UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

PRODUTIVIDADE DE *ALIBERTIA EDULIS* L.C.RICH. **E *ALLOPHYLUS EDULIS*** A. ST. -HIL., A. JUSS. & CAMBESS **EM SUCESSÃO A ADUBOS VERDES E DINÂMICA DA DECOMPOSIÇÃO**

HELDO DENIR VHALDOR ROSA ARAN

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2019

PRODUTIVIDADE DE *ALIBERTIA EDULIS* (RICH) A. RICH EX DC. **E *ALLOPHYLUS*. *EDULIS (***A. ST. - HIL., A. JUSS. & CAMBESS) **EM SUCESSÃO A ADUBOS VERDES E DINÂMICA DA DECOMPOSIÇÃO**

HELDO DENIR VHALDOR ROSA ARAN

Orientadora: PROFª. DRª. 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 Doutor.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

A662p Aran, Heldo Denir Vhaldor Rosa
PRODUTIVIDADE DE ALIBERTIA EDULIS L.C.RICH. E ALLOPHYLUS EDULIS A. ST. -HIL., A. JUSS. & CAMBESS EM SUCESSÃO A ADUBOS VERDES E DINÂMICA DA DECOMPOSIÇÃO [recurso eletrônico] / Heldo Denir Vhaldor Rosa Aran. -- 2019.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Maria do Carmo Vieira.
Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio

1. Plantas medicinais. 2. Marmelo do Cerrado. 3. Vacum. 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.

PRODUTIVIDADE DE *ALIBERTIA EDULIS* (L. C. RICH). E ***ALLOPHYLUS EDULIS*** *(*A. ST. - HIL. A. JUSS. & CAMBESS.) **EM SUCESSÃO A ADUBOS VERDES E DINÂMICA DA DECOMPOSIÇÃO**

Heldo Denir Vhaldor Rosa Aran

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

Aprovada em: 27/ 02 /2019

Prof. Dr. Nestor Antonio Heredia Zárate
UFGD

Prof. Dr. Diovany Daffinger Ramos
UFMS

Profª. Drª. Elaine Reis Pinheiro Lourente
UFGD

Prof. Dr. Edson Talarico Rodrigues
UEMS

Prof. Drª Maria do Carmo Vieira
Orientadora - UFGD

DEDICATÓRIA

A Deus, pela benção de viver

E aos meus orientadores, que me possibilitaram a realização deste sonho.

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 Leonice Rosa Aran, meu pai Juvenil Cardo Aran (in memoriam) por todo o amor e dedicação que sempre tiveram comigo.

À minha esposa Liliane da Silva Santos Aran e minhas filhas Laura Santos Aran e Isadora Santo Aran, por estarem sempre torcendo e orando para que meus objetivos fossem alcançados;

À professora e orientadora Dra. Maria do Carmo Vieira e ao professor Dr. Néstor A. Heredia Zárate, pela orientação. Obrigado pela confiança e paciência que contribuiram para me fazer trilhar por um crescimento profissional que acreditava ser impossível. Muito obrigado!

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

A CAPES, CNPq e a Fundect-MS;

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

E finalmente, agradeço a todos que contribuíram direta, ou indiretamente para o desenvolvimento deste projeto. Um MUITO OBRIGADO a todos vocês!

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO 1
2.0 REVISÃO DE LITERATURA.....2
2.1 Marmelo do Cerrado.....2
2.2 Vacum 2
2.3 Adubação verde e vegetação espontânea.....4
2.4 Indicadores de qualidade do solo 5
2.4.1 Biomassa microbiana.....5
2.4.2 Respiração basal.....6
2.4.3 Quociente metabólico.....6
2.4.4Quociente microbiano.....7
3.0 Metodologia.....8
3.1Aspecto gerais do cultivo e tratamento.....8
3.2 Cultivo e avaliação dos adubos verdes e solo.....9
3.3 Cultivo e características avaliadas das plantas sucessoras.....11
4.0 RESULTADO E DISCUSSÃO.....13
4.1 Produtividade dos adubos verdes.....13
4.2 Atributos químico do solo.....14
4.3 Temperatura do solo.....16
4.4 Teores de macronutrientes nos diferentes adubos verdes.....16
4.5 Dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes da palhada dos adubos verdes.....18
4.6 Características microbiológicas do solo cultivado com marmelo do Cerrado em sucessão a diferentes adubos verdes.....24
4.7 Características microbiológicas microbiológicas do solo cultivado com vacum em sucessão a diferentes adubos verdes.....26
4.8 Características biométricas do marmelo do Cerrado.....27
4.9 Características biométricas do vacum.....29
4.10 Produtividade do marmelo do Cerrado.....31
4.11 Produtividade do vacum.....32
5.0 CONCLUSÕES.....34
5.1 Marmelo do Cerrado.....34
5.2 Vacum.....34
6.0 REFENRÊNCIAS BILIOOGRÁFICAS.....35

RESUMO

O extrativismo desordenado das plantas medicinais nativas tem provocado prejuízos irreparáveis ao solo, à flora e aos recursos hídricos, comprometendo a sustentabilidade desse ecossistema e colocando muitas espécies medicinais em risco de extinção. O marmelo do Cerrado e o vacum, são espécies medicinais cuja obtenção para o uso medicinal ainda é de forma extrativista e não se conhecem registros de cultivo. Daí, a importância de serem definidas técnicas de cultivos que maximize a produtividade dessas espécies. Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da adubação verde sobre a produtividade de plantas de marmelo do Cerrado e vacum. O experimento constou de cinco tratamentos, sendo três adubos verdes, mucuna preta (*Stizolobium aterrimum)*, feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e lablab (*Dolichos lablab*), duas testemunhas, solo com vegetação espontânea e capinado e duas espécies sucessoras, sendo o marmelo do Cerrado (*Alibertia edulis*) e o vacum (A*llophylus edulis*). Foram feitas análises das massas seca e fresca da parte aérea dos adubos verdes e das espécies sucessoras. Também foi avaliada a dinâmica de decomposição dos adubos verdes e as características biológicas do solo. Houve diferenças significativas entre os tratamentos para todas as variáveis analisadas. Para a massa fresca e seca de parte aérea, números de frutos, massa seca e fresca de frutos, área foliar, os maiores valores foram encontrados no marmelo do Cerrado e vacum cultivados em sucessão ao feijão de porco e à vegetação espontânea.

Palavras chave: plantas medicinais, marmelo do Cerrado, vacum

ABSTRACT

The disorderly extractivism of native medicinal plants has caused irreparable damage to soil, flora and water resources, compromising the sustainability of this ecosystem and placing many medicinal species at risk of extinction. The Cerrado quince and the vacum are medicinal species whose extraction for medicinal use is still extractive and there are no records of cultivation. Hence, the importance of defining crop techniques that maximizes the productivity of these species. The objective of this study was to evaluate the effect of green manuring on the productivity of Cerrado quince and vacum plants. The experiment consisted of five treatments: three green manure, black mucuna (*Stizolobium aterrimum*), pigs (*Canavalia ensiformis*) and lablab (*Dolichos lablab*), two witches, soil with weed and spontaneous vegetation and two successor species, of the Cerrado (*Alibertia edulis*) and the vacum (*Allophylus edulis*). Analyzes were made of the dry and fresh masses of the aerial part of the green manures and the successor species. The dynamics of decomposition of green manures and the biological characteristics of the soil were also evaluated. There were significant differences between treatments for all variables analyzed. For the fresh and dry mass of aerial part, numbers of fruits, dry mass and fresh fruit mass, leaf area, the highest values were found in the Cerrado quince and vacum grown in succession to the bean and spontaneous vegetation.

Key words: medicinal plants, marmelo do Cerrado, vacum

1INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro detém umas das maiores diversidade biológica do planeta, contando com rica flora, que desperta o interesse de comunidades científicas para o estudo, conservação e utilização racional desses recursos (JOLY et al., 2011). O desconhecimento do potencial de uso dos recursos naturais, associado ao extrativismo desordenado da vegetação nativa tem provocado prejuízos irreparáveis ao solo, à flora e aos recursos hídricos, comprometendo a sustentabilidade desse ecossistema e colocando muitas espécies vegetais em risco de extinção, principalmente as frutíferas nativas (RIBEIRO e RODRIGUES, 2006). Dentre as frutíferas nativas do Cerrado e que apresentam potencialidade para o uso em arranjos produtivos estão o marmelo do Cerrado [*Alibertia edulis* (L.C.Rich.) A.Rich. ex DC, Rubiaceae] e o vacum [*Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. &Cambess.) Radlk, Sapindaceae].

O marmelo do Cerrado é uma árvore de distribuição neotropical que ocorre no Brasil, nos biomas Amazônia e Cerrado, rica em compostos bioativos, com propriedades antissépticas, antiviral, anti-inflamatória, adstringente, diurética e anti-hipertensiva (AQUINO et al., 2017; BILIO et al., 2018). O extrato etanólico das folhas, quando administrado em ratos, não apresentou nenhum tipo de efeito tóxico, o que abre perspectivas para o uso dessa espécie para tratamento de doenças renais e cardiovasculares que acometem humanos (TOLOQUEI et al., 2018).

O vacum é uma planta que se distribui geograficamente em toda a América do Sul, tendo sua incidência no Brasil, Bolívia, Paraguai, Argentina, Uruguai e na Guiana (TREVISAN et al., 2016). Suas folhas são utilizadas para o tratamento de distúrbios relacionados a estresses oxidativos como diabetes, inflamação, hipertensão e doenças digestivas (TIRLONI et al., 2015). O óleo essencial extraído da folhas apresentou propriedades antiulcerogênica (DHARMANI et al., 2005), antimicobacteriana, anti-inflamatória e antioxidante (TREVISAN et al., 2016).

A obtenção do marmelo do Cerrado e do vacum para uso medicinal ainda é de forma extrativista e não se conhecem registros de cultivo. Daí, a importância de serem definidas técnicas de cultivos. Uma importante técnica de cultivo e com potencial de incrementar a produtividade é o cultivo de plantas medicinais em sucessão à adubos verdes. O uso de adubação verde pode incrementar a fertilidade do solo por meio da ciclagem de nutrientes (CAVALCANTE et al., 2012). Pode ainda aumentar a diversidade de microrganismos do solo, favorecendo os serviços que estes organismos poderão oferecer ao agrossistema. Além

disso, as interações entre as raízes das plantas e os microorganismos do solo favorecem a absorção de nutrientes pelas plantas (PINHEIRO et al., 2018), o que pode refletir em desenvolvimento e produtividade das espécies de plantas medicinais. Assim, objetiva-se com o presente estudo avaliar o efeito da adubação verde sobre a produtividade de palnatas de marmelo do Cerrado e vacum.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Marmelo do Cerrado

O marmelo é uma espécie que se encontra em todo o bioma Cerrado, as regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (LELES et al., 2011). A planta possui porte arbóreo, podendo atingir até 8 m de altura, com folhagem bonita e flores brancas, o que a torna uma espécie adequada ao paisagismo (RODRIGUES et al., 2010). Seus frutos são do tipo bacoide, inicialmente, com coloração verde e, à medida que amadurecem, adquirem coloração amarronzada (SILVA et al., 2008; ARAÚJO e PIRES, 2009), podendo ser consumido *in natura*, ou processados na forma de geleia, doces e licores (AMARAL e GUARIM, 2007).

Na medicina popular, o infuso das folhas de marmelo é usado como antisséptico, anti-inflamatório e diurético (SILVA et al., 2008). Em trabalhos realizados *In vitro*, o extrato etanólico das folhas apresentou atividade inibitória nas cepas de *Candida albicans* e *Candida krusei*, fungos causadores de infecções orais e genitais em seres humanos, sendo essas atividades justificadas pela presença de compostos bioativos como, taninos, saponinas e iridóides (VALLI et al., 2016).

2.2. Vacum

O vacum, também conhecido como "Chal chal", é um membro das Sapindaceae que ocorre na flora nativa uruguaia e brasileira (DIAZ et al., 2008). É uma árvore de porte médio, sendo muito utilizada na recuperação de ecossistemas degradados. A madeira produzida é de boa qualidade, podendo ser utilizada em diversas áreas (marcenaria, carvão, esteiras, mourões) (SENEME et al., 2006). As folhas do vacum possuem propriedades terapêuticas. A infusão das folhas é empregada no tratamento de diabetes, inflamações de garganta, feridas, pressão alta, problemas intestinais e digestivos (DIAZ et al., 2008). Alguns estudos relataram que as folhas do vacum apresentam propriedades repelentes contra insetos (CASTILHO et al., 2009) e atividades genotóxica, antioxidante e anticolinesterásica (UMEO

et al., 2011). Já os frutos maduros são comestíveis e quando fermentados produzem a bebida "chincha" (ABREU et al., 2005).

2.3. Adubação verde e vegetação espontânea

O uso de adubação verde é uma técnica que vem sendo bastante difundida, em virtude da potencialidade e flexibilidade de uso em arranjos agronômicos, podendo ser utilizada em rotação/sucessão/consorciação com as culturas de interesse (TEODORO et al., 2011). O plantio de espécies capazes de reciclar nutrientes, podem tornar o solo mais fértil e aumentar a produção, pois mobiliza os nutrientes encontrados em camadas mais profundas, disponibilizando-os para as plantas de culturas posteriores (FERREIRA, 2012; EIRAS e COELHO, 2011).

Entre os efeitos da adubação verde sobre a fertilidade do solo está o aumento do teor de matéria orgânica; a maior disponibilidade de nutrientes; a maior capacidade de troca de cátions efetiva do solo; o favorecimento da produção de ácidos orgânicos, de fundamental importância para a solubilização de minerais; a diminuição dos teores de Al trocável pela sua complexação; e o incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis que estejam nas camadas mais profundas do perfil (FERREIRA et al., 2018).

