo (ARAÚJO et al., 2017); melhorar a retenção de umidade e a infiltração de água ao evitar o escoamento superficial (CHEN et al., 2019) e aumenta o teor de matéria orgânica e a disponibilidade e ciclagem de nutrientes (CALHEIROS et al., 2013; LIMA FILHO et al., 2014; ARAÚJO et al., 2017). Além disso, podem melhorar os atributos químicos e microbiológicos do solo (LIMA FILHO et al., 2014; SILVA et al., 2017), a aeração e a manutenção da temperatura do solo (MAZZETTO et al., 2016) e auxiliar no controle de plantas espontâneas (CALHEIROS et al., 2013).

O sistema de cultivo pode influenciar os parâmetros fisiológicos das plantas de guavira, sendo resultados da interação complexa existente entre o ambiente que as plantas se desenvolvem e as características inerentes à espécie do Cerrado (FRANCO et al., 2018). A produção das plantas tem relação direta com parâmetros fisiológicos, como taxa de crescimento, índice de área foliar e a produção de massa seca (TAIZ et al., 2017). Assim, as avaliações de parâmetros fisiológicos são ferramentas para investigar o comportamento das plantas de guavira em diferentes sistemas de cultivo (PESSOA et al., 2017).

O potencial medicinal das folhas das plantas de guavira (LESCANO et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016; ALVES et al., 2019), indicam a importância de sistemas de cultivo

agroecológico com uso de recursos naturais que contribuem para produção das plantas. No entanto, poucas pesquisas foram realizadas, como Cunha et al. (2013) que avaliaram a utilização do consórcio de guavira com *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco), resultando em maior crescimento em altura com 42,70 cm em consorcio e apenas 39,64 cm para a guavira solteira. No entanto, não foram encontrados na literatura pesquisada a influência do uso de adubos verdes na produção da guavira, em sistemas de base agroecológica. Assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar o crescimento e produção das plantas de guavira cultivadas com adubos verdes e a influência nos atributos químicos e microbiológicos do solo.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1 *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg.

A *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. (guavira, Myrtaceae) (Figura 1) é uma planta nativa do Brasil e com ocorrência no bioma Cerrado, nas regiões Centro Oeste, Nordeste e Sudeste. Possui porte arbustivo, com 0,5 a 1,5 m de altura. As folhas são subcoriáceas, glabras quando adultas, medindo de 3-10 cm de comprimento. As flores são andróginas e os frutos glabros a pubescentes, o florescimento geralmente é de agosto a outubro e a frutificação novembro a dezembro (LORENZI et al., 2006). A guavira se desenvolve sob clima tropical quente, com baixo índice pluviométrico (RESSEL et al., 2014). A propagação se dá por sementes, que são recalcitrantes, o que dificulta a disseminação da espécie (LORENZI et al., 2006; GOGOSZ et al., 2010).

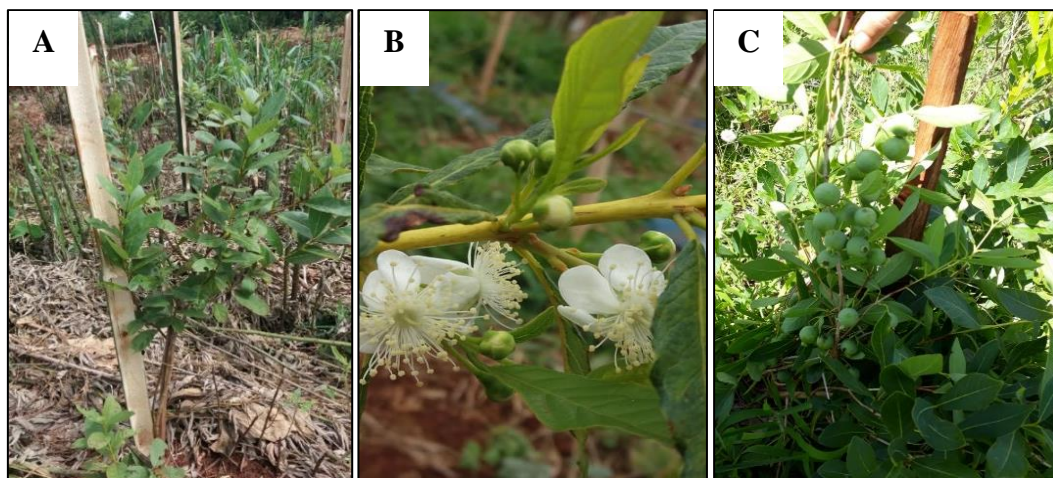


Figura 1. Planta (A), flores (B) e frutos (C) de *C. adamantium* da área experimental do Horto de Plantas Medicinais da UFGD. Fonte: Nascimento, J. S. (2018/2019).

A planta de guavira pode ser utilizada na alimentação, para fins medicinais e para “pasto apícola” (LORENZI et al., 2006). As folhas têm propriedades medicinais como diuréticas (LESCANO et al., 2016), reguladoras do sistema digestivo (OLIVEIRA et al., 2016), antireumáticas, antidiabéticas (ALVES et al., 2019) e antimicrobianas (OLIVEIRA et al., 2016). As propriedades medicinais são devido à presença de compostos fenólicos em sua composição química, tais como os alcaloides, flavonoides e óleos essenciais (esteroides e triterpenoides) (ALVES et al., 2019).

Os frutos podem ser ingeridos nas formas *in natura* ou industrializados, como doces, sorvetes, geleias, licores, aguardentes e sucos (GOGOSZ et al., 2010); são consumidos também pelos animais, principalmente pássaros (FERREIRA et al., 2018). Possuem alto teor de vitamina C e de fibras (LIMA et al., 2017). Arakaki et al. (2016) citam que os frutos são ricos em alumínio, zinco, fósforo, magnésio, potássio e ferro, o que contribui para o combate à anemia. As folhas e frutos podem ser usados como anti-inflamatórios, antidiarreicos (MARTELO et al., 2016), antissépticos e antigripais (LESCANO et al., 2016; ALVES et al., 2019). As raízes e folhas das plantas de guavira são utilizadas como antidiabéticas e contra doenças cardiometabólicas. Os óleos essenciais obtidos a partir das folhas e das flores exercem efeito antileucêmico (MARTELO et al., 2016; LIMA et al., 2017).

O potencial medicinal das folhas indicam a importância de se preservar *in situ* e cultivar *ex situ* as plantas de guavira, especialmente, usando sistemas de cultivo que contribuem para maior produtividade e sustentáveis (FERREIRA et al., 2018). No entanto, as pesquisas já realizadas com a espécie são, em sua maioria, em vasos, e em ambiente protegido (VIEIRA et al., 2011; AJALLA et al., 2014; SANTOS et al., 2019). Dentre os trabalhos realizados em condições de campo, estão o de Carnevali et al. (2012), que avaliaram a *C. adamantium* sob cinco espaçamentos entre plantas, na linha (0,30; 0,35; 0,40; 0,45 e 0,50 m) e sem ou com cama de frango semidecomposta incorporada ao solo na dose de 10 Mg ha<sup>-1</sup>. Os autores observaram que a altura de plantas, o diâmetro do caule e o número de folhas não foram influenciados pelos fatores em estudo.

Em estudo da influência de plantas utilizadas como adubos verdes na produção de plantas de *C. adamantium*, Cunha et al. (2013) avaliaram a utilização do consórcio de guavira com *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco), resultando em maior crescimento em altura com 42,70 cm das plantas de guavira consorciada e apenas 39,64 cm para a guavira solteira. Isso pode ter sido resultado do favorecimento do feijão-de-porco ao desenvolvimento das plantas. Além dos sistemas de cultivo, alguns fatores podem influenciar diretamente no

desenvolvimento das plantas de guavira, como a temperatura, umidade, luminosidade, classe e fertilidade do solo (AJALLA et al., 2014).

## *2.2 Parâmetros fisiológicos das plantas de guavira*

Os parâmetros fisiológicos são resultados da interação entre o ambiente que as plantas se desenvolvem e as características inerentes à espécie. Assim, a produção das plantas tem relação direta com parâmetros fisiológicos, como taxa de crescimento, índice de área foliar e a produção de massa seca, que é composta por carboidratos, proteínas, lipídios e nutrientes minerais, exceto a água (TAIZ et al., 2017). As respostas fisiológicas das plantas de guavira que variam com as modificações referentes ao tipo de cultivo ou manejo incluem alterações na taxa fotossintética e transpiratória, condutância estomática e a concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (FRANCO et al., 2018). Assim, as avaliações de parâmetros fisiológicos são ferramentas para investigar o comportamento das plantas de guavira em diferentes sistemas de cultivo (PESSOA et al., 2017).

A fertilidade do solo pode influenciar nas respostas fisiológicas das plantas, como o potássio que atua na atividade de enzimas. Além disso, possui o papel na regulação osmótica, o que resulta em absorção de água por células e por adjacentes, conseqüentemente gera maior turgor e abertura dos estômatos. As plantas quando cultivadas sob baixa disponibilidade de potássio causa distúrbio no mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, o que reduz a fotossíntese. A taxa fotossintética é a intensidade de fotossíntese que a planta realiza, pode ser alterada pela quantidade de luz que a planta recebe (TAIZ et al., 2017).

A eficiência fotossintética das plantas é proveniente de fatores genéticos e ambientais como luz, temperatura, gás carbônico, água disponível e nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta (EMER et al., 2020). No processo fotossintético, destacam-se os cloroplastos que são organelas intracelulares com uma estrutura fotossintetizadora chamada de clorofila, estas estruturas são responsáveis pela captura da luz usada na fotossíntese. As clorofilas são essenciais para conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH. Assim, as clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas, e conseqüentemente com seu crescimento e adaptabilidade aos sistemas de cultivo (SILVA et al., 2015b).

No processo fotossintético ocorre o influxo de CO<sub>2</sub> através dos estômatos e também o efluxo de água, por meio da transpiração, sendo o movimento estomático o principal

mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas (SANTOS et al., 2010). O processo de transpiração vegetal é a passagem de água pelos tecidos da planta, desde sua absorção nas raízes, transporte através do xilema até a parte aérea com evaporação na superfície das folhas através dos estômatos. Então, fatores como a disponibilidade de água e nutrientes no solo, a quantidade de folhas e a superfície foliar das plantas podem determinar maior ou menor taxa de transpiração (OLIVEIRA et al., 2018). Ressalta-se ainda que a transpiração está envolvido na regulação da temperatura foliar, com às menores aberturas estomáticas ocorrem a diminuição da transpiração foliar e aumento da temperatura da folha (VIEIRA JÚNIOR et al., 2007).

A condutância estomática é o mecanismo de movimentação dos estômatos, permitindo o fluxo de água em forma de vapor da folha para atmosfera, esse processo é vinculado à transpiração. Assim, a condutância é proporcional ao número e tamanho dos estômatos e diâmetro da abertura estomática, além de depender da interação de fatores ambientais, como a radiação solar, nível de CO<sub>2</sub> no mesofilo, umidade relativa do ar e a umidade do solo (TAIZ et al., 2017).

A eficiência instantânea do uso da água permite avaliar os efeitos do manejo da água, do solo e da planta sobre o consumo de água e produtividade das plantas. O consumo de água é influenciado pela disponibilidade de água no solo, demandado pela taxa de transpiração, características morfofisiológicas da espécie e área foliar da cultura (MEDEIROS et al., 2003). Já, a eficiência instantânea da carboxilação permite avaliar os fatores não estomáticos que estão afetando a fotossíntese, ou seja, mesmo na presença de CO<sub>2</sub> na câmara substomática, pode ocorrer redução na assimilação por fatores não estomáticos (TAIZ et al., 2017).

Os parâmetros fisiológicos das plantas de guavira podem ser influenciados pelo sistema de cultivo. No entanto, não foram encontrados na literatura pesquisada, avaliações das trocas gasosas de plantas de guavira cultivadas em sistema de cultivo no campo. Apenas foram realizadas pesquisas em vasos (KUSTER et al., 2016; DRESCH et al., 2016) para avaliar as trocas gasosas de guavira, como Junglos et al. (2016), que avaliaram mudas de guavira em condições de déficit hídrico em vasos, resultando que a taxa fotossintética, a eficiência no uso da água e a atividade de carboxilação em Rubisco atingiram níveis quase nulos com déficit hídrico, mas quando as plantas foram novamente regadas, o metabolismo se recuperou rapidamente.

### 2.3 Adubação verde

A manutenção e a melhoria da qualidade do solo são fundamentais para a sustentabilidade de agroecossistemas, visando a produção e a preservação das espécies nativas (CARDOSO et al., 2016; ALMEIDA et al., 2017). O manejo sustentável dos solos contribui para melhorar a produtividade agrícola, uma vez que as práticas agrícolas dentro dos sistemas de cultivos interferem de modo significativo nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; DUARTE et al., 2014). Dentre essas práticas, tem-se a adubação verde, que consiste no cultivo de espécies vegetais em rotação ou em consórcio com culturas de interesse econômico. Essas espécies podem ser de ciclo anual, semi-perene ou perene e que cobrem o solo por determinado período do ano ou durante todo o ano (PACHECO et al., 2011; GOMES et al., 2015).

Adubação verde é a prática de cultivo com a finalidade de preservar e restaurar os teores de matéria orgânica e nutrientes dos solos, através da ciclagem de nutrientes (ARAUJO et al., 2019). Daí, o sistema radicular ramificado e profundo das plantas aumenta a eficiência de utilização dos adubos, uma vez que trazem às camadas superficiais do solo nutrientes perdidos por lixiviação, principalmente potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e nitrato (NO<sub>3</sub>), tornando-os mais disponíveis às culturas sucessoras (LIMA FILHO et al., 2014).

O cultivo de plantas como adubos verdes pode promover maior cobertura e conservação do solo e maior retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes com o aumento do teor de matéria orgânica (CALHEIROS et al., 2013; LIMA FILHO et al., 2014; ARAÚJO et al., 2017). Além disso, pode induzir mudanças na aeração e na capacidade de retenção da água no solo (CORDEIRO et al., 2018) e aumentar a atividade dos processos microbianos (LISBOA et al., 2012) em resposta à decomposição do material vegetal (SOLATI et al., 2017).

Os adubos verdes podem influenciar a qualidade do solo de acordo com as características morfológicas específicas de cada espécie, tanto pela ação da cobertura com os resíduos da parte aérea quanto pela ação da incorporação dos sistemas radiculares (LOPES et al., 2016). A cobertura pode impedir o impacto direto das gotas da chuva e limitar o movimento do excesso de água sobre a superfície do solo (CARVALHO et al., 2015; ARAUJO et al., 2019).

A cobertura do solo pode impedir a ação direta dos raios solares ao promover sombreamento, que diminui a evaporação e proporciona condições para formação de microclima favorável a todos os organismos autóctones (BALOTA, 2018). Também, proporciona micro-*habitats* para microrganismos (BALIN et al., 2017), por ser um ambiente



bastante heterogêneo, com diversidade de recursos minerais e orgânicos, determinando a riqueza da fauna, da microbiota e da funcionalidade no solo (BALIN et al., 2017; BALOTA, 2018).

As espécies das Fabaceae são as mais utilizadas na adubação verde, em função de sua capacidade em realizar simbiose com bactérias, especialmente com *Rhizobium* (CALHEIROS et al., 2013), pela fixação de nitrogênio do ar atmosférico (LOPES et al., 2016). Como resultado, a palhada das leguminosas normalmente apresenta maiores teores de nitrogênio, quando comparada à de outras espécies. Essa característica é importante, uma vez que possibilita maior rapidez na decomposição dos restos vegetais em cobertura (CALHEIROS et al., 2013), devido à maior mineralização e, conseqüentemente, maior disponibilidade de nutrientes para as plantas de guavira (SOLATI et al., 2017).

Entre as espécies das Fabaceae utilizadas como adubos verdes destaca-se a *Stylosanthes macrocephala* (estilosantes), planta perene com hábito de crescimento decumbente, com altura de até um metro e folhas estreitas e pontiagudas. Possui sistema radicular profundo, podendo atingir até 1,5 m. Produz grande quantidade de massa seca (3 a 6 Mg ha<sup>-1</sup> por ano) com rota fotossintética C3 e baixa relação C/N (19,51) (MALUF et al., 2015); desenvolve-se bem em solos relativamente de menor fertilidade, exercendo papel importante na melhoria do solo, na conservação de água e na recuperação de áreas degradadas (DING et al., 2015).

A planta de *Pueraria phaseoloides* (kudzu tropical, Fabaceae) é perene com hábito de crescimento indeterminado, caules rasteiros e longos com produção de massa seca de 3 a 4 Mg ha<sup>-1</sup> ano e possui rota fotossintética C3 e baixa relação C/N (21,00). Segundo Costa et al. (2014), a espécie contribui na proteção do solo contra erosão, no controle de plantas espontâneas e sequestra carbono atmosférico. Além disso, possui a capacidade de fixação e transferência de nitrogênio de 100 a 150 kg ha<sup>-1</sup> por ano para as plantas da cultura em sucessão (CLERMONT-DAUPHIN et al., 2016).

A *Calopogonium mucunoides* Desv. (calopogônio, Fabaceae) é perene com hábito de crescimento indeterminado, caules rasteiros e longos, formando uma densa camada vegetal de 30 a 50 cm de altura com produção de massa seca de 4 a 5 Mg ha<sup>-1</sup> por ano. A rota fotossintética C3 e baixa relação C/N (18,32), pode contribuir na fertilidade do solo com macronutrientes como fósforo, potássio, cálcio e magnésio (ESPINDOLA et al., 2006a). Segundo Barbosa et al. (2016), a espécie pode aumentar o carbono orgânico, fixar nitrogênio biológico e reduzir a densidade de plantas espontâneas. É utilizada principalmente em áreas com espécies frutíferas, pois permite cortes periódicos após a semeadura.

A *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (feijão guandu, Fabaceae) é semi-perene de hábito de crescimento determinado com alta relação C/N (28,30) (CALVO et al., 2010); possui alta produção de massa seca 4 a 6 Mg ha<sup>-1</sup> por ano e capacidade de reciclar elevadas quantidades de nutrientes durante a sua decomposição em longo prazo. Possui porte alto com raiz principal pivotante que pode penetrar um ou mais metros no solo (FERRARI NETO et al., 2011).

Algumas Poaceae possuem o sistema radicular fasciculado, desenvolvendo-se principalmente nas camadas pouco profundas, explorando a parte superficial do solo (20-30 cm) porém podem alcançar profundidade de 2 m. São usadas como adubos verdes, pois são capazes de acumular grandes quantidades de massa vegetal, mas normalmente possuem baixos teores em nitrogênio, resultando em decomposição mais lenta, conseqüentemente, gastando maior tempo de ação dos microrganismos no solo, mesmo em condições de baixa fertilidade (LIMA FILHO et al., 2014).

#### *2.4 Indicadores microbiológicos de qualidade do solo*

A qualidade do solo pode ser inferida a partir de mudanças e distúrbios ocorridos nos seus atributos; para isso, devem ser selecionados indicadores que permitam caracterizar, acompanhar e avaliar as alterações ocorridas num dado ecossistema (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; ALMEIDA et al., 2017). Com isso, resulta no potencial de funcionalidade dos solos e de possíveis orientações para a recuperação de áreas degradadas (SANTOS; MAIA, 2013).

Os atributos biológicos podem ser considerados indicadores de alguns processos que ocorrem no solo em resposta às perturbações antropogênicas, podendo constituir-se em importantes variáveis para prever a qualidade dos ecossistemas agrícolas (SANTOS; MAIA, 2013; ALMEIDA et al., 2017). Um indicador biológico é definido como a presença ou a ausência de um certo microrganismo em dada área, associada a determinada condição ambiental (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

##### *2.4.1 Biomassa microbiana*

A biomassa microbiana do solo (BMS) é composta pela parte viva da matéria orgânica do solo composta por bactérias, fungos e protozoários, excluídas as raízes e organismos maiores do que 5 mm<sup>3</sup>, podendo chegar a 4000 kg ha<sup>-1</sup> de bactérias e 5000 kg ha<sup>-1</sup> de fungos na camada superficial do solo (BALOTA, 2018). Santos e Maia (2013) citam que a proporção presente de

células microbianas vivas contendo carbono (C-microbiano, em mg kg<sup>-1</sup> de solo) representa, em média de 1 a 5% do carbono orgânico total, enquanto que para o nitrogênio (N-microbiano, em mg kg<sup>-1</sup> de solo) compreende de 1 a 6 % do nitrogênio total. Portanto, a parte ativa da BMS é essencial para o funcionamento dos ecossistemas, mas as alterações ambientais causam impactos nos microrganismos e no desempenho das suas funções (SILVA et al., 2010). Assim, podendo ser utilizada como indicador de qualidade, devido à resposta às modificações ocorridas no meio (WAHSHA et al., 2017).

A biomassa microbiana é um dos componentes que controlam a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, atuando na ciclagem de nutrientes (ARAÚJO, MONTEIRO 2007) e por isso, é um reservatório de nutrientes para as plantas e microrganismos (SATYAPRAKASH et al., 2017) e ajuda na degradação de poluentes (agroquímicos, lixo urbano e industrial) (BRAGA et al., 2008).

Para estimar a biomassa microbiana são utilizadas diversas metodologias, sendo a fumigação-extração a mais usada, devido à rápida avaliação em comparação com os demais métodos. Envolve a eliminação dos microrganismos pelo clorofórmio e o carbono liberado pela morte dos microrganismos é determinado por extração química ou digestão (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Avaliar apenas o carbono da biomassa microbiana (CBM) não fornece indicações sobre a atividade dos microrganismos do solo, sendo necessário avaliar simultaneamente, a respiração basal e as variáveis derivadas do CBM, como o quociente microbiano e o quociente metabólico, que indicam a vulnerabilidade dos ecossistemas (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; BALOTA, 2018).

