

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E CRESCIMENTO INICIAL
DE *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich CULTIVADA COM
CAMA DE FRANGO E DISPONIBILIDADES LUMINOSAS**

CLEBERTON CORREIA SANTOS

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2019**

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E CRESCIMENTO INICIAL DE *Alibertia edulis*
(Rich.) A. Rich. CULTIVADA COM CAMA DE FRANGO E
DISPONIBILIDADES LUMINOSAS**

CLEBERTON CORREIA SANTOS
Tecnólogo em Agroecologia, Mestre

Orientador (a): PROF^a. DR^a. 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).

S237r Santos, Cleberton Correia

Respostas fisiológicas e crescimento inicial de *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich cultivada com cama de frango e disponibilidades luminosas [recurso eletrônico] / Cleberton Correia Santos. -- 2019.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: 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. marmelo do cerrado. 2. fluorescência da clorofila-a. 3. ajustes fisiológicos. 4. resíduo orgânico. 5. sombreamento. 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.

"Respostas fisiológicas e crescimento inicial de Alibertia edulis (Rich.) A. Rich. Cultivada com cama de frango e disponibilidades luminosas"

por

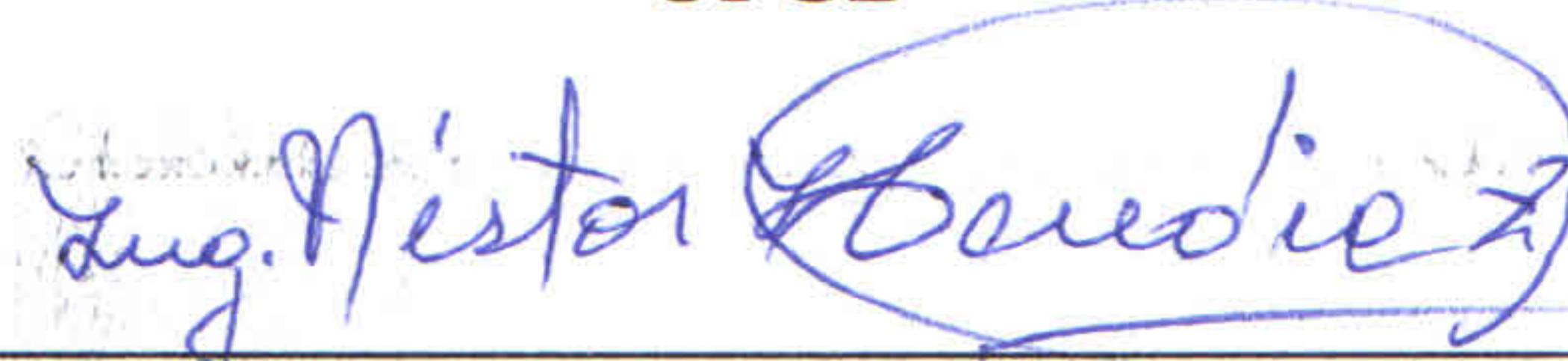
CLEBERTON CORREIA SANTOS

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

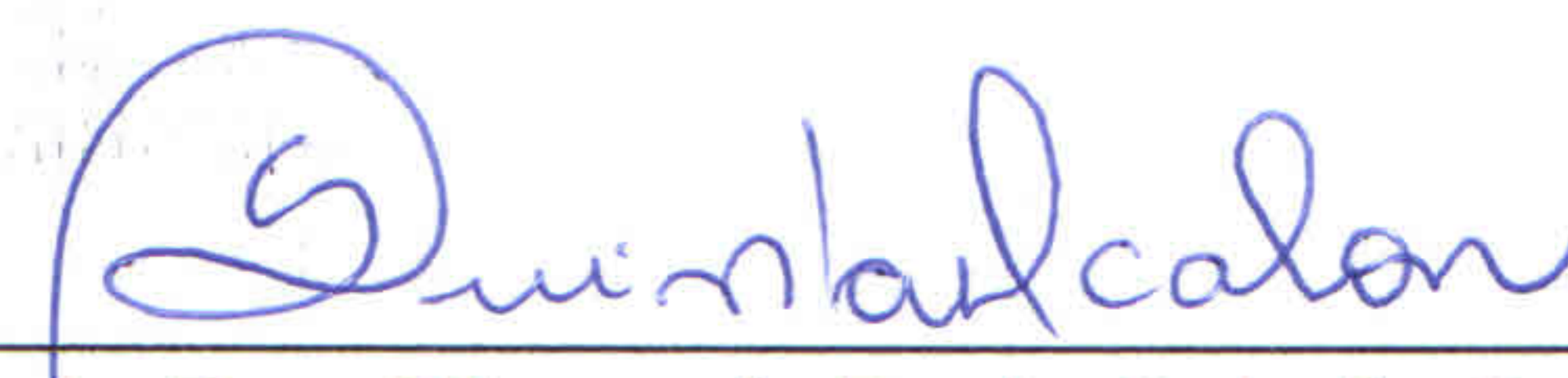
Aprovada em: 03/10/2019.



Profª. Dra. Maria do Carmo Vieira
UFGD



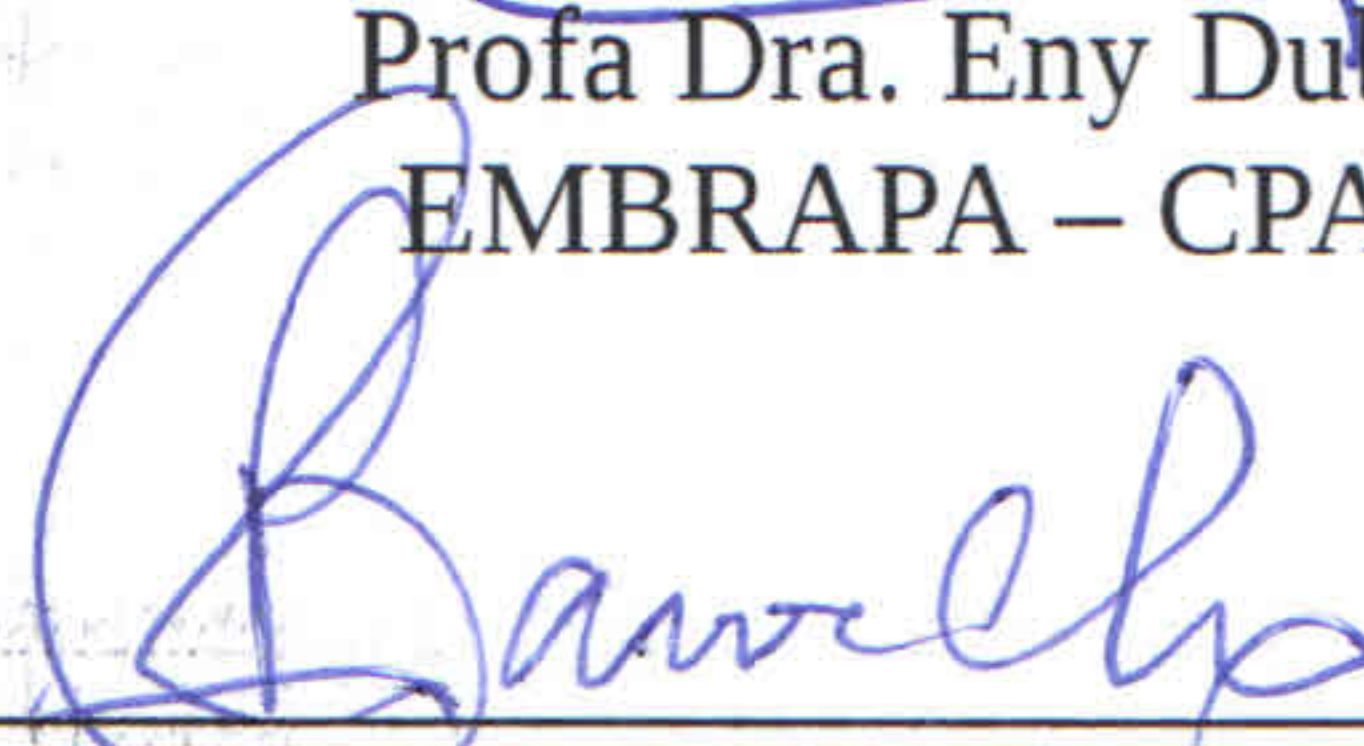
Prof. Dr. Néstor Antonio Heredia Zárate
UFGD



Profª. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalón
UFGD



Profª. Dra. Eny Duboc
EMBRAPA – CPAO



Prof. Dr. Rafael Peloso de Carvalho
IFMS

“Algumas pessoas olham o mundo e
perguntam: Por quê?

Eu penso em coisas que nunca
existiram e pergunto: Por que não? ”

George Bernard Shaw

À minha mãe Simone Alves Corrêa, pela dedicação, valores passados e
humildade, e ao irmão Anderson Henrique, pela simplicidade, bondade e
amor.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que tem iluminado meu caminho e escolhas, me amparando em todos momentos de minha vida;

À minha mãe Simone Alves Correia e irmão Anderson Henrique Correia Santos, por estarem ao meu lado, lutando pelas conquistas dos meus sonhos, meus exemplos de vida;

À Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade de realizar o doutorado em Agronomia - Produção Vegetal;

À professora Dra. Maria do Carmo Vieira, pela orientação, compreensão, ensinamentos, paciência e confiança; sempre me incentivando na pesquisa, ensino e extensão, contribuindo em minha formação pessoal e profissional.

À professora Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon, pelos ensinamentos, confiança, esclarecimentos e oportunidades;

Ao professor Dr. Néstor Antonio Heredia Zárate, pelos ensinamentos, oportunidades, confiança e conselhos;

À Elisângela Dupas, Daiane Mugnol Dresch, Tathiana Elisa Masetto e Silvia Correa Santos, pelos conselhos e esclarecimentos, convívio e amizade construída ao decorrer dessa jornada acadêmica;

Ao Ademir Goelzer, Orivaldo Benedito da Silva, Fernando Henrique Moreira dos Santos, Rodrigo da Silva Bernardes, Higor Perikles Guedes Jorge, Luiz Gabriel Dias, Luis Felipe da Silva Pereira, Rodrigo Alberto Bachi Machado e Jaqueline Silva Nascimento, pela colaboração no desenvolvimento do trabalho e amizade;

À Marianne Sales Abrão, Elissandra Pacito Torales, Jéssica Oliveira Souza, Lais de Lima Luqui, Juliana Milene Silvério e Neder Martins Lima, pela amizade, companheirismo e momentos especiais;

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta na realização deste trabalho;

À CAPES, pela bolsa concedida, e à FUNDECT – MS, pelo apoio financeiro.

BIOGRAFIA

CLEBERTON CORREIA SANTOS, filho de Simone Alves Correia, nascido em 26 de agosto de 1993, no município de Nossa Senhora das Dores – Sergipe.

Ingressou no Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS)/Unidade de Glória de Dourados, em março de 2011, e obteve o título em março de 2014.

Durante a graduação desenvolveu trabalho associados à fauna invertebrada epigeica e produção de mudas. Desenvolveu atividades de estágio em 2011, no Laboratório de Tecnologia de Sementes, na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), sob supervisão da Prof^a. Dra. Tathiana Elisa Masetto, e em 2013 na Embrapa Agropecuária Oeste – CPAO, sob supervisão do Dr. Ivo de Sá Motta.

Em março de 2014, iniciou-se o Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal, junto a Faculdade de Ciências Agrárias, da UFGD, desenvolvendo trabalhos com espécies nativas do Cerrado, resíduos orgânicos e propagação de plantas, obtendo título em março de 2016.

Em abril de 2016, iniciou o Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal, da UFGD, desenvolvendo atividades de pesquisa associadas aos temas de ecofisiologia de espécies nativas e uso de resíduos orgânicos e fertilizantes minerais.