Os adubos verdes também contribuem com melhorias nas propriedades físicas, atuando como condicionadores do solo pela ação da palhada depositada sobre o solo e nas biológicas podem aumentar a biomassa microbiana do solo (PARTELLI et al., 2011). No entanto, os efeitos promovidos pelas plantas de cobertura sobre as propriedades do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores como as espécies utilizadas, o manejo da biomassa, o tempo de plantio e de corte, o tempo de residência dos resíduos no solo, as condições locais e a interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

Entre as diversas espécies das Fabaceae utilizadas para adubação verde na região dos Cerrados tem-se a mucuna preta (*Mucuna aterrima*), o lablab (*Dolichos lablab*) e o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) (CALEGARI et al., 1995).

A mucuna preta apresenta desenvolvimento vegetativo eficiente e acentuada rusticidade para o Cerrado, adaptando-se bem às condições de deficiência hídrica e de temperaturas altas (AMABILE et al., 2000), característica que associada à elevada produção de massa seca e à alta velocidade de crescimento, confere-lhe potencial de uso para cobertura de solo (SODRÉ FILHO et al., 2004).

O lablab no Cerrado adapta-se ao cultivo no período de chuva, pois é sensível ao fotoperíodo e ao déficit hídrico. Apresenta ciclo longo, aproximadamente 156 dias até a floração (CARVALHO e AMABILE, 2006). Calegari et al. (1995) relatam que, em solo com fertilidade baixa e pH ácido, normalmente seu crescimento é lento e a produção de matéria seca é menor.

O feijão de porco é uma planta adaptada a condições ambientais bem adversas, suportando desde o clima árido e seco das regiões semiáridas até o de regiões com florestas tropicais. No Cerrado do Brasil Central, pode ser semeado até no final do período de chuvas, devido a sua resistência à seca e por não apresentar sensibilidade ao fotoperíodo (CALEGARI et al., 1995; CARVALHO e AMABILE, 2006).

As plantas espontâneas apresentam características como rápido desenvolvimento, alta plasticidade fenotípica, produção de sementes em grandes quantidades e com alta viabilidade, eficientes mecanismos de dispersão e dormência, e reprodução que favorecem o estabelecimento dessas espécies em locais continuamente alterados (KILL et al., 2000). Tais características são consideradas como um dos fatores que afetam a produtividade agrícola, competindo com as culturas por nutrientes, água e luz e chegando a comprometer de 30 a 40% da produção das culturas de interesse econômico (SOUZA, 1991). No entanto, as mesmas podem promover os mesmos efeitos de cobertura do solo que as Fabaceae como, produção de biomassa e ciclagem de nutrientes (FAVERO et al., 2000), tendo em vista a maior disponibilidade de fitomassa e adaptação a condições climáticas do local onde se encontram.

2.4. Indicadores de qualidade do solo

A biomassa microbiana do solo (BMS) é a fração viva da matéria orgânica, responsável por processos bioquímicos e biológicos no solo e sensivelmente alterada pelas condições impostas pelo meio (ARAÚJO et al., 2012). Dessa forma, a BMS é influenciada pelo clima, pela aeração, pela disponibilidade de nutrientes minerais e pelo C orgânico do solo (CARNEIRO et al., 2008). Em situações com maior deposição de resíduos orgânicos no solo e com grande quantidade de raízes, há estímulo da biomassa microbiana, acarretando seu aumento populacional e de sua atividade (BURNS et al., 2013). A biomassa microbiana também representa o compartimento central do ciclo do C, do N, do P e do S no solo e pode funcionar como compartimento de reserva desses nutrientes ou como catalisador na decomposição da matéria orgânica (LISBOA et al., 2012). Assim, além dos fatores de

ambiente, a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais depositados sobre o solo podem alterar consideravelmente a atividade e a BMS (ZHANG et al., 2011)

2.4.2 Respiração basal

A respiração basal do solo consiste na medida das funções metabólicas nas quais ocorrem produção e liberação de CO_2 proveniente da atividade de bactérias, fungos, algas e protozoários do solo e também das raízes de plantas (SILVA et al., 2012; LAL et al., 2015).

De modo geral, a quantidade do CO_2 liberado está relacionada à capacidade de degradação da matéria orgânica pela microbiota heterotrófica, o que constitui uma fase fundamental no ciclo do carbono (WANG et al., 2003; EPRON et al., 2006). Desse modo, a disponibilidade de C no solo tem sido descrita como um dos fatores que pode contribuir para o aumento da respiração basal do solo (PRAGANA et al., 2012).

A alta taxa respiratória pode ser uma característica desejável, considerando-se que pode indicar uma alta atividade da biomassa microbiana e rápida transformação da matéria orgânica em nutrientes para as plantas. No entanto, elevada emissão de CO_2 pode indicar uma condição de estresse dessa biomassa microbiana (SNAJDR et al., 2008; CHAER et al., 2009)

2.4.3 Quociente metabólico

O quociente metabólico (qCO_2) é a relação entre o CO_2 produzido pela respiração microbiana e o carbono da biomassa microbiana (CBM), e tem sido utilizado para avaliar efeitos ambientais e antropogênicos sobre a biomassa microbiana do solo (ZHANG et al., 2011). O qCO_2 baseia-se na teoria bioenergética de Odum (1969), segundo a qual comunidades microbianas sob condições de estresse, como limitações de nutrientes e baixo pH serão menos eficientes em converter o C assimilado em biomassa, pois a maior parte do C deverá ser utilizado para fornecer energia para processos metabólicos necessários à manutenção celular (ODUM, 1969).

O declínio do quociente metabólico é interpretado como aumento da eficiência da utilização de C pela biomassa (HUNGRIA et al., 2009). Baixos valores de qCO_2 supostamente refletem um ambiente estável ou próximo ao estado de equilíbrio. Por outro lado, valores elevados são indicativos de ecossistemas jovens, submetidos a alguma condição de estresse (SPOHN e CHODAK, 2015). Nessas condições, ocorre maior gasto de energia para manutenção da comunidade microbiana e os microrganismos tendem a consumir mais substrato para sobreviver (CARNEIRO et al., 2008). Assim, parte do carbono microbiano

será perdido na forma de CO_2 pela alta catabolização da matéria orgânica (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007).

2.4.4 Quociente microbiano

O quociente microbiano (qMIC), que corresponde à relação entre o carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) e o carbono orgânico total (COT), reflete à qualidade da matéria orgânica e à quantidade de carbono imobilizado na biomassa microbiana (CARDOSO et al., 2009). Baixos valores da relação C-BMS/COT podem ser ocasionados por circunstâncias em que a microbiota se encontra sob algum fator de estresse ou devido à baixa qualidade nutricional da matéria orgânica, fazendo com que a biomassa microbiana torne-se incapaz de utilizar totalmente o C orgânico (TAVARES et al., 2015).

Em circunstâncias de desequilíbrio ambiental ou em situações em que a biomassa microbiana é submetida a algum fator de estresse (deficiência de nutrientes, acidez, déficit hídrico), a capacidade de utilização de C é reduzida, e o qMIC tende a diminuir (LOPES et al., 2013).Valores de qMIC inferiores a 1% podem indicar a existência de algum fator limitante à atividade da biomassa microbiana (JAKELAITIS et al., 2008). Por outro lado, em locais sob condições favoráveis, há tendência de aumento da biomassa microbiana e, em consequência, o qMIC tende a aumentar (KASCHUK et al., 2010). A adição de matéria orgânica de qualidade, ou a mudança de um fator limitante para uma condição favorável, podem contribuir para o aumento dos valores do qMIC (CARDOSO et al., 2009).

3 METODOLOGIA

3.1. Aspectos gerais do cultivo e tratamentos

O estudo foi desenvolvido no Horto de Plantas Medicinais (HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) entre os anos de 2014 e 2018. A cidade de Dourados está situada no sul do Estado de Mato Grosso do sul, tem altitude média de 452 m; latitude 22°14’16” S e longitude 54°49’2” W. O clima é classificado como Am, tropical ou equatorial, com verões chuvosos (predomínio de chuvas no período de verão, mas podem ocorrer veranicos) (ALVARES et al., 2013); a precipitação média anual é de 1.510 mm e a temperatura média é de 22°C. A precipitação pluviométrica e as temperaturas mínimas e máximas durante o período de avaliação do experimento em campo são apresentadas na Figura 1.

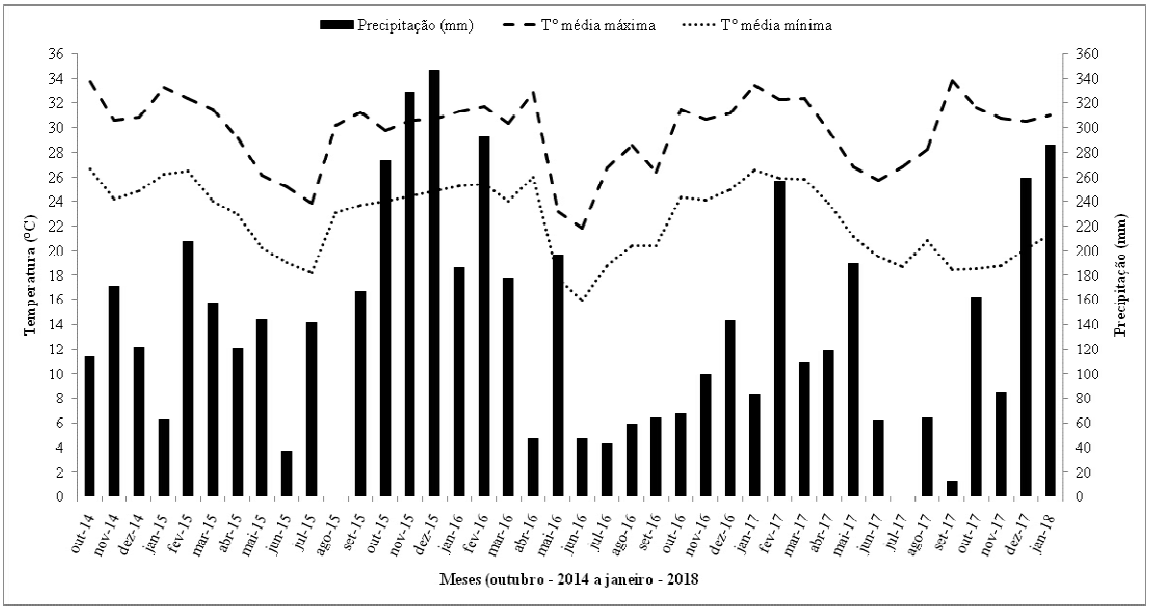


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperaturas mínimas e máximas (°C) mensais no período de avaliação do experimento no campo. UFGD, Dourados-MS, 2014-2018.

A topografia do local é plana e o solo, originalmente sob vegetação de Cerrado, é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, de textura muito argilosa e cujos atributos químicos são: pH em água= 4,67; P=18,35 mg dm^{-3}; K= 0,40 $cmol_c$ dm^{-3}; Al=1,29 cmolc dm^{-3}; Ca= 1,17 $cmol_c$ dm^{-3}; Mg=0,66 $cmol_c$ dm^{-3}; H + Al= 17,01 $cmol_c$ dm^{-3}; SB= 2,24 $cmol_c$ dm^{-3}; T= 19.24 $cmol_c$ dm^{-3} e V%= 12,14.

Foram realizados dois experimentos em paralelo, sendo cada um deles com uma espécie de planta medicinal nativa, marmelo do Cerrado e vacum, como sucessoras dos três adubos verdes, mucuna preta (*Stizolobium aterrimum)*, feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e lablab (*Dolichos lablab*), além do solo com vegetação espontânea e solo capinado. Os cinco tratamentos foram arranjados no delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas tiveram área útil de 9 m², sendo 3,0 m de comprimento por 3,0 m de largura. As principais plantas espontâneas observadas na área, assim como os respectivos números do voucher no Herbário DDMS, da UFGD são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1. Nome científico, família e número do voucher no Herbário DDMS da UFGD das principais espécies espontâneas observadas na área experimental. UFGD, Dourados-MS, 2014-2018.

Nome científico	Família	Número do voucher
Digitária sanguinalis	Poaceae	6285
Eleusine indica	Poaceae	6340
Paspalum pumilum	Poaceae	6338
Urochloa humidicola	Poaceae	6341
Urochloa plantagina	Poaceae	6336
Gnaphalium purpureum	Asteraceae	6288
Gnaphalium spicatum	Asteraceae	6289
Phyllanthus tenellus	Euphorbiaceae	6284
Leucas martinicensis	Lamiaceae	6287
Sida rhombifolia	Malvaceae	6286
Cestrum axillare	Solanaceae	6290
Stachytarpheta caynnensis	Verbenaceae	6335

3.2. Cultivo e avaliação dos adubos verdes

As espécies de adubos verdes dos dois experimentos foram semeadas em épocas diferentes, visando o florescimento ao mesmo tempo, em linhas espaçadas em 0,5 m e densidade preconizada por Calegari et al. (1995) a saber: 35 sementes/m para o lablab e duas sementes/cova espaçadas de 0,25 m para a mucuna preta e feijão de porco. Quando cerca de 50% das plantas atingiram o floresciemento, foi feita a avaliação das massas frescas e secas, demarcando-se área de 0,25 m2 (0,50 x 0,50 m) com quadrado de metal, lançado aleatoriamente em cada parcela. A parte aérea das plantas foi cortada rente ao solo, recolhida e pesada em balança de precisão de 0,01 g. Em seguida, ±200 g do adubo verde de cada parcela foram separados, acondicionados em saco de papel e levados a uma estufa com ventilação forçada, a 65 ºC $\pm$ 2 ºC, até massa constante, para determinação da massa seca. Depois, fez-se o cálculo proporcional à massa fresca. Posteriormente, foram cortados os restantes dos adubos verdes e vegetação espontânea e deixados sobre o solo.