#### *2.4.2 Respiração basal*

A respiração do solo é a oxidação biológica da matéria orgânica, na qual ocorre produção de CO<sub>2</sub> pelos microrganismos aeróbios. A liberação de CO<sub>2</sub> é proveniente da atividade de bactérias, fungos, algas e protozoários do solo e também das raízes de plantas (SANTOS; MAIA, 2013). Alta taxa respiratória pode ser uma característica desejável, considerando-se que pode indicar alta atividade da biomassa microbiana e rápida transformação da matéria orgânica em nutrientes para as plantas (BALOTA, 2018).

A respiração microbiana, assim como outras atividades metabólicas, depende do estado fisiológico das células dos microrganismos. Além disso, é influenciada pela umidade do solo, temperatura, disponibilidade de nutrientes, quantidade de C-orgânico, pluviosidade, qualidade

da matéria orgânica e os sistemas de manejo do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007), tornando difícil a interpretação dos resultados quando somente é utilizado este indicador. A quantificação de CO<sub>2</sub> liberado pela respiração dos microrganismos constitui um dos métodos mais utilizados para avaliação da atividade metabólica, por ser rápido, barato e de fácil determinação (BARRETO et al., 2008).

#### 2.4.3 Quociente metabólico

O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) é a relação entre o CO<sub>2</sub> produzido pela respiração microbiana e o CBM, o qual tem sido utilizado para avaliar efeitos ambientais e antropogênicos sobre a biomassa microbiana do solo (SANTOS; MAIA, 2013; BALOTA, 2018). Desta forma, comunidades microbianas sob condições de estresse e perturbações serão menos eficientes em converter o carbono assimilado em biomassa, pois a maior parte do carbono deverá ser utilizado para fornecer energia para processos metabólicos necessários à manutenção celular dos microrganismos (ANDRADE et al., 2016).

O declínio do quociente metabólico é interpretado como o aumento da eficiência da utilização de carbono pela biomassa. Desta forma, os baixos valores de  $qCO_2$  supostamente refletem um ambiente estável ou próximo ao estado de equilíbrio. No entanto, valores elevados são indicativos de ecossistemas jovens, submetidos a alguma condição de estresse (BANNING et al., 2008); conseqüentemente, ocorre maior gasto de energia para manutenção da comunidade microbiana e os microrganismos tendem a consumir mais substrato para sobreviver. Assim, parte do carbono microbiano será perdido na forma de CO<sub>2</sub> pela alta catabolização da matéria orgânica (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; CARNEIRO et al., 2008).

#### 2.4.4 Quociente microbiano

O quociente microbiano ( $qMIC$ ) é um índice utilizado para fornecer indicações sobre a qualidade da matéria orgânica, sendo expresso pela relação entre o carbono microbiano e o carbono orgânico total (BANNING et al., 2008; BALOTA, 2018). Em condições estressantes para os microrganismos, tais como deficiências nutricionais, é menor a capacidade de utilização do carbono, conduzindo ao decréscimo do  $qMIC$  (CARDOSO et al., 2016).

As reduções nos valores do  $qMIC$  podem ocorrer devido à baixa qualidade nutricional da matéria orgânica, fazendo com que a biomassa microbiana torne-se pouco eficiente em

utilizar totalmente o carbono orgânico (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007). No entanto, com a adição de matéria orgânica ou sem a condição de estresse, ocorre um incremento na biomassa microbiana, consequentemente no  $qMIC$  (DADALTO et al., 2015).

### 3. Material e Métodos

#### 3.1. Aspectos gerais

O experimento foi realizado no Horto de Plantas Medicinais (HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, em Dourados-MS, de maio de 2017 a novembro de 2019. A área experimental situa-se em latitude de 22°11'44"S, longitude de 54°56'08"W e altitude de 430 m. O clima é do tipo tropical com estação seca de Inverno (Aw) (ALVARES et al., 2013), com precipitação média anual de 1500 mm e temperatura média anual de 23,5 °C. As condições de temperatura e de precipitação ocorrentes durante a época de desenvolvimento do experimento estão apresentadas na Figura 2.

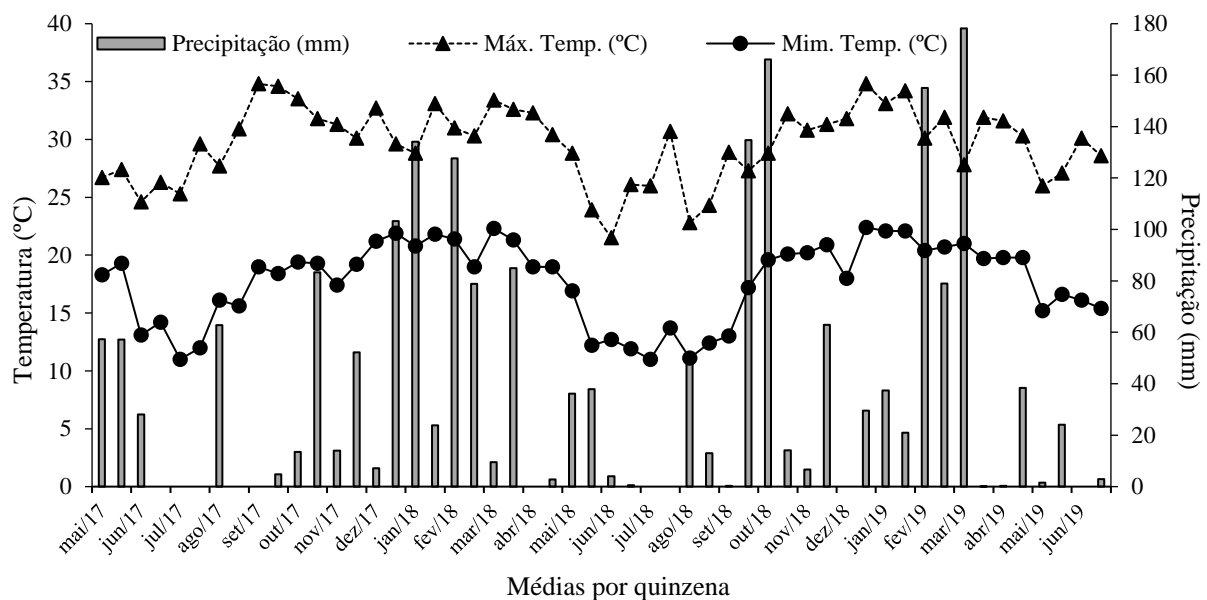


Figura 2. Temperaturas máximas e mínimas e precipitações, médias por quinzena, em parte do ciclo de cultivo da guavira (Fonte: clima.cpa.embra.br).

A topografia do local é plana e o solo, originalmente sob vegetação de Cerrado, é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (SANTOS et al., 2013), cujos atributos químicos (camada de 0 - 0,10 m) antes da semeadura dos adubos verdes foram:  $K = 3,54$ ;  $Al^{+3}$

= 27,00; Ca = 17,04; Mg = 9,46; H+Al = 104,65; SB = 34,43 e CTC = 139,08 em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$  e saturação de bases (%) = 25, pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) = 4,11, P ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) = 8,02 e MO = 18,12  $\text{g dm}^{-3}$ .

Foi estudada a planta de guavira [*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg], identificada pela professora Maria do Carmo Vieira, cujo voucher está depositado no Herbário DDMS, da UFGD, sob número 5854. Os tratamentos no campo constituíram-se da cobertura vegetal do solo com quatro espécies de adubos verdes perenes: *Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferreira & Sousa Costa (estilosantes), *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth (kudzu tropical) e *Calopogonium mucunoides* Desv. (calopogônio) e uma semi-perene *Cajanus cajan* L. (Millsp.) (feijão guandu), além das testemunhas vegetação espontânea e solo exposto (capinado). Os seis tratamentos foram arranjados no delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas tinham área útil de 7,20  $\text{m}^2$ , sendo 3,60 m de largura e 2,0 m de comprimento.

A área para o cultivo foi preparada com uma aração e uma gradagem niveladora. As irrigações foram feitas pelo sistema de aspersão com rega no período da tarde com intuito de manter o solo com  $\pm 70\%$  da capacidade de campo. O controle de plantas espontâneas foi manual, realizadas sempre que necessário, com exceção da área mantida com vegetação espontânea. Para manter o solo exposto, foi feito controle das plantas espontâneas com enxada, quando atingiam cerca de 10 cm de altura.

### 3.2 Cultivo e avaliações dos adubos verdes

As plantas para a cobertura vegetal foram semeadas manualmente no local definitivo em maio de 2017, em oito linhas contínuas, espaçadas de 0,40 m entre elas e 0,2 m nas laterais e profundidade de 2 cm (Imagem 1). Após quinze dias da emergência das plântulas, foi realizado desbaste, estabelecendo-se estande em média de 30 plantas por metro de *C. mucunoides*, *P. phaseoloides* (FORMENTINI, 2008) e *C. cajan* (AMABILE et al., 2000), e 25 plantas por metro de *S. macrocephala* (TEODORO et al., 2011).



Fonte: (NASCIMENTO, J. S.)

Imagem 1: Crescimento das plantas utilizadas como adubos verdes (2017).

Foram realizados dois cortes dos adubos verdes, sendo o primeiro aos 180 dias após o semeio - DAS, em novembro/2017, quando as plantas apresentavam aproximadamente 70% de floração e 90% de cobertura do solo; o segundo, correspondente à rebrota, foi feito aos 360 DAS, em junho/2018. Para avaliar as produções de massas frescas e secas, utilizou-se implemento metálico de 1,00 m<sup>2</sup> de área interna, que foi lançado dentro de cada parcela de forma aleatória e imediatamente foi feito o corte das plantas dos adubos verdes e da vegetação espontânea, a uma altura aproximada de 15 cm da superfície do solo.

O material vegetal fresco foi pesado e imediatamente foram separadas duas amostras de cada parcela, sendo uma de 400 g para avaliação da taxa de decomposição e outra de 200 g para avaliação da massa, sendo o restante devolvido à área experimental (Imagem 2). As amostras com 200 g de massa fresca foram colocadas em estufa de circulação de ar forçada, a 60 + 5 °C, até atingir a massa constante e, depois, usadas para determinação proporcional da massa seca inicial. As plantas remanescentes no campo foram cortadas a uma altura aproximada de 15 cm da superfície do solo, com roçadeira de lâmina e todo material deixado sobre o solo.

Com os resultados das massas frescas e secas, determinaram-se os percentuais dessa relação, através da equação:

$$R_{S/F} (\%) = \frac{MS}{MF} \times 100$$

em que:

R<sub>S/F</sub> - percentual de massa seca por massa fresca, %

MS - massa seca, Mg ha<sup>-1</sup>

MF - massa fresca, Mg ha<sup>-1</sup>



Imagem 2: Material vegetal fresco das plantas utilizadas como adubos verdes após o primeiro corte (2017).

Após a determinação da massa seca, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, e submetidas à análise química para determinação de macro e micronutrientes, conforme Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

A avaliação da taxa de decomposição foi feita pela análise de perda de massa utilizando-se “*litter bags*” [sacolas de decomposição com malha de nylon de 4,00 mm e dimensões de 0,05 m<sup>2</sup> (0,20 x 0,25 m)]. Da amostra de 400 g do material fresco de cada adubo verde foram acondicionados 100 g em cada “*litter bag*”, sendo distribuídos quatro sobre a superfície do solo de cada parcela no campo, tanto após o primeiro quanto após o segundo corte.

As taxas de perda de massa seca e de nutrientes foram monitoradas por meio das retiradas aleatoriamente, de um “*litter bag*” por parcela aos 30, 60, 90 e 120 dias após a instalação do ensaio de decomposição após o primeiro e o segundo cortes das plantas utilizadas como adubos verdes (ESPINDOLA et al., 2006a).

Foram medidas as temperaturas da superfície do solo aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após cada corte dos adubos verdes, sempre às 14:00 horas, usando termômetro específico e medindo-se em dois pontos da parcela (BRAGAGNOLO; MIELNICZUK, 1990).

Os materiais remanescentes retirados dos “*litter bags*” foram acondicionados em sacos de papel para secagem em estufa de circulação de ar forçada, a  $60 \pm 5$  °C, até atingir a massa constante e após, pesada a massa residual em balança de precisão de 0,01 g, para obtenção da massa seca. As amostras secas foram moídas em moinho do tipo Willey e submetidas à análise química para determinação de macronutrientes, conforme Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). A taxa de decomposição foi quantificada pelas avaliações de perda de massa, utilizando-se a equação adaptada de Wiegert e Evans (1964), com o modelo exponencial:  $k = \ln(X/X_0) e^{-kt}$



em que:  $k$  = expressa a massa do material remanescente na superfície do solo após  $t$  dias ( $\text{g kg}^{-1}$ )  
 $t$  – tempo em dias ( $\text{dias}^{-1}$ )  
 $x$  = massa do material remanescente na superfície do solo após 120 dias ( $\text{g kg}^{-1}$ )  
 $x_0$  = massa do material seco colocado nos sacos no tempo zero ( $t = 0$ ) ( $\text{g kg}^{-1}$ )  
 $kt$  = massa do material seco remanescente após  $t$  dias ( $\text{g kg}^{-1}$ )

O tempo de meia vida  $t_{(1/2)}$  da massa remanescente e dos teores de macronutrientes, que expressa o tempo necessário para que metade da massa e dos nutrientes se decomponha, foi calculado conforme a equação descrita por Wiegert e Evans (1964):  $t_{(1/2)} = \ln(2)/k$

Um exemplar das plantas presentes na área com vegetação espontânea foi coletado aos 180 dias após o semeio (DAS) dos adubos verdes, identificadas taxonomicamente por família e espécie, por meio da consulta ao banco de dados na Lista de Espécies da Flora do Brasil ([www.floradobrasil.jbrj.gov.br](http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br)) e Lorenzi (2006) e classificadas quanto à sua rota fotossintética (DIAS-FILHO, 2002; MACHADO et al., 2006; PARTELLI et al., 2010). As exsicatas foram depositadas no Herbário DDMS, da Universidade Federal da Grande Dourados (Tabela 1).

Tabela 1. Família botânica, nomes científico e popular, rota fotossintética (RF) e voucher das plantas presentes na vegetação espontânea da área de cultivo da guavira, depositadas no Herbário DDMS, da Universidade Federal da Grande Dourados/UFGD, Dourados-MS, 2017.

Família	Nome científico	Nome popular	RF	Voucher
Apiaceae	<i>Cyclospermum leptophyllum</i> (Pers.) Sprague	Aipo bravo	C4	6428
Asteraceae	<i>Gnaphalium purpureum</i> P. Dusen	Macela fina	C3	6288
Asteraceae	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Cravo da roça	C3	6430
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	Carrapicho carneiro	C3	6432
Asteraceae	<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson.	Falsa serralha	C3	6433
Asteraceae	<i>Conyza bonariensis</i> L.	Buva	C3	2259
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i> L.	Trapoeraba	C4	5751
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> (L.) Palla	Tiririca	C3	6289
Cyperaceae	<i>Hypolytrum pungens</i> Kunth.	Navalha de macaco	C3	6426
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp	Junquilha	C3	6429
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	Quebra pedra	C3	6284
Lamiaceae	<i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) R.Br.	Falsa menta	C4	6287
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Guanxuma	C3	6286
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i> L.	Tansagem	C3	5644
Poaceae	<i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde.	Capim amargoso	C4	6343
Poaceae	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Capim calção	C4	6339
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Pé de galinha	C4	6340
Poaceae	<i>Paspalum pumilum</i> Nees.	Gramma baixa	C4	6338
Poaceae	<i>Paspalum virgatum</i> L.	Capim navalha	C4	6342
Poaceae	<i>Urochloa humidicola</i> (R.) Morrone & Zuloaga	Brachiarão	C4	6341
Poaceae	<i>Urochloa plantaginea</i> (Link) R.D. Webster	Capim marmelada	C4	6336
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega	C3	6332
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	Poaia branca	C4	5037
Solanaceae	<i>Cestrum axillare</i> Vell.	Dama da noite	C3	6290
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.) Vahl	Gervão	C3	6335

### 3.3 Atributos químicos e carbono da biomassa microbiana do solo

Antes da semeadura dos adubos verdes, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-0,10 m para análise inicial dos atributos químicos do solo e do carbono da biomassa microbiana (C-BMS).

Após 60 dias de cada avaliação dos adubos verdes, foram coletadas amostras de solo na camada de 0-0,10 m de profundidade, com trado holandês, em seis pontos aleatórios em cada parcela e posteriormente foram homogeneizadas (SILVA et al., 2015a) e submetidas à análise química, de acordo com a metodologia descrita pelo Malavolta (2006).

Para análise do C-BMS, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados e armazenados em temperatura de 4 °C; usou-se o método da fumigação-extração de Vance et al. (1987). O carbono orgânico foi determinado pelo método de Yeomans e Bremner (1988) e a respiração basal (C-CO<sub>2</sub>) pela respirometria (evolução de CO<sub>2</sub>). O quociente microbiano (*q*MIC) foi calculado pela fórmula (C-BMS/Corg) x 100 e metabólico (*q*CO<sub>2</sub>) foi obtido pela divisão dos valores da respiração basal pelo valor do carbono microbiano (μ CO<sub>2</sub>/μg C-BMS h<sup>-1</sup>).

A análise das frações húmicas da matéria orgânica do solo - MOS foi feita com base no método Kononova-Belchikova (KONONOVA, 1982). O estoque de carbono foi calculado usando a equação descrita por Elbert e Bettany (1995):

$$\text{EstC} = (\text{CO} \times \text{Ds} \times e)/10.$$

Onde:

EstC=estoque de C orgânico em determinada profundidade (t ha<sup>-1</sup>)

CO= teor de C orgânico total na profundidade amostrada (g kg<sup>-1</sup>)

Ds = densidade do solo da profundidade (g cm<sup>-3</sup>)

e = espessura da camada considerada (cm)

### 3.4 Cultivo e avaliações das plantas de guavira

As mudas das plantas de guavira foram produzidas anteriormente no HPM da UFGD. A produção foi por propagação via semeadura indireta, utilizando-se sementes extraídas de frutos maduros colhidos ao acaso de plantas de uma população natural em área nativa de Cerrado (Cadastro de acesso SISGEN Nº A9CDAAE - CGEN-MMA, de 15/10/2018). O transplante das mudas de guavira foi feito quando tinham 2,0 anos de idade e altura média de

37 cm, aos 15 dias após o primeiro corte e 195 DAS dos adubos verdes. Os espaçamentos entre plantas foram de 0,50 m e entre fileiras de 1,20 m (VIEIRA et al., 2011) em parcelas de 2,0 m de comprimento e 3,6 m de largura.

Ao longo do ciclo de cultivo das plantas de guavira, a partir de 30 dias após o transplântio - DAT, com intervalos de 30 dias até 630 DAT, foram mensuradas a altura de todas as plantas da parcela, utilizando-se régua graduada em mm e o diâmetro caulinar do caule principal rente à superfície do solo, utilizando-se paquímetro digital.

As trocas gasosas e o índice de clorofila das plantas de guavira foram medidos a partir de 90 DAT, aproximadamente a cada 90 até 630 DAT, entre as 08:00 e 11:00 horas, horário este de elevada demanda evapotranspiratória, sem nebulosidade, para evitar instabilidades causadas por variações rápidas da radiação solar. Foram avaliadas quatro plantas por parcela, utilizando-se, de cada planta, uma folha fisiologicamente madura e não sombreada (SIMÕES et al., 2015; DUTRA et al., 2015).

Foram avaliadas a fotossíntese líquida ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), transpiração ( $E$ ), eficiência instantânea de uso da água ( $E_iUA$ ) ( $A E^{-1}$ ), eficiência instantânea de carboxilação ( $E_iC$ ) ( $A C_i^{-1}$ ) e eficiência intrínseca no uso da água ( $A G_s^{-1}$ ) com o equipamento IRGA – *Infra Red Gas Analyzer* (LCIPro – SD ADC BioScientific Ltda), analisador de gás infravermelho com fluxo de ar de  $300 \text{ mL min}^{-1}$  e fonte de luz de  $995 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (SIMÕES et al., 2015; DUTRA et al., 2015). Para avaliação do índice de clorofila utilizou-se o medidor de clorofila SPAD portátil de marca Falker (SILVA et al., 2015b).

As colheitas dos frutos das plantas de guavira foram realizadas à medida em que foram amadurecendo, desde 300 até 690 dias após o transplântio - DAT. Após cada colheita, avaliaram-se o número de frutos, a massa fresca em balança digital de precisão de 0,01 g e o diâmetro do fruto com paquímetro digital. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em sacos de papel e colocados em estufa de circulação de ar forçada a  $60 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ , até obtenção de massa constante. As produções referentes a cada colheita foram somadas para obtenção da produção total por planta.