SUMÁRIO

RESUMO	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1. Coleta de material vegetal e obtenção de mudas.....	4
2.2. Fatores em estudo e condições experimentais.....	4
2.3. Características fisiológicas.....	5
2.4. Indicadores de crescimento e qualidade.....	6
2.5. Atributos químicos dos substratos.....	7
2.6. Análises estatísticas.....	7
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
3.1. Atributos químicos dos substratos.....	9
3.2. Características fisiológicas.....	15
3.3. Indicadores de crescimento e qualidade.....	29
4 CONCLUSÕES	45
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E CRESCIMENTO INICIAL DE *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. CULTIVADA COM CAMA DE FRANGO E DISPONIBILIDADES LUMINOSAS

RESUMO

Informações sobre respostas morfofisiológicas de plantas nativas do Cerrado brasileiro quanto ao uso de resíduos orgânicos e luminosidade são importantes para seu manejo silvicultural no estado *ex situ*. Assim objetivou-se avaliar o efeito da cama de frango e disponibilidades luminosas nos atributos químicos do substrato e aspectos morfofisiológicos de *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. (marmelo do Cerrado). O experimento foi realizado em vasos, avaliando-se cinco doses de cama de frango adicionadas ao substrato (0,00; 2,08; 4,16; 6,24 e 8,32 g kg⁻¹) sob duas condições de luz (pleno sol e sombreamento de 50%). O arranjo experimental foi em esquema fatorial 5 x 2, no delineamento blocos casualizados, com quatro repetições. Aos 210 dias após o transplântio foram avaliados os atributos químicos dos substratos e as características morfofisiológicas e de qualidade das mudas. A cama de frango contribuiu na melhoria dos atributos químicos dos substratos, principalmente no aumento dos teores de fósforo, potássio e matéria orgânica. As maiores taxas de assimilação de CO₂, condutância estomática e carboxilação da Rubisco, além da transpiração e eficiência do uso da água ocorreram nas plantas de *A. edulis* cultivadas sob pleno sol. As plantas apresentaram os maiores indicadores fotoquímicos do fotossistema II em ambiente sombreado e com adição de 8,32 g kg⁻¹ de cama de frango. A concentração interna de CO₂ nas folhas foi menor com adição de 5,55 g kg⁻¹ de cama de frango. As folhas apresentaram maiores dimensões estomáticas sob sombreamento. As máximas áreas foliar e radicular foram com adição de 5,32 e 4,21 g kg⁻¹ solo de cama de frango, respectivamente, ambos sob ambiente sombreado. A adição crescente de cama de frango e sombreamento favoreceram maiores incrementos de massas fresca e seca de folhas. O cultivo sob pleno sol e a adição próxima de 4,16 g kg⁻¹ de cama de frango favoreceram maior assimilação de CO₂. Os maiores indicadores de crescimento e produção de massas das plantas de *A. edulis* foram em ambiente sombreado e adição de cama de frango. O maior índice de qualidade de Dickson ocorreu nas plantas cultivadas sob ambiente sombreado e adição de 6,24 g kg⁻¹ de cama de frango ao substrato.

Palavras-chave: marmelo do Cerrado, fluorescência da clorofila-*a*, ajustes fisiológicos, resíduo orgânico, sombreamento.

PHYSIOLOGICAL RESPONSES AND INITIAL GROWTH OF *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. CULTIVATED WITH POULTRY MANURE AND LIGHT AVAILABILITY

ABSTRACT

Information on morphophysiological responses of plants native to the Cerrado regarding the use of organic residues and light are important for their silvicultural management in the *ex situ* state. Thus, the aim was to evaluate the effect of poultry manure and light availability on the chemical attributes of the substrate and morphophysiological aspects of *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. (marmelo do cerrado). The experiment was carried out in pots, evaluating five doses of poultry manure added to the substrate (0.00; 2.08; 4.16; 6.24 and 8.32 g kg⁻¹) under two light conditions (full sun and 50% shading). The experiment arrangement was in a 5 x 2 factorial scheme, in a randomized block design, with four replications. At 210 days after transplanting, the chemical attributes of the substrates and morphophysiological and quality characteristics of seedlings were evaluated. The poultry manure contributed to the improvement of the chemical attributes of the substrates, mainly in the increase of the contents of phosphorus, potassium and organic matter. The highest rates of CO₂ assimilation, stomatal conductance and carboxylation of Rubisco, in addition to transpiration and water use efficiency occurred in *A. edulis* plants grown under full sun. The plants showed the highest photochemical indicators of photosystem II in shaded and with the addition 8.32 g kg⁻¹ de poultry manure. The internal concentration of CO₂ in the leaves was lower with addition 5.55 g kg⁻¹ of poultry manure. The leaves presented larger stomatal dimensions under shading. The maximum leaves and roots areas were addition 5.32 and 4.21 g kg⁻¹ of poultry manure, respectively, both under shading. The increasing addition of poultry manure and shading favored greater increments of leaves fresh and dry mass. The cultivation under full sun and addition 4.16 g kg⁻¹ of poultry manure favored greater CO₂ assimilation. The greater growth and mass production indicators of *A. edulis* plants were in shaded and addition of poultry manure. The highest Dickson quality index occurred in plants grown under a shaded and addition of 6.24 g kg⁻¹ of poultry manure to the substrate.

Keywords: marmelo do Cerrado, chlorophyll *a* fluorescence, physiological adjustments, organic residue, Shading.

1 INTRODUÇÃO

Dentre as espécies nativas do Cerrado, encontra-se a *Alibertia edulis* (Rich) A. Rich. ex DC. (marmelo do Cerrado, Rubiaceae), uma planta semidecídua dioica frutífera, de porte subarbóreo, com folhas grandes, flores brancas (Figura 1A) e frutos tipo bagas globosas (Figura 1B), com elevada quantidade de sementes (PAIVA et al., 2017). A polpa é marrom, carnosa e adocicada, podendo ser consumida *in natura* ou processada na forma de licores, geleias e doces (LORENZI et al., 2006).

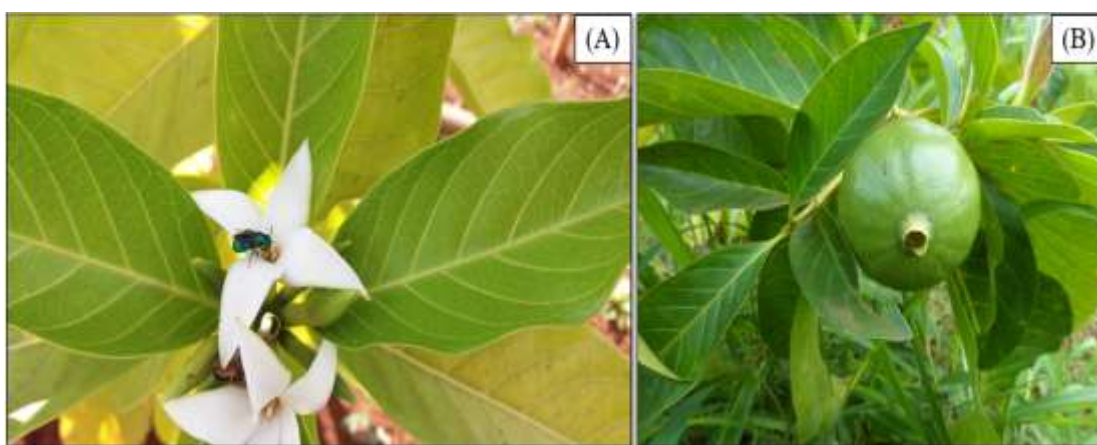


FIGURA 1. Flores (a) e frutos (b) de plantas de *A. edulis*. Dourados - Mato Grosso do Sul, Brasil. Fonte: Silva, O. B. (2018).

As folhas da *A. edulis* são utilizadas popularmente para reumatismo (VIEIRA et al., 2015), com comprovação científica quanto às propriedades medicinais, tendo o extrato aquoso por decocção apresentado atividade antibacteriana e leishmanicida (MARQUES et al., 2013), antidiurética e anti-hipertensiva em ratos (AQUINO et al., 2017). Do ponto de vista bioecológico, pelo fato de a espécie produzir frutos com características alimentícias desejáveis pode ser uma alternativa de renda aos produtores rurais na elaboração de seus derivados com valor agregado ao mercado.

O uso da *A. edulis* para fins medicinais e alimentícios ainda é feito por coleta em áreas nativas, não havendo registro de seu cultivo *ex situ*. Neste sentido, há poucas

informações quanto às respostas morfofisiológicas da espécie a fatores abióticos, tal como a luminosidade e uso de resíduos orgânicos, tornando-se necessários estudos visando estabelecer práticas de manejo silvicultural *ex situ*.

O ambiente luminoso no qual a espécie será produzida bem como inserida é um fator determinante no sucesso das práticas silviculturais e de recuperação de áreas degradadas, dependendo essas da capacidade de resiliência da espécie, assegurando então a sobrevivência e estabilidade do desenvolvimento. A alta ou baixa disponibilidade de luz pode desencadear alterações no metabolismo fotossintético das plantas por meio das alterações foliares (BUNCE, 2016; SOUZA et al., 2017), acarretando em diferenças na magnitude do transporte de elétrons e do gradiente de prótons que potencializa a fosforilação (JIM et al., 2016). Portanto, o conhecimento das estratégias de aclimatização das plantas por meio dos ajustes fisiológicos aos ambientes contrastantes de irradiância são fundamentais (GONÇALVES et al., 2010), pois auxiliam na tomada de decisão de escolha da área onde qual será realizado o transplantio das mudas.

Com base em diversos aspectos morfofisiológicos é possível compreender se a espécie pode ser inserida em áreas totalmente abertas antropizadas visando restabelecimento dos serviços ecossistêmicos, ou enriquecimento de matas nativas ou composição de sistemas agroflorestais biodiversos, com menor incidência de radiação luminosa. Algumas espécies nativas, dentre elas a *Xylopia sericea* A. St.-Hil. e *Siparuna guianensis* Aubl. (LAGE-PINTO et al., 2012), *Jaracatia spinosa* (Aubl.) (MARANA et al., 2015), *Copaifera langsdorffii* Desf. (DUTRA et al., 2015) e *Physocalymma scaberrimum* Pohl. (SILVA et al., 2016) apresentaram respostas morfofisiológicas diferenciadas quanto aos níveis de sombreamento.

Especificamente, para o cultivo de espécies arbóreas, o uso de resíduos orgânicos é uma prática agrônômica indicada pois liberam nutrientes de forma gradual, contribuindo na nutrição e desenvolvimento das plantas, uma vez que, as nativas do Cerrado em sua grande maioria apresentam crescimento lento, tornando-se uma alternativa sustentável que favoreça o estabelecimento da plantas nas áreas implantada em função de maior qualidade das mudas.

Dentre os resíduos sólidos orgânicos com potencial de inserção na formulação de substratos, tem-se a cama de frango, que por sua vez, apresenta elevada disponibilidade

nas áreas produtoras, dentre elas, no Mato Grosso do Sul (FAMASUL, 2015). A adição de cama de frango ao solo melhora os atributos físicos, e quando em estágio de decomposição/mineralização contribuem nos atributos químicos por apresentar elevados teores de nutrientes, principalmente nitrogênio (N), fósforo (P) e magnésio (Mg) (GONZAGA et al., 2016; SOREMI et al., 2017).

Além disso, o uso de resíduos orgânicos aumenta a atividade microbiológica do solo (DEVI et al., 2012; MALIK et al., 2013), o que acelera a ciclagem biogeoquímica, favorecendo a disponibilidade de nutrientes associados ao metabolismo fotossintético e produção de massa das plantas. Na produção das mudas de *Joannesia princeps* Vell., *Hymenaea courbaril* L. e *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., espécies nativas do Cerrado, os maiores desenvolvimentos ocorreram quando realizou-se adição de cama de frango na formulação do substrato (GONZAGA et al., 2016).