Com os resultados das massas fresca e seca determinaram-se os percentuais dessa relação:

$R_{S/F}$ (%) = MS / MF x 100

em que:

$R_{S/F}$ - percentual de massa seca por massa fresca, %

MS - massa seca, Mg ha^{-1}

MF - massa fresca, Mg ha^{-1}

Após a determinação da massa seca, as amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley, acondicionadas em recipientes com 30 g e enviadas ao Laboratório de Análises (AP AgroSciences) situado na cidade de Maracaju-MS para a determinação dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg).

A avaliação da taxa de decomposição foi feita pela análise de perda de massa utilizando-se “litter bags” (sacolas de decomposição com malha de 4 mm e dimensões de 25 x 25 cm e 1,5 cm de altura). Em cada “litter bag” foram acondicionadas 200 g de material fresco de cada adubo verde, sendo distribuídos quatro sobre a superfície do solo de cada parcela no campo. As taxas de perda de massa seca e 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. A avaliação da perda de massa ao longo do tempo foi analisada como parcelas subdivididas no tempo. Após a coleta, o material vegetal foi cuidadosamente retirado dos “litter bags”, limpo pela eliminação do solo aderido e pesado. Depois, os materiais foram acondicionados em sacos de papel e encaminhados para secagem em estufa a 65 ± 2 °C até massa constante. A massa residual foi determinada em balança de precisão de 0,01 g.

A taxa de decomposição foi quantificada pelas avaliações da perda de massa, com a seguinte fórmula: Massa remanescente (%) = (massa final/massa inicial) x 100. Após o cálculo da massa remanescente ao longo do período, a constante de decomposição k foi calculada, segundo Thomas e Asakawa (1993), com o modelo exponencial: $Xt = Xo \cdot e^{-kt}$, em que: Xt = massa do material seco remanescente após t dias; Xo = massa do material seco colocado nos sacos no tempo zero (t = 0). Já o tempo de meia vida ($t_{1/2}$) foi calculado segundo Rezende et al. (1997) pela equação: $t_{1/2} = \ln(2)/K$, em que k = constante de decomposição calculada pela fórmula $Xt = Xo \cdot e^{-kt}$ (DUARTE, 2007).

3. 3. Análise microbiológica do solo

A coleta de solo para análise microbiológica foi realizada na camada de 0,00-0,10 m em duas épocas, aos e 1020 e 1140 dias após semeio (DAS) das coberturas vegetais. Após a coleta os solos, foram armazenados em ambiente refrigerado a ± 7 °C, por quatro dias, depois, realizou-se o destorroamento e peneiramento do solo em malha de 2 mm. Em seguida, foram determinados o carbono da biomassa microbiana (C-BMS), pelo método da fumigação-extração (VANCE et al., 1987), a respiração basal ($C\text{-}CO_2$) pelo método da fumigação-incubação (JENKINSON; POWLSON, 1976) , o quociente metabólico (qCO_2) a partir da

relação C-CO_2/C-BMS e microbiano (*q*MIC), pela relação C-BMS/C-orgânico total (ANDERSON e DOMSCH, 1993).

3.4 Temperatura do solo

A temperatura do solo foi determinada utilizando-se um termômetro digital com mira laser modelo MT-320. Após selecionar a unidade de temperatura em graus Celsius (°C), a mira laser era apontada para dois pontos distintos nas parcelas e em seguida anotados os valores observados nas leituras. Este procedimento foi realizado sempre intervalos regulares de 30 dias, até 1140 dias após o transplantio das espécies sucessoras.Os dados foram analisados como parcelas subdivididas no tampo.

3.3. Cultivo e características avaliadas das plantas sucessoras

A propagação das plantas do marmelo do Cerrado e do vacum foi feita por semeadura indireta, utilizando-se sementes extraídas de frutos maduros colhidos ao acaso (Cadastro de acesso nº A9CDAAE – SISGEN) de plantas de uma população natural em área nativa de Cerrado, na Fazenda Santa Madalena (22°08'24,2"S e 55°08'13,3"W, 487 m), em Dourados-MS. As exsicatas estão depositadas no Herbário DDMS, sob os números 4649 e 5210, respectivamente. As sementes foram extraídas dos frutos e semeadas imediatamente aopós, em bandejas de poliestireno de 72 células, preenchidas com substrato Plantmax® e mantidas sob ambiente protegido com sombreamento 50%, em temperatura ambiente. Aos 15 dias após o corte dos adubos verdes, as mudas do marmelo do Cerrado e vacum foram transplantadas para o local definitivo, ao apresentarem média de altura de 7 cm e 8 cm, respectivamente. Os espaçamentos utilizados foram de 1,00 m entre linhas e 0,60 m entre plantas para ambas as espécies. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizado com quatro repetições.

Ao longo do ciclo das culturas, com intervalos regulares de 30 dias, até 1140 dias após o transplantio (DAT) foram mensuradas a altura das plantas e o diâmetro do caule de ambas as plantas sucessoras. A determinação da altura de todas as plantas da parcela foi realizada utilizando-se régua graduada em mm, que era colocada desde o nível do solo até a inflexão da folha mais alta das plantas. O diâmetro caulinar foi determinado no terço médio das plantas, sempre no ramo principal, utilizando-se de um paquímetro digital. Os dados foram avaliados como parcelas subdivididas no tempo.

Os tratos culturais compreenderam irrigações pelo sistema de aspersão sempre que necessário. O controle de plantas espontâneas foi realizado por capinas com enxadas apenas no solo capinado. Nos demais tratamentos, a vegetação espontânea foi roçada e deixada sobre as parcelas.

O inicio do florescimento das plantas do marmelo do Cerrado ocorreu aos 365 dias e os primeiros frutos aos 425 após o transplantio (DAT). As colheitas dos frutos do marmelo do Cerrado foram realizadas à medida que os frutos foram amadurecendo, desde 630 até 1140 DAT. Após cada colheita, os frutos foram contados, para obtenção do número de frutos, pesados em balança digital de precisão de 0,01 g para obtenção da massa de frutos, em seguida, foram aferidos o diâmetro transversal e a altura de 10 frutos dos frutos por parcela, usando paquímetro digital. As produtividades, referentes a cada colheita, foram somadas para obtenção da produtividade total.

O início do florescimento das plantas de vacum ocorreu aos 485 dias após o transplantio (DAT). As colheitas dos frutos foram feitas desde 545 até 1020 (DAT). Os frutos foram pesados para obtenção da massa fresca e logo após, acondicionados em sacos de papel e encaminhados para secagem em estufa de ventilação forçada a 65 ± 2 °C até massa constante para obtenção da massa seca. Após a última colheita dos frutos, as plantas foram colhidas cortando-as a 0,70 m do nível do solo. Foram pesados folhas e caule separadamente para obtenção da massa fresca. Logo após, encaminhados à estufa de ventilação forçada a 65 ± 2 °C até massa constante para obtenção da massa seca.

Os dados de todas as características avaliadas, do solo e das plantas, foram submetidos à análise de variância. Quando significativos pelo teste F, foram comparados pelo teste de Tukey, à exceção da altura e diâmetro das plantas de marmelo do Cerrado e do vacum que foram avaliados ao longo do tempo e submetidos à análise de regressão. As características também foram submetidas a testes de correlações, cujo objetivo foi avaliar a intensidade de relação entre os parâmetros analisados. Os níveis de significância foram de 5% de probabilidade.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produtividade dos adubos verdes

A vegetação espontânea apresentou a maior produtividade de massa fresca (Tabela 2), superando em 5,35 Mg ha^{-1} e 4,03 Mg ha^{-1}, respectivamente, o lablab e, que teve o menor valor. A vegetação espontânea teve a maior produtividade de massa seca (6,09 Mg ha^{-1}), superando em 3,05 Mg ha^{-1} a menor produção que foi da mucuna preta.

TABELA 2. Massas fresca e seca e razão massa seca/ massa fresca (R_{SF}) de adubos verdes. UFGD, Dourados-MS, 2014-2018.

Adubos verdes	Massa fresca	Massa seca	R_{SF}
	Mg ha^{-1}		%
Lablab	14,26 b	5,15 ab	36,12 a
Mucuna preta	15,63 b	3,04 b	19,45 b
Feijão de porco	18,29 a	5,30 ab	28,98 ab
V. espontânea	19,61a	6,09 a	31,06 a
C.V.%	11,67	12,52	5,49

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As maiores massas fresca e seca da vegetação espontânea em relação às dos adubos verdes pode ser explicada pelo fato das suas espécies componentes apresentarem maior capacidade de adaptação as condições ambientais.

O fato da razão massa seca/massa fresca (R_{SF}) da vegetação espontânea ter sido superior às espécies usadas como adubos verdes, é um indicativo de que as espécies espontâneas observadas na área experimental possuem capacidade de produzir mais massa, especialmente massa seca. Essa característica é desejável para uma planta de cobertura, pois quando há maior aporte de resíduos vegetais sobre a superfície do solo, este promove a redução da temperatura do solo, favorecendo a atividade biológica (CAVALCANTE et al., 2012).

Neste estudo, a produtividade das espécies testadas como adubos verdes foi inferior ao esperado para promover uma boa cobertura do solo. Isso porque, segundo Carbone et al. (2008), a quantidade mínima de massa seca requerida para um sistema de rotação eficiente está em torno de 6 Mg ha^{-1}. Embora as espécies de cobertura usadas neste estudo sejam consideradas como adaptadas às condições de solo de Cerrado, as características químicas do solo, na área de condução do experimento pode ter influenciado no desenvolvimento vegetativo das espécies e com reflexo na produção de massa seca, fato este

justificado pela menor $R_{S/F}$ apresentada pela mucuna preta e feijão de porco, em comparação com as espontâneas.

4.3 Temperaturas e atributos químicos do solo

Nas duas espécies de plantas medicinais estudadas, observou-se influencia significativa da ausência e presença de culturas de cobertura vegetal manejadas como adubos verdes sobre a temperatura do solo, exceto com a mucuna preta que não teve diferença significativa com o solo capinado em ambos os sistemas. Observou-se acréscimo médio de 2,42 °C e 1,52 °C entre os sistemas com solo capinado e com a presença dos adubos verdes nos cultivos com marmelo do Cerrado e vacum, respectivamente (Tabela 5).

A temperatura mais alta do solo capinado pode ser explicada pala citação de Bortoluzzi e Eltz (2000) de que, a quantidade de energia global disponibilizada na atmosfera é transferida para as camadas mais profundas do solo, incrementando ainda mais a temperatura do solo. Embora a mesma insolação fosse comum para todos os tratamentos, espera-se que o sistema sem palhada leve maior fluxo de calor para o seu interior.

TABELA 5. Temperatura do solo em função da ausência e presença de culturas de cobertura sob cultivo de marmelo do Cerrado e do vacum. UFGD, Dourados-MS, 2014-2018.

Adubos verdes	Temperatura do solo (°C)	
	Marmelo	vacum
Capina	32,94 a	32,18 a
Lablab	30,95 b	30,83 b
Mucuna preta	31,05 ab	31,40 ab
F. de porco	30,38 b	30,31 b
V. espontânea	29,71 b	30,09 b
C.V. (%)	12,33	8,32

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Houve correlação negativa entre massa seca da parte aérea dos adubos verdes e temperatura do solo (r= -0,98). Streck et al. (1994) citam que a palhada sobre o solo tem a capacidade de modificar o regime térmico diário do solo, principalmente pela capacidade de refletir a radiação solar, impedindo que esta chegue diretamente ao solo para aquecê-lo em demasia, evitando prejuízos às culturas nos meses mais quentes do ano.

4.4 Teores de macronutrientes nos diferentes adubos verdes

A maior quantidade de nitrogênio (N) acumulado nas plantas das espécies de adubos verdes foram no feijão de porco (26,60 g kg-1) e na mucuna preta (26,95 g kg-1)

(Tabela 6). Esses resultados comprovam a importância das Fabaceas em fixar N atmosférico por intermédio da quebra da tripla ligação de N_2 pela simbiose com bactérias do gênero Rizobium. O N fixado pelas plantas de cobertura fica imobilizado no material vegetal e é liberado gradativamente para a cultura em sucessão.

Não se observou diferença significativa para o teor de N entre as palhadas da vegetação espontânea e o lablab. A grande quantidade de N acumulado na palhada da vegetação espontânea pode ser justificada pela diversidade de espécies nativas presentes na área experimental, demonstrando a existência de espécies com potencial para fixar o N_2 atmosférico e acumular na massa.

TABELA 6. Teores de macronutrientes* na massa seca da parte aérea de diferentes adubos verdes.UFGD, Dourados-MS, 2014-2018.

Adubos verdes	**N**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**
			g kg^{-1}		
Lablab	19,60 b	3,30 ab	34,00 a	8,45 b	3,50 b
Mucuna preta	26,60 a	3,56 ab	27,00 b	12,37 ab	3,60 b
Feijão de porco	26,95 a	2,83b	30,87 a	15,72 a	3,39 b
Vegetação espontânea	19,60 b	4,22 a	28,62 ab	11,65 ab	4,19 a
C.V.%	25,89	36,52	14,77	26,96	37,78

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. *Análises realizadas no laboratório de análises AP AgroSciences, Maracajú-MS.