Após a última colheita dos frutos, aos 690 DAT, foram contados os perfilhos e caules das plantas e colhidas duas plantas de guavira por parcela, cortando-as rente ao solo (AJALLA et al., 2014). Foram separadas as folhas e caules e pesados para obtenção da massa fresca. Foi mensurada a área foliar, utilizando-se integrador de área LI-COR 3100 C. A área foliar específica foi calculada a partir da área foliar dividida pela massa seca de folhas. Depois, as

folhas e ramos foram acondicionados em sacos de papel e colocados em estufa de circulação de ar forçada a  $60 \pm 5$  °C, até obtenção de massa constante, para obtenção da massa seca. As amostras das folhas secas foram moídas em moinho tipo Willey e determinados os teores de macro e micronutrientes, conforme Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

### 3.5 Análise de dados

As médias dos dados referentes à produção de massas fresca e seca, percentual de massa seca por massa fresca, teores de macronutriente acumulados dos adubos verdes e atributos químicos e microbiológicos do solo foram submetidas à análise de variância como parcelas subdivididas (adubos verdes na parcela e cortes na subparcela) e quando significativas pelo teste F, foram comparadas por meio do teste Tukey, todos até 5% de probabilidade.

As médias dos dados massa seca remanescente, teores de nutrientes liberados pela massa remanescente dos adubos verdes, constante de decomposição, tempo de meia vida e temperatura superficial do solo foram submetidas à análise de variância como parcelas sub-subdivididas (adubos verdes na parcela, épocas de avaliação subparcela e cortes sub-subparcela) e quando significativos pelo teste F, foram submetidas à análise de regressão, todos até 5% de probabilidade.

As médias dos dados dos parâmetros fisiológicos, altura de plantas e diâmetro do caule de plantas de guavira foram submetidos à análise de variância como parcelas subdivididas (adubos verdes na parcela e épocas de avaliação na subparcela) e quando significativos pelo teste F, foram realizadas a análise de regressão ou comparados por meio do teste Tukey, todos até 5% de probabilidade.

As médias dos dados de quantidade de perfilhos, massas fresca e seca de folhas e caules, área foliar e teores de macro e micronutrientes das folhas de plantas de guavira e número de frutos, massas fresca e seca e diâmetro dos frutos de guavira foram submetidos à análise de variância e quando significativos pelo teste F, foram comparados por meio do teste Tukey, todos até 5% de probabilidade. Para todas as análises foi utilizado o programa estatístico do *software* SISVAR (Versão 5.6).

Para a compreensão das relações das plantas utilizadas como adubos verdes e das plantas de guavira, utilizou-se a análise de componentes principais, de forma que a seleção do número de componentes principais foi baseada no critério de análise da qualidade de aproximação da

matriz de correlações, apresentando-se somente os componentes associados a autovalores superiores a 1 (SNEATH; SOKAL, 1973).

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1 Produtividade dos adubos verdes

As maiores produções de massas frescas de partes aéreas foram obtidas utilizando-se as plantas de calopogônio, kudzu tropical e da vegetação espontânea, nos dois cortes. Os adubos verdes tiveram maiores produções de massas fresca e seca no segundo corte, época esta em que houve ganho de produção de massa média de 90% em relação ao primeiro corte (Tabela 2).

Tabela 2. Massas fresca (MF) e seca (MS) das espécies de plantas utilizadas como adubo verde, em dois cortes . UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

Adubos Verdes	Primeiro corte - 180 DAS		Segundo corte – 360 DAS	
	MF	MS	MF	MS
	-----Mg ha <sup>-1</sup> -----			
Estilosantes	8,57 bB	1,85 aB	13,73 bA	3,32 bA
Calopogônio	11,31 abB	2,28 aB	27,28 aA	6,27 aA
Kudzu tropical	10,90 abB	1,97 aB	22,81 aA	4,94 abA
Feijão guandu	5,46 bB	1,85 aB	12,52 bA	3,83 bA
Vegetação espontânea	16,01 aB	3,58 aB	22,56 aA	6,30 aA
<b>C. V. (%)</b>	20,40	23,02	20,40	23,02

\*Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05) e F (p<0,05), respectivamente. DAS – dias após o semeio.

As plantas de calopogônio e kudzu tropical tiveram alta densidade e produção de massa (Tabela 2), em decorrência da competitividade e do crescimento vigoroso (ARAÚJO et al., 2017), aliado ao potencial de fixação biológica de nitrogênio-(FBN) (CALHEIROS et al., 2013; ARANTES et al., 2016). Além disso, considera-se que são adaptadas às condições de altas temperaturas e às características de solo do Cerrado (SILVA et al., 2004; DANTAS et al., 2015), características essas confirmadas por Dantas et al. (2015), ao verificarem maior produção de massa seca (6,25 Mg ha<sup>-1</sup>) do calopogônio consorciado com cana de açúcar em cultivo orgânico. Também, Silva et al. (2010) observaram maior massa seca do calopogônio (3,36 Mg ha<sup>-1</sup>) e do kudzu tropical (7,58 Mg ha<sup>-1</sup>).

As plantas da vegetação espontânea tiveram maior produção de massa (Tabela 2) provavelmente porque a área estava em pousio, o que deve ter favorecido o desenvolvimento natural delas, ocupando toda a área útil. Além disso, a diversidade de espécies de Poaceae (Tabela 1) com maior plasticidade e com o sistema radicular agressivo e competitivo, pode ter reduzido o tempo de desenvolvimento para produzir maior acúmulo de massa e sementes em menor tempo que as outras espécies de adubos verdes (DANTAS et al., 2015).

Os adubos verdes tiveram maiores produções de massas fresca e seca no segundo corte (Tabela 2 e Imagem 3), fato que pode ser consequência de as raízes das plantas já estarem bem desenvolvidas após o primeiro corte (LIMA FILHO et al., 2014) e haver no solo mais matéria orgânica em decomposição (FERNANDES, 2006; CALHEIROS et al., 2013; DANTAS et al., 2015). Além disso, houve maior tempo para as plantas se desenvolverem entre o primeiro e o segundo corte em relação ao tempo entre a semeadura e o primeiro corte.



Fonte: (NASCIMENTO, J. S.)

Imagem 3: Rebrotas das plantas utilizadas como adubos verdes.

As menores massas fresca e seca das plantas de estilosantes e do feijão guandu, em relação aos outros adubos verdes, independente dos cortes (Tabela 2), deve-se ao fato de elas serem plantas C3 e por isso, devem ter tido menor eficiência no uso da água, nutrientes, luz e taxa fotossintética (CARVALHO et al., 2016, TAIZ et al., 2017), mostrando que foram mais sensíveis às condições ambientes e do solo predominantes na época do cultivo. Além disso, o feijão guandu teve menor produção de folhas, as quais se decompõem rapidamente e prevalece o caule lenhoso e bastante fibroso (PAULINO et al., 2009; DANTAS et al., 2015) que demora mais tempo para decompor, contribuindo para permanência dos resíduos na superfície do solo (CALHEIROS et al., 2013; DANTAS et al., 2015; SOUSA et al., 2018). Similarmente, Paulino et al. (2009) observaram menor potencial do feijão guandu em fixar nitrogênio ( $4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}_2$ ), prejudicando a produção de massa.

O acúmulo de N foi maior na parte aérea das plantas de calopogônio, estilosantes, kudzu tropical e do feijão guandu em relação à vegetação espontânea no primeiro corte. Já, no segundo corte a massa do kudzu tropical teve maior teor de N em relação ao estilosantes e à vegetação espontânea (Tabela 3). Então, considerando-se a produção de massa seca (Tabela 2), o kudzu tropical disponibilizou 148,69 g kg<sup>-1</sup> N e a vegetação espontânea, apenas 133,93 g kg<sup>-1</sup> N no segundo corte. Considerando-se os dois cortes e os teores de nutrientes das plantas, constatou-se que as plantas utilizadas como adubos verdes tiveram maior teor de N no segundo corte (Tabela 3), devido ao sistema radicular mais bem desenvolvido nesse período, à consolidação das plantas no local de cultivo, ao maior teor de matéria orgânica (CARVALHO et al., 2015) favorecendo o desenvolvimento e consequentemente maior produção de massa (Tabela 2).

Tabela 3. Concentração de macronutrientes na parte aérea das plantas utilizadas como adubos verdes, no primeiro e segundo cortes. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

Adubos verdes	Primeiro Corte (180 DAS)				
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
-----g kg <sup>-1</sup> -----					
Estilosantes	23,80 aB	3,27 abA	2,03 aA	17,17 aB	3,12 aA
Calopogônio	24,50 aB	4,03 aA	2,14 aA	15,08 abB	3,79 aA
Kudzu tropical	22,75 aB	3,13 abA	2,14 aA	12,36 bB	3,87 aA
Feijão guandu	21,52 aB	1,78 cB	1,37 bA	13,14 abA	3,08 aA
Vegetação espontânea	16,80 bB	2,76 bA	2,40 aA	10,81 bA	3,51 aA
Segundo Corte – rebrota (360 DAS)					
Estilosantes	24,76 bcA	3,79 abA	1,28 aA	36,36 aA	3,28 abA
Calopogônio	26,25 abA	4,37 aA	1,40 aA	12,12 cA	4,13 aA
Kudzu tropical	30,10 aA	3,96 abA	1,49 aA	16,91 bA	3,94 abA
Feijão guandu	26,95 abA	3,33 bA	1,15 aA	9,41 cdB	2,55 bA
Vegetação espontânea	21,26 cA	3,23 bA	1,11 aA	6,89 dB	4,57 aA
<b>C. V. (%)</b>	10,61	13,66	13,53	13,49	19,10

\*Médias seguidas das mesmas letras, minúsculas nas colunas dentro de cada época de corte e maiúsculas entre as épocas de cortes, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05) e teste F (p<0,05), respectivamente. . DAS – dias após o semeio.

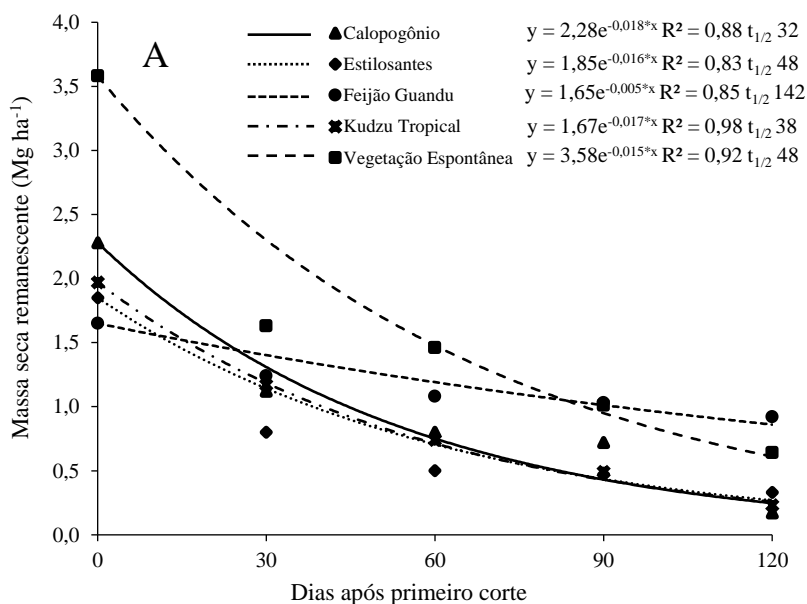
O maior teor de P foi na parte aérea das plantas de calopogônio e os menores valores foram do feijão guandu no primeiro corte e vegetação espontânea no segundo cortes (Tabela 3). Considerando-se a produção de massa seca, no segundo corte, o calopogônio e a vegetação espontânea (Tabela 2) acumularam 27,39 g kg<sup>-1</sup> e 20,34 g kg<sup>-1</sup> de P, respectivamente. Provavelmente as plantas de calopogônio tiveram maior habilidade de exploração do solo, apresentando potencial de ciclagem de P (LIMA FILHO et al., 2014). E o nutriente estimulou o crescimento radicular, por ser constituinte das proteínas citoplasmáticas e ter papel importante

no metabolismo dos carboidratos e das transferências de energia (TAIZ et al., 2017), consequentemente maior produção de massa seca.

O fato de as plantas utilizadas como adubos verdes, exceto o feijão guandu, terem apresentado maior teor de K no primeiro corte (Tabela 3) deve-se ao potencial na capacidade de reciclagem de nutrientes. O maior teor de Ca foi na massa das plantas de estilosantes nos dois cortes (Tabela 3), sendo que no segundo corte, o estilosantes e a vegetação espontânea contribuíram com 120,71 e 43,40 g kg<sup>-1</sup> de Ca, respectivamente, considerando-se a massa seca. O calopogônio e a vegetação espontânea tiveram maior teor de Mg em relação ao feijão guandu no segundo corte (Tabela 3), indicando, assim, serem essas plantas um agente importante de incorporação e reciclagem desses nutrientes.

#### 4.2 Dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes da palhada dos adubos verdes

A dinâmica de decomposição foi influenciada pelas espécies utilizadas como adubos verdes, seguindo o comportamento exponencial com a decomposição mais acelerada até aos 30 dias após o corte, de acordo com a produtividade de cada espécie (Figura 3). A massa das plantas de calopogônio teve rápida decomposição e menor tempo de meia vida nos dois cortes (Figura 3 A e B), devido à elevada relação nitrogênio e carbono que favoreceu a população microbiana envolvida na decomposição (LIMA FILHO et al., 2014; DANTAS et al., 2015). Além disso, os compostos solúveis em água do material vegetal, como os açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos, polipeptídeos e celulose facilitam a decomposição (LIMA FILHO et al., 2014).





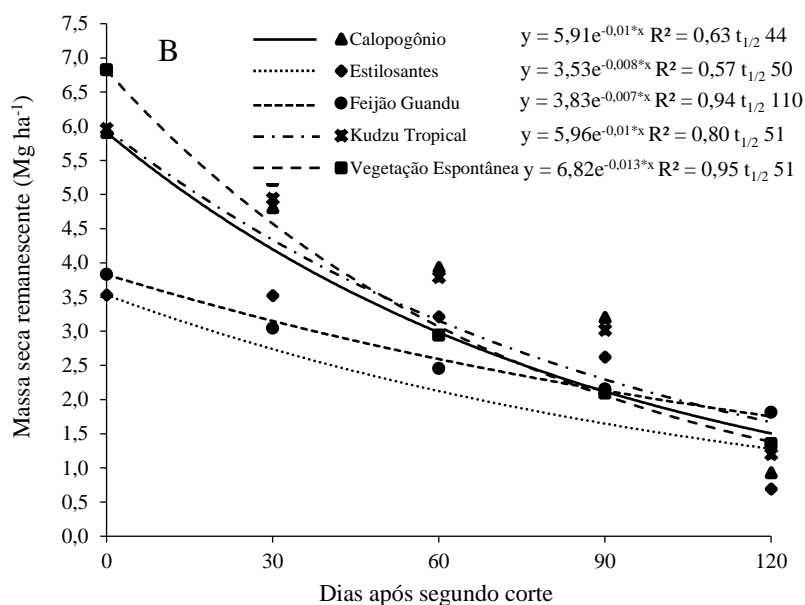


Figura 3. Massas secas remanescentes dos adubos verdes, cultivados antecedendo e em consórcio com a guavira, em função do tempo, no primeiro (A) e segundo (B) cortes. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

A menor taxa de decomposição e maior tempo de meia vida, nos dois cortes, da massa das plantas do feijão guandu por deve-se ao alto teor de lignina no caule, que contribui para a manutenção dos componentes estruturais da parede celular das células vegetais e fornece rigidez aos tecidos vasculares, consequentemente, dificultando a atividade da população microbiana em realizar a decomposição (PACHECO et al., 2011; LIMA FILHO et al., 2014).

A liberação dos nutrientes da massa remanescente das plantas utilizadas como adubos verdes seguiu o comportamento exponencial e acelerado até aos 30 dias após o corte (Figura 4). As maiores liberações de N observadas para o calopogônio, kudzu tropical e o feijão guandu no primeiro corte (Figura 4A) e kudzu tropical no segundo corte (Figura 4B), indicam que a mineralização tende a ser superior à imobilização, com maior disponibilização de N durante o processo de decomposição dos restos vegetais (SOLATI et al., 2016), o que é benéfico à guavira, cultivada em consórcio com adubos verdes. No entanto, a massa da vegetação espontânea teve menor liberação de N nos dois cortes (Figuras 4 A e B), provavelmente, porque ocorreu maior imobilização microbiana durante o crescimento do que a mineralização (SOLATI et al., 2016).

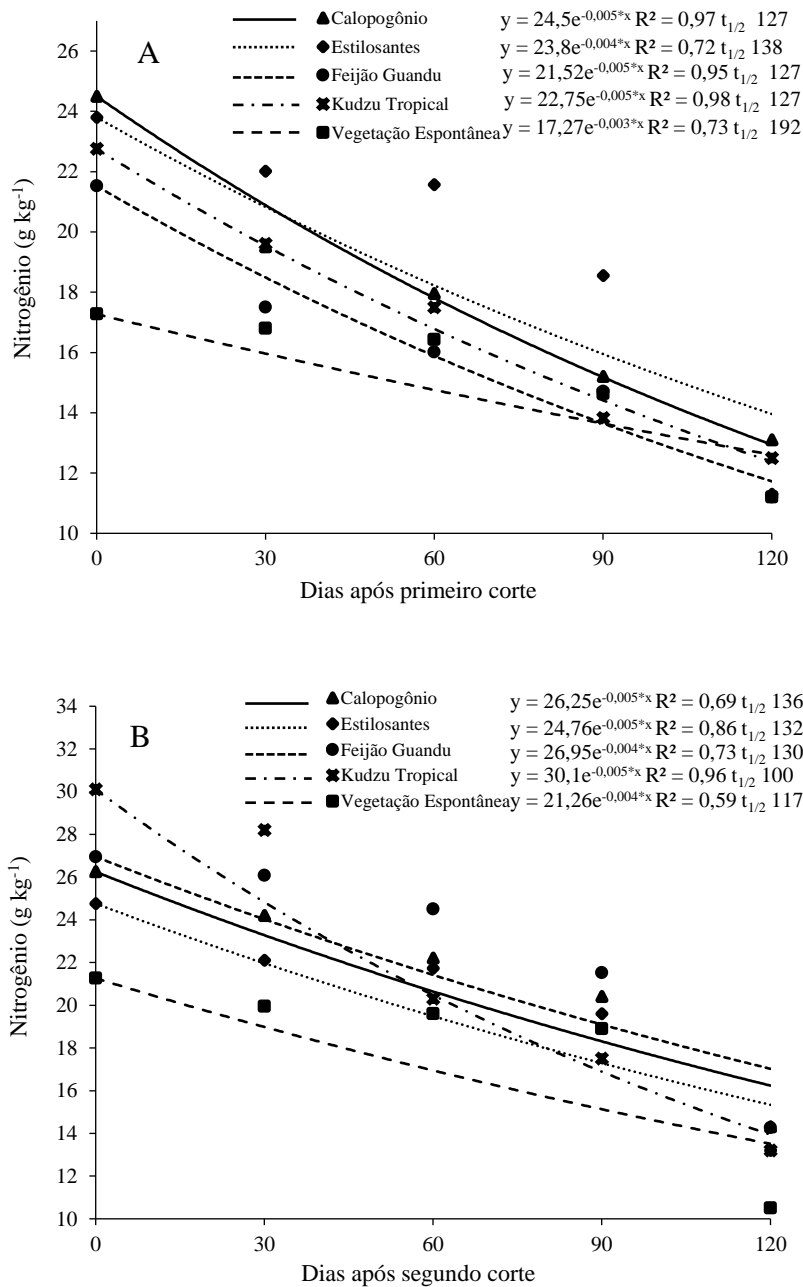


Figura 4. Liberação de nitrogênio da massa remanescente dos adubos verdes, cultivados como antecessores e em consórcio com as plantas de guavira, em função do tempo, no primeiro (A) e no segundo (B) cortes. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

A maior quantidade de P liberada foi observada na massa do calopogônio com liberação de 50% aos 99 e 50 dias no primeiro e segundo cortes, respectivamente (Figuras 5 A e B); provavelmente, os compostos solúveis foram utilizados pelos microrganismos do solo, facilitando a liberação (PACHECO et al., 2011).