Dentre os trabalhos com a *A. edulis*, Jeromini et al. (2019) estudaram diferentes substratos e disponibilidades hídricas na emergência e formação das mudas e observaram que a combinação de Latossolo Vermelho distroférico + substrato comercial e 100% da capacidade de campo favoreceram as maiores características de crescimento. Porém, salienta-se que há poucos estudos associando a ecofisiologia e a quantidade adequada de resíduo orgânico nas reações fotoquímicas e bioquímicas da fotossíntese da espécie.

Considerando a classificação secundária da *A. edulis* hipotetizamos neste trabalho que suas mudas apresentam menor desenvolvimento e qualidade se cultivadas a pleno sol, mas que a maior disponibilidade de matéria orgânica favorece o metabolismo e as respostas de ajustes aos ambientes contrastantes de luz. Com base no exposto, objetivou-se avaliar o efeito da cama de frango e disponibilidades luminosas nos atributos químicos do solo e aspectos morfofisiológicos de mudas da *Alibertia edulis* Rich.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta do material vegetal e obtenção de mudas

Frutos de *A. edulis* foram coletados (Cadastro de Acesso N° A9CDAAE – CGEN-MMA, de 15/10/2018) aleatoriamente de populações naturais em área de Cerrado (18°07'03'' S, 54°25'07'' W, 452 m), Dourados – Mato Grosso do Sul, Brasil. A espécie foi identificada por Maria do Carmo Vieira e uma exsicata está depositada no herbário DDMS, da Universidade Federal da Grande Dourados, sob n° 4649. Para obtenção de mudas, os frutos maduros foram beneficiados, e as sementes imersas em hipoclorito de sódio 2%, por 5 minutos. Logo após, realizou-se a semeadura em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, preenchidas com substrato Bioplant[®] (casca de pinus, turfa, vermiculita expandida, nitrato de potássio e superfosfato simples) e mantidas em condições de viveiro sob Sombrite[®] de 50%, com irrigações diárias.

2.2. Fatores em estudo e condições experimentais

Os fatores em estudo constituíram-se de cinco doses de cama de frango – CF semidecomposta base de casca de arroz (0,00; 2,08; 4,16; 6,24 e 8,32 g kg⁻¹ solo), sob duas disponibilidades luminosas: pleno sol e sombreamento de 50%. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 5 x 2, no delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental constituiu-se de quatro vasos plásticos com capacidade de 4,2 dm³, com uma planta cada. As doses de cama de frango foram estabelecidas a partir do trabalho de Santos (2016) em que a dose utilizada foi de 4,16 g kg⁻¹ solo.

Para a condição de sombreamento utilizou-se tela de coloração preta com 50% de luminosidade – Sombrite[®]. Os ambientes pleno sol e sombreado apresentaram as seguintes condições, em média, ao final do ciclo de cultivo: temperatura (31,62 e 28,42°C), umidade relativa (65 e 78%), déficit de pressão de vapor de água (SANDLER e EVANS, 1989) (4,36 e 2,33 KPa) e radiação fotossinteticamente ativa (1245,25 e 560,12 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), respectivamente.

O solo utilizado para preencher os vasos foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (SANTOS et al., 2018), de textura argilosa e apresentou os seguintes atributos químicos de acordo com metodologia de Silva (2009): pH em $\text{CaCl}_2 = 6,2$; $\text{P} = 1,7 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 6,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{K} = 3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 1,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Al} = 0,12 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H} + \text{Al} = 29,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{SB} = 12,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{CTC} = 42,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{V}\% = 60,5$. A cama de frango foi semidecomposta, proveniente de aviário após 5 lotes para produção de frango de corte de Dourados, apresentando os seguintes atributos químicos pH = 7,50; N, P, K, Ca, Mg, S, C e matéria orgânica (g kg^{-1}) = 23,90; 15,36; 20,00; 19,15; 6,95; 18,65; 260; 447,00, respectivamente; relação C/N = 10,87 e umidade de 11%.

Quando as mudas apresentaram altura média de 7,0 cm, o que ocorreu aos 60 dias após a semeadura, realizou-se o transplantio para os vasos (Figura 2). Os tratamentos culturais compreenderam irrigações diárias visando manter 70% da capacidade de campo do substrato. Realizaram-se duas pulverizações com óleo de neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) a 3%, devido à incidência de mosca branca e cochonilhas, efetivando-se o controle.



FIGURA 2. Plantas jovens de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob diferentes disponibilidades luminosas. UFGD, Dourados – MS, 2019. Fonte: Santos, C. C. (2016).

2.3. Características fisiológicas

Aos 210 dias após o transplântio (DAT), foi feita a quantificação das trocas gasosas no período matutino (8h às 10h), em folhas totalmente expandidas localizadas no terço médio do ramo, quantificando-se a taxa de assimilação de CO₂ - fotossíntese (A), concentração intercelular de CO₂ (C_i), condutância estomática (g_s) e transpiração (E), utilizando-se medidor de fotossíntese portátil (IRGA – *Ifra Red Gas Analyzer*). A partir dos dados obtidos calculou-se a eficiência do uso da água ($EUA = A/E$), intrínseca do uso da água ($EiUA = A/g_s$) e de carboxilação da Rubisco (A/C_i) e razão C_i/C_a (concentração atmosférica de CO₂).

Foi mensurado o índice de clorofila com clorofilômetro portátil SPAD (*Soil Plant Analyzer Development*) (Konica Minolta SPAD 502), nas mesmas folhas em que foi quantificado as trocas gasosas. Logo após, as folhas foram adaptadas à condição de escuro por 30 minutos, com clips foliares, quando mensurou-se a emissão das fluorescências inicial (F_0), variável (F_v) e máxima (F_m) da clorofila-*a* utilizando-se fluorômetro portátil OS p 30 (OPTI-SCIENCES Chlorophyll Fluorometer, Hudson, USA). Calcularam-se a eficiência fotoquímica do fotossistema II (FS II) [$F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$], eficiência de conversão de energia absorvida (F_v/F_0), rendimento máximo não fotoquímico (F_0/F_v) e a taxa de transporte de elétrons (BAKER, 2008).

Para determinação das características morfo-estomáticas realizaram-se secções paradermicas nas folhas no período matutino (8 às 11h), a partir da técnica de impressão com “Super Bonder®”. Utilizaram-se amostras da região mediana do limbo das faces adaxial e abaxial das folhas totalmente expandidas no terço médio do ramo. O material foi fotografado com câmera digital Moticam 2000 acoplada ao microscópio óptico. Posteriormente, foram mensurados o diâmetro polar (DP) e equatorial (DE), abertura ostiolar (AO) e funcionalidade dos estômatos ($FE = DP/DE$) com o programa Motic Image 2000

2.4. Indicadores de crescimento e qualidade

As características de crescimento avaliadas foram a altura das plantas, utilizando-se régua graduada em mm, tendo como padrão de medida a distância entre o coleto até a inflexão da folha mais alta, aos 210 dias após o transplântio - DAT. O diâmetro do coleto foi medido com paquímetro digital, e o número de folhas, contados de forma manual, e calculou-se a relação altura/diâmetro (RAD).

Decorridos 215 DAT, as plantas foram colhidas, retirando-as inteiras dos vasos, lavado-as e separado-as em folhas, caules e raízes. Avaliaram-se a área de superfície foliar e radicular utilizando-se integrador de área (LI-COR, 3100 C – Area Meter). Posteriormente, os órgãos foram pesados em balança de precisão milesimal (0,0001 g), obtendo-se as massas frescas (MF). Para as massas secas (MS), o material foi submetido à secagem em estufa com ventilação forçada de ar a $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, até massa constante.

A partir dos dados de área foliar e massas secas foram calculados os índices fisiológicos de massa foliar específica ($\text{MFE} = \text{MSF}/\text{MST}$), razão de área foliar ($\text{RAF} = \text{AF}/\text{MSF}$) e área foliar específica ($\text{AFE} = \text{AF}/\text{MST}$) (HUNT, 1990; BENINCASA, 2003). Utilizando-se a RAD, relação parte aérea/raiz (RPAR) e massa seca total (MST) calculou-se o índice de qualidade de Dickson por meio da fórmula: $\text{IQD} = [\text{MST} / (\text{RAD} + \text{RPAR})]$ (DICKSON et al., 1960).

2.5. Atributos químicos dos substratos

Após a colheita das plantas, coletaram-se amostras dos substratos para determinação dos teores de macronutrientes e matéria orgânica, segundo metodologia proposta por Silva (2009).

2.6. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F, as médias foram comparadas pelos testes t de Student, para disponibilidades luminosas, e à regressão para doses de cama de frango ($p \leq 0,05$), utilizando-se o *software* SISVAR (FERREIRA, 2014).

Também realizou-se análise multivariada de componentes principais (ACP) por meio de matrizes de variância e co-variância, como análise complementar. A partir dos

agrupamentos dos dados dos atributos químicos do solo e respostas morfofisiológicas das plantas realizou-se análise de *cluster analysis*, utilizando-se o método do vizinho mais distante (*complete linkage*), para descrever a similaridade entre os fatores em estudo, sendo que o agrupamento foi realizado pelo método classical através das distâncias Euclidianas. As análises multivariadas foram realizadas com o *software* PAST 3.21 (HAMMER et al., 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Atributos químicos dos substratos

Dentre os atributos químicos do substrato de cultivo, o alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%) não foram influenciados pelos fatores em estudo, com médias de 0,00; 4,35, 1,91; 6,93; 9,06 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e 75%, respectivamente. O alumínio foi neutralizado porque o solo utilizado já apresentava baixo teor de Al trocável (0,12 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) desde a fase de implantação experimental.

O potencial hidrogeniônico (pH CaCl_2) e acidez potencial (H+Al) foram influenciados apenas pelas doses de cama de frango (CF), sendo que ambas características apresentaram respostas quadrática, com máxima de 6,26 e 2,04, sob 4,39 e 3,84 g kg^{-1} solo de cama de frango, respectivamente (Figura 3). Eguchi et al. (2016) também verificaram resultados positivos no aumento do pH com adição de cama de frango a um Latossolo Vermelho Distroférrico, semelhante ao deste estudo. Doses elevadas de resíduo orgânico ao solo fazem com que o processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica ocasione reações que tendem a afetar o pH. Além disso, destaca-se que o processo de decomposição e mineralização do resíduo favorece o balanço de acidificação.

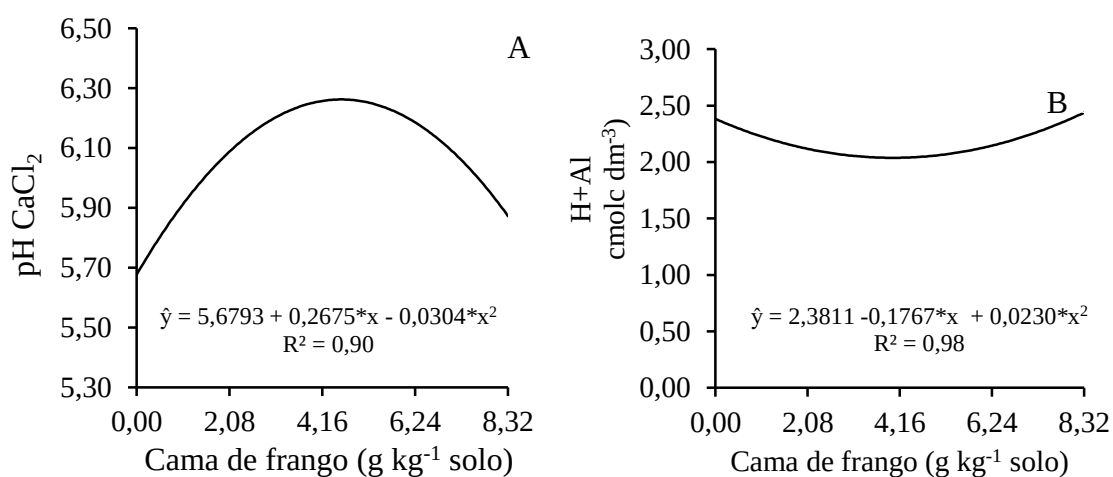


FIGURA 3. Potencial hidrogeniônico (pH CaCl_2) e acidez potencial (H+Al) do substrato de cultivo de plantas de *A. edulis* com cama de frango. UFGD, Dourados – MS, 2019. *($p < 0,05$).