Os maiores teores de P e de Mg da vegetação espontânea em relação ao do feijão de porco (Tabela 6) podem ser justificados, dentre outros fatores, pela diversidade de espécies nativas presentes na área experimental, as quais têm potencialidade em acumular P e Mg.

Cavalcante et al. (2012) estudaram diferentes espécies de adubos verdes e obtiveram resultados semelhantes ao do presente estudo, em que o teor de P na vegetação espontânea (4,0 g kg^{-1}) foi superior aos obtidos com o lablab (3,0 g kg^{-1}), feijão de porco (3,5 g kg^{-1}) e a mucuna preta (2,2 g kg^{-1}) e teor de Mg (3,7 g kg^{-1}) superior aos obtidos com o lablab (3,5 g kg^{-1}), feijão de porco (3,0 g kg^{-1}) e mucuna preta (2,0 g kg^{-1}).

Os teores de K no feijão de porco e no lablab foram maiores do que da mucuna preta, mas não diferiram da vegetação espontânea. Por outro lado, a vegetação espontânea não diferiu do apresentado pela mucuna preta (Tabela 6), resultados este semelhante aos obtidos por Duarte Junior e Coelho (2008) que estudaram diferentes espécies de adubos verdes e observaram que o teor de K na vegetação espontânea (20,7 g kg^{-1}) foi superior ao da mucuna preta (10,26 g kg^{-1}). Segundo Faveiro et al. (2000) as espécies espontâneas apresentam potencial para a ciclagem de P, K e Mg, assim como as Fabaceas.

A análise de correlação entre a quantidade de massa seca produzida e acúmulo de K na parte aérea mostrou correlação significativa (r=0,99). Segundo Torres e Pereira (2008), existe uma relação entre a quantidade de massa e o teor de K, em virtude da grande quantidade de K requerida pelas culturas para o seu crescimento e desenvolvimento, igualando-se às quantidades de N requeridas, e podendo ser três ou quatro vezes mais acumulado nos resíduos do que o P.

O teor de Ca na parte aérea do feijão de porco foi superior ao do lablab, mas não diferiu do teor da vegetação espontânea e da mucuna preta (Tabela 6). Esses resultados diferem dos encontrados por Carvalho et al. (2012), que observaram teor de Ca do feijão de porco (10 g kg^{-1}) semelhante ao do lablab (11, 5 g kg^{-1}) e da vegetação espontânea (11,5 g kg^{-1}) e menor do que os observados para a mucuna preta (4,2 g kg^{-1}). Essas diferenças podem estar relacionadas com as condições climáticas de cada região, as quais influenciam na absorção e acúmulo dos nutrientes pelas plantas. Também estão relacionadas com a diversificação de espécies espontâneas presentes na área experimental, o que pode ter favorecido o acúmulo de Ca pela vegetação espontânea.

TABELA 7. Correlação de Pearson entre as variáveis massa seca de parte aérea dos adubos verdes e os teores de nutrientes na parte aérea (N, P, K, Mg e Ca) e a temperatura do solo (T°C). UFGD, Dourados-MS, 2014-2018.

Variáveis	Massa seca	Constante (k)	P	K	Ca	Mg	N	T °C
Massa seca	-	0,91*	0,98*	0,99*	0,95*	0,98*	0,94*	-0,98*
Constante k		-	0,99*	0,82*	0,94*	0,85*	0,99*	-0,95*

*significativo a 5% de probabilidade

4.5 Dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes da palhada dos adubos verdes

A dinâmica da decomposição foi influenciada significativamente pelas espécies usadas como adubos verdes (Figura 2), seguindo comportamento exponencial de acordo com a produtividade de cada espécies, sendo a mucuna preta (3,04 Mg ha^{-1}), o lablab (5,15 Mg ha^{-1}), o Feijão de porco (5,30 Mg ha^{-1}) e a vegetação espontânea 6,09 Mg ha^{-1} de massa seca. Este modelo representa uma fase de decomposição mais acelerada no início do ciclo dos adubos verdes, devido à liberação de compostos rapidamente decomponíveis como açúcares, aminoácidos e proteínas; já, a fase seguinte tende a ser mais lenta devido ao acúmulo de compostos recalcitrantes como lignina e taninos (THÖNNISSEN et al., 2000; HADAS et al., 2004).

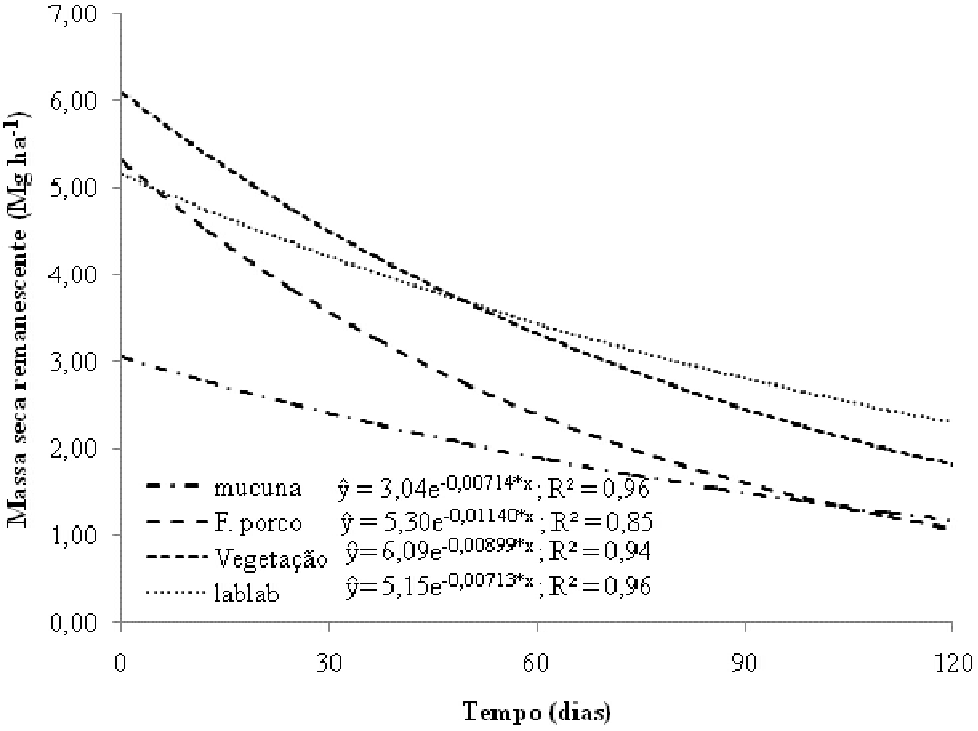


FIGURA 2. Massa seca remanescente de diferentes adubos verdes em função do tempo. UFGD, Dourados-MS, 2014-2018.

A palhada do feijão de porco apresentou a maior constante de decomposição (0,01140 g g^{-1} dia^{-1}) e o menor tempo de meia vida (61 dias), sendo que para as demais não se observou diferença significativa para as duas variáveis (Tabela 8). A importância da constante de decomposição k é por esta refletir a velocidade com que os resíduos são decompostos, ou os nutrientes são liberados para o solo, ou seja, quanto maior for a constante k menor é o tempo de decomposição. Na literatura consultada, citam-se que vários fatores estão relacionados às variações na velocidade de decomposição, tais como as condições climáticas de cada região, a composição química dos resíduos e a quantidade de palhada aportada sobre o solo, o que pode causar variações nos valores de k (ESPINDOLA et al., 2006).

TABELA 8. Constante de decomposição (k) e tempo de meia vida (t½) de diferentes adubos verdes. UFGD, Dourados-MS, 2014-2018.

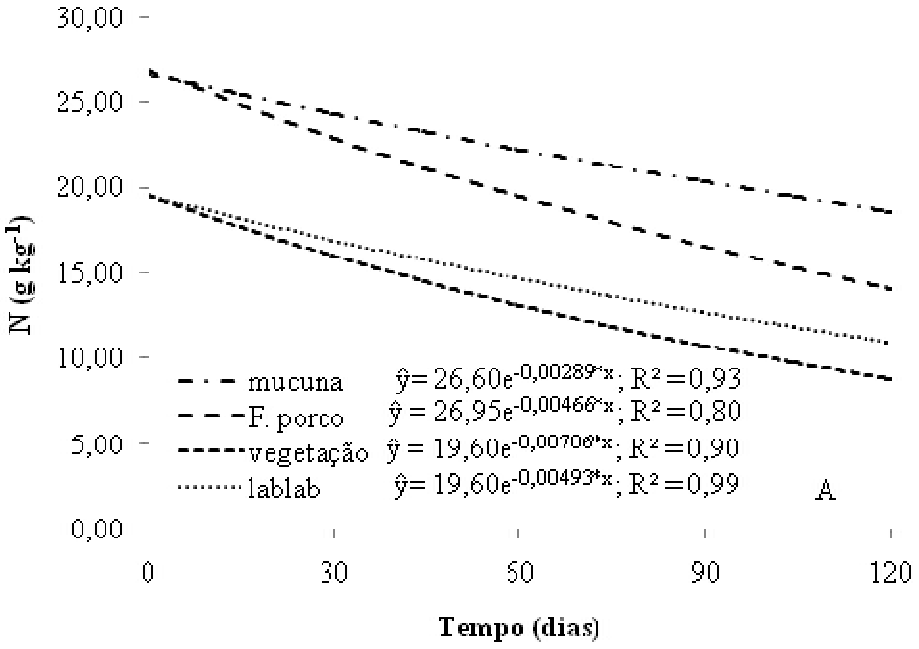
Adubos verdes	**k**	**½**
	g g^{-1} dia^{-1}	**Dias**
Lablab	0,00713 b	97 a
Mucuna preta	0, 00714 b	97 a
Feijão de porco	0, 01140 a	61 b
Vegetação espontânea	0, 00899 b	77 ab
C.V. (%)	20,32	

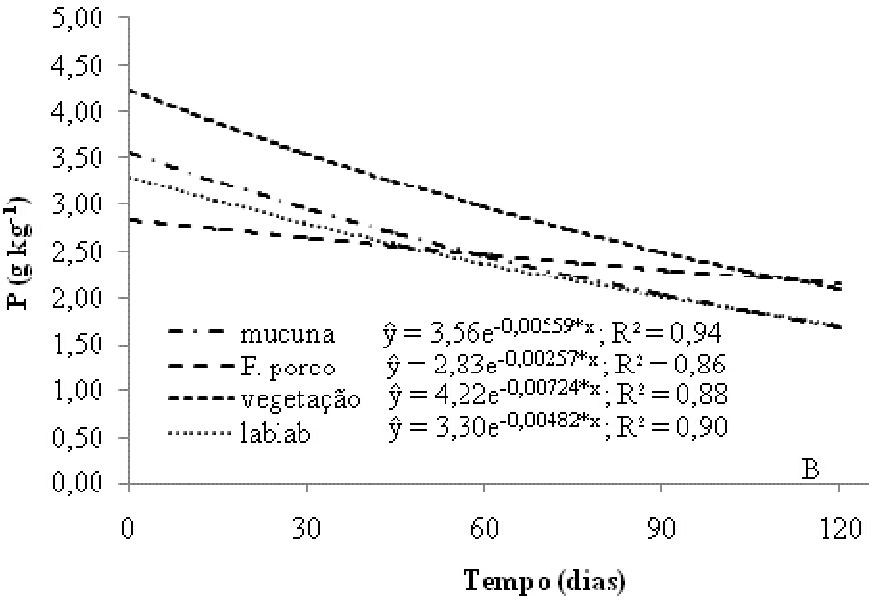
Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se correlação positiva entre os teores de nutrientes na palhada dos adubos verdes e a massa seca (r=0,94). Embora o teor de N na parte aérea tenha sido igual ao do feijão de porco e maior do que das demais coberturas vegetais, o tempo de meia vida da mucuna preta foi superior do que do feijão de porco, Já, a constante de decomposição foi menor do que a obtida para o feijão de porco e não diferenciando das demais coberturas vegetais, fato este justificado pela menor quantidade de massa seca de parte área produzida pela mucuna preta.

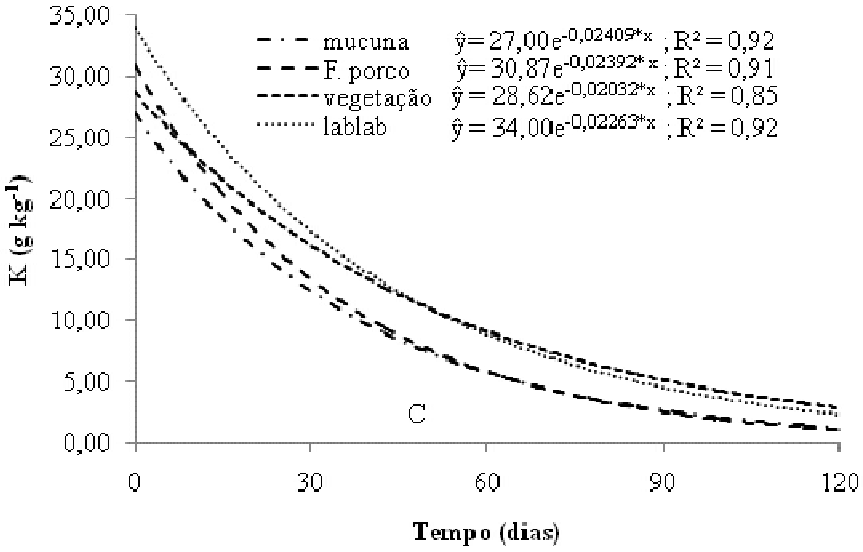
Os coeficientes de correlação entre a quantidade de massa seca produzida pelos adubos verdes e as temperaturas do solo mensurados durante o período de avaliação de perda de massa (120 dias) foi negativa forte (r= -0,98) (Tabela 7). Ou seja, quando os níveis de palhadas sobre o solo estão baixos, há aumento na temperatura do solo e com reflexo na atividade microbiológica, desta forma prejudicado o processo de decomposição e aumentando o tempo de meia vida. Segundo Souza et al. (2010), os resíduos vegetais formam uma camada espessa sobre o solo, o que contribui para a manutenção da temperatura e umidade do solo. Sob níveis de temperatura e umidade adequados, há maior atividade microbiana no solo, favorecendo o processo de decomposição.