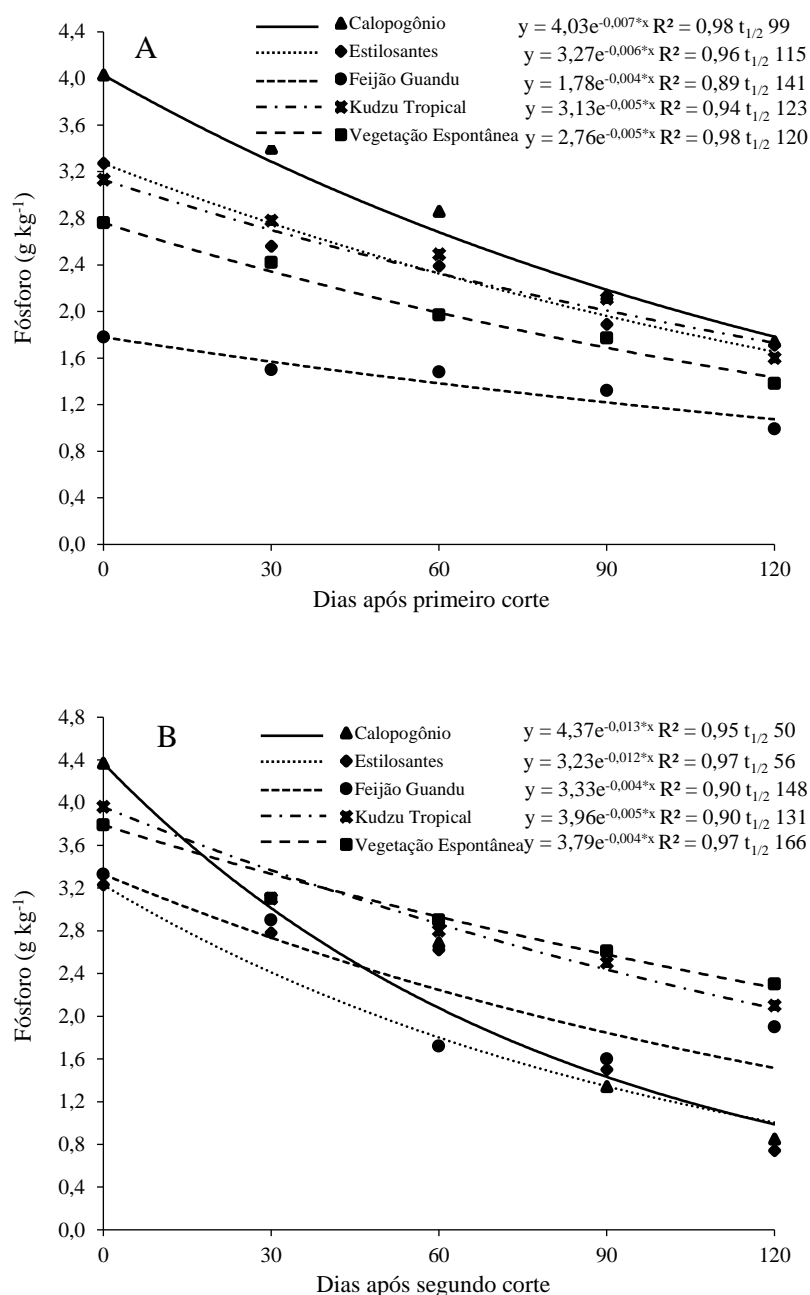


Figura 5. Liberação de fósforo da massa remanescente dos adubos verdes, cultivados como antecessores e em consórcio com as plantas de guavira, em função do tempo, no primeiro (A) e no segundo (B) cortes. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

Ocorreu a rápida liberação do K, independente dos fatores em estudo (Figuras 6 A e B), decorrente do fato de não estar associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal e com alta mobilidade na planta (TAIZ et al., 2017). A decomposição da massa dos adubos verdes pela atividade microbiana disponibilizou nutrientes para o solo, tornando-os disponíveis para assimilação pelas plantas de guavira.

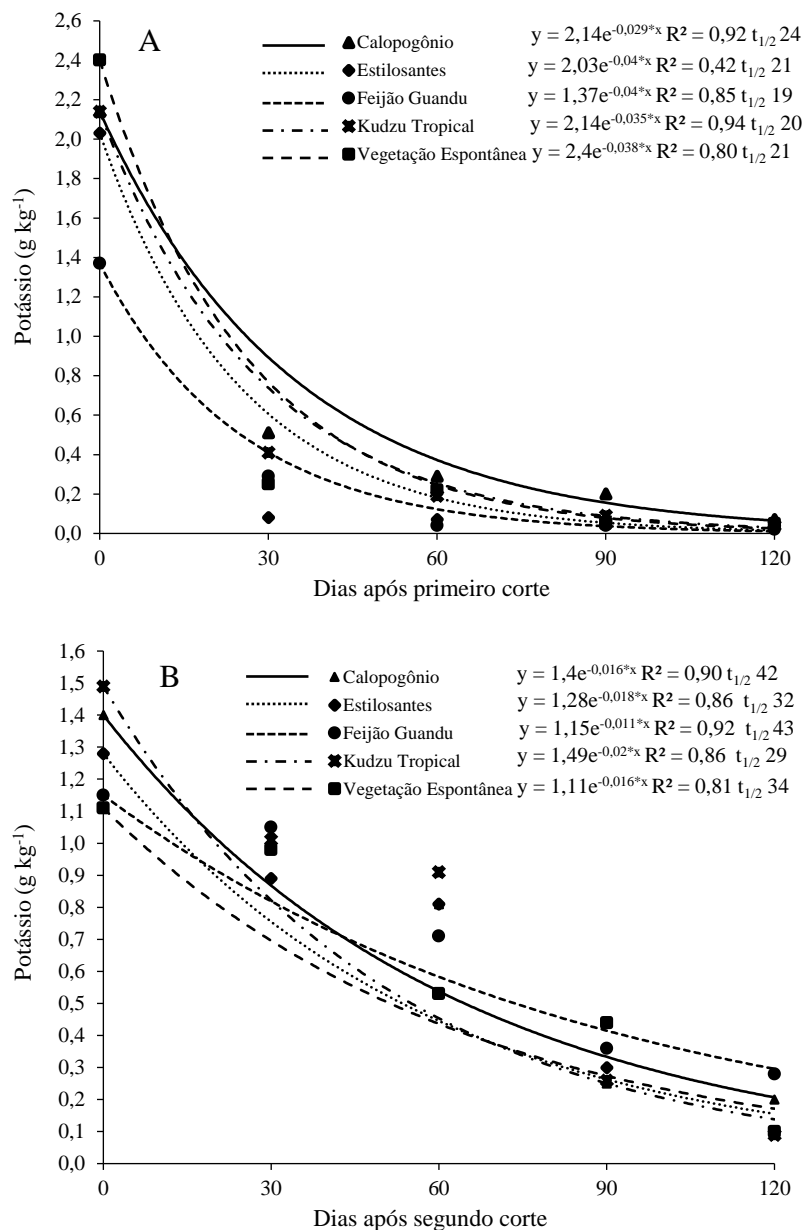


Figura 6. Liberação de potássio da massa remanescente dos adubos verdes, cultivados como antecessores e em consórcio com as plantas de guavira, em função do tempo, no primeiro (A) e no segundo (B) cortes. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

A massa das plantas de estilosantes disponibilizou maior quantidade de Ca do que os outros adubos verdes. No entanto, houve liberação de apenas 50%, aos 189 e 75 dias no primeiro e segundo cortes, respectivamente (Figuras 7 A e B). Esses resultados devem-se à lenta liberação desse nutriente por ser constituinte da lamela média da parede celular, formando um dos componentes mais recalcitrantes dos tecidos vegetais e não faz parte de nenhum composto celular (TAIZ et al., 2017).

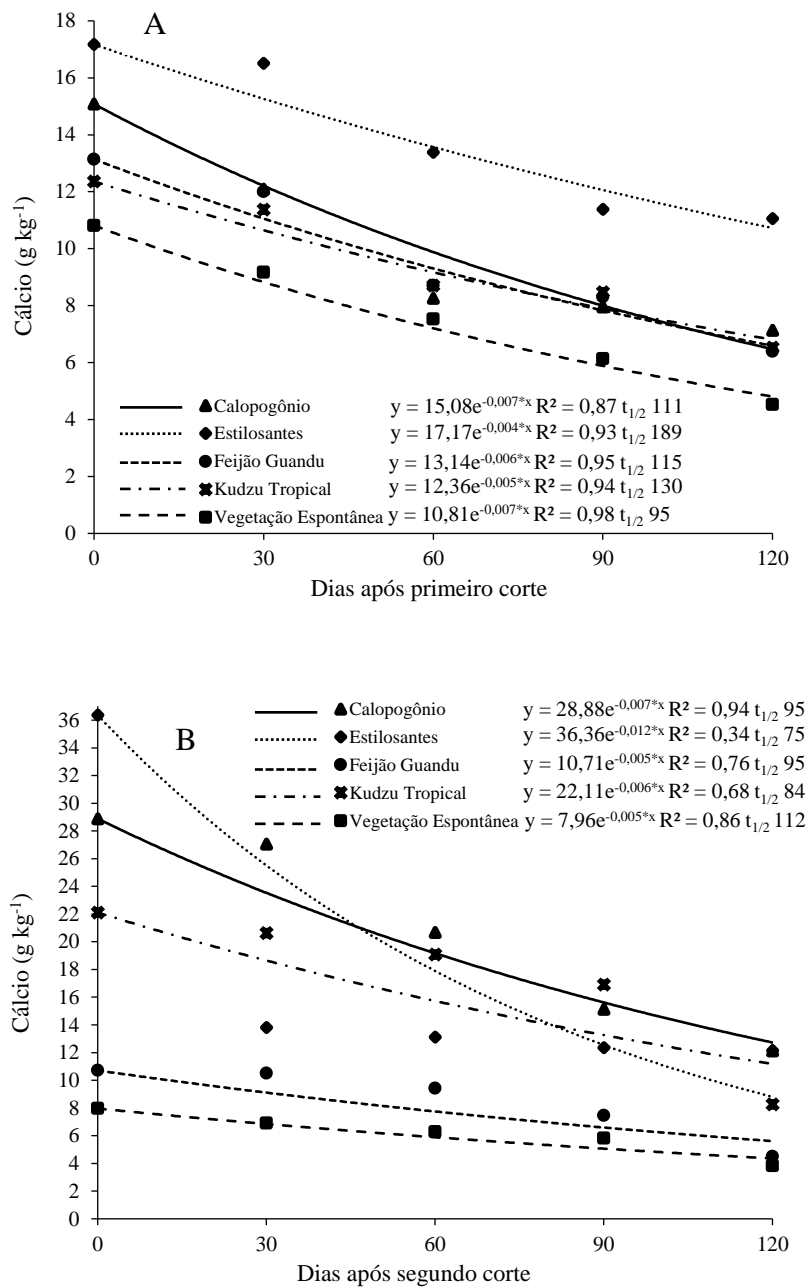


Figura 7. Liberação de cálcio da massa remanescente dos adubos verdes, cultivados como antecessores e em consórcio com as plantas de guavira, em função do tempo, no primeiro (A) e no segundo (B) cortes. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

A maior quantidade de Mg liberada foi observada nas massas do calopogônio, com liberação de 50%, aos 114 no primeiro corte (Figura 8 A), e da vegetação espontânea, com liberação de 50%, aos 66 no segundo corte (Figuras 8 B). Essa liberação rápida é resultado da participação desse nutriente em compostos iônicos e moléculas solúveis (PERIN et al., 2004a).

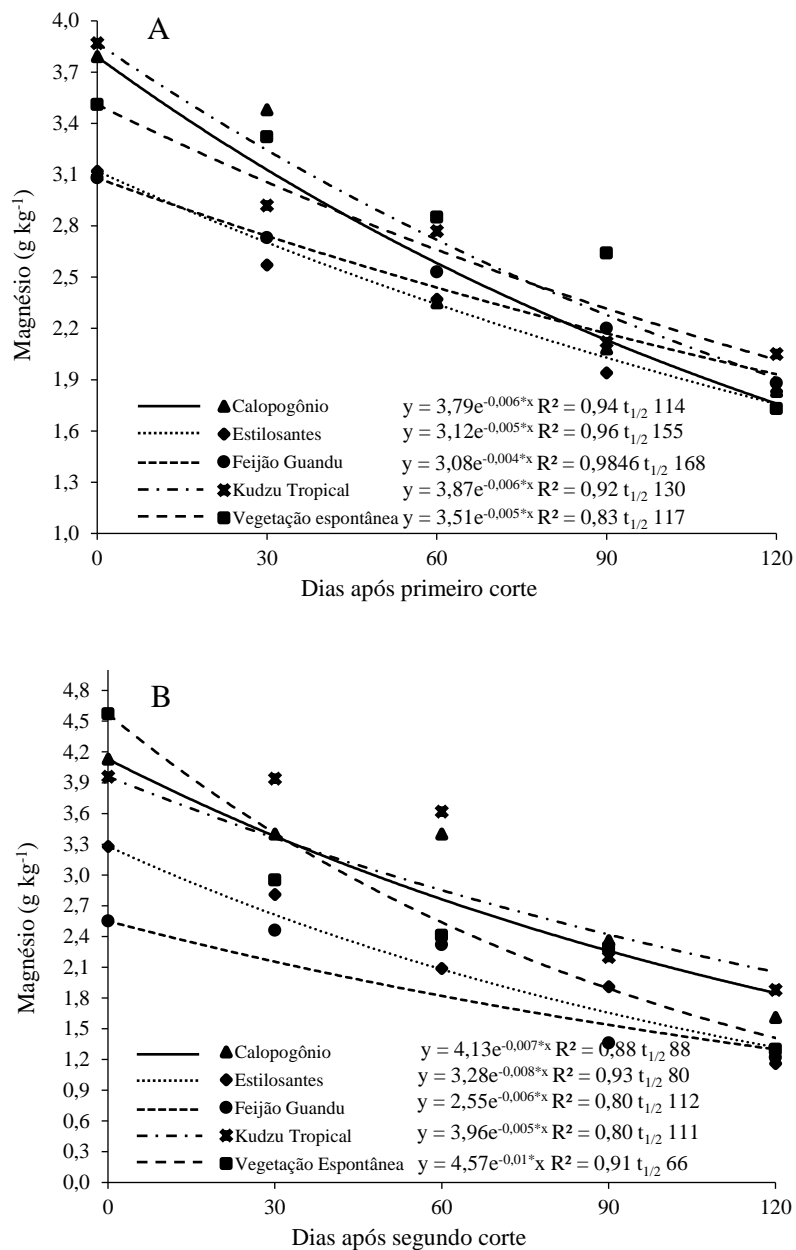


Figura 8. Liberação de magnésio da massa remanescente dos adubos verdes, cultivados como antecessores e em consórcio com as plantas de guavira, em função do tempo, no primeiro (A) e no segundo (B) cortes. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

Em geral, a massa das plantas utilizadas como adubos verdes no segundo corte teve maior acúmulo e liberação de nutrientes em relação ao primeiro corte (Figura 4). Provavelmente, com o primeiro corte, aumentou-se a cobertura do solo, a retenção de umidade e o teor de matéria orgânica, proporcionando condições favoráveis para flora microbiana do solo realizar a decomposição dos resíduos orgânicos, favorecendo o desenvolvimento das plantas.

### 4.3 Atributos químicos, microbiológicos e temperatura do solo

A decomposição do material vegetal do segundo corte das plantas de calopogônio e kudzu tropical favoreceram a liberação de P ao solo (Tabela 4), em função do seu caráter aniônico, pois os sítios atraem eletrostaticamente cátions como Ca, Fe e Al (SÁ et al., 2017; DÍAZ-PÉREZ et al., 2018). Além disso, o P no solo contribuiu para desenvolvimento dos fungos micorrízicos (ABREU et al., 2018), que melhoraram a fixação de N<sub>2</sub> (BAREA et al., 2013; PEDROTTI et al., 2015). Esses resultados são importantes para o cultivo de plantas de guavira, que respondem à adubação fosfatada para seu melhor desenvolvimento (VIEIRA et al., 2011). Por ocasião do segundo corte das plantas de estilosantes houve influência nos teores de Ca (24,40 mmolc dm<sup>-3</sup>), P (8,93 mg dm<sup>-3</sup>) e MO (24,11 g dm<sup>-3</sup>) em relação à análise inicial. Os atributos químicos do solo não foram influenciados entre as épocas de cortes.

Tabela 4. Atributos químicos do solo após 60 dias do primeiro e no segundo corte das plantas utilizadas como adubos verdes, no cultivo da guavira. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

<b>Primeiro Corte – 180 DAS</b>							
Atributos	Estilosantes	Calopogônio	Kudzu tropical	Feijão guandu	Vegetação espontânea	Solo exposto	C.V. (%)
P (mg dm <sup>-3</sup> )	6,33 a	5,39 a	6,58 a	5,58 a	5,77 a	5,40 a	12,89
K (mmolc dm <sup>-3</sup> )	3,10 ab	2,80 b	4,50 a	3,60 ab	3,30 ab	2,20 b	20,01
Ca (mmolc dm <sup>-3</sup> )	17,80 ab	18,80 a	14,80 abc	8,00 c	13,90 abc	17,0 bc	24,71
Mg (mmolc dm <sup>-3</sup> )	12,20 a	12,50 a	9,00 ab	5,30 b	8,30 ab	6,10 b	24,25
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	12,32 a	12,64 a	11,23 a	12,03 a	11,72 a	11,40 a	6,17
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	69,62 a	67,95 a	59,31 a	51,23 a	61,52 a	57,08 a	22,35
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	95,86 a	118,28 a	105,83 a	107,31 a	102,10 a	102,47 a	10,89
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	1,42 a	1,25 a	1,18 a	1,05 a	1,36 a	1,14 a	20,45
MO (g dm <sup>-3</sup> )	17,63 a	18,04 a	18,52 a	16,20 ab	16,38 ab	11,38 b	15,41
pH (H <sub>2</sub> O)	4,07 a	4,05 a	3,97 a	3,94 a	4,00 a	4,00 a	3,50
Al (mmolc dm <sup>-3</sup> )	21,30 b	23,10 b	32,40 a	30,90 a	30,03 a	33,50 a	8,29
H+Al (mmolc dm <sup>-3</sup> )	123,30 a	143,70 a	144,50 a	149,70 a	141,20 a	137,60 a	19,09
SB (mmolc dm <sup>-3</sup> )	26,90 ab	28,60 ab	25,90 ab	21,80 b	35,80 a	17,50 b	22,10
CTC (mmolc dm <sup>-3</sup> )	147,50 a	161,70 a	168,30 a	171,60 a	177,20 a	156,10 a	18,31
V%	16,42 ab	18,03 ab	14,29 ab	13,01 ab	20,00 a	11,80 b	22,64
<b>Segundo corte – rebrota 360 DAS</b>							
P (mg dm <sup>-3</sup> )	7,67 ab	8,93 a	9,24 a	7,67 ab	6,92 bc	5,25 c	19,89
K (mmolc dm <sup>-3</sup> )	2,90 ab	2,60 ab	2,20 ab	3,60 a	3,50 a	1,30 b	26,32
Ca (mmolc dm <sup>-3</sup> )	24,40 a	18,30 ab	17,80 ab	12,10 b	16,80 ab	10,00 b	24,88
Mg (mmolc dm <sup>-3</sup> )	8,30 a	7,50 a	6,40 ab	4,20 ab	6,20 ab	1,10 b	41,18
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	14,00 a	12,84 a	12,65 a	12,54 a	13,37 a	13,52 a	6,61
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	63,00 a	51,46 a	43,83 a	44,24 a	50,65 a	46,36 a	22,81
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	114,13 a	94,68 a	94,28 a	113,13 a	110,99 a	103,59 a	12,89
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	1,26 a	1,38 a	1,19 a	1,03 a	1,05 a	1,12 a	22,90
MO (g dm <sup>-3</sup> )	24,11 a	23,72 a	24,04 a	22,22 ab	22,14 ab	18,66 ab	8,40
pH (H <sub>2</sub> O)	4,08 a	4,04 a	3,99 a	3,93 a	4,08 a	4,11 a	2,48
Al (mmolc dm <sup>-3</sup> )	15,90 b	17,40 b	21,00 ab	21,90 ab	20,10 b	28,70 a	17,06
H+Al (mmolc dm <sup>-3</sup> )	118,10 a	125,10 a	125,70 a	126,30 a	123,00 a	114,70 a	17,94
SB (mmolc dm <sup>-3</sup> )	33,90 a	28,40 ab	27,20 ab	19,90 bc	26,50 ab	13,00 c	21,44

CTC (mmolc dm <sup>-3</sup> )	148,60 a	153,60 a	150,30 a	146,30 a	149,60 a	115,30 a	12,03
V%	24,71 a	18,75 ab	18,94 ab	13,66 b	17,95 ab	12,17 b	25,54

\*Médias seguidas de letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Teor de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn), matéria orgânica (MO), potencial hidrogeniônico (pH), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%).

O maior teor de K foi no solo cultivado com kudzu tropical no primeiro corte e com feijão guandu e vegetação espontânea no segundo corte (Tabela 4). Provavelmente as plantas reciclaram e retiraram o K de camadas profundas dos solos e disponibilizaram na superfície, através da decomposição do material vegetal (RAIJ, 2017; SILVA et al., 2017). Além disso, o K está ligado aos sítios de troca do solo, favorecendo as cargas geradas pelo aumento de pH e lixiviação de Al (PEDROTTI et al., 2015; SÁ et al., 2017). Similarmente, Silva et al. (2017) avaliaram plantas de cobertura e a qualidade química de Latossolo Vermelho e observaram melhorias na fertilidade do solo.

As plantas utilizadas como adubos verdes neste estudo podem ter influenciado os teores de C orgânicos, N total, P disponível e K trocável no solo (KIM et al., 2012; KIM et al., 2013; ZHONG et al., 2018) assim, provavelmente favoreceram a atividade de microrganismos e protozoários do solo na decomposição da MO (ZHAO et al., 2015; ZHONG et al., 2018; CHEN et al., 2019). O maior teor de Ca foi no solo cultivado com calopogônio e estilosantes no primeiro e segundo cortes, respectivamente. O maior teor de Mg foi no solo com calopogônio e estilosantes nos dois cortes (Tabela 4), como resultado da atividade dos microrganismos que contribuíram para a adsorção de Ca e Mg aos colóides do solo (RAIJ, 2017; SILVA et al., 2017). Destaca-se que os teores de nutrientes no solo constatados neste estudo apresentaram-se dentro do intervalo considerado adequado para o desenvolvimento das plantas do Cerrado, por Sousa e Lobato (2002), que são: P (1,4 - 1,9 g kg<sup>-1</sup>), K (13 - 20 g kg<sup>-1</sup>), Ca (7 - 15 g kg<sup>-1</sup>), Mg (2,4 - 4,0 g kg<sup>-1</sup>), Cu (10 - 40 mg dm<sup>-3</sup>), Mn (40 - 250 mg dm<sup>-3</sup>) e Zn (25-35 mg dm<sup>-3</sup>).