O teor de fósforo foi influenciado apenas pela cama de frango, sendo maior teor ($5,25 \text{ mg dm}^{-3}$) com adição de $8,32 \text{ g kg}^{-1}$ de cama de frango (Figura 4). Esse resultado possivelmente deve-se ao fato de que a cama de frango contém Pi solúvel e sua adição ao solo por meio da incorporação contribui na reciclagem de nutrientes durante a mineralização (SOUZA et al., 2012; IRSHAD et al., 2013). Além disso, a adição de resíduo orgânico ao solo aumenta a atividade microbológica (MALIK et al., 2013), o que acelera a ciclagem biogeoquímica, melhorando os atributos químicos do solo.

Destaca-se que os solos das regiões tropicais, ou seja, mais intemperizados, geralmente apresentam elevados teores de óxidos de ferro (SOUZA et al., 2013), fixando o P. Neste sentido, o uso da cama de frango contribuiu substancialmente no incremento desse nutriente no solo, favorecendo posteriormente o desenvolvimento das plantas. Também verificou-se que a adição da cama de frango de forma incorporada favoreceu incremento nos teores de P em Latossolo Vermelho (SILVA et al., 2012) e Nitossolo Vermelho distroférico (RIGO et al., 2019).

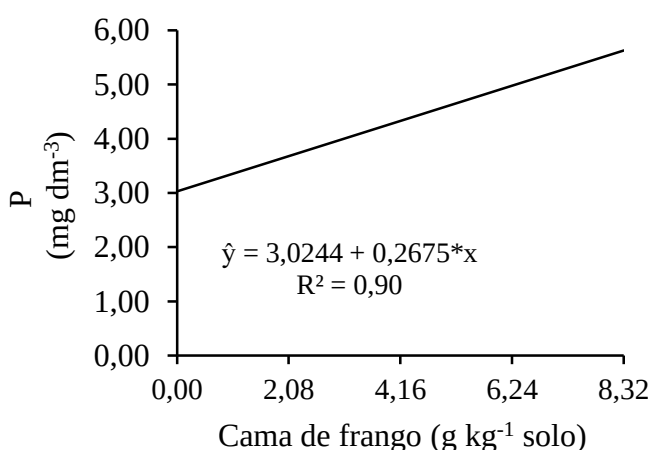


FIGURA 4. Teor de fósforo (P) em substratos de cultivo de plantas de *A. edulis* com cama de frango. UFGD, Dourados – MS, 2019. * ($p < 0,05$).

Os teores de K e matéria orgânica dos substratos foram influenciados pela interação cama de frango e disponibilidades luminosas. Em ambiente sombreado, o maior teor de K foi de $0,67 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com $8,32 \text{ g kg}^{-1}$ de CF, e sob pleno sol, o teor máximo ($0,68 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) ocorreu com adição de $5,46 \text{ g kg}^{-1}$ de CF (Figura 5A). A máxima

percentagem de matéria orgânica foi de 2,59% sob 2,80 g kg⁻¹ de CF sob pleno sol, e na condição sombreada os dados não ajustaram-se aos modelos matemáticos testados, apresentando média de 1,22% (Figura 5B). O uso de resíduos orgânicos ao solo favorece aumento da matéria orgânica em virtude do efeito de microrganismos que contribuem no processo de decomposição e mineralização (PETTER et al., 2019).

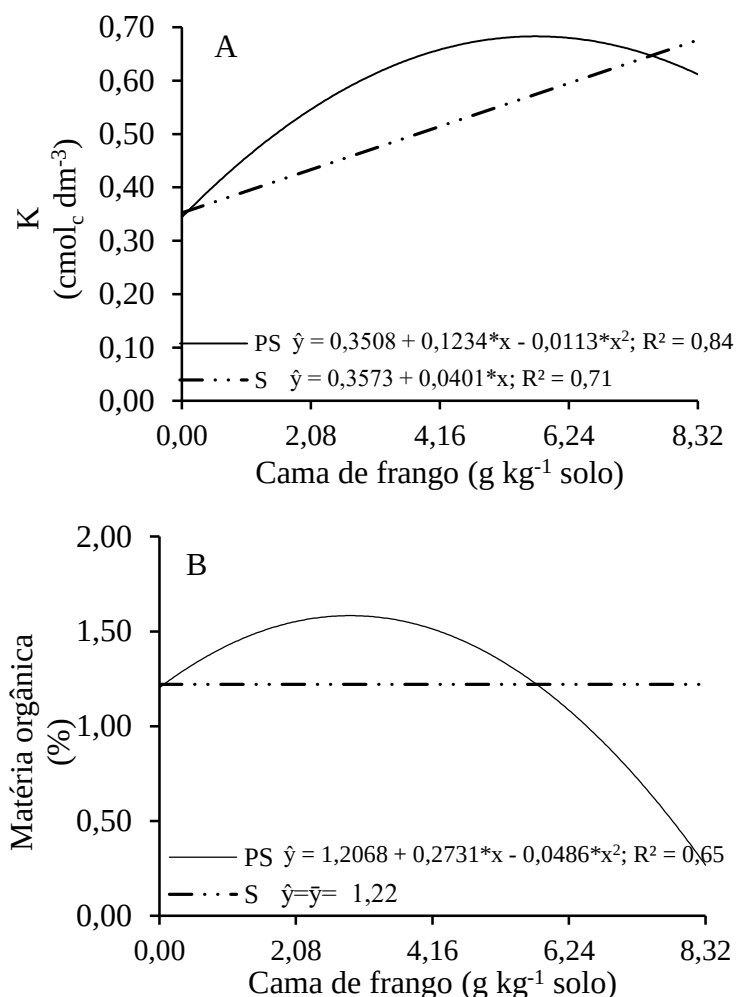


FIGURA 5. Teor de potássio – K (A) e matéria orgânica (B) em substratos de cultivo de plantas de *A. edulis* com cama de frango sob pleno sol e sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019. * (p<0,05).

O aumento da matéria orgânica contribui na agregação de partículas, favorecendo os atributos físicos do solo (MORRIS et al., 2019). Entretanto, doses elevadas de resíduo orgânico podem afetar sua dinâmica de decomposição, uma vez que,

quantidades elevadas de material orgânico ao solo reduz a eficiência microbiana no processo de decomposição (MÜLLER et al., 2014), podendo-se correlacionar com os menores valores de pH (Figura 3A), ou seja, tornando o ambiente desfavorável para os microrganismos. No que concerne à disponibilidade luminosa, a maior temperatura sob pleno sol favoreceu a decomposição do material orgânico (YANNI et al., 2018).

Por meio da análise de componentes principais (ACP) explicaram-se 87,0% da variabilidade remanescente dos dados, sendo 50,04% correspondentes a PC 1 e 36,96% a PC 2 (Figura 6). Os atributos químicos que apresentaram maior peso na constituição em ordem decrescente positiva foram V%, SB, Mg e pH CaCl₂ quando utilizaram-se 6,24 g kg⁻¹ de cama de frango sob pleno sol (Quadro 1). Na PC 2, os itens de maior peso na sua constituição foram representados em ordem decrescente pela H+Al, CTC, Al e Ca.

QUADRO 1. Autovetores e seus respectivos escores dos atributos químicos dos substratos com cama de frango sob disponibilidades luminosas. UFGD, Dourados-MS, 2019

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
pH CaCl ₂	0,3663	-0,2953	0,2455	0,4569	-0,0494	-0,0849	-0,0006
pH H ₂ O	0,3662	-0,2970	0,2388	0,4552	-0,0620	-0,0973	0,0248
Al	-0,1387	0,3831	0,7141	0,0818	0,5272	0,1899	0,0570
Ca	0,3147	0,3347	-0,4323	0,1602	0,5394	-0,4649	0,2634
Mg	0,3882	0,1728	0,3973	-0,5488	-0,2803	-0,5279	-0,0554
H+Al	-0,1346	0,5098	0,0369	0,3369	-0,5568	-0,0107	0,4923
SB	0,3988	0,2831	-0,1265	0,0107	0,0039	0,3264	-0,4748
CTC	0,3063	0,4106	-0,1002	0,1146	-0,1771	0,2874	-0,2600
V%	0,4380	-0,1653	-0,0239	-0,3519	0,0703	0,5130	0,6231

O uso da ACP permite observar os padrões qualitativos sem perda de informação dos dados a partir da diferença e semelhanças representadas por dois componentes (dimensões), denominados PC 1 e PC 2 (SANTO, 2012; SABHARWAL e ANJUM, 2016). A partir dessa análise multivariada identificaram-se quais as características avaliadas apresentaram maior peso de constituição em cada dimensão (eixos),

considerando as cargas dos escores fatorais. Assim, os atributos químicos retirados da APC foram o P, K e matéria orgânica, pois apresentaram escores fatoriais $< 0,30$, nos dois eixos.

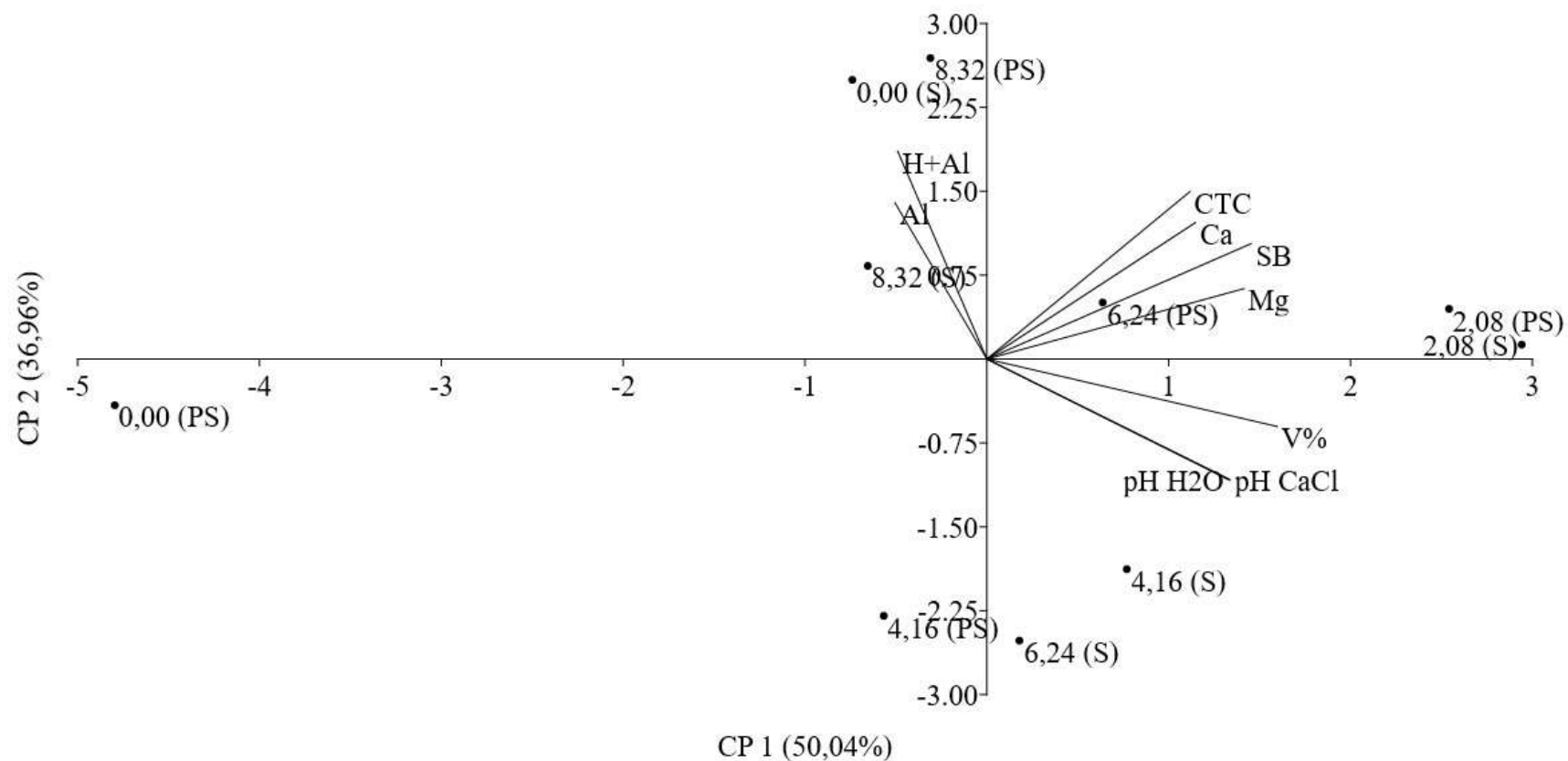


FIGURA 6. Análise de componentes principais dos atributos químicos dos substratos com cama de frango (0,00; 2,08; 4,16; 6,24 e 8,32 g kg⁻¹ solo) e a pleno sol – PS e sombreado - S. UFGD, Dourados – MS, 2019.