As taxa de liberação do N, P, K e Ca foram influenciadas significativamente pela interação época e adubos verdes (Figuras 3A, 3B, 3C, 3D, 3E).

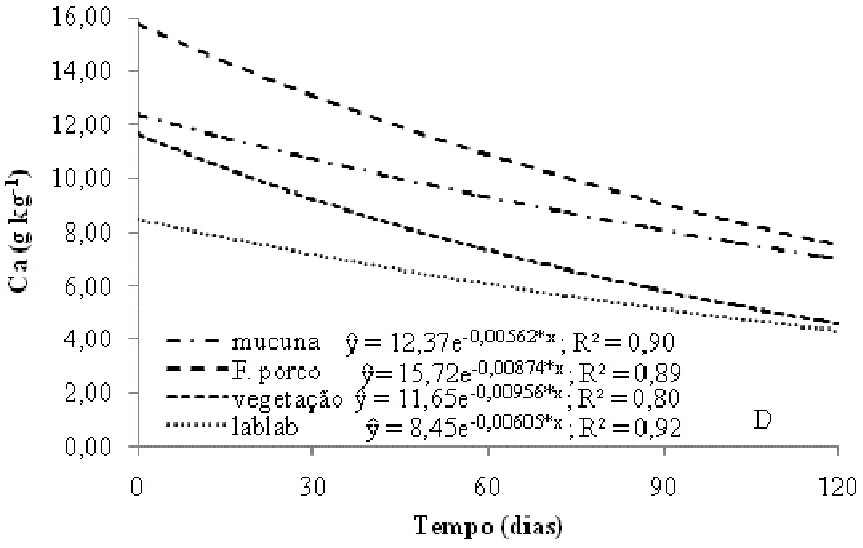



5,00
4,50
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
P (g kg-1)
mucuna ŷ = 3,56e-0,00559*x ; R² = 0,94
F. porco ŷ = 2,83e-0,00257*x ; R² = 0,86
vegetação ŷ = 4,22e-0,00724*x ; R² = 0,88
lablab ŷ = 3,30e-0,00482*x ; R² = 0,90
B
0
30
60
90
120
Tempo (dias)

594


35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
K (g kg-1)
mucuna ŷ = 27,00e-0,02409*x ; R² = 0,92
F. porco ŷ = 30,87e-0,02392*x ; R² = 0,91
vegetação ŷ = 28,62e-0,02032*x ; R² = 0,85
lablab ŷ = 34,00e-0,02263*x ; R² = 0,92
C
0
30
60
90
120
Tempo (dias)

595


16,00
14,00
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
Ca (g kg-1)
mucuna ŷ = 12,37e-0,00562*x ; R² = 0,90
F. porco ŷ = 15,72e-0,00874*x ; R² = 0,89
vegetação ŷ = 11,65e-0,00958*x ; R² = 0,80
lablab ŷ = 8,45e-0,00603*x ; R² = 0,92
D
0
30
60
90
120
Tempo (dias)

596

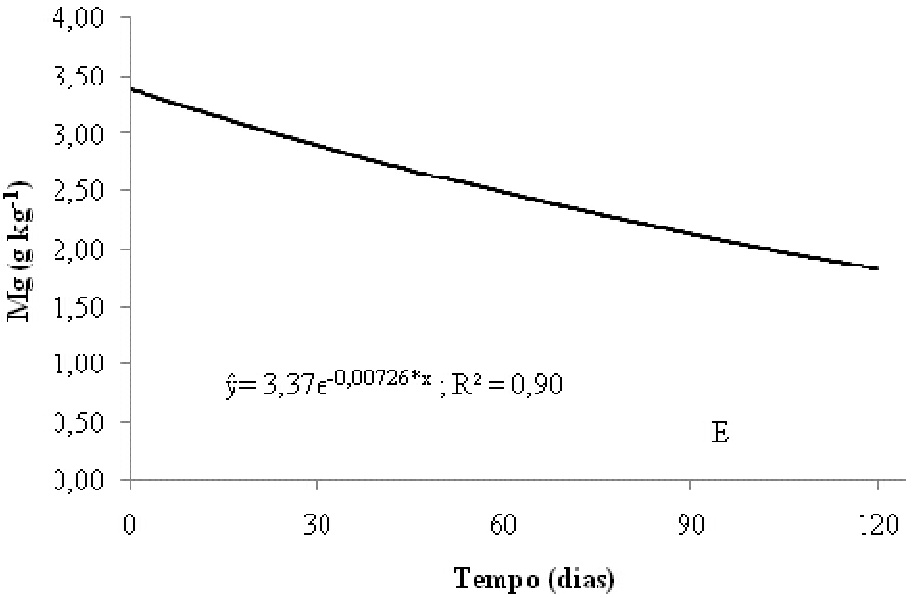


FIGURA 3. Liberação dos nutrientes da massa remanescentes de diferentes adubos verdes em função do tempo. Para o teor de Mg os dados em função dos adubos verdes foram agrupados. UFGD, Dourados-MS, 2014-2018.

Para o N, a maior constante de liberação e o menor tempo de meia vida foram da vegetação espontânea aos 120 dias. Já, a menor constante de liberação e o maior tempo de meia vida foram da mucuna preta. O feijão de porco e o lablab não diferiram entre si quanto a constate de liberação e o tempo de meia vida (Tabela 9).

TABELA 9. Constante de liberação (k) e tempo de meia vida (t½) dos nutrientes acumulados nos resíduos dos diferentes adubos verdes colocados sobre o solo. UFGD, Dourados-MS, 2014-2018.

Adubos verdes	N		P		K		Ca	
	k	t½	k	t½	k	t½	k	t½
Mucuna	0,003 b	239 a	0,005ba	124 ba	0,024 a	29 a	0,005 b	124 a
F. porco	0,005 ba	148 b	0,003 b	270 a	0,024 a	29 a	0,009 a	79 b
V.espontânea	0,007 a	98 c	0,007 a	96 b	0,020 a	34 a	0,009 a	73 b
Lablab	0,005 ba	140 b	0,005 ba	144 ba	0,023 a	31 a	0,006 b	114 a
C.V. (%)	19,63	29,33	18,63	30,70	17,48	27,65	20,17	31,02

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se correlação negativa entre a quantidade de resíduos colocados sobre o solo e a temperatura do solo (r= -0,98) (Tabela 7) Estes resultados podem ser justificados pela quantidade de resíduos adicionados ao solo por cada espécie de cobertura, porque quanto mais resíduos, menor a temperatura e dessa forma favorecendo a atividade microbiológica do solo e consequentemente o processo de mineralização da matéria orgânica. Além disso, influencia

na intensidade dos processos de mineralização/imobilização de cada espécie de cobertura. Acosta et al. (2014), estudando diferentes espécies de cobertura, aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L*)* e ervilhaca (*Pisum sativum* L) observaram que a liberação de N dos resíduos foi influenciada pela quantidade e tipo de resíduos adicionados ao solo.

A dinâmica de liberação do P seguiu o padrão do N, com a vegetação espontânea apresentando maior constante de decomposição e o menor tempo de meia vida (Figura 2C e Tabela 9). Esses resultados estão correlacionados com o maior acúmulo de P no resíduo da vegetação espontânea. Já, para o feijão de porco e a mucuna preta observou-se uma inversão nos valores da constante de decomposição e do tempo de meia vida em relação aos apresentados para o N (Tabela 9). Esta inversão pode ser atribuída às diferenças nos teores de N e P nos diferentes resíduos, que teve relação direta com as taxas de liberação do P (r= 0,99) Segundo Boeret al. (2007), o P está associado a compostos orgânicos no tecido vegetal, sendo sua mineralização ligada ao processo de decomposição pelos microrganismos do solo. Assim, qualquer fator que possa acarretar estresse para a microfauna do solo poderá interferir no processo de decomposição e refletir na liberação do nutriente.

Nas três espécies de adubos verdes, mais a vegetação espontânea, o K foi o nutriente mais rapidamente mineralizado. A maior velocidade de liberação desse nutriente também pode ser atestada pela análise de meia vida, de 29 dias para a mucuna e o feijão de porco, 34 dias para a vegetação espontânea e 31 dias para o lablab (Tabela 9) e pode ser atribuída ao fato de o K ser um elemento que não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal e por encontrar-se na forma iônica (BRAZ et al., 2004). Por isso, esse nutriente pode ser facilmente extraído dos tecidos das plantas, tanto pela água das chuvas quanto pela própria umidade do solo. Dessa forma, o K representa o nutriente em que o prazo de implantação de culturas em sucessão deve ser minimizado, com vistas à diminuição de perdas, devido à sua rápida liberação (BOER et al., 2007).

A dinâmica de liberação do Ca seguiu o mesmo padrão do P, sendo influenciada pela quantidade de resíduo colocados sobre o solo e o teor de nutrientes nos resíduos de cada espécie de cobertura do solo. Analisando-se as constantes de liberação (k) e o tempo de meia vida ($t^{1/2}$), observou-se que os maior valores de K e os menores da ($t^{1/2}$) foram da vegetação espontânea (0,00956 e 73 dias) e do feijão de porco (0,00874 e 79 dias). O menor valor de K e o maior da ($t^{1/2}$) foram da mucuna preta (0, 00565 e 124 dias) e do lablab (0, 00605 e 114 dias) (Tabela 9). Esses resultados podem ser justificados pelo fato de o Ca estar associado a compostos orgânicos no tecido vegetal. Segundo Perinet al. (2010), o Ca é um dos nutrientes

constituintes da lamela média e da membrana celular e possui as funções de componente e manutenção da estrutura celular, sendo sua mineralização ligada ao processo de decomposição pelos microorganismos do solo.

Na dinâmica de liberação do Mg não se observou influência dos adubos verdes, mas apenas da época (Figura 3E). A análise do t½ resultou em período de 97 dias para que 50% (1,67 g kg^{-1}) do teor de Mg acumulado nos resíduos dos adubos verdes fosse liberado para o solo. A rápida liberação do Mg é decorrente, segundo Perin et al. (2010), da participação desse nutriente em compostos iônicos e moléculas solúveis.

4.6 Características microbiológicas do solo cultivado com marmelo do Cerrado em sucessão a diferentes adubos verdes

A Biomassa Microbiana do Solo (C-BMS) e a respiração basal (C-CO_2) foram influenciadas pelos adubos verdes (Tabela 10). A maior C-BMS foi observada no sistema onde havia a presença do feijão de porco (348, 32 µg C g^{-1} de solo), o que representou incremento médio de 388,92% da C-BMS em relação ao solo com capina (71,24 µg C g^{-1} de solo). As demais plantas de cobertura, com exceção da mucuna preta, que não diferiu do solo com capina, tiveram maiores C-BMS, de 266,09% (vegetação espontânea) e 218,54% (lablab) em relação ao solo com capina (Tabela 10).

TABELA 10. Carbono da Biomassa Microbiana (C-BMS) e Respiração basal (C-CO2) do solo cultivado com marmelo do Cerrado em sucessão a adubos verdes ou capina. UFGD, Dourados-MS, 2014-2018.

Adubos verdes	*C-BMS (µg C g-1 de solo)	*C-CO_2 (µg $g^{-1}dia^{-1}$ de C-CO_2 no solo)
Capina	71,24 c	16,10 c
Lablab	226,93 b	26,09 b
Mucuna preta	135,72 c	32,95 a
Feijão de porco	348,31 a	35,76 a
Vegetação espontânea	260,80 b	28,31 b
C.V. (%)	23,28	11,65

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. *Análises feitas no laboratório de microbiologia do solo da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

A correlação positiva entre a C-BMS e a altura das plantas de marmelo do Cerrado (r= 0,91) ocorreram porque, segundo Taiz e Zeiger (2013), existe interdependência entre a raiz e a parte aérea e uma prova disso é a relação entre a taxa de crescimento da parte aérea e a taxa de absorção de P. Segundo Moreira (2004), essa relação entre raiz e parte aérea é determinada pela diferença fisiológica entre esses órgãos. Como as raízes geralmente se

desenvolvem no escuro e, portanto são dependentes de fotoassimilados produzidos pela parte aérea, esta, por sua vez, é dependente da absorção de água e nutrientes pelas raízes. Por isso, as atividades da parte aérea e do sistema radicular são decisivas para definir a massa e o volume de ambos. Assim, considerando a relação raiz/parte aérea, podemos inferir que as plantas do marmelo do Cerrado que apresentaram maior crescimento tiveram maiores volume de massa na raiz e consequentemente maior atividade microbiológica na região da rizosfera. Este fato está de acordo coma citação de Zhang et al. (2011), de que o tipo de vegetação sobre o solo é um importante fator controlador da biomassa microbiana no solo, atuando de forma direta, devido ao efeito seletivo na rizosfera pela exsudação das raízes das plantas.

As maiores taxas respiratórias foram observadas nos sistemas mucuna preta/marmelo do Cerrado e feijão de porco/marmelo do Cerrado, que tiveram em média, incremento na taxa respiratória de 104,66% e 122,11%, respectivamente, em relação ao solo capinado. A taxa respiratória nos sistemas lablab/marmelo do Cerrado e da vegetação espontânea/marmelo do Cerrado foi, em média, 62,05% e 75,84% superiores à do solo capinado (Tabela 10). Esses resultados podem ser consequência do maior teor de C-BMS, que em função do seu metabolismo, libera maior quantidade de CO_2. A maior liberação de CO_2 geralmente está associada à maior atividade biológica, que, por sua vez, está relacionada diretamente à quantidade de C lábil no solo.