O maior teor de MO foi no solo cultivado com calopogônio, estilosantes e kudzu tropical nos dois cortes. Além disso, após o segundo corte das plantas de calopogônio, teve um aumento de 75,37% no teor de MO em relação ao da análise inicial (18,12 g dm<sup>-3</sup>) (Tabela 4). Esses resultados foram satisfatórios para a efetivação da CTC, devido aos nutrientes como P e K, à manutenção do valor do pH e à redução do teor de Al que auxiliam o processo de mineralização que transforma o material orgânico em substâncias inorgânicas e ao aumento das cargas negativas do solo (PEDROTTI et al., 2015; SÁ et al., 2017). Resultados semelhantes foram encontrados por Zhong et al. (2018), que constataram que as leguminosas aumentam as concentrações de P, N, C e MO no solo, bem como, elevam a comunidade bacteriana benéfica.



As plantas utilizadas como adubos verdes tiveram menor produção de massa (Tabela 2) e liberação de nutrientes (Figura 4) por ocasião do primeiro corte, e uma das causas é o fato de a biomassa microbiana ainda estar em equilíbrio e em estágios iniciais de desenvolvimento, como resultado do baixo teor de matéria orgânica inicial (18,12 mg dm<sup>-3</sup>), baixo teor de pH (4,11), alto teor de alumínio (27,00 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e baixo teor de Ca (17,04 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e Mg (9,46 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) no solo, que prejudicou a atividade microbiana do solo (GUIMARÃES et al., 2017). No entanto, por ocasião do segundo corte das plantas de estilosantes houve influência nos teores de Ca, P e MO (Tabela 4) em relação à análise inicial (Ca = 17,04 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P = 8,02 mg dm<sup>-3</sup> e MO = 18,12 g dm<sup>-3</sup>), resultando em maior atuação dos microrganismos no processo bioquímico de decomposição dos resíduos orgânicos, com o aumento do C-BMS e do qMIC e a redução da C-CO<sub>2</sub> e do qCO<sub>2</sub> (Tabela 5). Os atributos microbiológicos do solo não foram influenciados entre as épocas de cortes.

Tabela 5. Carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal (C-CO<sub>2</sub>), quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) e quociente microbiano (qMIC) do solo sob cultivo de adubos verdes e solo exposto, após 60 dias do primeiro e segundo cortes. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

Adubos verdes	Primeiro corte			
	C-BMS	C-CO <sub>2</sub>	qCO <sub>2</sub>	qMIC
	(µg C g <sup>-1</sup> )	(µg g <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> de C-CO <sub>2</sub> )	µg CO <sub>2</sub> /µg Cmic h <sup>-1</sup>	%
Calopogônio	210,92 a	51,89 a	118,54 a	2,04 a
Estilosantes	259,86 a	53,27 a	88,76 a	2,61 a
Kudzu tropical	181,36 a	51,38 a	137,87 a	1,71 a
Feijão guandu	256,12 a	42,58 a	85,94 a	2,68 a
Vegetação espontânea	225,80 a	48,44 a	95,28 a	2,45 a
Solo exposto	126,96 a	42,42 a	183,17 a	1,88 a
<b>C.V. (%)</b>	41,49	19,22	59,90	40,79
Segundo corte - rebrota				
Calopogônio	454,74 a	12,78 a	12,44 ab	3,37 a
Estilosantes	548,85 a	8,99 ab	7,00 ab	3,93 a
Kudzu tropical	429,30 a	7,12 ab	8,22 ab	3,13 a
Feijão guandu	503,03 a	7,50 ab	6,10 ab	3,90 a
Vegetação espontânea	465,56 a	11,97 a	11,54 ab	3,64 a
Solo exposto	432,47 a	3,08 b	13,40 ab	3,09 a
<b>C.V. (%)</b>	21,98	33,58	54,28	23,30

\*Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

O valor do C-BMS, por ocasião do segundo corte das plantas de calopogônio foi 46,38% mais eficiente em relação ao do primeiro corte. No entanto, o solo exposto foi apenas 24,39% eficiente em relação às plantas de calopogônio no segundo corte (Tabela 5), indicando que os nutrientes ficaram imobilizados temporariamente, resultando em menores perdas no sistema solo-planta (MAZZETTO et al., 2016). Desta forma, o aumento dos resíduos vegetais

serviu como fonte de energia e nutrientes, proporcionando condições favoráveis aos microrganismos (GUIMARÃES et al., 2017). Os valores do C-BMS e do qMIC no solo exposto após o segundo corte das plantas utilizadas como adubos verdes (Tabela 5) pode ter ocorrido provavelmente pelo mínimo revolvimento da camada superficial do solo durante a capina, manejo que estimulou a atividade microbiana do solo (ARAÚJO et al., 2019).

No segundo corte, a respiração basal (C-CO<sub>2</sub>) dos microrganismos do solo foi 24,10% mais eficiente utilizando as plantas de calopogônio do que com a vegetação espontânea (Tabela 5). Esses resultados mostram maior atividade biológica, conseqüentemente, a liberação mais rápida dos nutrientes pelas plantas de calopogônio (MAZZETTO et al., 2016; GUIMARÃES et al., 2017). As alterações no conteúdo do C-orgânico neste estudo foram avaliadas em apenas um ano, mostrando o potencial do uso de plantas como adubos verdes, que podem influenciar a qualidade do solo em curto ou médio prazo (ARAÚJO et al., 2019).

O quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) determina a eficiência microbiana do solo, no qual quanto maior o valor, menor é a eficiência da biomassa (ANDERSON; DOMSCH, 2010). Então, a biomassa do segundo corte dos adubos verdes foi mais eficiente (Tabela 5), destacando-se o calopogônio que foi 10,49% mais eficiente. Esses resultados indicam que o aumento da matéria orgânica contribui para a atividade microbiana do solo (DADALTO et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2017).

O quociente microbiano (qMIC) expressa a quantidade de carbono orgânico imobilizado na biomassa microbiana (MAZZETTO et al., 2016). Observou-se maior valor de qMIC após o segundo corte das plantas como adubos verdes (Tabela 5), indicando boa qualidade da matéria orgânica do solo, compreendendo a faixa de 1 a 4% (JAKELAITIS et al., 2008). O qMIC no solo exposto após o segundo corte (Tabela 5) é devido à permanência sem atividade antrópica, favorecendo a imobilização do carbono orgânico (GUIMARÃES et al., 2017).

A temperatura do solo foi mais alta no solo exposto por ocasião dos dois cortes (Figura 9), com acréscimo médio de 10 °C entre a do solo exposto e o solo com a massa das plantas de calopogônio no segundo corte, aos 120 DAT (Figura 9B). Provavelmente, a quantidade de energia global disponibilizada na atmosfera foi transferida para as camadas profundas do solo sem cobertura (LIMA FILHO et al., 2014); com isso, houve redução da eficiência da biomassa microbiana do solo (Tabela 5).

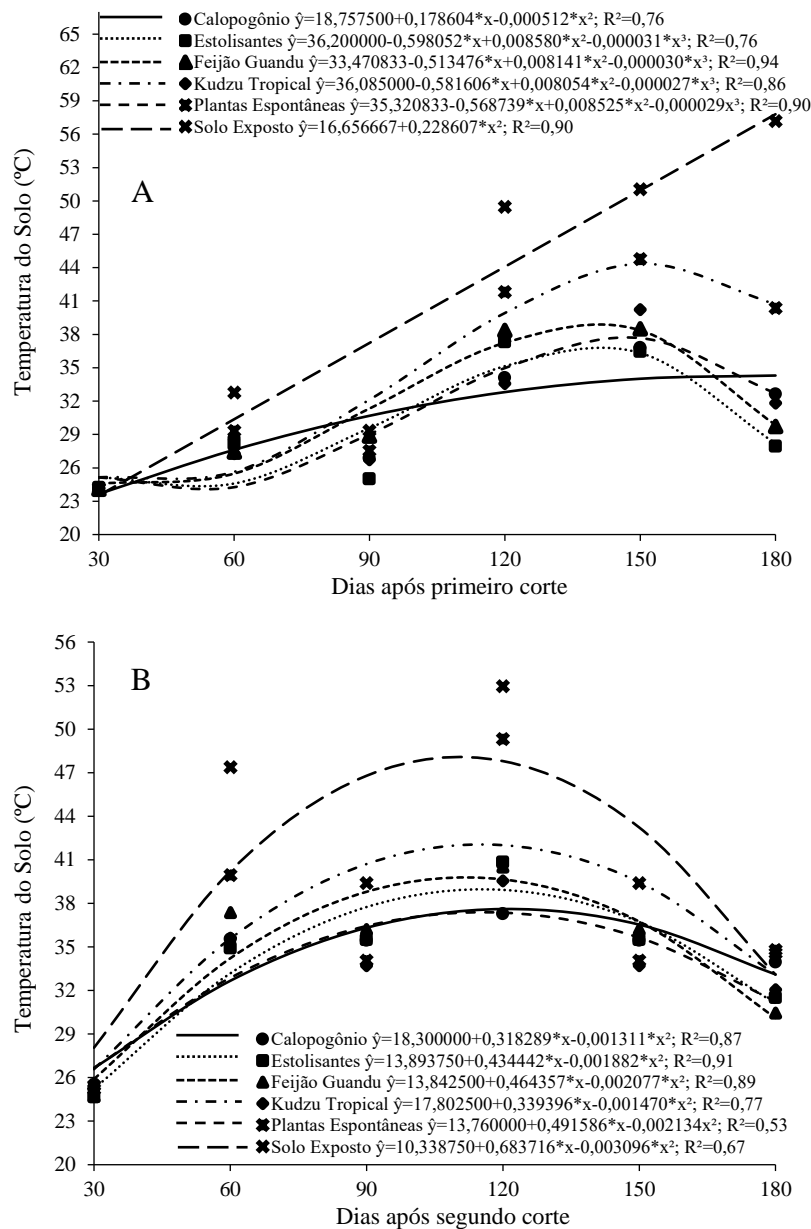


Figura 9. Temperatura do solo cultivado com adubos verdes, ao longo do tempo, após o primeiro corte (A) e o segundo corte (B). UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

A redução na temperatura do solo após os 120 dias, em média, do segundo corte das plantas utilizadas como adubos verdes (Figura 9B), deve-se às baixas temperaturas identificadas no período de maio a junho (Figura 2), aliadas à irrigação. No segundo corte as plantas utilizadas como adubos verdes impediram que a radiação solar chegasse diretamente ao solo, mantendo em média a temperatura de 33,81 °C (Figura 9B). Esse resultado é favorável para a eficiência microbiana do solo (Tabela 5); com isso, houve maior velocidade de decomposição e liberação de nutrientes (Figura 4) (LIMA FILHO et al., 2014).

#### 4.4 Parâmetros fisiológicos das plantas de guavira

Os parâmetros fisiológicos das plantas de guavira foram influenciados isoladamente pelos adubos verdes e pelas épocas de avaliação. A taxa fotossintética (*A*) e a condutância estomática (*gs*) das plantas de guavira foram maiores quando cultivadas com os adubos verdes, em relação à vegetação espontânea e solo exposto. A concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*) não variou entre as condições de cultivo e a maior taxa de transpiração (*E*) foi observada nas plantas cultivadas com feijão guandu em relação ao estilosantes, vegetação espontânea e o solo exposto (Tabela 6). Provavelmente, o aumento da (*E*) favoreceu a entrada do CO<sub>2</sub>, maximizando a taxa fotossintética e a produção de fotoassimilados (TAIZ et al., 2017), o que propiciou incremento em crescimento e produtividade das plantas de guavira.

Tabela 6. Parâmetros fisiológicos das plantas de guavira cultivadas em solo com diferentes adubos verdes e em solo exposto. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

Parâmetros	<i>A</i>	<i>G<sub>s</sub></i>	<i>C<sub>i</sub></i>	<i>E</i>	<i>E<sub>i</sub>UA</i>	<i>E<sub>i</sub>C</i>	<i>EUA</i>
	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol mol}^{-1}$	$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$	$\frac{\text{mol}\mu\text{mol}}{\text{m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{m}^{-2}} \text{s}^{-1} \mu\text{mol}$	$\mu\text{mol mol}^{-1}$
Estilosantes	11,22 a	0,20 a	274,41 a	3,92 bc	3,33 a	0,040 ab	70,19 a
Calopogônio	11,39 a	0,21 a	272,92 a	4,53 ab	2,63 ab	0,043 a	60,27 ab
Kudzu tropical	10,06 a	0,20 a	284,31 a	4,69 ab	2,66 ab	0,037 ab	60,24 ab
Feijão guandu	11,22 a	0,20 a	268,40 a	5,26 a	2,74 ab	0,046 a	61,61 ab
Vegetação espontânea	7,22 b	0,16 b	277,41 a	3,29 c	2,50 ab	0,028 bc	61,17 ab
Solo exposto	6,40 b	0,14 b	290,62 a	3,96 bc	1,83 b	0,024 c	54,34 b
<b>C. V. (%)</b>	26,61	22,17	12,97	25,88	41,57	38,69	28,34

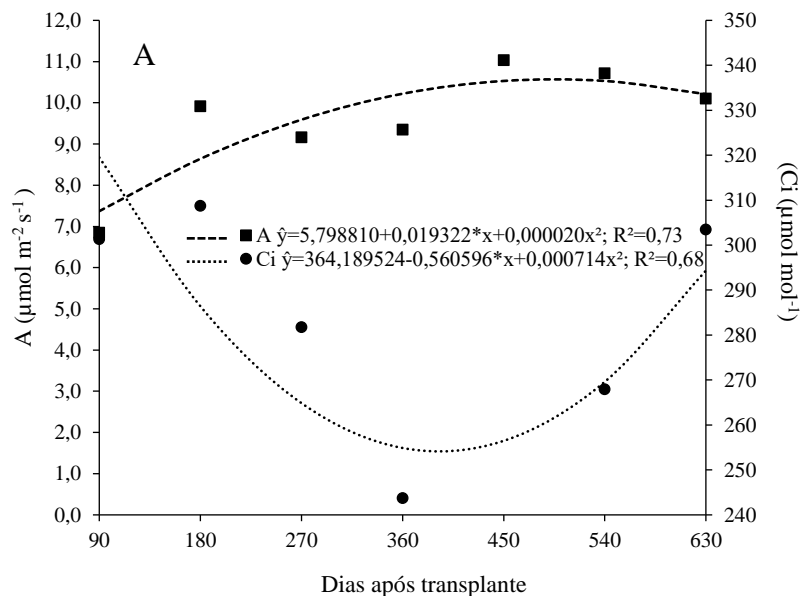
\*Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), taxa de transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), taxa fotossintética (*A*), eficiência instantânea do uso da água (*E<sub>i</sub>UA*), eficiência instantânea da carboxilação (*E<sub>i</sub>C*) e eficiência intrínseca do uso da água (*EUA*). Dados em função de épocas foram agrupados.

A eficiência instantânea do uso da água (*E<sub>i</sub>UA*) e a eficiência intrínseca do uso da água (*EUA*) nas plantas de guavira foram maiores no cultivo com estilosantes, quando comparado com o solo exposto (Tabela 6). Esses resultados devem-se aos nutrientes disponibilizados pela decomposição da massa do estilosantes (Figura 4) que pode ter contribuído no transporte e absorção de íons e na velocidade das reações enzimáticas do ciclo de Krebs, resultando em maior produção de energia metabólica e aumento da síntese de ácidos nucléicos (TAIZ et al., 2017). Consequentemente, o crescimento da parte aérea das plantas de guavira favoreceu a exposição das folhas à radiação solar e a produção de fotoassimilados (KAISER et al., 2016).

A eficiência instantânea da carboxilação (*E<sub>i</sub>C*) foi maior nas plantas de guavira cultivada com calopogônio e feijão guandu (Tabela 6), devido às altas concentrações de CO<sub>2</sub> sustentarem

taxas fotossintéticas elevadas. As plantas de guavira tiveram a capacidade de regular trocas gasosas ao diminuir mais a condutância estomática e a transpiração do que a assimilação de CO<sub>2</sub>, o que gera economia de água por cada molécula de CO<sub>2</sub> assimilada (TAIZ et al., 2017).

A máxima taxa fotossintética (A) (15,13  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ocorreu aos 483 DAT e a mínima concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) (144,54  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) aos 392 DAT (Figura 10A). Esses resultados devem-se à decomposição do material vegetal dos adubos verdes (Figura 3), disponibilizando maiores teores de P, K e Mg ao solo (Tabela 4), que atuaram como cofator em enzimas do metabolismo energético da molécula de clorofila e na conversão da energia luminosa em ATP (OLIVEIRA et al., 2018; EMER et al., 2020), consequentemente contribuindo para o crescimento das plantas de guavira (SÁ et al., 2017). A mínima concentração intercelular de CO<sub>2</sub> estimulou a abertura dos estômatos, favorecendo entrada de CO<sub>2</sub> e sustentando taxas fotossintéticas elevadas e a eficiência instantânea do uso da água (TAIZ et al., 2017).



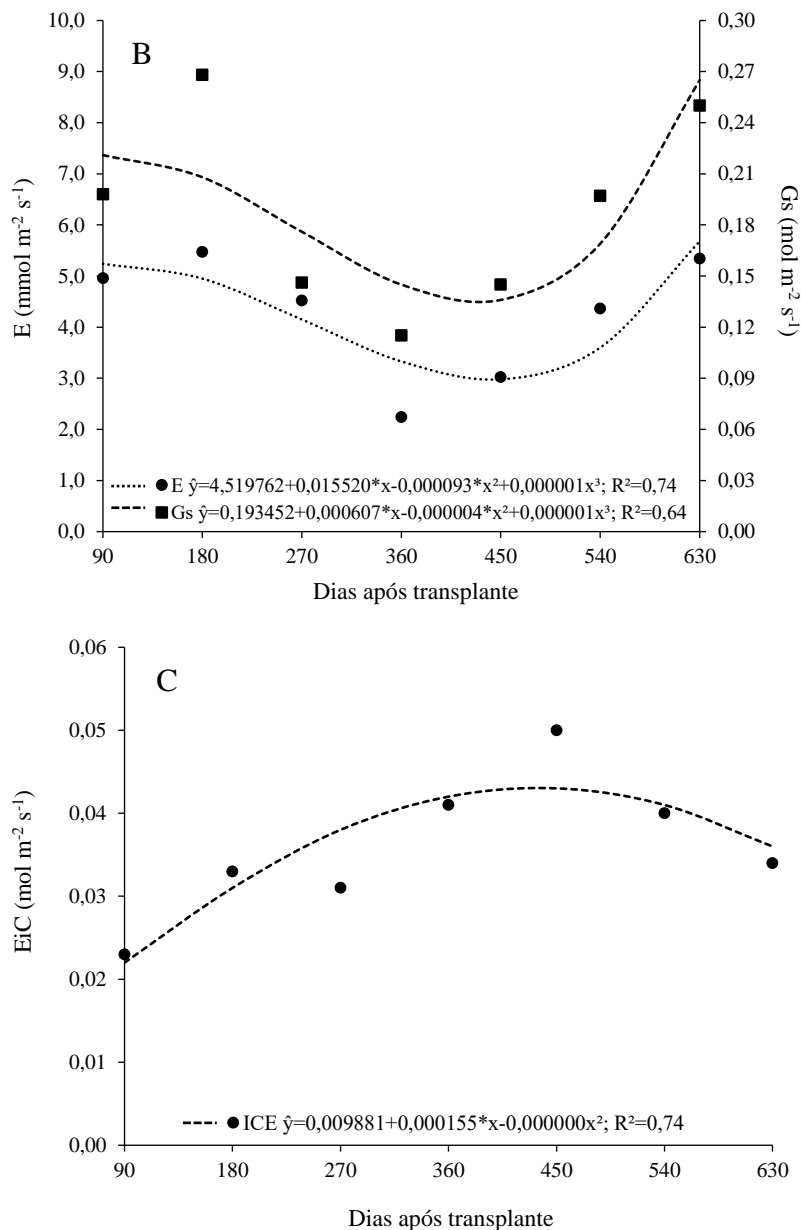


Figura 10. Taxa fotossintética (A) e concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (Ci)-(A), taxa de transpiração (E) e condutância estomática (gs)-(B) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC)-(C) das plantas de guavira ao longo do ciclo de cultivo. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

Os períodos de baixas temperaturas e pouca precipitação (Figura 2) pode ter tido como consequencia a mínima taxa de transpiração (E) das plantas de guavira (5,79 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) aos 82 DAT e mínima condutância estomática (Gs) (0,22 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) aos 55 DAT (Figura 10B). Esses resultados mostram que mesmo com a redução da taxa de transpiração, da condutância estomática e da clorofila, as plantas de guavira continuaram o metabolismo fotossintético (TAIZ et al., 2017). A máxima eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (0,05 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) das plantas de guavira aos 450 DAT (Figura 10C) deve-se às altas taxas fotossintéticas (A) e a

baixa concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), o que significa que as plantas de guavira têm alta capacidade de carboxilação mesmo com baixa disponibilidade de CO<sub>2</sub> (TAIZ et al., 2017).

As plantas de guavira tiveram o mínimo índice de clorofila *a* (13,25) aos 430 DAT e mínimo índice de clorofila total (19,25) aos 418 DAT (Figura 11). Esse período coincidiu com a seca dos meses de junho e julho, época em que a planta de guavira havia perdido as folhas, pois, por ser nativa do Cerrado, é decídua (Figura 2) (FERNANDES et al., 2016; KUSTER et al., 2016).