3.2. Características fisiológicas

As características fisiológicas das plantas de *A. edulis* em fase inicial de crescimento, exceto a eficiência intrínseca de uso da água (*EiUA*), foram influenciadas pelos fatores em estudo. As maiores taxas de assimilação de CO₂ (*A*), condutância estomática (*g_s*), eficiência intrínseca de carboxilação da Rubisco (*A/C_i*) e temperatura foliar (TF) foram observadas nas plantas cultivadas sob pleno sol (Figura 7).

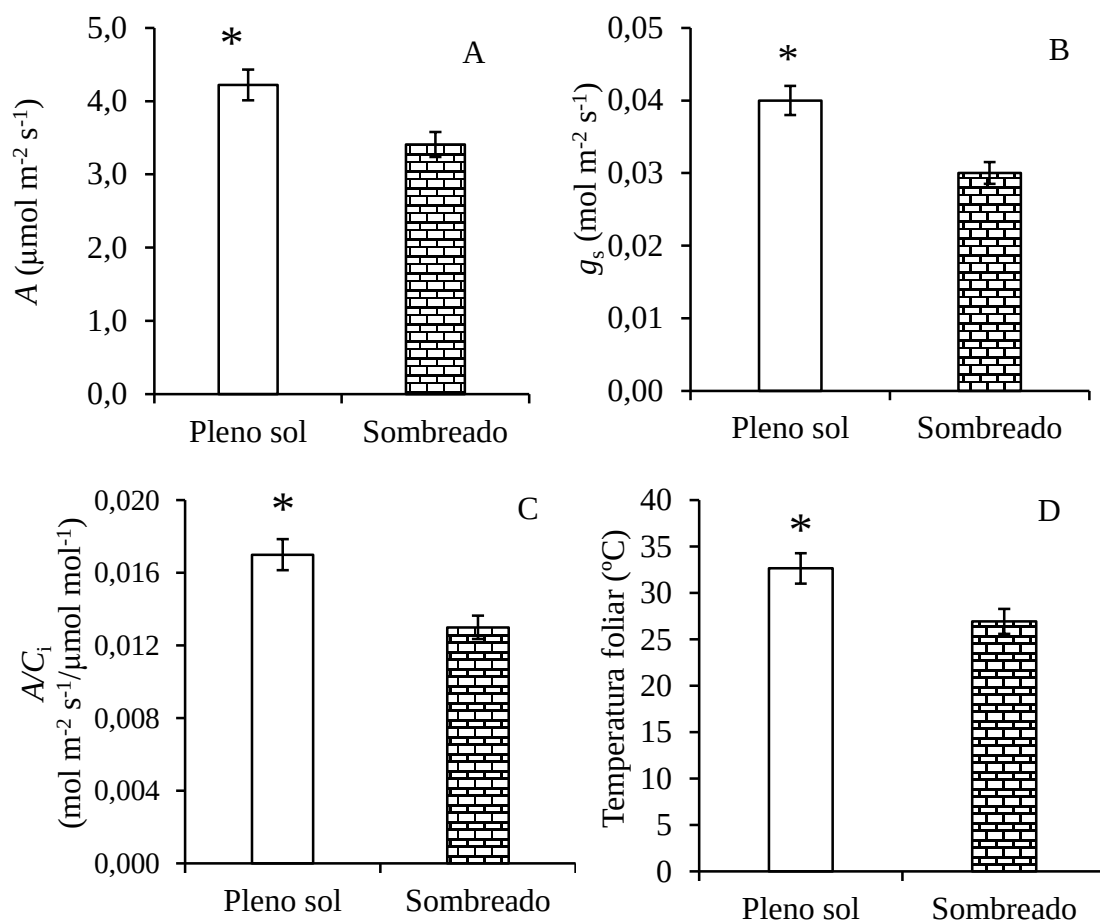


FIGURA 7. Taxa assimilatória de CO₂ – *A* (A), condutância estomática (B), eficiência intrínseca de carboxilação da Rubisco (C) e temperatura foliar (D) em folhas de plantas de *A. edulis* cultivadas a pleno sol ou sombreadas. *diferença significativa, pelo teste t de Student ($p < 0,05$). UFGD, Dourados – MS, 2019.

A maior g_s contribuiu para a maior entrada de CO₂ atmosférico, sendo a carboxilação da Rubisco (*A/C_i*) mais eficiente nessa condição luminosa, evidenciado pela

maior assimilação de CO₂ (A) das plantas de *A. edulis*. De maneira semelhante, plantas jovens de *Embothrium coccineum* Forster e *Lomatia ferrugine* Br. (ALBERDI et al., 2009), *Bertholletia excelsa* Blonp. (SOUZA et al., 2017), *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) (RONQUIM et al., 2018) apresentaram maior atividade fotossintética sob alta irradiância.

A transpiração foliar (*E*) e eficiência do uso da água (*EUA*) foram influenciadas pela interação entre os fatores em estudo; no entanto, os dados não ajustaram-se aos modelos matemáticos testados. Os maiores valores de *E* e *EUA* foram observadas sob pleno sol e sombreado, respectivamente (Quadro 2). Com a menor *gs* nas folhas sombreadas, as plantas tendem a perder menos água por transpiração, resultando em maior *EUA* e manutenção nos processos metabólicos. Essas mudanças demonstram indicativo de plasticidade fisiológica das plantas por meio de ajustes quando expostas a condições limitantes (ROSA et al., 2017), a fim de otimizar recursos do ambiente.

QUADRO 2. Transpiração foliar (*E*) e eficiência do uso da água (*EUA*) em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango e disponibilidades luminosas

Característica		Equação	R ²
<i>E</i>	Pleno sol	$\hat{y}=\bar{y}= 1,43 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	S/aj.
	Sombreado	$\hat{y}=\bar{y}= 0,67 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	S/aj.
<i>EUA</i>	Pleno sol	$\hat{y}=\bar{y}= 2,99 \text{ } \mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$	S/aj.
	Sombreado	$\hat{y}=\bar{y}= 5,34 \text{ } \mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$	S/aj.

S/aj.= sem ajuste aos modelos matemáticos.

A concentração intercelular de CO₂ (*C_i*) e razão *C_i/C_a* foram influenciadas apenas pelas doses de cama de frango, sendo que ambas características apresentaram a mesma tendência, com mínimas de 240,09 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e 0,51, respectivamente, com adição de 5,55 g kg⁻¹ de cama de frango (Figura 8). A redução da *C_i* indica que com a adição do resíduo orgânico ao solo, as plantas de *A. edulis* foram mais eficientes na assimilação de CO₂, potencializando a taxa fotossintética, possivelmente devido à estabilidade nutricional das plantas e qualidade física do substrato, assegurando os processos fisiológicos.

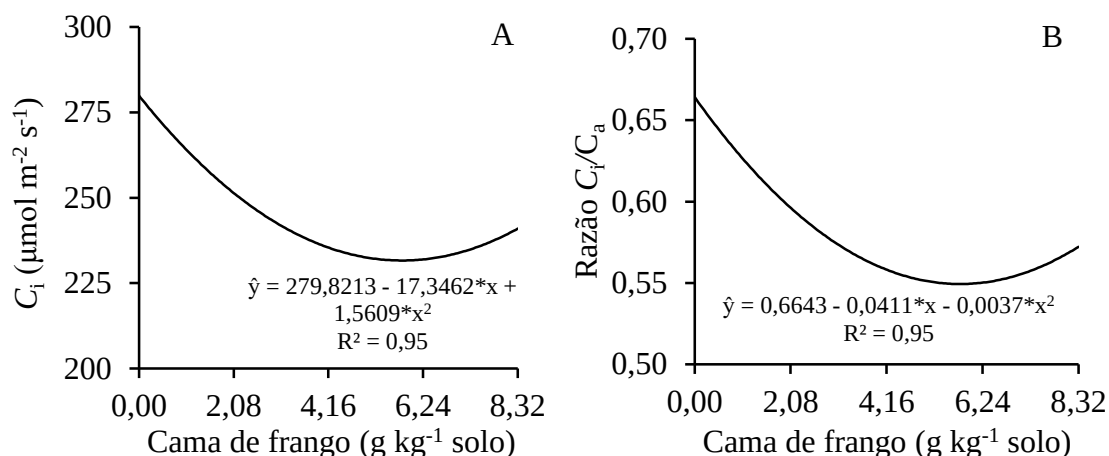


FIGURA 8. Concentração interna de CO_2 - C_i (A) e razão - C_i /Concentração atmosférica de CO_2 (B) em folhas de plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango. UFGD, Dourados – MS, 2019. * ($p < 0,05$).

O índice de clorofila foi influenciado pelos fatores isoladamente, constatando-se que o maior índice (37 SPAD) ocorreu nas folhas de plantas sombreadas (Figura 9A). O maior índice em folhas sob baixa irradiância pode ser considerado uma estratégia de compensação da espécie à menor quantidade de radiação disponível (LIMA et al., 2010) resultando em maximização dos processos da fotossíntese. De maneira semelhante, foram verificados maiores teores de clorofilas em mudas de *Bertholletia excelsa* Blonp. em ambiente sombreado (ALBUQUERQUE et al., 2015).