Segundo Snajdr et al. (2008), 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. No entanto, elevada emissão de CO_2 também pode representar distúrbio ecológico no ecossistema, devendo ser analisada em cada contexto (CHAER et al., 2009), como observado no sistema mucuna preta/marmelo do Cerrado, cuja C-BMS não diferiu do solo capinado e, no entanto, apresentou alta taxa respiratória. A comprovação desses resultados pode ser verificada pela determinação dos quocientes metabólico e microbiano.

Os maiores qCO_2 observados nos sistemas mucuna preta/marmelo do Cerrado e capina/marmelo do Cerrado (Tabela 11) são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse, como limitações de nutrientes e pH baixo (SPOHN e CHODAK, 2015). Nessas condições, ocorre maior gasto de energia para manutenção da comunidade microbiana e os microrganismos tendem a consumir mais substrato para sobreviver (CARNEIRO et al., 2008). Assim, parte do carbono microbiano será perdido na forma de CO_2 pela alta catabolização da matéria orgânica (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007). Observou-se correlação

entre a temperatura (r=0,83) e o pH do solo (r= 0,95) mostrando que esses fatores foram limitantes para a microbiota do solo.

TABELA 11. Quociente metabólico **(**qCO_2) e quociente microbiano (qMIC) do solo cultivado com marmelo do Cerrado em sucessão a adubos verdes ou capina. UFGD, Dourados-MS, 2014-2018.

Adubos verdes	*qCO_2	***qMIC**
	$\mu g\ CO_2/\mu gC_{mic}\ h^{-1}$	-
Capina	146,42 a	4,95 b
Lablab	56,28 b	19,62 a
Mucuna preta	116,16 a	9,11 b
Feijão de porco	43,60 b	23,19 a
Vegetação espontânea	49,51 b	18,31a
C.V.%	44,37	16,41

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. *Análises feitas no laboratório de microbiologia do solo da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

O quociente microbiano (qMIC) , que corresponde à relação entre o carbono da biomassa microbiana (CBM) e o carbono orgânico total (COT), reflete a qualidade da matéria orgânica e a quantidade de carbono imobilizado na biomassa microbiana (CARDOSO et al., 2009). Valores pequenos do qMIC, como os observados nos sistemas mucuna preta/marmelo e capina/marmelo (Tabela 11) podem ser ocasionados por circunstâncias em que a microbiota se encontra sob algum fator de estresse ou devido à baixa quantidade e qualidade nutricional do resíduo orgânico colocado sobre o solo, fazendo com que a biomassa microbiana torne-se incapaz de utilizar totalmente o C orgânico (TAVARES et al., 2015).

4.7 Características microbiológicas do solo cultivado com vacum em sucessão a diferentes adubos verdes

Nos sistemas feijão de porco/vacum e vegetação espontânea/vacum, a C-BMS foi incrementada em 97,94% e 91,52%, respectivamente, em relação ao sistema sem a presença de cobertura vegetal sobre o solo, ou seja, capina/vacum (109,96 µg C g-1 de solo) (Tabela 12). Podemos inferir que a taxa de crescimento das plantas de vacum, nos diferentes sistemas analisados, influenciou na distribuição do sistema radicular no solo, aumentando o volume da biomassa da raiz e consequentemente proporcionando maior atividade microbiológica na rizosfera. O tamanho e a distribuição da parte aérea influenciam o sistema radicular pelo suprimento de carbono; isso, porque, os mecanismos de controle interno, relacionados com a força do dreno da parte aérea podem exercer grande influência no desenvolvimento radicular (MOREIRA, 2004).

(Zhang et al. (2011) citam que o tipo de vegetação sobre o solo é um importante fator controlador da biomassa microbiana no solo, atuando de forma direta, devido ao efeito seletivo na rizosfera pela exsudação das raízes das plantas.

TABELA 12. Carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal (C-CO_2**)** e Quociente metabólico(qCO_2) do solo cultivado com vacum em sucessão a adubos verdes, ou capina.UFGD, Dourados-MS, 2014-2018.

Tratamentos	***C-BMS**	***C-CO2**	***qCO2**
	(µg C g-1 de solo)	**(µg $g^{-1}dia^{-1}$ de C-CO_2 no solo)**	**(µg CO_2/µgC_{mic} h^{-1})**
Capina	109,96 b	14,87 c	44,96 a
Lablab	173,04ab	18,32 bc	37,66 a
Mucuna	147,82ab	20,31 ab	42,60 a
F. porco	217,65 a	26,69 a	41,90 a
Vegetação	210,60 a	25,15 a	49,30 a
C.V.%	29,39	15,20	29,95

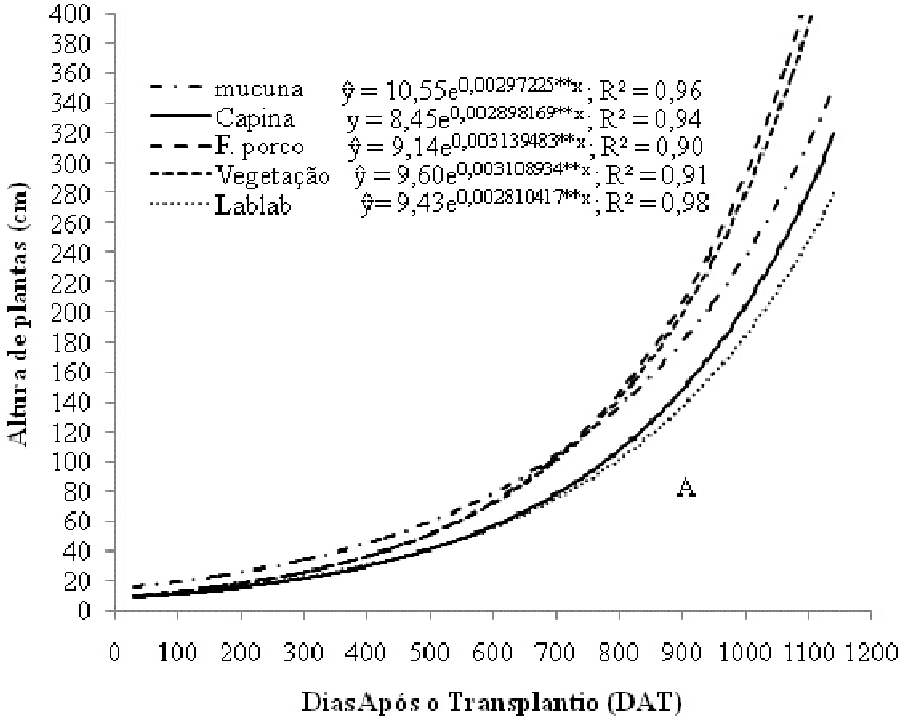
Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. *Análises feitas no laboratório de microbiologia do solo da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

As maiores taxas respiratórias foram observadas nos sistemas feijão de porco/vacum (Tabela 12) podem ser consequência do maior teor de C-BMS, que em função do seu metabolismo, libera maior quantidade de CO_2. A maior liberação de CO_2 geralmente está associada à maior atividade biológica, que, por sua vez, está relacionada diretamente à quantidade de C lábil no solo. Ao contrário do observado para o marmelo do Cerrado, o alto qCO_2 não diferiu entre os tratamentos indicando que todos os sistemas estudados estavam submetidos a algum fator de estresse. Observou-se correlação significativa entre a Biomassa Microbiana do solo (C-BMS) e a temperatura do solo (r=0,84) e entre a Biomassa Microbiana do solo (C-BMS) e a área foliar do vacum, indicando que esses fatores foram determinantes para a atividade microbiológica do solo. Essa correlação pode ser explicada pelo fato de a temperatura do solo ser influenciada, dentre outros fatores, pela área de superfície coberta pela copa das plantas sucessoras (CARNEIRO et al., 2014). Segundo Tapia-Coral et al. (2005) a copa das árvores desempenham funções relevantes, como proteger o solo das flutuações de temperatura incidentes. Considerando a copa do vacum é do tipo simpodial, esta favoreceu a manutenção de temperatura mais baixa do solo (Biondi et al., 2007).

4.8 Características biométricas do marmelo do Cerrado

A altura e o diâmetro do caule das plantas do marmelo do Cerrado foram influenciados pela interação adubos verdes e épocas de avaliação (Figura 4A). As maiores alturas máximas foram observadas em plantas cultivadas em sucessão à cobertura da vegetação espontânea

(328,69 cm) seguida do feijão de porco (324,00 cm). Houve incremento de altura das plantas de 101,00 cm nas cultivadas em sucessão a vegetação espontânea e 96,31 cm nas plantas em sucessão ao feijão de porco em relação as plantas cultivada no solo capinado.



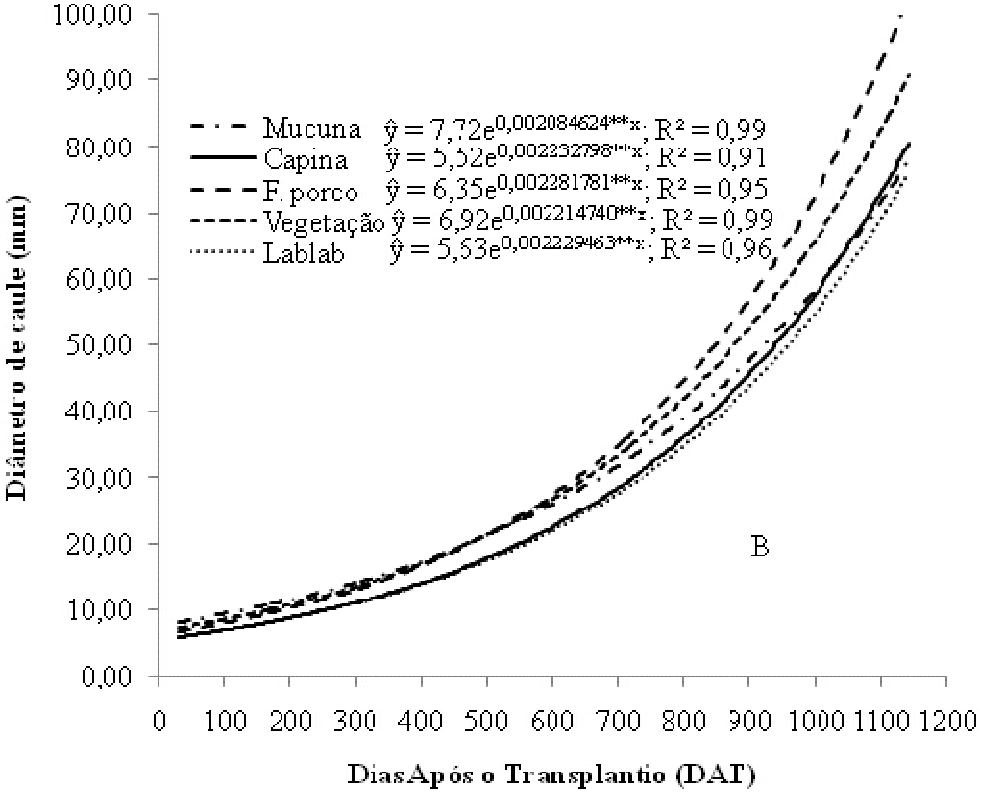


FIGURA 4. Altura de plantas (A) e diâmetro de caule (B) de plantas do marmelo do Cerrado cultivado em sucessão a adubo verdes ou capina. Dourados-MS, 2014-2018.

Os maiores diâmetros do caule das plantas do marmelo do Cerrado foram daquelas cultivadas em sucessão à vegetação espontânea (85,76 mm) seguida da sucessão ao feijão de porco (84,92 mm) e da sucessão mucuna preta, com incremento médio de 15,94 mm e 15,10 mm, respectivamente, em relação ao diâmetro do caule das plantas cultivadas no solo capinado (Figura 4B). Esses resultados podem estar relacionados ao uso da cobertura vegetal, em forma de palhada, que pode ter induzido mudanças na aeração e na capacidade de retenção da água, proporcionando aumento da atividade dos processos microbianos no solo, em resposta à decomposição orgânica (LIMA FILHO et al., 2014), favorecendo um rápido crescimento inicial das plantas e favorecendo o crescimento ao longo do seu ciclo vegetativo.

Na literatura há trabalhos que relatam resultados diferentes sobre a influência dos adubos verdes na altura de plantas, como observados no sistema lablab/marmelo do Cerrado, pois enquanto em alguns houve influência (VALICHESKI et al., 2012), em outros não houve (LÁZARO et al., 2013). O marmelo do Cerrado não é uma espécie melhorada geneticamente e por este motivo, as plantas podem responde pouco às mudanças ambientais.

4.9 Características biométricas do vacum

A altura das plantas e o diâmetro do caule do vacum foram influenciados pela interação adubos verdes e épocas de avaliação. As maiores alturas máximas foram observadas nas plantas cultivadas em sucessão ao feijão de porco (313,67 cm), seguido da vegetação espontânea (286,36 cm), aos 1140 DAT. O cultivo em sucessão ao feijão de porco e à vegetação espontânea proporcionaram ao vacum incremento na altura das plantas de 61,40 cm e 34,09 cm, respectivamente, em relação ao solo capinado (Figura 5A). Já os menores valores para altura das plantas daquelas cultivadas em sucessão à mucuna preta (245,34 cm), lablab (252,03 cm) e capina (252,27 cm).