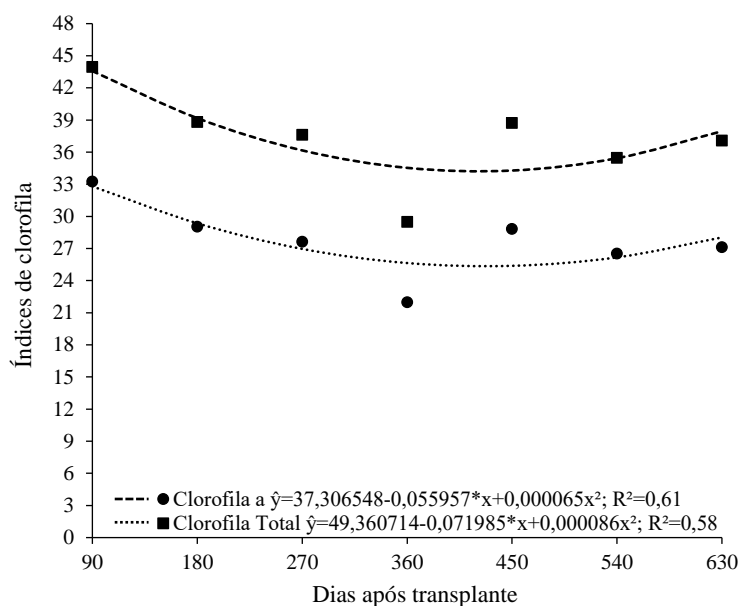


Figura 11. Índices de clorofila total e de clorofila *a* das plantas de guavira ao longo do ciclo de cultivo. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

A redução dos índices de clorofila também pode estar relacionado ao estresse pós transplante das plantas de guavira para o campo, que levou a redução do índice de clorofila (Figura 11), mas não prejudicou as taxas fotossintéticas das plantas (SALES et al., 2018; TAIZ et al., 2017), evidenciando o potencial das plantas de guavira de adaptação ao ambiente de cultivo de forma resiliente.

#### 4.5 Teores de macro e micronutrientes, crescimento e produtividade das plantas da guavira

As folhas das plantas da guavira cultivadas em solo coberto com calopogônio tiveram maior teor de N em relação às cultivadas no solo exposto (Tabela 7), como consequência da maior concentração e rápida liberação de N da massa das plantas de calopogônio (Tabela 3), aliado à atividade dos microrganismos do solo (Tabela 5). Os teores de N das plantas de guavira

estão próximos dos observados por Vieira et al. (2011), ao compararem a adubação química e os adubos verdes como fonte de N, e que concluíram que a utilização de adubos verdes pode ser uma alternativa sustentável para substituir a adubação química.

Tabela 7. Teores de macro e micronutrientes das folhas das plantas de guavira, colhidas aos 690 DAT. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

Adubos verdes	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>			
Estilosantes	18,55 ab	1,40 a	0,61 a	4,76 a	2,85 a	9,77 a	173,20 a	217,96 a	18,02 a
Calopogônio	19,60 a	1,22 ab	0,78 a	5,12 a	2,80 a	10,97 a	238,21 a	158,11 a	22,28 a
Kudzu tropical	18,90 ab	1,27 ab	0,73 a	4,44 a	3,00 a	9,50 a	460,64 a	147,03 a	20,07 a
Feijão guandu	17,15 ab	1,42 a	0,66 a	4,37 a	2,55 a	11,34 a	445,28 a	144,14 a	21,62 a
Vegetação espontânea	17,15 ab	1,42 a	0,73 a	3,86 a	2,51 a	11,70 a	223,64 a	160,15 a	19,83 a
Solo exposto	11,90 b	0,89 b	0,36 b	3,77 a	2,39 a	14,65 a	312,86 a	179,80 a	14,74 a
C. V. (%)	18,41	13,02	18,90	21,36	24,11	44,08	45,94	34,38	23,31

\*Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O maior teor de P foi observado nas folhas das plantas de guavira cultivadas com estilosantes, feijão guandu e vegetação espontânea e o menor valor foi naquelas cultivadas no solo exposto (Tabela 7). Esses resultados ocorreram provavelmente porque a guavira, espécie nativa do Cerrado, utilizou de modo eficiente o P presente em baixas concentrações na solução do solo, devido às características de forte adsorção aos óxidos de ferro e alumínio da fração argila (RODRIGUES et al., 2016; RAIJ, 2017). Provavelmente, o uso eficiente do P estimulou o crescimento radicular e a reprodução das plantas de guavira, devido ao papel importante no metabolismo dos carboidratos e das transferências de energia (TAIZ et al., 2017).

O cultivo de adubos verdes proporcionou maior teor de K em folhas de guavira comparados ao solo exposto (Tabela 7). Provavelmente a atividade dos microrganismos do solo contribuiu para a rápida liberação do K, disponibilizando-o para as plantas de guavira (SÁ et al., 2017; BISI et al., 2019; CHEN et al., 2019). Desta forma, o K contribuiu para a regulação osmótica celular, ativação de enzimas nos processos de fotossíntese e respiração das plantas de guavira, conseqüentemente, havendo maior crescimento e produtividade (TAIZ et al., 2017).

As alturas e os diâmetros dos caules das plantas de guavira foram influenciados isoladamente pelas épocas de avaliação e pelos adubos verdes. O crescimento foi linear ascendente (Figura 12), seguindo o modelo onde há predominância da gema apical, característico da espécie. No decorrer do ciclo de cultivo, houve aumento da área foliar das plantas de guavira, o que aumentou a atividade fotossintética (Figura 10A), conseqüentemente, o crescimento vegetativo (TAIZ et al., 2017).



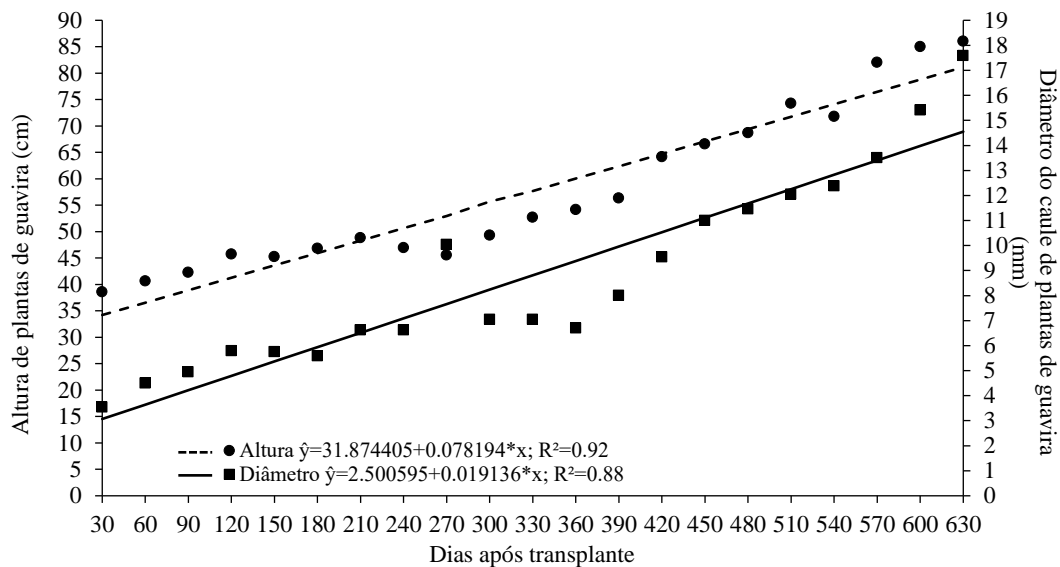


Figura 12. Altura e diâmetro do caule das plantas de guavira ao longo do ciclo de cultivo. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

A maior altura das plantas de guavira foi das cultivadas em solo coberto com estilosantes e os maiores diâmetros do caule, quando cultivadas com calopogônio e estilosantes (Tabela 8). Esses resultados devem-se ao fato de as plantas de estilosantes terem se constituído em alternativa para a melhoria da estruturação e da descompactação do solo devido ao seu crescimento vigoroso e sistema radicular profundo, podendo atingir até 1,5 m (VERZIGNASSI, 2007). Por sua vez, têm maior eficiência como adubo verde, por trazer às camadas superficiais do solo alguns nutrientes que seriam perdidos por lixiviação, tornando-os disponíveis para as plantas de guavira (ARAÚJO et al., 2017). A melhor performance das plantas de guavira quando cultivadas com estilosantes e calopogônio resultou da adaptação desses adubos verdes em solos do Cerrado com rápida liberação de nutrientes (CALHEIROS et al., 2013; BISI et al., 2019).

Tabela 8. Altura de plantas, diâmetro do caule e quantidade de perfílos das plantas de guavira em função das plantas utilizadas como adubos verdes.

<b>Adubos</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diâmetro do caule (mm)</b>	<b>Quantidade de perfílos (690 DAT)</b>
Estilosantes	67,14 a	10,47 a	8,16 ab
Calopogônio	60,59 b	10,33 a	8,30 ab
Kudzu tropical	62,72 b	9,38 ab	9,72 a
Feijão guandu	56,77 c	8,63 bc	8,93 ab
Vegetação espontânea	47,34 e	6,92 d	5,39 b
Solo exposto	51,48 d	7,14 cd	8,86 ab
<b>C. V. (%)</b>	<b>14,01</b>	<b>40,30</b>	<b>20,27</b>

\*Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A produção de massa das plantas de calopogônio e estilosantes (Tabela 2) com acúmulo de nitrogênio serviu como fonte de energia e nutrientes para os microrganismos do solo (Tabela 5). Assim, acelerando o processo de decomposição do material vegetal (Figura 3), melhorando os atributos químicos do solo (Tabela 4), resultando em maior produção de energia metabólica e aumento da síntese de ácidos nucléicos que contribuiram para o crescimento da parte aérea das plantas de guavira. Esses resultados corroboram com Cunha et al. (2013), que avaliaram o cultivo de guavira em consórcio com *Canavalia ensiformis* e solteira, resultando em maior altura de plantas de guavira com 2,5 anos (42,70 cm) consorciada com feijão de porco e 39,64 cm para a solteira.

Neste estudo, constatou-se o perfilhamento das plantas de guavira (Imagem 4), tal como citada sua ocorrência por Lorenzi (1998), tendo maior quantidade as plantas cultivadas com o kudzu tropical, em relação à vegetação espontânea (Tabela 8). Esse resultado é coerente com a maior produção de folhas e área foliar, visto que a quantidade de perfilhos influencia na produtividade e crescimento das plantas. No entanto, as plantas de guavira tiveram mais perfilhos quando cultivadas em solo exposto, em relação à vegetação espontânea (Tabela 8). Esse resultado deve-se a menor competição entre as plantas por água, nutrientes e luz (BISI et al., 2019). Estudos sobre o perfilhamento de plantas de guavira não foram encontradas na literatura consultada.



Imagem 4: Perfilhamento das plantas de guavira.

A produtividade de frutos, massas fresca e seca e o diâmetro de frutos das plantas de guavira não foram influenciados pelos adubos verdes (Tabela 9). Uma explicação provável para esse resultado é o fato de as plantas de guavira, considerando-se ser espécie perene, ainda serem jovens quanto à época de produção, uma vez que era a primeira produção e por isso a

frutificação foi desuniforme entre plantas, ou seja, nem todas as plantas floresceram e produziram frutos; some-se a isso a grande variabilidade genética da espécie (MIRANDA et al., 2016). A variação da quantidade de frutos por planta e a pouca idade das plantas resultaram no elevado DMS e coeficiente de variação. Espera-se que o efeito maior dos adubos verdes sobre a produção de frutos ocorra em fase posterior do ciclo de cultivo. No entanto, é importante destacar que é importante também considerar a produção de folhas, que possuem atividade medicinal (LESCANO et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016; ALVES et al., 2019) E que a produção de folhas não é um processo competitivo por fotoassimilados com os frutos, pois ocorrem em períodos distintos, ou seja, a planta perde as folhas na época de produção de frutos (TAIZ et al., 2017).

Tabela 9. Número de frutos, massas fresca e seca e diâmetro dos frutos das plantas de guavira cultivadas em sucessão a adubos verdes e em solo exposto. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

Adubos verdes	Frutos <sup>ns</sup>	Massa fresca <sup>ns</sup>	Massa seca <sup>ns</sup>	Diâmetro <sup>ns</sup>
	n° planta	-----g/planta-----		mm
Estilosantes	10,34	43,56	8,23	18,51
Calopogônio	8,24	35,82	7,38	19,32
Kudzu tropical	9,95	41,44	5,87	12,72
Feijão guandu	1,72	6,87	1,82	19,64
Vegetação espontânea	0,61	4,00	0,81	13,67
Solo exposto	4,33	21,64	5,08	13,41
<b>C. V. (%)</b>	153,50	158,21	152,33	42,81
<b>DMS</b>	20,89	93,41	19,53	19,68

\*<sup>ns</sup> não significativo (p>0,05).

As plantas de guavira tiveram maiores massas fresca e seca de folhas, quando cultivadas em solo coberto com calopogônio, em relação ao solo com vegetação espontânea (Tabela 10). Esses resultados mostram que o acúmulo e a liberação de nutrientes essenciais como o P e K da massa das plantas cultivadas em solo com calopogônio (Tabela 3) foram adsorvidos ao solo (Tabela 4), através da ligação dos íons por eletrovalência ou por covalência às partículas coloidais do solo, para tanto em concentração suficiente na solução do solo (NOVAIS et al., 2007), conseqüentemente a extração pelas plantas de guavira (Tabela 7) e convertidos em produtividade.

As maiores massas frescas e secas dos caules foram das plantas cultivadas com estilosantes, diferindo apenas da vegetação espontânea e do solo exposto (Tabela 10), similarmente ao que ocorreu com as maiores alturas e diâmetros do caule das plantas de guavira (Tabela 8) e devem-se, dentre outros, ao acúmulo de massa nas folhas que direcionam a energia metabólica para o caule (TAIZ et al., 2017). Por sua vez, o potencial da manutenção da

cobertura do solo com retenção de umidade e redução da temperatura do solo (Figura 9B) (SILVA et al., 2017; BISI et al., 2019) mostram o efeito benéfico do uso do calopogônio e do estilosantes ao longo do tempo para a produção das plantas de guavira.

Tabela 10. Massas fresca (MFF) e seca (MSF) de folhas e caules (MFC e MSC) e área foliar (AF) de plantas de guavira aos 690 DAT, cultivadas em sucessão a adubos verdes e em solo exposto. UFGD, Dourados-MS, 2017-2019.

Adubos verdes	MFF	MSF	MFC	MSC	AF
	-----g planta <sup>-1</sup> -----				
	cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup>				
Estilosantes	360,51 ab	150,28 ab	273,26 a	146,41 a	11312,45 ab
Calopogônio	373,36 a	158,28 a	243,70 ab	124,77 ab	12055,11 a
Kudzu tropical	273,15 ab	123,92 ab	188,41 abc	98,44 abc	9849,67 abc
Feijão guandu	180,15 ab	78,75 ab	130,70 abc	68,89 bc	6294,75 abc
Vegetação espontânea	103,93 b	42,83 b	72,52 c	37,54 c	3837,49 c
Solo exposto	150,81 ab	72,65 ab	104,66 bc	55,68 bc	4554,57 bc
<b>C. V. (%)</b>	38,29	37,25	33,26	29,74	38,89

\*Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A área foliar das plantas de guavira foi maior no cultivo em solo coberto com calopogônio, diferindo da vegetação espontânea e do solo exposto (Tabela 10). O efeito benéfico do calopogônio pode ser porque sua massa foliar teve maior teor de P, K e Mg (Tabela 3) e, ao se decomporem, liberaram os nutrientes, que foram rapidamente adsorvidos ao colóides do solo (Tabela 4) pela atividade dos microrganismos (Tabela 5), disponibilizando-os para as plantas de guavira (Tabela 7). Assim, esses nutrientes ativaram as enzimas que participam no processo da fotossíntese e regularam as trocas gasosas, convertendo a energia (ATP) em crescimento e produção de folhas (Imagem 5) (EMER et al., 2020).



Fonte: (NASCIMENTO, J. S.)

Imagem 5: Crescimento das plantas de guavira cultivadas em solo com plantas utilizadas como adubos verdes.

As menores massas frescas e secas de folhas e caules das plantas de guavira quando cultivadas sob efeito da vegetação espontânea (Tabela 10) devem-se à competição por fatores de crescimento, como água, luz e nutrientes, uma vez que a grande diversidade de plantas na área de cultivo (Tabela 1) antes do primeiro corte, fez com que explorassem o solo e tivesse acesso aos nutrientes em diferentes profundidades do solo devido aos seus sistemas radiculares mais profundos. Após o primeiro corte, ocorreu à predominância do *Urochloa humidicola* (brachiarão), planta perene com rota fotossintética C4 e rizomatosa, que desenvolve-se em formato de touceiras com sistema radicular agressivo (LORENZI, 2006), que pode ter competido por nutrientes e umidade com as plantas de guavira, resultando em menor crescimento e produção de folhas.

#### 4.6 Análise de componentes principais

A análise de componentes principais (ACP) relacionou-se as características analisadas do efeito das plantas utilizadas como adubos verdes no solo e nas plantas de guavira. A variabilidade dos dados referentes aos adubos verdes foi explicada em 63,62% no eixo 1 e 22,62% no eixo 2, totalizando 86,24% da variabilidade total dos dados. Na CP1, as características com maiores cargas fatoriais em ordem decrescente foram N G, P ad, MO, Al,  $G_s$ , A,  $EiUA$ , Diâmetro, MFC G e MSC G. No entanto, na CP2 as características em ordem decrescente foram potássio do solo (K S), perfilhos das plantas de guavira, fósforo das plantas de guavira (P G), massa seco do segundo corte, C-CO<sub>2</sub>, MFF G, qMIC, altura, MSF G, SB e área foliar das plantas de guavira (Figura 13).

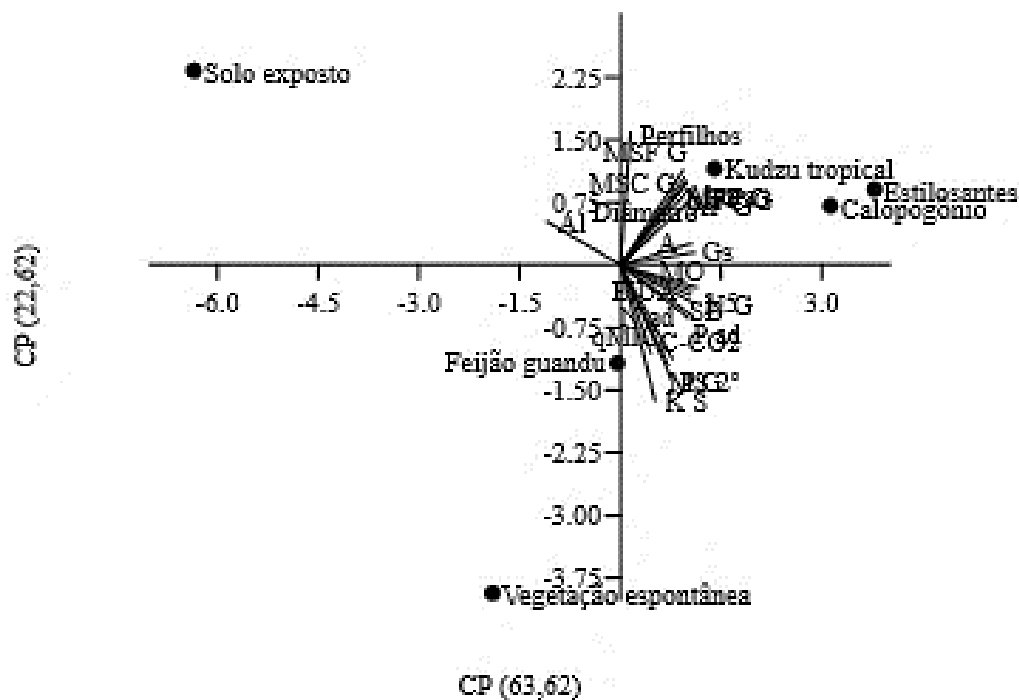


Figura 13. Componentes principais (CP) de variáveis relacionadas à influência das plantas utilizadas como adubos verdes nos atributos químicos do solo e dos nutrientes acumulados no material vegetal e parâmetros fisiológicos das plantas de guavira. MS 2° = massa seca do segundo corte dos adubos verdes, N ad e P ad = concentração de nitrogênio e fósforo na massa dos adubos verdes, MO = matéria orgânica, K S = teor potássio no solo, SB = soma de bases, Al = alumínio, qCO<sub>2</sub> = quociente metabólico e qMIC = quociente microbiano do solo, Gs = condutância estomática, A = taxa fotossintética, Altura, Diâmetro e Perfilhos = plantas de guavira, EiUA = eficiência instantânea do uso da água, MFF G e MSF G = massas fresca e seca de folhas plantas de guavira, MFC G e MSC G = massas fresca e seca de caules de plantas de guavira, AF G = área foliar das plantas de guavira, N G e P G = concentração de nitrogênio e fósforo nas folhas das plantas de guavira.

As características avaliadas sobre o efeito dos adubos verdes foram separadas em quatro grupos de resposta, sendo o primeiro englobando o calopogônio, estilosantes e kudzu tropical que estão sendo explicados por P ad, Gs, A, EiUA, Diâmetro, MFC G, MSC G, Perfilhos, P G, MS 2° corte, MFF G, Altura, MSF G, AF G. O segundo grupo engloba o cultivo do feijão guandu que estão sendo explicados pelas variáveis por N G, MO, K S, C-CO<sub>2</sub>, qMIC e SB. Já, o terceiro grupo, composto pelo solo exposto, foi explicado por Al, e o quarto grupo, composto pela vegetação espontânea sem características (Figura 13).