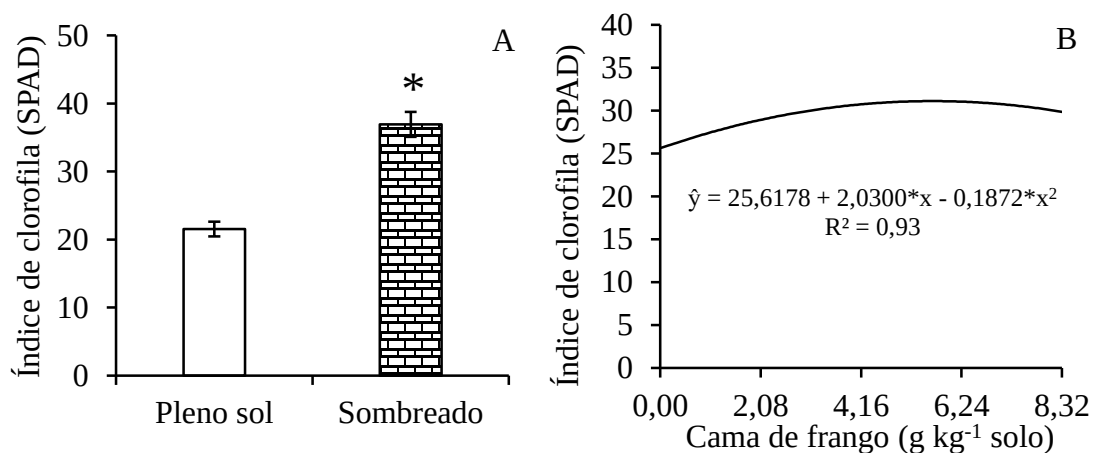


FIGURA 9. Índice de clorofila em folhas de plantas de *A. edulis* cultivadas a pleno sol ou sombreadas (A) ou com cama de frango (B). UFGD, Dourados – MS, 2019. * ($p < 0,05$).

Quanto ao resíduo orgânico, o índice SPAD máximo foi de 31 com adição de 5,42 g kg⁻¹ de cama de frango (Figura 9B). A adição da cama de frango ao solo pode ter favorecido a disponibilidade de nutrientes, principalmente N e Mg, o que favoreceu aumento na síntese de clorofilas, pois esses nutrientes participam efetivamente da estruturação da molécula desse pigmento (GUO et al., 2016; TAIZ et al., 2017). Ressaltamos que o índice SPAD é um método não destrutivo e de fácil execução que se relaciona de forma indireta com o status de N na planta (YUAN et al., 2016).

A fluorescência inicial (F_0) da clorofila-*a*, eficiência fotoquímica do FS II (F_v/F_m) e transporte de elétrons foram influenciados apenas pelas disponibilidades de luz. Os maiores F_0 (0,345 elétrons quantum⁻¹) e taxa de transferência de elétrons - ETR (253,0 mmol m⁻² s⁻¹ elétrons) ocorreram nas folhas de plantas sob pleno sol (Figura 10A e 10C, respectivamente), e a maior razão F_v/F_m (0,711 elétrons quantum⁻¹) nas plantas sombreadas (Figura 10B). Com a menor F_v/F_m sob pleno sol, pode-se inferir que este ambiente de cultivo é estressante para essa espécie. Sugere-se que a maior ETR está associada à maior radiação fotossintética desse ambiente, o que favoreceu os maiores aspectos fisiológicos (A , g_s e A/C_i) (Figura 7).

O aumento da F_0 e decréscimo da F_m ocasionam danos no centro de reação P₇₀₀ ou da redução da capacidade de transferência da energia de excitação da antena para o centro de reação (BAKER, 2008), em razão do bloqueio da transferência de elétrons da plastoquinona A para B, como resultado da inativação parcial do FS II (GILMORE et al., 1996; BISWAL et al., 2011). Isso ocorre devido ao fato de que quando as plantas são expostas à alta irradiância pode gerar degradação da proteína D₁, e consequentemente fotoinibição (ARAÚJO e DEMINICIS, 2009; TELFER, 2014), caso não ocorra de forma sinérgica a dissipação de energia por meio da fluorescência da clorofila-*a*.

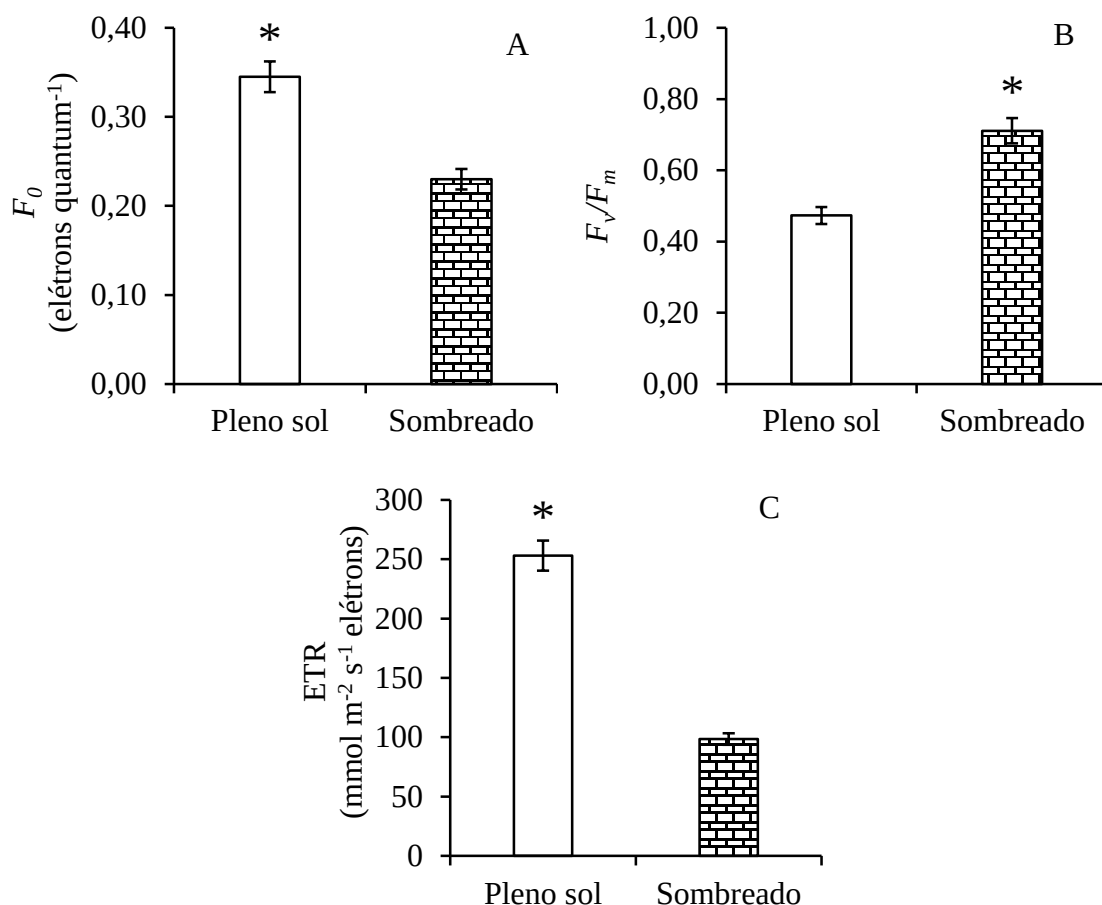


FIGURA 10. Eficiência fotoquímica do fotossistema II – F_v/F_m (a), fluorescência inicial (b), e taxa de transporte de elétrons – ETR (c) em folhas de *A. edulis* cultivadas a pleno sol ou sombreadas. *diferença significativa, pelo teste t de Student ($p < 0,05$). UFGD, Dourados – MS, 2019.

As fluorescências máxima (F_m) e variável (F_v) da clorofila-*a* foram influenciadas pelos fatores isoladamente, constatando-se menores valores nas folhas sob pleno sol (Figura 11A e 11B). Quanto à cama de frango, para F_m , os dados não ajustaram-se aos modelos matemáticos testados, com média de 0,646 elétrons quantum⁻¹; para F_v , houve crescimento linear com maior valor (0,560 elétrons quantum⁻¹) com adição de 8,32 g kg⁻¹ de cama de frango (Figura 11C).

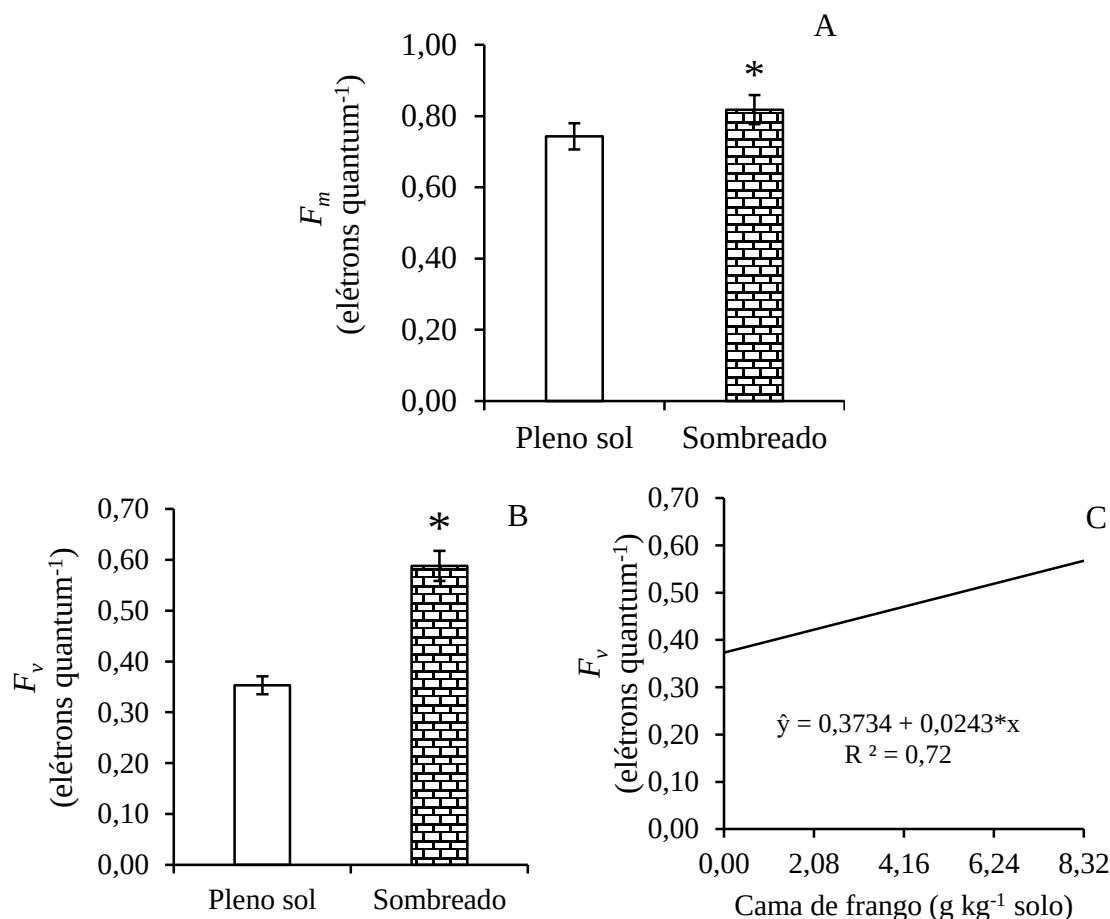


FIGURA 11. Fluorescência máxima (F_m) (A) e variável (F_v) (B, C) em folhas de plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango, a pleno sol ou sombreadas. *diferença significativa, pelo teste t de Student ($p < 0,05$). UFGD, Dourados – MS, 2019.

A eficiência de conversão de energia absorvida (F_v/F_0) e o rendimento máximo não fotoquímico (F_0/F_v) foram influenciados pelos fatores em estudo isoladamente. Ocorreu aumento da F_v/F_0 e redução de F_0/F_v , com doses crescentes de cama de frango, sendo a maior (2,18 elétrons quantum⁻¹) e menor razão (0,582 elétrons quantum⁻¹) com adição de 8,32 g kg⁻¹ de cama de frango, respectivamente (Figura 12B e 12D). Quanto à luz, a maior F_v/F_0 foi de 2,58 elétrons quantum⁻¹ nas folhas sombreadas (Figura 12A), e a F_0/F_v de 1,16 elétrons quantum⁻¹ sob pleno sol (Figura 12C). A relação F_v/F_0 é considerada como indicador da eficiência máxima no processo fotoquímico no FS II e/ou

da atividade fotossintética potencial (razão máxima de produção quântica dos processos concorrentes fotoquímicos no FS II) (SILVA et al., 2015).