Os maiores diâmetros de caule do vacum foram das plantas cultivadas em sucessão ao feijão de porco (48,27 mm) aos 1140 DAT, com incrementos médios de 6,33 mm em relação ao diâmetro do caule das plantas cultivadas em solo capinado (Figura 5B).

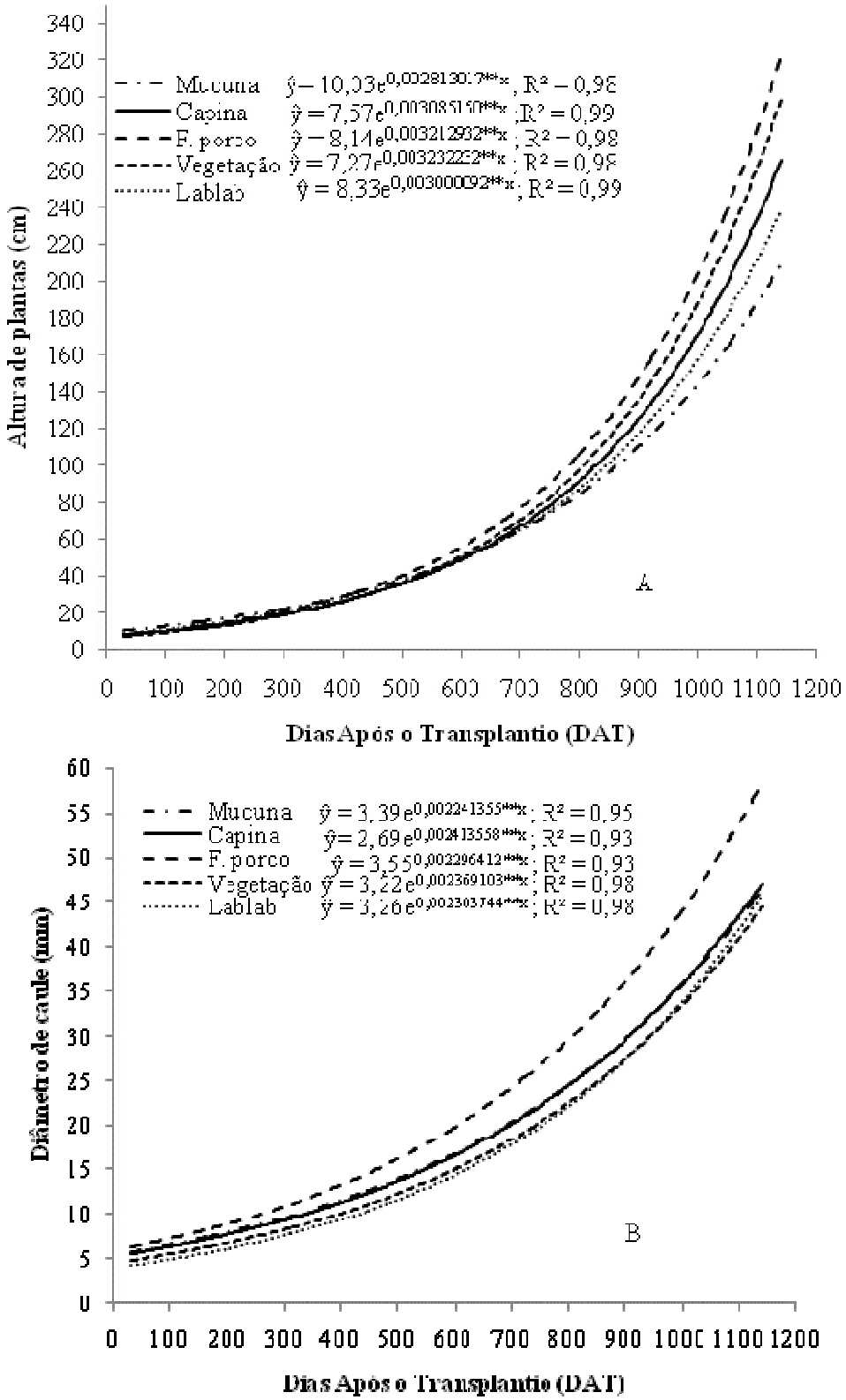


FIGURA 5. Altura de plantas (A) e diâmetro de caule (B) do vacum do Cerrado cultivado em sucessão a adubos verdes ou capina. Dourados-MS, 2014-2018.

Na literatura há trabalhos que relatam resultados diferentes sobre a influência dos adubos verdes na altura de plantas, como observados neste estudo, pois enquanto em alguns houve influência (ALICHESKI et al., 2012), em outros não houve (LÁZARO et al., 2013). Isso, porque há espécies que possuem alta plasticidade adaptativa, moldando sua forma de crescimento conforme o ambiente em que está se desenvolvendo.

4.10 Produtividade do marmelo do Cerrado

As maiores produtividades (1.305.000 e 1.817.500 frutos ha^{-1}) foram das plantas de marmelo do Cerrado cultivadas em sucessão ao feijão de porco e vegetação espontânea, respectivamente, e representaram 64,37% (840.000) e 74,42% (1.352.500) frutos ha^{-1} a mais que as plantas cultivadas em sucessão ao solo capinado (465.000 frutos ha^{-1}), respectivamente (Tabela 15).

TABELA 13. Número de frutos, diâmetro e comprimento de frutos e massa fresca de frutos de marmelo do Cerrado cultivado em sucessão a adubos verdes ou capina. Dourados-MS, 2014-2018.

Adubos verdes	Frutos	Diâmetro de frutos	Altura	Massa fresca de frutos
	número ha^{-1}	mm		Mg ha^{-1}
Capina	465.000 b	46,71 b	45,85 a	36,17 b
Lablab	1.002.500 ab	48,43 ab	48,25 a	70,92 ab
Mucuna	670.000 b	48,83 ab	48,68 a	50,91 ab
F. porco	1.305.000 a	53,53 a	47,59 a	91,05 a
V. espontânea	1.817.500 a	49,31 ab	45,15 a	114,25 a
C.V. (%)	47,92	6,03	6,61	47,39

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O maior diâmetro de frutos (53,53 mm) foi das plantas cultivadas no sistema feijão de porco/marmelo e que representaram 14,60% a mais que o diâmetro de frutos observado no sistema sem a presença de cobertura vegetal (46,71 mm). Para a altura dos frutos não houve diferença entre os sistemas com adubos verdes e capina (Tabela 13).

Para a massa fresca de frutos do marmelo, observou-se um incremento percentual de 151,73% das plantas cultivadas no sistema feijão de porco/marmelo e 215,87% nas plantas cultivadas no sistema vegetação espontânea/marmelo em relação á massa de frutos das plantas cultivadas no capina/marmelo (Tabela 13). Este resultado está relacionado aos benefícios advindos com o uso dos adubos verdes (Tabela 2), que por meio da quantidade de resíduos colocados sobre o solo promoveu aumento do teor de matéria orgânica, proporcionando melhorias nas características biológicas do solo e estabilizando o sistema ao longo do tempo.

Além disso, houve reflexo na ciclagem de nutrientes, o que favoreceu o crescimento e o desenvolvimento vegetativo das plantas de marmelo do Cerrado e com posterior benefício à produtividade.

Observou-se forte correlação (Tabela 14) entre as alturas de plantas e o número de frutos (r= 0,90) e altura de plantas e massa fresca de frutos (r= 0,88). Segundo Carvalho et al. (2010), a maioria das correlações, fenotípicas ou genotípicas, entre as características de crescimento e produtividade pode ser considerada alta. Os autores observaram correlação positiva entre a altura das plantas de café e a produtividade dos grãos (r=0,92). Martinez et al. (2007) também encontraram correlação entre o crescimento vegetativo e a produtividade do café, sendo que os atributos vegetativos que mais contribuíram para o aumento da produtividade foram a altura das plantas e o diâmetro do caule. Bahia et al. (2008) observaram correlações positivas e significativas para produtividade e diâmetro de caule e entre produtividade e altura de planta na cultura da mamona.

TABELA 14. Correlação de Pearson entre as características altura, diâmetro, números de frutos e massa fresca dos frutos de marmelo. Dourados-MS, 2014-2018.

Parâmetros	**Nf**	**Mf**
Altura de plantas	0,90*	0,88*
Diâmetro do caule	0,60*	0,57*

*significativo a 5% de probabilidade

A variabilidade biométrica em relação ao diâmetro de frutos do marmelo pode estar relacionada às características dos frutos, como relatado Sobrinho (2014), que ao fazer a caracterização biométrica dos frutos do marmelo do Cerrado, observou diâmetro transversal maior que o longitudinal, indicando que os frutos do marmelo do Cerrado são levemente achatados, o que corresponde aos resultados obtidos neste estudo. Rodrigues et al. (2006) citam que espécies alógamas, como o marmelo, apresentam elevada variabilidade genética em relação às características dos frutos, fazendo com que esses não apresentem simetria.

4.11 Produtividade do vacum

O uso da cobertura vegetal sobre o solo melhorou a produtividade do vacum, com exceção das plantas cultivadas na sucessão mucuna preta, que tiveram produções semelhantes às plantas do vacum cultivados em solo capinado (Tabelas 15). O uso das coberturas vegetais feijão de porco e a vegetação espontânea induziram, respectivamente, incrementos de 215,80% e 181,65% para a massa fresca de caule; 114,84% e 90,45% para a massa fresca de folhas; 114,66% e 91,20% para a massa seca de folhas; 144,47% e 117,56% para a área

foliar, 311,11% e 133,33% para a massa fresca de frutos e 900% e 700% para a massa seca de frutos, em ralação ao solo capinado (Tabela 15).

TABELA 15. Massa fresca de caule, massa fresca de folhas, massa seca de folhas, massa fresca de frutos, massa seca de frutos e área foliar de vacum do Cerrado cultivado em sucessão a adubos verdes ou capina. Dourados-MS, 2014-2018.

Adubos verdes	Massa fresca caule	Massa fresca folhas	Massa seca folha	Massa fresca frutos	Massa seca frutos	Área Foliar
	Mg ha^{-1}					cm^2 pantas $^{-1}$
Capina	25,83 b	14,76 b	6,48 b	0,09 b	0,01 b	46.319,58 b
Lablab	51,31 ab	25,48 ag	11,89 ab	0,15 ba	0,04 ab	84.716,94 ab
Mucuna	35,79 b	18,01 b	7,72 b	0,10 b	0,05 ab	55.237,08 b
F. porco	81,57 a	31,71 a	13,91 a	0,37 a	0,10 a	113.237,72 a
Vegetação	72,75 a	28,11 a	12,39 a	0,21 a	0,09 a	100.774,04 a
C.V. (%)	31,28	23,98	21,89	72,26	73,84	27,98

Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Este resultado está relacionado aos benefícios advindos com o uso dos adubos verdes, que por meio da quantidade de resíduos colocados sobre o solo promoveu aumento do teor de matéria orgânica, proporcionando melhorias nas características biológicas do solo e estabilizando o sistema ao longo do tempo. Além disso, houve reflexo na ciclagem de nutrientes, o que favoreceu o crescimento e o desenvolvimento vegetativo das plantas de vacum e com posterior benefício à produtividade.

A produção de grandes quantidades de folhas e frutos é uma característica desejável para as plantas de vacum, pois são nesses órgãos que estão concentrados os compostos bioativos de uso comercial e popular (DHARMANI et al., 2005; TREVISAN et al., 2016).

5.0 CONCLUSÕES

O uso do feijão de porco e da vegetação espontânea favoreceram o crescimento e o desenvolvimento das plantas de marmelo do Cerrado e com posterior reflexo em produtividade.

A maior produção de frutos do marmelo do Cerrado foi das plantas cultivadas em sucessão ao feijão de porco e à vegetação espontânea.

O adubo verde do feijão de porco favoreceu o crescimento e o desenvolvimento das plantas de vacum e com posterior reflexo em produtividade.

As maiores produtividades de massa fresca de caule, massa seca e fresca de folhas e massa fresca e seca de frutos do vacum foram das plantas cultuvadas em sucessão ao feijão de porco.

A cobertura do solo é importante estratégia para incremento de produção do marmelo do Cerrado e vacum.

Características agronômicas podem ser influenciadas pela cobertura do solo.

6.0 REFERÊNCIAS

ANDRADE, S. R.; STONE, F. L.; SILVEIRA, M. P. Culturas de Cobertura e Qualidade Física de um Latossolo em um Sistema de Plantio Direto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.13, n.4, p.411-418, 2009.

ALCÂNTARA, A. F; FURTINE-NETO, A.E; PAULA, M. B; MESQUITA; H. A; MUNIZ, J.A. Adubação Verde na Recuperação da Fertilidade de um Latossolo Vermelho Escuro Degradado. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.35, n.2, p.277- 288, 2000.

ABREU, D. C. A.; KUNIYOSHI, Y. S.; NOGUEIRA, A. C.; MEDEIROS, A. C. S. Caracterização morfológica de frutos, sementes e germinação de *Allophylus edulis* (St.-Hil.) Radlk. (Sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 59-66, 2005.

ACOSTA, J. A. A.; AMADO, T. J. C.; SILVA, L. S.; SANTI, A.; WEBER, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 801-809, 2014.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgard, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient of CO2 (qCO2) as a specific activity paramenter to assess the effects of environmental condition, such as pH, on the microbial of forest soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, n.3, p.393-395, 1993.

ALCÂNTARA, F. A.; NETO, A. E. F.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n. 2, p.277-288, 2000.

AMARAL, C. N.; GUARIM, V. L. M. S. Estudo etnobotânico da comunidade rural de cascavel (Jangada-MT). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 894-896, 2007.

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.