Os grupos de resposta da ACP englobando as características dos adubos verdes calopogônio, estilosantes e kudzu tropical devem-se à maior produção de massa que influenciou nos atributos químicos e microbiológicos do solo (BISI et al., 2019), disponibilizando nutrientes como N, P e K para as plantas de guavira, consequentemente, para o maior crescimento e produtividade de folhas (EMER et al., 2020). As plantas de guavira tiveram menor crescimento

e produtividade quando cultivadas em solo exposto, é devido ao baixo teor de matéria orgânica (SÁ et al., 2017), dificultando a disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas de guavira.

## **5. Conclusões**

As plantas utilizadas como adubos verdes tiveram maiores produções de massa seca na colheita da rebrota (segundo corte) e, dentre as espécies, o calopogônio e a vegetação espontânea tiveram as maiores massas secas. As maiores concentrações de nutrientes foram nas massas das plantas de calopogônio, estilosantes e kudzu tropical. A massa das plantas de calopogônio teve rápida decomposição e menor tempo de meia vida nos dois cortes. O cultivo das plantas de calopogônio e estilosantes influenciou os atributos químicos e reduziu a temperatura do solo. Após o segundo corte, houve maior atuação dos microrganismos do solo no processo bioquímico de decomposição dos resíduos orgânicos.

A taxa fotossintética e a condutância estomática das plantas de guavira foram maiores quando cultivadas com calopogônio, estilosantes, kudzu tropical e feijão guandu. As plantas de guavira tiveram a redução da taxa de transpiração, da condutância estomática e da clorofila, mesmo assim, as plantas continuaram o metabolismo fotossintético. A concentração de nutrientes das folhas das plantas da guavira foram maiores quando cultivadas com calopogônio e estilosantes.

A maior altura das plantas de guavira ocorreu quando cultivada com estilosantes e o diâmetro do caule, com calopogônio e estilosantes. As maiores massa fresca das folhas e área foliar foram com calopogônio e a maior massa seca, com calopogônio e estilosantes. As maiores massas frescas e secas dos caules foram com estilosantes. As plantas de guavira responderam positivamente ao uso do adubo verde calopogônio, com aumento da produção de folhas, resultando em maior quantidade de material que poderia ser usado como medicinal. A produção de frutos das plantas foi pequena, desuniforme e não variou entre tratamentos.

## 6. Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ABREU, G. M.; SCHIAVO, J. A.; ABREU, P. M.; BOBADILHA, G. dos S.; ROSSET, J. S. Crescimento inicial e absorção de fósforo e nitrogênio de *Enterolobium contortisiliquum* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 161-170, 2018.
- AJALLA, A. C. A.; VIEIRA, M. do C.; VOLPE, E.; ZÁRATE, A. H., Seedling growth of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (guavira), under three levels of shade and substrates. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 449-458, 2014.
- ALMEIDA, H. S.; SILVA, R. F.; GROLLI, A. L.; SCHEID, D. L.; Ocorrência e diversidade da fauna edáfica sob diferentes sistemas de uso do solo. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 15-23, 2017.
- ALVES, C. C. F.; OLIVEIRA, J. D.; ESTEVAMA, E. B. B.; XAVIERA, M. N.; NICOLELLAB, H. D.; FURTADOB, R. A.; TAVARES, D. C.; MIRANDAC, M. L. D.; Antiproliferative activity of essential oils from three plants of the Brazilian Cerrado: *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae), *Protium ovatum* (Burseraceae) and *Cardiopetalum calophyllum* (Annonaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 80, n. 2, p. 290-294, 2019.
- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M., Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.
- AMBROSANO, E. J.; CANTARELLA, H.; ROSSI, F.; SCHAMMASS, E. A.; SILVA, E. C. da; AMBROSANO, G. M. B.; DIAS, F. L. F.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T., Desempenho de adubos verdes e da primeira soqueira de cana-de-açúcar cultivados consorciadamente. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 80-90, 2013.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K.H. Soil microbial biomass: the eco-physiological approach. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 12, p. 2039-2043, 2010.
- ANDRADE, L. C.; ANDREAZZA, R.; CAMARGO, F. A. de O.; Soil microbial activity under wastewater treatment plant sludge doses from an industrial landfill. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 267-272, 2016.
- ARANTES, A. C. C.; FONTANETTI, A.; SOARES, M. R.; SILVA NETO, F. J. da.; PRÓSPERO, A. G. Agronomic characteristics and yield of organic maize straw intercropped with perennial green manures. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 3, p. 222-229, 2016.
- ARAÚJO, S. A. do C.; SILVA, T. O. da.; ROCHA, N. S.; ORTÊNCIO, M. O. Growing tropical forage legumes in full sun and silvopastoral systems. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 27-34, 2017.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 15-24, 2007.



- BALIN, N. M.; BIANCHINI, C.; ZIECH, A. R. D.; LUCHESE, A. V.; ALVES, M. V.; CONCEIÇÃO, P. C. Fauna edáfica sob diferentes sistemas de manejo do solo para produção de cucurbitáceas. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, p. 74-84, 2017.
- BANNING, N. C.; GRANT, C. D.; JONES, D. L.; MURPHY, D. V. Recovery of soil organic matter, organic matter turnover and nitrogen cycling in a post-mining forest rehabilitation chronosequence. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, n. 3, p. 2021-2031, 2008.
- BALOTA, E. L. **Manejo e qualidade biológica do solo**. Edição Revisada, Londrina: Midiograf, 2018. 280 p.
- BARBOSA, F. E. L.; LACERDA, C. F. de.; FEITOSA, H. de O.; FERREIRA, F. J.; AMORIM, A. V.; SOUSA, C. H. C. Biomass production and leaf gas exchange of perennial legumes associated with bananas. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 6, p. 487-493, 2016.
- BAREA, J. M.; POZO, M. J.; LÓPEZ-RÁEZ, J. A.; AZCON-AGUILAR, C. Arbuscular mycorrhizas and their significance in promoting soil plant systems sustainability against environmental stresses. **Beneficial plant-microbial interactions: ecology and applications**, p. 353-387, 2013.
- BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; FONSECA, S.; Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em seqüência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 611-619, 2008.
- BISI, B. S.; BONINI, C. dos S. B.; BONINI NETO, A.; HEINRICH, R.; MEIRELLES, G. C.; OLIVÉRIO, G. L.; MATEUS, G. P.; NASCIMENTO, C. A. S. Recuperação de pastagem utilizando *Estilosantes* cv. Campo Grande: efeito na qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 14, n. 4, p. 6697, 2019.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 91-98, 1990.
- BRAGA, R. M.; SOUZA, F. F.; VENTURIN, N.; BRAGA, F. A.; Biomassa e atividade microbiana sob diferentes coberturas florestais. **Cerne**, v. 22, n. 2, p. 137-143, 2008.
- CALHEIROS, A. S.; LIRA JUNIOR, M. de A.; SOARES, D. M.; FIGUEIREDO, M. do V. B. Symbiotic capability of calopo rhizobia from an agrisoil with different crops in Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 869-876, 2013.
- CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.
- CAMPOS, L. F. C.; ABREU, C. M.; COLLIER, L. S.; SELEGUINI, A.; Plantas de cobertura do solo em área de videira rústica cultivada no cerrado goiano. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 184-191, 2015.
- CARVALHO, I. de.; FERREIRA, P. V.; SILVA JUNIOR, A. B.; TEIXEIRA, J. S.; CARVALHO, A. P. V.; SANTOS, P. R. Productive analysis of green maize genotypes intercropped with beans. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 593-599, 2016.

- CARVALHO, N. S.; OLIVEIRA, A. B. B.; PESSOA, M. M. C.; COSTA NETO, V. P.; SOUSA, R. S.; CUNHA, J. R.; COUTINHO, A. G.; SANTOS, V. M.; ARAUJO, A. S. F.; Short-term effect of different green manure on soil chemical and biological properties. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 43, p. 4076-4081, 2015.
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; SOARES, A. L. L. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa microbiana e atividade microbiana do solo em duas cronosssequências de reabilitação após mineração de bauxita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 621-632, 2008.
- CARNEVALI, T. O.; VIEIRA, M. C.; SOUZA, N. H.; RAMOS, D. D.; HEREDIA ZÁRATE, N. A.; CARDOSO, C. A. L. Espaçamentos entre plantas e adição de cama-de-frango na produção de biomassa das plantas e na composição química dos frutos da *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 4, p. 680-685, 2012.
- CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Piracicaba, SP, 2ª ed. ESALQ 2016. 221 p.
- CORDEIRO, A. A. S.; RODRIGUES, M. B.; GONÇALVES JÚNIOR, M.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S.; GUERRA, J. G. M. Cultivo do repolho com adubação verde em pré-cultivo e adubação orgânica em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 15-24, 2018.
- COSTA, N.; L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A. Avaliação agrônômica sob pastejo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu consorciada com *Pueraria phaseoloides*. **PUBVET**, v. 8, p. 2451-2549, 2014.
- CLERMONT-DAUPHIN, C.; SUVANNANG, N.; PONGWICHIAN, P.; CHEYLAN, V.; HAMMECKE, C.; HARMAND, J. M.; Dinitrogen fixation by the legume cover crop *Pueraria phaseoloides* and transfer of fixed N to *Hevea brasiliensis*—Impact on tree growth and vulnerability to drought. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 217, n. 21 p. 79-88, 2016.
- CHEN, Y.; HU, N.; ZHANG, Q.; LOU, Y.; LI, Z.; TANG, Z.; KUZYAKOV, L.; WANG, Y. Impacts of green manure amendment on detritus micro-food web in a double-rice cropping system. **Applied Soil Ecology**, v. 138, p. 32-36, 2019.
- CUNHA, M. B.; VOLPE, E.; AJALLA, A. C. A.; GAMA, T. da C. M.; CABRAL, J. E. F.; FERNANDES, J. S. Produção de biomassa de *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco) sob diferentes espaçamentos e sua influência no desenvolvimento de plantas de *Campomanesia adamantium* (cambess) O. Berg (guavira). Workshop de Plantas Mediciniais do Mato Grosso do Sul, 16, p. 1-6, 2013.
- DADALTO, J. P.; FERNANDES, H.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; MATOS, A. T. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 506-513, 2015.
- DANTAS, R. de A.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. de.; REIN, T. A.; MALAQUIAS, J. V.; SANTOS JÚNIOR, J. de D. G. dos. Produção de matéria seca e controle de plantas daninhas por leguminosas consorciadas com cana-de-açúcar em cultivo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 8, p. 681-689, 2015.

- DIAS-FILHO, M. Photosynthetic light response of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 65-68, 2002.
- DÍAZ-PÉREZ, J. C.; BAUTISTA, J.; GUNAWAN, G.; BATEMAN, A. Sweet onion (*Allium cepa* L.) as influenced by organic fertilization rate: 1. Plant growth, and leaf and bulb mineral composition. **HortScience**, v. 53, n. 4, p. 451 - 458, 2018.
- DING, X.; JIA, Q.; LUO, X.; ZHANG, L.; CONG, H.; LIU, G.; BA, C.; Development and characterization of expressed sequence tag-derived simple sequence repeat markers in tropical forage legume *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. **Molecular Breeding**, v. 35, n. 11, p. 202, 2015.
- DRESCH, D. M.; MUSSURY, R. M.; KODAMA, F. M. Initial growth of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. seedlings on substrates with different compositions and water retention capacities. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 1, 2016.
- DUARTE, I. B.; GALLO, A. S.; GOMES, M. S.; GUIMARÃES, N. F.; ROCHA, D. P.; SILVA, R. F. Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. **Acta Iguazu**, v. 3, n. 2, p. 150-165, 2014.
- DUTRA, A. F.; MELO, A. S. de.; FILGUEIRAS, L. M. B.; SILVA, A. R. F. da.; OLIVEIRA, I. M. de.; BRITO, M. E. B. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 189-197, 2015.
- DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SANTANA, R. C. Parâmetros fisiológicos de mudas de copaíba sob diferentes substratos e condições de sombreamento. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1212-1218, 2012.
- ELBERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal Soil Science**, v. 75, n. 4, p. 529-538, 1995.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997, 212 p.
- EMER, A. A.; WINHELMANN, M. C.; TEDESCO, M.; FIOR, C. S.; SCHAFER, G. Controlled release fertilizer used for the growth of *Campomanesia aurea* seedlings. **Ornamental Horticulture**, v. 26, n. 1, p. 18-34, 2020.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, 321-328, 2006a.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L. de.; URQUIAGA, S.; BUSQUET, R. N. B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 415-420, 2006b.
- FERNANDES et al. Cerrado: um Bioma rico e ameaçado. In: PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. R. P.; BRITO, M. A. **Conhecendo a biodiversidade**. Brasília: MCTIC, CNPq, PPBio, 2016. 196 p.
- FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 432.

- FERRARI NETO, J. CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M. Plantas de cobertura, manejo da palhada e produtividade da mamoneira no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 4, p. 978-985, 2011.
- FERREIRA, E. de M.; ANDRAUS, M. de P.; TSAI, H. M.; CARDOSO, A. A.; LEANDRO, W. M. Permanent preservation area revegetated with tree species and green manures. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 2, p. 243-252, 2018.
- FERREIRA, E. A.; FIALHO, C. M. T.; BIBIANO, C. S.; BRAGA, R. R.; PEREIRA, G. A. M.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B. Atividade microbiana de solos cultivados com mandioca em sistema de policultivo. **Magistra**, v. 27, n. 3-4, p. 395-400, 2015.
- FORMENTINI, E. A. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. 1 ed. Editora: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, 2008, 1-27p.
- FRANCO, J. G.; KING, S. R.; VOLDER, A. Component crop physiology and water use efficiency in response to intercropping. **European Journal of Agronomy**, v. 93, n. 93, p. 27-39, 2018.
- GOGOSZ, A. M.; COSMO, N. L.; BONA, C.; SOUZA, L. A. Morfoanatomia da plântula de *Campomanesia Xanthocarpa* O. Berg. (Myrtaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 613-623, 2010.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.
- GUIMARÃES, N. de F.; GALLO, A. S.; FONTANETTI, A.; MENEGHIN, S. P.; SOUZA, M. D. B. de.; MORINIGO, K. P. G.; SILVA, R. F. da. Biomass and soil microbial activity in different systems of coffee cultivation. **Revista de Ciências Agrárias (Portugal)**, v. 40, n. 1, p. 34-44, 2017.
- JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B. DOS; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 118-127, 2008.
- JEROMINI, T. S.; MOTA, L. H. de S.; SCALON, S. de P. Q.; DRESCH, D. M.; SCALON, L. Q. Effects of substrate and water availability on the initial growth of *Alibertia edulis* Rich. **Floresta**, v. 49, n. 1, p. 89-98, 2018.
- JUNGLOS, F. S.; JUNGLOS, M. S.; DRESCH, D. M.; PEREIRA, N. S.; KODAMA, F. M.; SCALON, S. P. Q. Recovery of the photosynthetic capacity of *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae) after water deficit. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n. 2, p. 541-546, 2016.
- KAISER, D. K.; MALAVASI, M. de M.; MALAVASI, U. C.; DRANSKI, J. A. L.; FREITAS, L. C. N. de; KOSMANN, C. R.; ANDRIOLI, K. K. Physiological maturity of seeds and colorimetry of the fruits of *Allophylus edulis* [(A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.]. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 2, p. 92-100, 2016.
- KIM, S.Y., GUTIERREZ, J., KIM, P. J. Considering winter cover crop selection as green manure to control methane emission during rice cultivation in paddy soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 161, p. 130-136, 2012.

- KIM, S. Y., CHANG, H. L., GUTIERREZ, J., KIM, P. J. Contribution of winter cover crop amendments on global warming potential in rice paddy soil during cultivation. *Plant and Soil*, v. 366, n. 1-2, p. 273-286, 2013.
- KONONOVA, M. M. **Materia orgánica del suelo: Su naturaleza, propiedades y métodos de investigación.** Barcelona: Editores: Oikos-Tau, 1982. 364p.
- KUSTER, V. C.; PAULA, M. S. A. M.; CASTRO, S. A. B.; VALE, F. H. A. Physiological and phenological vegetative responses of *Campomanesia adamantium* (Cambess) O. Berg (Myrtaceae) to the hydric seasonality of rupestrian fields. **Revista Árvore**, v. 40, n. 6, p. 973-981, 2016.
- LEÃO-ARAÚJO, É. F.; SOUZA, E. R. B.; NAVES, R. V.; PEIXOTO, N. Phenology of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg in Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 2, p. 1-12, 2019.
- LESCANO, C. H.; OLIVEIRA, I. P.; ZAMINELLI, T.; BALDIVIA, D. da S.; SILVA, L. R.; NAPOLITANO, M.; SILVÉRIO, C. B. M.; LINCOPAN, N.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, L. E. *Campomanesia adamantium* peel extract in antidiarrheal activity: the ability of inhibition of heat-stable enterotoxin by polyphenols. **Plos One**, v. 11, n. 10, p. 165-208, 2016.
- LIMA FILHO, O. F. de.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verdes e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática.** 1. ed. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, 2014. p. 507.
- LIMA, N. V.; ARAKAKI, D. G.; TSCHINKEL, P. F. S.; SILVA, A. F. da.; GUIMARÃES, R. de C. A.; HIANE, P. A.; FERREIRA JÚNIOR, M. A. F.; NASCIMENTO V. A. do. Primeiro estudo abrangente sobre determinação total de elementos nutricionais no fruto do *Campomanesia Adamantium* (Cambess): Planta Brasileira de Cerrado. **International Archives of Medicine**, v. 9, p. 2017.
- LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A.; Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 33-43, 2012.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional.** 6. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2006. 339 p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1998. v. 2, 352 p.
- LOPES, É. C. P.; MORAES, A.; LANG, C. R.; Estudo do fracionamento isotópico de nitrogênio aplicado às gramíneas e leguminosas forrageiras. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 9, n. 1, p. 121-130, 2016.
- MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; FIALHO, C. M. T.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, M. S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 641-647, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ceres, 2006. 638p.

- MALUF, H. J. G. M.; SOARES, E. M. B. S.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; SILVA, L. O. G. Decomposição de resíduos de culturas e mineralização de nutrientes em solo com diferentes texturas. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 39, n. 6, p. 1681-1689, 2015.
- MARTELLO, M. D.; DAVID, N.; MATUO, R.; CARVALHO, P. C.; NAVARRO, S. D.; MONREAL, A. C. D.; CUNHA-LAURA, A. L.; CARDOSO, C. A. L.; KASSUYA, C. A. L. OLIVEIRA, R. J. *Campomanesia adamantium* extract induces DNA damage, apoptosis, and affects cyclophosphamide metabolism. **Genetics and Molecular Research**, v. 15 n. 2, 2016.
- MAZZETTO, A. M.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Activity of soil microbial biomass altered by land use in the southwestern Amazon. **Bragantia**, v. 75, n. 1, p. 79-86, 2016.
- MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI. Eficiência do uso da água do feijoeiro irrigado: influência da densidade de plantio. **Revista Ecosistema**, v. 28, n. 1,2, p. 83-90, 2003.
- MIRANDA, E. A. G. C.; BOAVENTURA-NOVAES, C. R.; BRAGA, R. S.; REIS, E. F.; PINTO, J. F.; TELLES, M. P. Validation of EST-derived microsatellite markers for two Cerrado-endemic *Campomanesia* (Myrtaceae) species. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 1, p. 15017658-15017658, 2016.
- NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. de F. Avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 947-949, 2004.
- NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1017.
- OLIVEIRA, L. K. B.; COSTA, R.; S.; da.; SANTOS, J. L. G. dos., LIMA, F. E. de O.; AMORIM, A. V.; MARINHO, A. B. Respostas fisiológicas de tomateiros cereja a diferentes fontes de adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 4, p. 2799 - 2807, 2018.
- OLIVEIRA, J. D.; ALVES, C. C. F.; MIRANDA, M. L. D.; MARTINS, C. H. G.; SILVA, T. S.; AMBROSIO, M. A. L. V.; ALVES, J. M.; SILVA, J. P. Rendimento, composição química e atividades antimicrobiana e antioxidante do óleo essencial de folhas de *Campomanesia adamantium* submetidas a diferentes métodos de secagem. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n.2, p. 502-510, 2016.
- PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. de A.; ASSIS, R. L. de.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, P. L. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FREITAS, S. P.; ESPINDOLA, J. A. A. Aspectos fitossociológicos e manejo de plantas espontâneas utilizando espécies de cobertura em cafeeiro Conilon orgânico. **Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 605-618, 2010.
- PAULINO, G. M.; ALVES, B. J. R.; BARROSO, D. G.; URQUIAGA, S.; ESPINDOLA, J. A. A. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1598-1607, 2010.
- PEDROTTI, A.; SILVA, T. O.; ARAÚJO, E. M.; ARAÚJO FILHO, R. N. de.; HOLANDA, F. S. R. Atributos químicos do solo modificados por diferentes sistemas de cultivo associados a

culturas antecessoras ao cultivo do milho, nos Tabuleiros Costeiros. **Magistra**, v. 27, n. 3/4, p. 292-305, 2015.

PERIN, A.; FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J. de.; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K. de.; MORAES, S. R. G. de.; TEIXEIRA, C. M. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004a.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; ZONTA, E. Cobertura do solo e estoque de nutrientes de duas leguminosas perenes, considerando espaçamentos e densidades de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 207-213, 2004b.

PESSOA, J. L.; FREIRE, A. L. O.; COSTA, A. S. Gas exchange of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos plants under water stress and rehydration. **Journal of Agroveterinary Sciences**, v. 16, n. 3, p. 269-276, 2017.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. 2. ed. Piracicaba, SP: International Plant Nutrition Institute, 2017. p. 420.