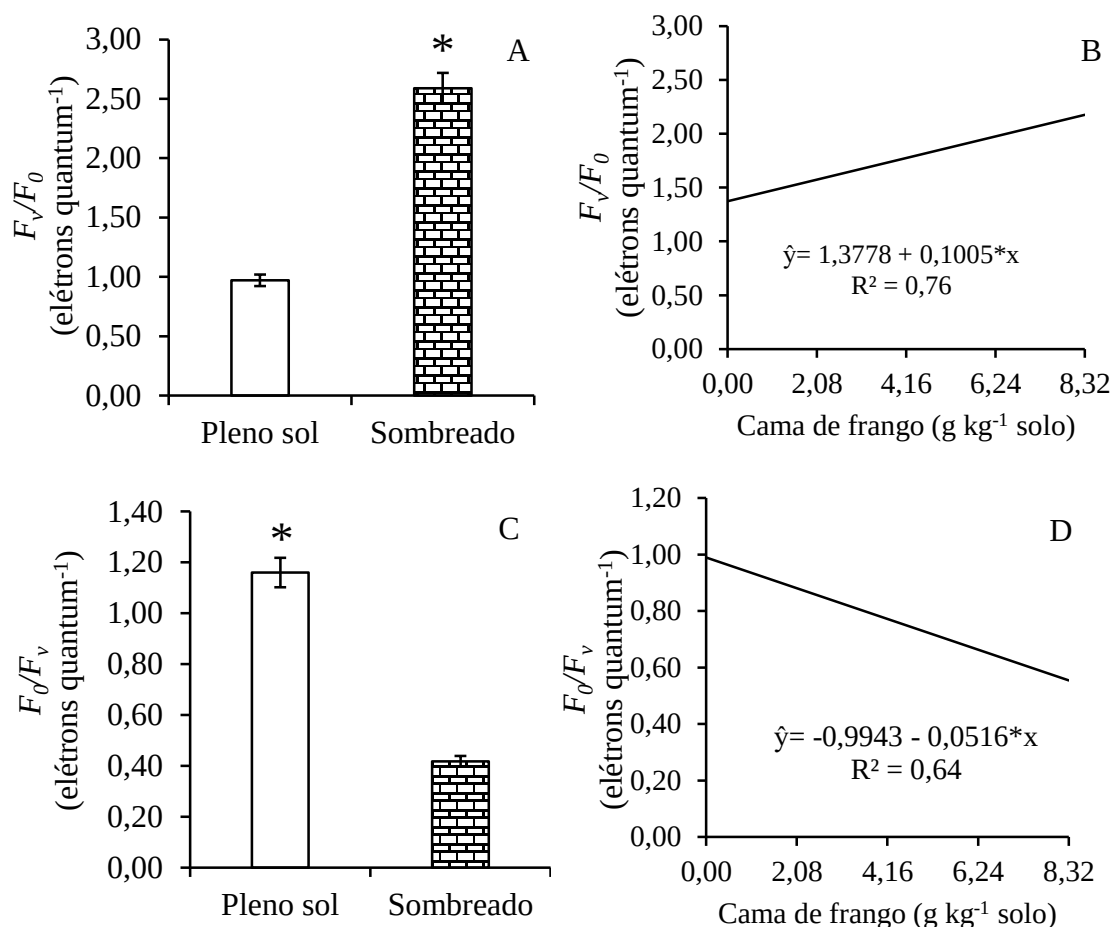


FIGURA 12. Eficiência de conversão de energia absorvida (F_v/F_0) (D, E) e rendimento máximo não fotoquímico (F_0/F_v) (F, G) em folhas de plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango, a pleno sol ou sombreadas. *diferença significativa, pelo teste t de Student ($p < 0,05$). UFGD, Dourados – MS, 2019.

Os resultados indicam que as plantas de *A. edulis* apresentaram mecanismos sob condições adversas, uma vez que são mais eficientes no aproveitamento da energia solar por apresentarem maior eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m) em ambiente sombreado, e maior dissipação, quando submetidas a pleno sol. De maneira semelhante,

plantas jovens de *Dipteryx odorata* apresentaram mudanças acentuadas nos valores de F_0 e F_m nas folhas expostas à alta irradiância (GONÇALVES et al., 2010).

Plantas sob alta irradiância tendem a apresentar menor demanda por energia do metabolismo fotossintético, ou seja, o excesso de luz torna-se um fator saturante, necessitando que as plantas sejam capazes de dissipar a energia excessiva (GU et al., 2017), possibilitando manter integridade do FS II por meio da mitigação dos danos ao aparato fotossintético e das reações bioquímicas posteriormente. A capacidade de uso e dissipação do excesso de energia de modo eficiente é determinante para a assimilação líquida de CO_2 e estabelecimento das espécies arbóreas em ambientes contrastantes de luz (SOUZA et al., 2017).

Neste sentido, o ajuste fisiológico é uma característica desejável, pois contribui substancialmente para que as plantas possam realizar seus processos metabólicos e assegurar a estabilidade do desenvolvimento mesmo sob condições desfavoráveis, principalmente os fatores abióticos que estão diretamente relacionados ao habitat e grupo ecológico. Assim, a *A. edulis*, mesmo sendo uma espécie secundária inicial (LELES et al., 2011) apresentou resiliência por meio de ajustes fotoquímicos e bioquímicos da fotossíntese, podendo ser inserida em ambientes com diferentes gradientes de radiação incidente, ou seja, condições de pleno sol (ex.: áreas abertas antropizadas) e sombreado (ex.: sistemas agroflorestais ou enriquecimento de mata nativa).

As melhores respostas fotoquímicas das plantas sob maiores doses de cama de frango devem-se ao fato de que sua adição ao solo favoreceu incremento da matéria orgânica, consequentemente, maior disponibilidade de nutrientes para as plantas (SOREMI et al., 2017), principalmente o N e P (Figura 4). Esses nutrientes participam efetivamente da formação de adenosina trifosfato (ATP) e fosfato de dinucleotídeo de adenina e nicotinamida (NADPH) (CARSTENSEN et al., 2018) e do conteúdo cloroplastídico (GUO et al., 2015; GHASEMI et al., 2017; AGBOR et al., 2018), favorecendo a estabilidade no processo de transferência de elétrons no FS II.

Quanto aos aspectos morfo-estomáticos, constatou-se que as folhas das plantas de *A. edulis* são hipoestomáticas, com presença de tricomas tectores nas duas faces epidérmicas, sob ambas disponibilidades luminosas (Figura 13). A abertura ostiolar – AO e diâmetro polar – DP foram influenciados pelos fatores em estudo isoladamente, em que

a maior AO e DP dos estômatos foram nas folhas das plantas sombreadas (3,55 μm e 11,50 μm , respectivamente) (Figura 14). Sob determinadas condições ambientais, as plantas alteram suas estruturas foliares como habilidades adaptativas na mitigação em perda de água por transpiração (TAIZ et al., 2017), tal como observado por apresentarem menores dimensões sob pleno sol. Quanto ao resíduo orgânico, os dados de AO não ajustaram-se aos modelos testados, com média de 2,94 μm . Para DP, a máxima foi de 11,92 μm com 3,06 g kg^{-1} solo de cama de frango (Figura 15).

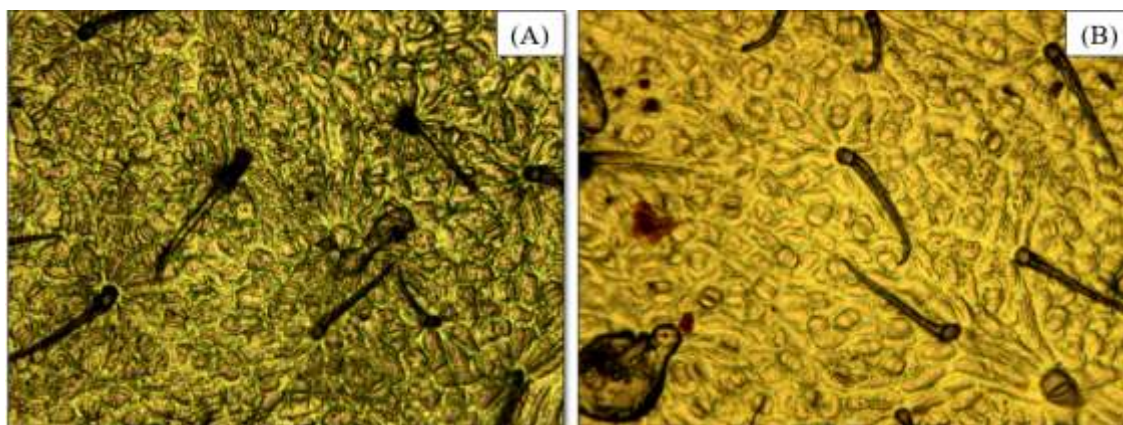


FIGURA 13. Estômatos e tricomas na face abaxial de folhas de plantas de *A. edulis* cultivadas sob ambientes a pleno sol (A) e sombreado (B). UFGD, Dourados – MS, 2019. Fonte: Santos, C. C. (2016).

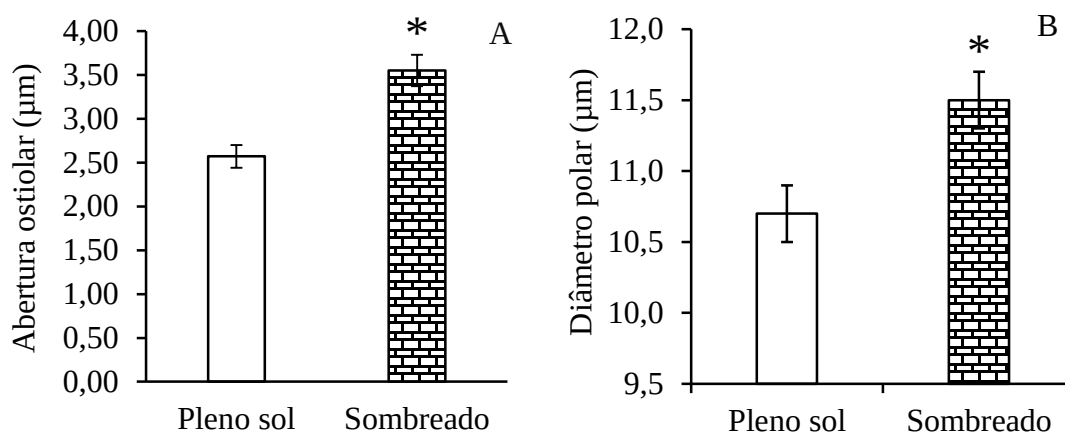


FIGURA 14. Abertura ostiolar (A) e diâmetro polar (B) dos estômatos em folhas de *A. edulis* Rich. sob pleno sol ou sombreado. *diferença significativa, pelo teste t de Student ($p < 0,05$). UFGD, Dourados – MS, 2019.

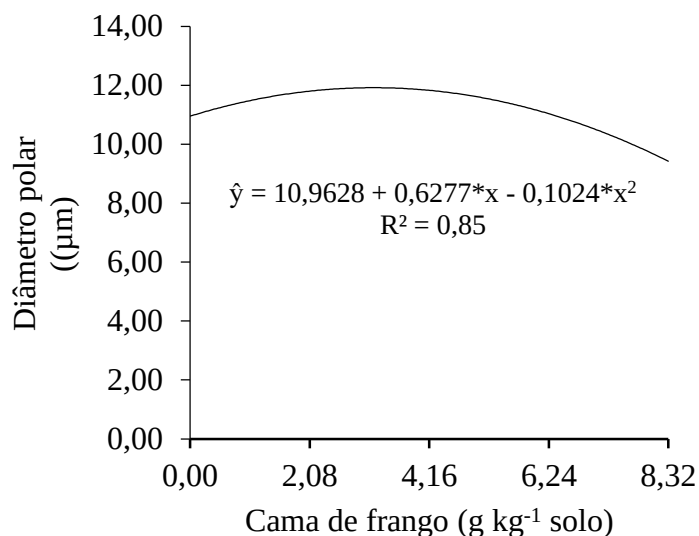


FIGURA 15. Diâmetro polar dos estômatos em folhas de plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango. UFGD, Dourados – MS, 2019. * ($p < 0,05$).