AQUINO, D. F. S.; TIRLONIA, C. A. S.; MENEGATI, S. E. L.; CARDOSO, C. A. L.; VIEIRA, S. C. H.; VIEIRA, M. C.; SIMONETE, A. M.; MACÍASE, F. A.; JUNIORE, A. G. *Alibertia edulis* (L.C. Rich.) A.C. Rich – A potent diuretic arising from Brazilian indigenous species. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 196, n. 21, p. 193-200, 2017.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

ARAÚJO, R. C. R.; PIRES, L. L. Opções de frutíferas do cerrado para paisagismo urbano em bairros da periferia de Goiânia-GO. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 235-239, 2009.

BAREA, J. M.; POZO, M.J.; AZCÓN, R.; AZCÓN-AQUILAR, C. Microbial cooperation in therhizosphere. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 417, p. 1761-1778, 2005.

BILIO, R. S.; COELHO, M. F. B.; CAMILI, E. C.; GAVILON, V. H. R. Temperature and seed germination of *alibertia edulis*. **Journal of Global Biosciences,** v. 7, n. 1, p. 5313-5318, 2018.

BOER, C. A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v.42, n. 9, p. 1269-1276, 2008.

BURNS, R. G.; DE FOREST, J. L.; MARXSEN, J.; SINSABAUGH, R. L.; STROMBERGER, M. E.; WALLENSTEIN, M. D.; WEINTRAUB, M. N.; ZOPPINI, A. Soil enzymes in a changing environment: current knowledge and future directions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 58, n. 10, p. 216-234, 2013.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Curitiba, IAPAR, 1995, 118p.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 6, p. 631-637, 2009.

CARNEIRO, M. A. C.; ASSIS, P. C. R.; MELO, L. B. C.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SILVEIRA NETO, A. N. Atributos bioquímicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 4, p. 276-283, 2008.

CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F. **Cerrado:** Adubação verde. Brasília, Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.

CASTILLO, L.; GONZÁLEZ-COLOMA, A.; RITZEL, A. G.; DIAZ, M. Screening of Uruguayan plants for deterrent activity against insects. **Industrial Crops and Products**, v. 29, n. 1, p. 235-240, 2009.

CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, V. R.; NETO, A. L.; SANTOS, M.A.L.; SANTOS, C. G.; COSTA, L. C. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 521–528, 2012.

CHAER, G. M.; MYROLD, D. D.; BOTTOMLEY, P. J. A soil quality index based on the equilibrium between soil organic matter and biochemical properties of undisturbed coniferous forest soils of the Pacific Northwest. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n. 7, p. 822-830, 2009.

CUNHA, E. Q.;STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. M.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção de feijão e milho. II Atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 603-611, 2011.

DHARMANI, P.; MISHRA, P. K.; MAUYA, R.; CHAUHAN, V. S.; PALIT, G. *Allophylus serratus*: A plant with potential anti-ulcerogenic activity. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 99, n. 3, p. 361-366, 2005.

DUARTE, E. M. G. CICLAGEM DE NUTRIENTES POR ÁRVORES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA MATA ATLÂNTICA. 2007. 115f. Dissertação (Magister Scientiae). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

DIAZ, M.; GONZÁLEZ, A.; CASTRO-GAMBOA, I.; GONZALEZ, D.; ROSSINI, C. First record of L-quebrachitol in *Allophylus edulis* (Sapindaceae). **Carbohydrate Research**, v. 343, n. 15, p. 2699-2700, 2008.

EIRAS, P. P.; COELHO, F. C. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura do milho. **Revista Científica Internacional**, v. 4, n. 17, p 96-124, 2011.

EPRON, D.; NOUVELLON, Y.; DELEPORTE, P.; IFO, S.; KAZOTTI, G.; THONGO M'BOU, A.; MOUVONDY, W.; SAINT-ANDRÉ, L.; ROUPSARD, O.; JOURDAN, C.; HAMEL, O. Soil carbon balance in a clonal *Eucalyptus plantation* in Congo: effects of logging on carbon inputs and soil CO2 efflux. **Global ChangeBiology**, v. 12, n. 6, p. 1021-1031, 2006.

ERASMO, E. A.L.; AZEVEDO, W. R.;SARMENTO, R .A.; CUNHA, A. M.; GARCIA, S. L. R. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 337-342, 2004.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L. M.; ALVARENGA, R. C.; NEVES, J. C. L. Crescimento e Acúmulo de Nutrientes por Plantas Espontâneas e por Leguminosas Utilizadas para Adubação Verde. **Revista Brasileira Ciencia do Solo**, v. 24, n. 1, p. 171-177, 2000.

FERREIRA, L. E.; SOUZA, E. P.; CHAVES, A. F. Revisão de Literatura: Adubação verde e seus efeitos sore os atributos do solo. **Revista Verde**, v. 7, n. 1, p. 33-38. 2012.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soiltillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v.42, n. 3, p. 288-296, 2009.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; 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.

JOLY C. A.; HADDAD, C. F. B.; VERDADE, L. M.; OLIVEIRA, M. C.; BOLZANI, V. S.; BERLINCK, R. G. S. Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. **Revista USP**, n.89, p.114-133, 2011.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability**. Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, n. 1, p. 1-13, 2010.

KILL, L. H. P.; HAJI, F. N. P.; LIMA, P. C. F. Visitantes florais de plantas invasoras de áreas com fruteiras irrigadas. **Scientia Agrícola**, v.57, n.3, p.575-580, 2000.

LAL, R.; NEGASSA, W.; LORENZ, K. Carbon sequestration in soil. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 15, n.9, p. 79-86, 2015.

LELES, P. S. S.; ABAURRE, G. W.; ALONSO, J. M. Crescimento de espécies arbóreas sob diferentes espaçamentos em plantio de recomposição florestal. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 90, p. 231-239, 2011.

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. C.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p.29-35, 2010.

LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; DONIZETI, J.A. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil:** fundamentos e prática. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 507p.

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. 45-55, 2012.

LIU, Y. MI, G.; CHEN, F.; ZANG, J.; ZANG, F. Rhizosphere effect and root growth of two maize (*Zea mays* L.) genotypes with contrasting P efficiency at low P availability. **Plant Science**, v. 167, n. 2, p. 217-223, 2004.

LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. G. M.; MONTANDON, C. G.; REIS JUNIOR, F. B.; GOEDERT, W. J.; MENDES, I. C. Interpretation of Microbial Soil Indicators as a Function of Crop Yield and Organic Carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 2, p. 461-472, 2013.

MOREIRA, D. G.; VIEIRA, M. C.; HEREDIA ZÁRATE, N. A.; CARNEVALI, T. O.; TORALES, E. P.; TABALDI, L. A.; LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M. Produtividade de vinagreira, pimenta rosa e carobinha cultivadas em sucessão a mucuna preta e feijão de porco **Revista Brasileira Plantas Medicinais**, v.18, n.1, p.326-335, 2016.

MOREIRA, M. F. Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea do feijão comum em função da distribuição e do teor de fósforo no solo. 2004. 135p. Tese (doutorado em fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, 2004.

ODUM, E. P. The strategy of ecosystems development.**Science**, v. 164, n. 3877, p. 262-270, 1969.

PAIVA SOBRINHO, S. **Biometria de frutos e sementes e tolerância à dessecação e ao criocongelamento de sementes de três espécies arbóreas**. 2014, 103f. Tese (doutorado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Mato Grosso, 2014.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, E. P. B.; VIANA, A. P.; ESPINDOLA, J. A. A.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic Conilon coffee. **Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 995-1006, 2011.

PIETRI, J.C.A.; BROOKES, P.C. Substrate inputs and pH as factors controlling microbial biomass, activity and community structure in an arable soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n. 7, p. 1396-1405, 2009.

PRAGANA, R. B.; NOBREGA, R. S. A.; RIBEIRO, M. R.; LUSTOSA FILHO, J. F. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em latossolos amarelos na região do cerrado piauiense sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 851-858, 2012.

RICHARDSON, A.E.; BAREA, J.M.; MCNEILL, A.M.; PRIGENT-COMBARET, C. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. **Plant and Soil**, v. 321, n. 1/2, p. 305-339, 2009.

RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, F. M. Genética da conservação em espécies vegetais do Cerrado. Revista de Ciências Médicas e Biológica, v. 5, n. 3, p. 253-260, 2006.

RODRIGUES, A. C. C.; OSUMA, J. T. A.; QUEIROZ, S. R. Biometria de frutos e sementes e grau de umidade de sementes de angico (Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan var. cebil (Griseb.) Altschul) procedentes de duas áreas distintas. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 4, n. 8, p. 1-15, 2006.

RODRIGUES, V. H. P.; LOPES, S. F.; ARAÚJO, G. M.; SCHIAVINI, I. Composição, estrutura e aspectos ecológicos da floresta ciliar do rio Aráguari no Triângulo Mineiro. **Hoehnea**, v. 37, n. 1, p. 87-105, 2010.

SAGRILO, E.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p.29-35, 2010.

SENEME, A. M.; POSSAMAI, E.; SCHUTA, L. R. Germinação e sanidade de sementes de vacum (*Allophylus edulis*). **Revista Ceres**, v. 53, n. 305, p. 1-6, 2006.

SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FEITORA, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; SILVA, E. M. R. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio vale do paraíba do sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, pp. 1680-1689, 2012c.

SILVA, M. P.; SÁ, M. E.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L. F.; SOUZA, L. C. D.; ARRUDA, N. Palhada, teores de nutrientes e cobertura do solo por plantas de cobertura semeadas no verão para semeadura direta de feijão. **Agrarian**, v.7, n.24, p.233-243, 2014a.

SILVA, T.O.; FURTINI NETO, A.E.; CARNEIRO, L.F.; PALUDO, V. Plantas de cobertura submetidas a diferentes fontes de fósforo em solos distintos. **Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1315-1326, 2011b.

SILVA, F. A. B.; PEREIRA, L. A. R.; SILVEIRA, C. E. S. Micropropagação de *Alibertia edulis* Rich**. Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, n.6, p.11031114, 2008.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas em sucessão ao milho na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, v. 4, p. 327-334, 2004.

SOUZA, I. F. Controle biológico de plantas daninhas. **Informe Agropecuário**, v.15, n. 167, p. 77-82, 1991.

SNAJDR, J.; VALASKOVÁ, V.; MERHAUTOVÁ, V.; HENRIKOVÁ, J.; CAJTHAML, T.; BALDRIAN, P. Spatial variability of enzyme activities and microbial biomass in the upper layers of Quercuspetraea forest soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, n. 6, p. 2068-2075, 2008.

SPOHN, M.; CHODAK, M. Microbial respiration per unit biomass increases with carbon-to-nutrient ratios in forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 81, n. 08, p. 128-133, 2015.

TAVARES, R.L.M.; FARHATE, C.V.V.; SOUZA, Z.M.; JUNIOR, N.L.S.; TORRES, J.L.R.; CAMPOS, M.C.C. Emission of CO2 and soil microbial activity in sugarcane management systems. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 9, 2015.

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TEIXEIRA, M. B. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milheto e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 35, n. 3, p. 867-876, 2011.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, n. 2, p. 63-640, 2011.

TIRLONI, C. A. S.; MACORINE, L. F. B.; SANTOS, U. P.; ROCHA, P. S.; BARROS, S. V.; MELO, A. M. M. F.; VIEIRA, M. C.; SOUSA, K. P.; SANTOS, E. L. Avaluation of the antioxidant activity, antimicrobial effect and acute toxicity of leaves fron *Allophylus edulis*. **African Journal of Pharmacy and Phaemacology**, v. 9, n. 11, p. 353-362, 2015.

TOLOQUEI, S. E. L.; TRASEI, G. K.; LIMA, F. F.; ARAÚJO, F. H. S.; LESCANO, C. H.; CARDOSO, C. A. L. Cytotoxic, genotoxic and mutagenic evaluation of *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. EX. DC: an indigenous species from Brazil. **Journal Drug and Chemical Toxicology**, v. 25, n. 10, p. 1-8, 2018.

TREVIZAN, L. N. T.; NASCIMENTO, K. F.; SANTOS, J. A.; KASSUVA, C. A. L.; CARDOSO, C. A. L.; VIEIRA, M. C.; MOREIRA, F. M. F.; CRODA, J.; FORMAGIO, A. S. N. Anti-inflammatory, antioxidant and anti-*Mycobacterium tuberculosis* activity of viridiflorol: The major constituent of *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. &Cambess.) Radlk. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 192, n. 4, p. 510-515, 2016.

UMEO, S. H.; ITO, T. M.; YOKOTA, M. E.; ROMAGNOLO, M. B.; LAVERDE-JUNIOR, A. Avaliação das propriedades antioxidantes, anticolinesterásicas e citotóxicas dos frutos de *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk. (Sapindaceae). **Arquitetura. Ciência Saúde**, v. 15, n. 2, p. 167-171, 2011.

VALLI, M.; YUNNG, M. C. M.; BOLZANI, V. S. A Beleza Invisível da Biodiversidade: O Táxon Rubiaceae. **Revista virtual de química**, v. 8, n. 1, p. 296-310, 2016.

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUS, F.; STUMER, S. L. K.; TRAMONTIN, A. L.; BAADE, E. S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.9, p.969– 977, 2012.

WANG, W.J.; DALAL, R. C.; WMOODY, P.; SMITH, C. J. Relationships of soil respiration to microbial biomass, substrate availability and clay content. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 35, n. 2, p. 273-284, 2003.

ZHANG, C.; LIU, G.; XUE, S.; SONG, Z. Rhizosphere soil microbial activity under different vegetation types on the Loess Plateau, China.**Geoderma**, v. 161, n. 3, p. 115-125, 2011.