RESSEL, K.; LIMA-RIBEIRO, M. de S.; REIS, E. F. dos. Emergência de plântulas de uma matriz de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, sob diferentes condições. **Revista Biotemas**, v. 27, n. 4, p. 29-36, 2014.

RICCI, M. dos S. F.; COSTA, J. R.; VIANA, A. J. S.; RISSO, I. A. M. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes pela vegetação espontânea em cultivo de café orgânico. **Coffee Science**, v. 5, n. 1, p. 17-27, 2010.

RODRIGUES, P. G.; RUIVO, M. L. P.; PICCININ, J. L.; JARDIM, M. A. G. Contribuição dos atributos químicos do solo no desenvolvimento vegetativo do paricá em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 59 - 68, 2016.

SATYAPRAKASH, M.; NIKITHA, T.; REDDI, E. U. B.; SADHANA, B.; VANI, S. S. Phosphorous and phosphate solubilising bacteria and their role in plant nutrition. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. Applied Sciences**, v. 6, n. 4, p. 2133-2144, 2017.

SÁ, J. M.; JANTALIA, C. P.; TEIXEIRA, P. C.; POLIDORO, J. C.; BENITES, V. de M.; ARAÚJO, A. P. Agronomic and P recovery efficiency of organomineral phosphate fertilizer from poultry litter in sandy and clayey soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 786 - 793, 2017.

SALES, R. A. de.; SALES, R. A. de.; SANTOS, R. A. dos. QUARTEZANI, W. Z.; BERILLI, S. da S.; OLIVEIRA, E. C. de. Influência de diferentes fontes de matéria orgânica em componentes fisiológicos de folhas da espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi. (anacardiaceae). **Scientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 132 - 141, 2018.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013, 306 p.

SANTOS, J. C. F.; CUNHA, A. J. da; FERREIRA, F. A.; SANTOS, R. H. S.; SAKIYAMA, N. S. Fitossociologia de plantas daninhas do café do cerrado no cultivo intercalar de

leguminosa. SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9. 24 a 26 de junho de 2015, Curitiba – PR p. 1-6

SANTOS, V. M.; MAIA, L. C. **Bioindicadores de qualidade do solo**, Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, v.10, p.195-223, 2013.

SANTOS, C. C.; BERNARDES, R. S.; GOELZER, A.; GEIST, M. L.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H. Bokashi on seedlings of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg: morphometric and photochemical aspects. **Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 7, n. 3, p. 239-243, 2019.

SANTOS NETO, A. L. Crescimento de leguminosas utilizadas na adubação verde em diferentes níveis de sais na água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p. 1255-1261, 2014.

SANTOS, C. M.; GONÇALVES, E. R.; ENDRES, L.; GOMES, T. C. A.; JADOSKI, C. J.; NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. D. Atividade fotossintética em alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a diferentes compostagens de resíduos agroindustriais. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, p.95-102, 2010.

SILVA, D. M. da.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J. S.; SILVEIRA, A. de O.; SILVA, D. A. A. da.; RACHE, M. M.; PASSOS, V. H. G.; SILVA, B. R. da. Microbiological Indicators of Pasture Soil with Successive Applications of Pig Slurry. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1585-1594, 2015a.

SILVA, F. G. da.; DUTRA, W. F.; OLIVEIRA, I. M. de.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 19, n. 10, p.946-952, 2015b.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. S.; CURTI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 5, p. 1585-1592, 2010.

SILVA, M. P.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L. F.; SOUZA, L. C. D. de. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, p. 60-67, 2017.

SIMÕES, W. L.; DRUMOND, M. A.; GUIMARÃES, M. J. M.; OLIVEIRA, A. R. de.; FERREIRA, P. P. B.; SOUZA, M. A. de. Desenvolvimento inicial e respostas fisiológicas do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 12, n. 4, p. 188-195, 2015.

SOARES, C. M. J.; RAMBO, J. R.; CAVALLARI, L. A.; OLIVEIRA, M. S. de.; SOARES, D. M. J. Produção de adubos verdes no cerrado e seus efeitos sobre as plantas daninhas. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 13, n. 2, p. 57-64, 2016.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 1. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 416.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573 p.



- SOLATI, Z.; JØRGENSEN, U.; ERIKSEN, J.; SØEGAARD, K. Dry matter yield, chemical composition and estimated extractable protein of legume and grass species during the spring growth. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 12, p. 3958-3966, 2017.
- SOUZA, L. S.; VELINI, E. D.; MAIMONI-RODELLA, R. C. S.; MARTINS, D. Teores de macro e micronutrientes e a relação C/N de várias espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 17, n. 1, p. 163-167, 1999.
- SOUZA FILHO, A. P. S.; DUTRA, S. Germinação de sementes de Calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), **Pasturas tropicales**, v. 20, n. 3, p. 26-30, 1998.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 858 p.
- TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L. de.; SILVA, D. M. N. da.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Perennial herbaceous legumes used as permanent cover cropping in the Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 292-300, 2011.
- UDOM, B. E.; OMOVBUDE, S. Soil physical properties and carbon/nitrogen relationships in stable aggregates under legume and grass fallow. **Acta Ecologica Sinica**, v. 39, n. 1, p. 56-62, 2019.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, n. 19, p. 703-707, 1987.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.
- VIEIRA, M. C.; PEREZ, V. B.; ZÁRATE, N. A. Z.; SANTOS, M. C.; PELLOSO, I. A. O.; PESSOA, S. M. Effect of nitrogen and phosphorus supply on initial development of guavira [*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg cultivated in pots. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. SPE, p. 542-549, 2011.
- VIEIRA JÚNIOR, P. A.; DOURADO NETO, D.; OLIVEIRA, R. F.; PERES, L. E. P.; MARTIN, T. N.; MANFRON, P. A.; BONNECARRÉRE, R. A. G. Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, p.555-561, 2007.
- VERZIGNASSI, J. R. **Cultivo e uso do estilosantes Campo Grande - COT 105**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2007. 11 p.
- WAHSHA, M.; NIDIMI-GOKI, M. FORNASIER, F.; AL-JAWASERH, F.; HUSSEIN, E. I.; BINI, C.; Microbial enzymes as an early warning management tool for monitoring mining site soils. **Catena**, v. 148, n. 1, p.40-45, 2017.
- WIEGERT, R. G.; EVANS, F. C. Primary production and the disappearance of dead vegetation on an old field in Southeastern Michigan. **Ecology**, v. 45, p. 49-63, 1964.
- YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, v.19, p.1467- 1476, 1988.
- ZHAO, J.; ZENG, Z.; HE, X.; CHEN, H.; WANG, K. Effects of monoculture and mixed culture of grass and legume forage species on soil microbial community structure under different levels of nitrogen fertilization. **European Journal of Soil Biology**, v. 68, p. 61-68, 2015.

ZHONG, Z.; HUANGB, X.; FENGB, D.; XINGA, S.; WENGB, B. Long-term effects of legume mulching on soil chemical properties and bacterial community composition and structure. *Agriculture, ecosystems & environment*, v. 268, p. 24-33, 2018.

## 7. Anexos

TABELA 1. Análise de variância das médias de produção de massas fresca (MF) e seca (MS), das espécies utilizadas como adubo verde, em duas épocas de corte.

FV	GL	Quadrados médios	
		MF	MS
Bloco	3	0,007430	0,119200
Adubos	4	182,2187**	7,747304**
Cortes	1	870,6756**	68,958760**
Cortes x Adubos	4	40,4265*	1,884491*
Resíduo	27	12.152636	0.762381
C.V. (%)		23,06	24,10
Média geral		15,12	3,62

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 2. Análise de variância das médias dos teores de macronutrientes da parte aérea das plantas utilizadas como adubos verdes, em duas épocas de corte.

FV	GL	Quadrados médios				
		N	P	K	Ca	Mg
Bloco	3	16,651500	0,190250	0,036007	5,323523	1,053469
Adubos	4	65,0214**	2,816079**	0,413656*	384,356150**	2,377521**
Época de corte	1	159,2010**	5,520490**	5,329000**	68,906250**	0,486203 <sup>ns</sup>
Época x Adubos	4	13,8777 <sup>ns</sup>	0,753884*	0,292719**	196,331825**	0,662084 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	5,05806	0,175589	0,067210	10,085579	0,337147
C.V. (%)		9,42	12,44	15,60	21,13	16,19
Média geral		23,87	3,36	1,65	15,02	3,58

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 3. Análise de variância das médias da taxa de decomposição das massas fresca (MF) e seca (MS) das espécies utilizadas como adubo verde e as épocas de corte.

FV	GL	Quadrados médios	
		MS 1º Corte	MS 2º Corte
Bloco	3	0,595639	0,183435
Adubos	4	2,291853**	9,066057**
Época de corte	4	9,662321**	47,780779**
Época x Adubos	16	0,414923**	2,755108 <sup>ns</sup>
Resíduo	72	0,152605	1,744686
C.V. (%)		34,90	38,59
Média geral		1,11	3,42

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 4. Análise de variância das médias da taxa de decomposição dos macronutrientes na massa remanescente retirado dos *litter bags*, no primeiro e segundo corte das espécies utilizadas como adubo verde e as épocas de corte.

FV	GL	Quadrados médios 1º Corte				
		N	P	K	Ca	Mg
Bloco	3	10,501758	0,082464	0,006705	6,036195	0,410825
Adubos	4	131,902787**	5,579709**	0,283441**	105,198206**	0,708661**
Época de corte	4	232,135787**	6,888571**	14,113184**	145,000113**	8,105658**
Época x Adubos	16	6,220647**	0,243982**	0,131400**	2,591698 <sup>ns</sup>	0,251839 <sup>ns</sup>
Resíduo	72	3,072366	0,122770	0,025413	4,036410	0,238892
C.V. (%)		9,86	15,77	30,29	19,76	18,61
Média geral		17,81	2,22	0,52	10,16	2,62
FV	GL	Quadrados médios 2º Corte				
		N	P	K	Ca	Mg
Bloco	3	37,613249	0,080006	0,017239	7,407336	1,271822
Adubos	4	235,334004**	3,468221**	0,047079**	809,040366**	4,642322**
Época de corte	4	228,589054**	5,148364**	4,219088**	168,770877**	15,648147**
Época x Adubos	16	11,030204**	0,320074 <sup>ns</sup>	0,091204**	160,647975**	0,597644 <sup>ns</sup>
Resíduo	72	5,621409	0,208468	0,015764	16,229717	0,409689
C.V. (%)		10,51	14,89	17,80	28,62	24,52
Média geral		22,55	3,06	0,70	14,07	2,61

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 5. Análise de variância das médias dos atributos químicos do solo após 60 dias do primeiro corte das plantas utilizadas como adubos verdes.

FV	GL	Quadrados médios					
		MO	pH	P	K	Al	Ca
Bloco	3	5,134071	0,019078	0,675460	0,020078	0,313133	0,180806
Adubos	5	27,111228**	0,009777 <sup>ns</sup>	0,997054 <sup>ns</sup>	0,024077**	1,041347**	0,673677**
Resíduo	15	6,352701	0,019654	0,567276	0,004314	0,056173	0,120386
C.V. (%)		15,41	3,50	12,89	20,01	8,29	24,71
Média geral		16,36	4,00	5,84	3,28	2,85	1,40
FV	GL	Quadrados médios					
		Mg	H + Al	SB	CTC	V%	
Bloco	3	0,277989	2,903760	1,583193	11,461115	61,735478	
Adubos	5	0,359720**	3,327297 <sup>ns</sup>	1,550427**	4,722368 <sup>ns</sup>	39,043990**	
Resíduo	15	0,047122	7,147973	0,333723	8,993372	12,464001	
C.V. (%)		24,25	19,09	22,10	18,31	22,64	
Média geral		0,89	14,00	2,61	16,37	15,59	
FV	GL	Quadrados médios					
		Cu	Mn	Fe	Zn		
Bloco	3	0,317761	204,916967	107,873483	0,091500		
Adubos	5	1,186680 <sup>ns</sup>	189,168317 <sup>ns</sup>	224,021767 <sup>ns</sup>	0,075147 <sup>ns</sup>		
Resíduo	15	0,538878	0183,001990	131,593887	0,064153		
C.V.		6,17	22,13	10,89	20,45		

(%)				
Média geral	11,89	61,121	105,31	1,23

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 6. Análise de variância das médias dos atributos químicos do solo após 60 dias do segundo corte das plantas utilizadas como adubos verdes.

FV	GL	Quadrados médios					
		MO	pH	P	K	Al	Ca
Bloco	3	1,508906	0,011904	1,839960	0,008082	0,107715	0,167993
Adubos	5	17,094137**	0,017784 <sup>ns</sup>	8,372877**	0,028728**	0,800857**	1,031594**
Resíduo	15	3,566486	0,010024	2,294940	0,005192	0,126315	0,170490
C.V. (%)		8,40	2,48	19,89	26,32	17,06	24,88
Média geral		22,48	4,04	7,61	0,27	2,08	1,65

FV	GL	Quadrados médios				
		Mg	H + Al	SB	CTC	V%
Bloco	3	0,100433	2,995349	0,135750	0,233349	20,969515
Adubos	5	0,276357**	0,887398 <sup>ns</sup>	2,145717**	8,082454 <sup>ns</sup>	78,960104**
Resíduo	15	0,053817	4,803375	0,284103	2,999645	20,444475
C.V. (%)		41,18	17,94	21,44	12,03	25,54
Média geral		0,56	12,21	2,48	14,39	17,70

FV	GL	Quadrados médios			
		Cu	Mn	Fe	Zn
Bloco	3	0,307360	304,559226	55,947361	0,025967
Adubos	5	1,297194 <sup>ns</sup>	204,851284 <sup>ns</sup>	330,993647 <sup>ns</sup>	0,068870 <sup>ns</sup>
Resíduo	15	0,756576	129,679493	183,900964	0,072383
C.V. (%)		6,61	22,81	12,89	22,90
Média geral		13,15	49,92	105,18	1,17

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 7. Análise de variância das médias do carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal (C-CO<sub>2</sub>), quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) e quociente microbiano (qMIC) do solo cultivado sob adubos verdes e solo exposto, após 60 dias após o primeiro corte.

FV	GL	Quadrados médios			
		C-BMS	C-CO <sub>2</sub>	qCO <sub>2</sub>	qMIC
Bloco	3	5888,557528	104,500849	2759,793204	1,222382
Adubos	5	10064,246457 <sup>ns</sup>	91,556014 <sup>ns</sup>	5632,640054 <sup>ns</sup>	0,660744 <sup>ns</sup>
Resíduo	15	7604,038181	86,271999	5018,625208	0,827575
C.V. (%)		41,49	19,22	59,90	40,79
Média geral		210,17	48,33	118,26	2,23

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 8. Análise de variância das médias do carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal (C-CO<sub>2</sub>), quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) e quociente microbiano (qMIC) do solo cultivado sob adubos verdes e solo exposto, após 60 dias após o segundo corte.

FV	GL	Quadrados médios			
		C-BMS	C-CO <sub>2</sub>	qCO <sub>2</sub>	qMIC
Bloco	3	3633,842450	4,259494	4,428383	0,311715
Adubos	5	8026,089210 <sup>ns</sup>	50,300297**	54,633317**	1,337944 <sup>ns</sup>

Resíduo	15	11461,880150	8,292534	18,641857	0,782775
C.V. (%)		21,98	33,58	54,28	23,30
Média geral		486,99	8,57	7,95	3,79

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 9. Análise de variância das médias da temperatura do solo cultivado sob adubos verdes ao longo do tempo do primeiro e segundo corte.

FV	GL	Quadrados médios	
		1º Corte	2º Corte
Bloco	3	4,899978	23,187378
Adubos	5	415,663698**	148,298448**
Época	5	1180,342098**	888,183365**
Época x Adubos	25	71,371220**	28,626306**
Resíduo	105	4,310886	4,752307
C.V. (%)		6,31	6,19
Média geral		32,90	35,23

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 10. Análise de variância das médias da taxa fotossintética (*A*), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), taxa de transpiração (*E*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) e eficiência instantânea da carboxilação (*EiC*), eficiência instantânea do uso da água (*EiUA*) e eficiência intrínseca do uso da água (*EUA*) das plantas de guavira avaliados ao longo do tempo.

FV	GL	Quadrados médios			
		<i>C<sub>i</sub></i>	<i>E</i>	<i>G<sub>s</sub></i>	<i>A</i>
Bloco	3	2247,060201	8,676052	0,004026	0,100572
Adubos	5	1850,014084 <sup>ns</sup>	13,493480**	0,026679**	137,332738**
Época	6	19674,123645**	35,141545**	0,077777**	46,013772**
Época x Adubos	30	1215,656230 <sup>ns</sup>	2,563948**	0,005467**	10,00535**
Resíduo	108	896,481127	1,105347	0,002008	4,672421
C.V. (%)		12,97	25,88	22,17	22,54
Média geral		278,01	4,27	0,18	9,59

FV	GL	Quadrados médios		
		<i>EiUA</i>	<i>EiC</i>	<i>EUA</i>
Bloco	3	2247,060201	0,000075	1220,676742
Adubos	5	6,525831**	0,002007**	726,398882 <sup>ns</sup>
Época	6	19,431280**	0,001808**	9577,144405**
Época x Adubos	30	2,556928**	0,000252**	813,369794**
Resíduo	108	0,764916	0,000160	294,951833
C.V. (%)		33,38	34,69	28,01
Média geral		2,61	0,03	61,30

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 11. Análise de variância das médias dos índices de clorofila *a*, *b* e total das plantas de guavira avaliados ao longo do tempo.

FV	GL	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila Total
Bloco	3	4,027996	5,870060	16,287302
Adubos	5	37,538821 <sup>ns</sup>	9,421631 <sup>ns</sup>	74,850810 <sup>ns</sup>
Época	6	273,493115**	25,940099**	452,716369**

Época x Adubos	30	7.053544 <sup>ns</sup>	3.284909 <sup>ns</sup>	17.415893 <sup>ns</sup>
Resíduo	108	8.154795	3.037202	16.744861
C.V. (%)		10,28	18,27	10,97
Média geral		27,76	9,53	37,30

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 12. Análise de variância das médias de altura e diâmetro das plantas de guavira avaliados ao longo do tempo em função das plantas utilizadas como adubos verdes.

FV	GL	Quadrados médios	
		Altura	Diâmetro
Bloco	3	7994,753968	67,636905
Época	20	5536,679762**	348,669048**
Adubos	5	4527,204762**	197,798810**
Época x Adubos	100	61,293095 <sup>ns</sup>	12,492143 <sup>ns</sup>
Resíduo	375	65,265968	12,622238
C.V. (%)		14,01	40,30
Média geral		57,67	8,81

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 13. Média da quantidade de perfilhos das plantas de guavira em função das plantas utilizadas como adubos verdes e do solo exposto.

FV	GL	Quadrados médios
		Perfilhos
Bloco	3	49,931649
Adubos	5	8,954954**
Resíduo	15	2,784025
C.V. (%)		20,27
Média geral		8,23

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 14. Análise de variância das médias de massas fresca (MFF) e seca (MSF) de folhas e caules (MFC e MSC) e área foliar (AF) de plantas de guavira aos 690 DAT, em função das plantas utilizadas como adubos verdes perenes.

FV	GL	Quadrados médios				
		MFF	MSF	MFC	MSC	AF
Bloco	2	10488,412639	2183,760872	5464,938439	1724,924289	24390422,746017
Adubos	5	38075,436889**	6500,887902**	19045,177022**	5295,865966**	54058745,547907**
Resíduo	10	8467,013639	1513,577639	3154,725439	694,872836	12198899,368883
C.V. (%)		38,29	37,25	33,26	29,74	38,89
Média geral		240,32	104,43	168,87	88,62	8981,45

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 15. Análise de variância das médias dos teores de macro e micro nutrientes da massa seca foliar das plantas de guavira aos 690 DAT.

FV	GL	Quadrados médios					
		N	P	K	Ca	Mg	Cu
Bloco	3	37.539444	0.007582	0.064894	0.343789	0.046393	29.650249
Adubos	5	30.853667**	0.167584**	0.092100*	1.073800 <sup>ns</sup>	0.219734 <sup>ns</sup>	13.664568 <sup>ns</sup>
Resíduo	15	10.034111	0.027555	0.014978	0.879336	0.419863	24.931812
C.V. (%)		18,41	13,02	18,90	21,36	24,11	44,08
Média geral		17,20	1,27	0,64	4,39	2,68	11,32
		Mn	P	Zn			
Bloco	3	19313.108504	7359.459394	3.926100			
Adubos	5	57857.057687 <sup>ns</sup>	3043.003507 <sup>ns</sup>	29.988727 <sup>ns</sup>			
Resíduo	15	20144.805854	3330.400284	20.524560			
C.V. (%)		45,94	34,38	23,31			
Média geral		308,97	167,86	19,43			

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.

TABELA 16. Análise de variância das médias no número de frutos, massas frescas e secas e diâmetro dos frutos das plantas de guavira em função das plantas utilizadas como adubos verdes perenes.

FV	GL	Quadrados médios			
		Quantidade	Massa fresca	Massa seca	Diâmetro
Bloco	2	52,779817	1231,236956	58,839939	174,317272
Adubos	5	36,211440 <sup>ns</sup>	680,751476	26,300276	31,923992
Resíduo	10	54,289657	1084,811162	47,452546	48,189352
C.V. (%)		153,50	158,21	152,33	42,81
Média geral		4,80	20,81	4,52	16,21

FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; \*\* significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; \* significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ ; ns: não significativo pelo teste F.