O diâmetro equatorial (DE) e a funcionalidade (FE) dos estômatos foram influenciados pela interação entre cama de frango e luminosidade, sendo que os dados de ambas características em pleno sol não ajustaram-se aos modelos matemáticos testados, apresentando média de 7,82 e 0,71 µm (Quadro 3). As máxima DE e mínima FE foram de 14,32 e 0,78 µm, nas plantas cultivadas com adição de 3,91 e 4,33 g kg⁻¹ solo de cama de frango, respectivamente, quando submetidas ao sombreamento (Figura 16). Resultados similares quanto à luz foram descritos por Aragão et al. (2014), em que plantas jovens de *Carapa guianensis* Aubl. apresentaram maiores dimensões estomáticas sob ambiente sombreado.

Considerando que a *A. edulis* é uma espécie secundária inicial seus estômatos teriam maior tamanho e funcionalidade sob sombreamento, assim, os dados desse trabalho corroboram informações da literatura, segundo nos quais reduções na AO e diâmetros polar e equatorial, sob estresse, favoreceram maior *EUA* e menor *E*. Entretanto, nossos dados são contrários a essas informações pois sob condições de pleno sol as mudas apresentaram maior *A*, *gs* e *A/Ci* (Figura 7) sugerindo assim, sua plasticidade em mesmo com alta *E* (Quadro 2) conseguir produzir alta taxa de fotoassimilados.

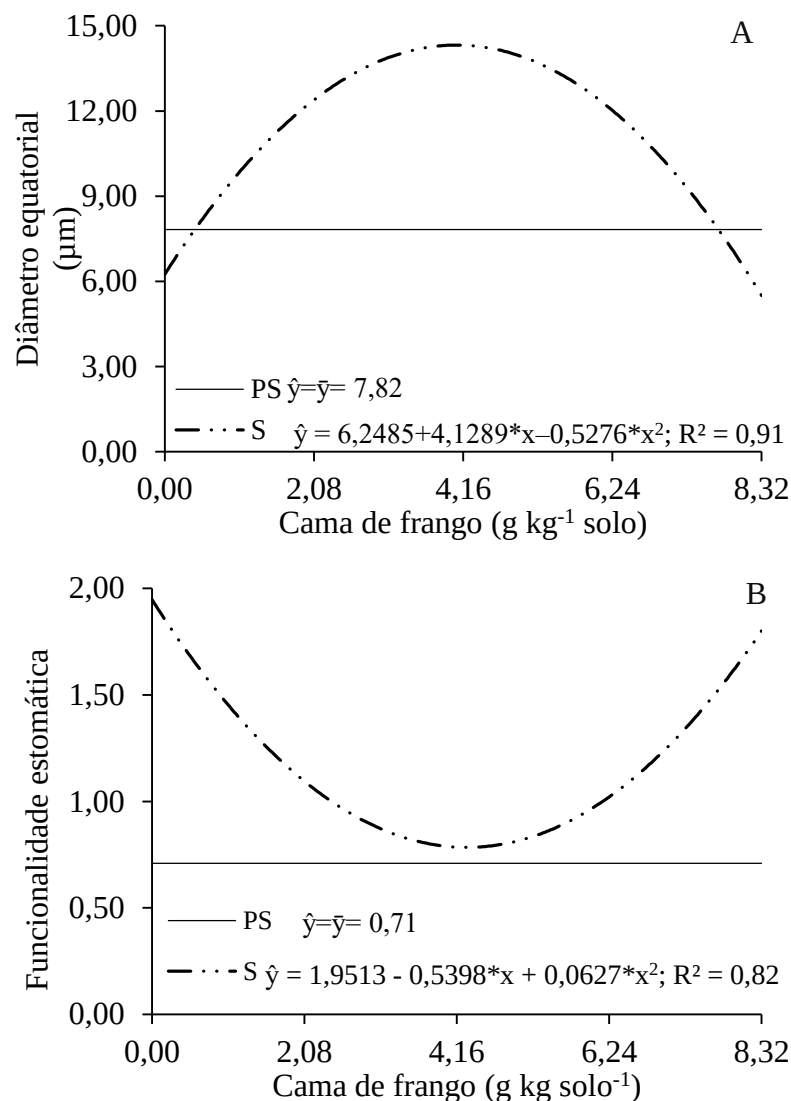


FIGURA 16. Diâmetro equatorial (A) e funcionalidade estomática (B) em folhas de plantas jovens de *A. edulis* Rich. cultivadas com cama de frango sob pleno sol- PS e sombreado - S. UFGD, Dourados – MS, 2019. * ($p < 0,05$).

Constatou-se que 78,36% da variabilidade remanescente dos dados foram explicados por meio da ACP, sendo 61,47% correspondentes a PC 1 e 16,89% a PC 2 (Figura 17). As características de F_m , A/C_i e AO foram retiradas da APC, considerando escores fatoriais $< 0,20$, nos dois eixos, indicando baixa representatividade. A análise multivariada de componentes principais é considerada complementar de âmbito

qualitativo dos resultados, possibilitando o agrupamento de uma população em função de suas variâncias, sendo possível visão conjunta experimental (HONGYU et al., 2015).

FIGURA 17. Análise de componentes principais de características avaliadas em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango (0,00; 2,08; 4,16; 6,24 e 8,32 g kg solo⁻¹) e a pleno sol – PS e sombreado - S. UFGD, Dourados – MS, 2019.

As características de fluorescência na PC 1 tiveram mais peso na sua constituição e foram em ordem decrescente a F_0 , F_v/F_m , índice de clorofila (SPAD), F_v/F_0 , ETR e EUA , sendo mais responsivas positivamente quanto à adição de cama de frango ao solo, sob ambiente sombreado (Quadro 3). As características estomáticas na PC 2 tiveram mais peso na sua constituição e foram representadas em ordem decrescente pela FE, DE, C_i e DP sob doses intermediárias de cama de frango. Assim, verificou-se que a adição crescente de cama de frango contribuiu em maiores indicadores fotoquímicos nas folhas de *A. edulis* em ambiente sombreado, enquanto as trocas gasosas foram mais responsivas sob pleno sol, com menores níveis do resíduo orgânico.

QUADRO 3. Autovetores e seus respectivos escores das características fisiológicas e morfo-estomáticas em plantas *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob sol e sombreado. UFGD, Dourados-MS, 2019

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
SPAD	-0,2915	0,0655	-0,0031	0,0973	-0,3879	0,0805	-0,3458
A	0,2381	0,0098	-0,1031	0,5366	-0,0274	0,6953	0,1969
E	0,2854	-0,0370	0,0315	0,2790	0,0582	-0,0618	-0,6280
g_s	0,2083	0,3065	0,1755	0,3087	-0,2340	0,0072	0,2111
C_i	0,1110	0,4227	0,3165	-0,1645	0,0386	-0,0039	0,0752
EUA	-0,2805	0,0740	-0,1209	-0,2737	-0,0714	0,3370	0,3026
C_i/C_a	0,1315	0,4073	0,3133	-0,1603	0,0292	-0,0190	0,0633
TF	0,2901	-0,1485	-0,0539	0,0100	0,2020	-0,1079	0,0651
F_0	0,2924	-0,1300	-0,0504	-0,0421	0,0707	-0,1831	0,2890
F_v/F_m	-0,2905	0,1530	0,0443	0,0726	-0,0388	-0,0644	-0,0391
F_v	-0,2547	0,1493	-0,1492	0,3774	0,2861	-0,2217	0,1510
F_v/F_0	-0,2798	0,1517	-0,0807	0,2491	0,0952	-0,0679	-0,1375
F_0/F_v	0,2664	-0,1390	0,0745	-0,2436	-0,4918	0,1441	-0,1508
ETR	0,2884	-0,1507	-0,0683	0,0556	0,1407	-0,2061	0,0779
DE	-0,1304	-0,2697	0,4976	0,1576	-0,0403	-0,0803	0,2471
DP	-0,1163	-0,2202	0,5037	-0,1091	0,5209	0,3929	-0,2258
FE	0,1346	0,3031	-0,4060	-0,2927	0,3284	0,2399	-0,1315

3.3. Indicadores de crescimento e qualidade de plantas

A altura das plantas de *A. edulis* foi influenciada pela interação dos fatores em estudo, verificando-se ajustes quadráticos sob ambas disponibilidades luminosas. As máximas alturas foram de 47,35 e 35,14 cm com adição de 5,64 e 6,01 g kg⁻¹ solo de cama de frango, em ambiente sombreado e pleno sol, respectivamente (Figura 18). A maior altura das plantas sombreadas pode ser explicada pelo fato de a espécie pertencer ao grupo ecológico das secundárias iniciais (LELES et al., 2011), otimizando recursos do ambiente. De maneira semelhante, mudas de *Dipteryx alata* Vog. submetidas a três níveis de sombreamento (0%, 30% e 50%) apresentaram maiores alturas sob menores disponibilidades luminosas (AJALLA et al., 2012). A menor altura das plantas sob pleno sol pode estar associada ao desequilíbrio hormonal, uma vez que, sob alta irradiância, a auxina tende a sofrer degradação (CHANDLER, 2016; TAIZ et al., 2017), reduzindo a alongação de entrenós e os aspectos morfométricos da planta.

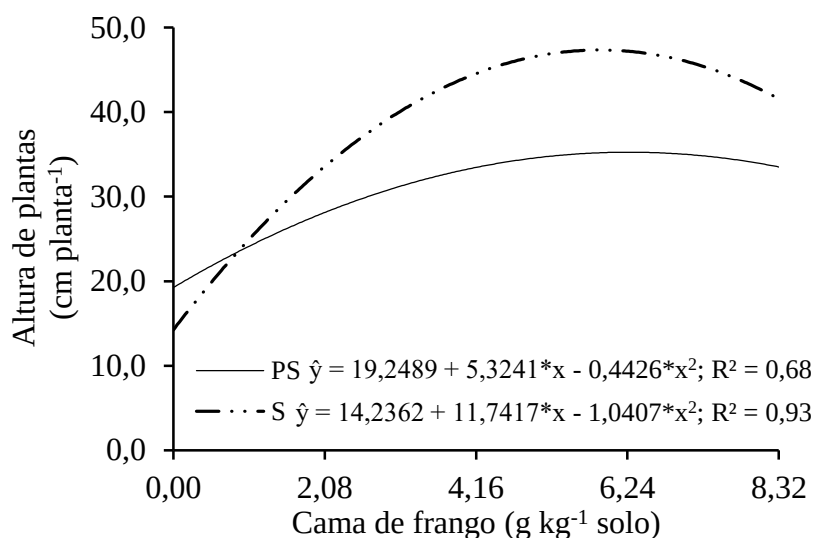


FIGURA 18. Altura de plantas jovens de *A. edulis* Rich. cultivadas com cama de frango sob pleno sol- PS e sombreado - S. UFGD, Dourados – MS, 2019. * (p<0,05).

O diâmetro do coleto foi influenciado apenas pelas doses de cama de frango, com crescimento linear, sendo o maior diâmetro de 8,12 mm sob 8,32 g kg⁻¹ solo de cama de frango (Figura 19). Esse resultado pode estar associado ao incremento de nutrientes

presentes no resíduo orgânico, principalmente o K, pois esse nutriente contribui na estruturação do tecido vegetal e incremento de massa (CAVALCANTE et al., 2019). De acordo com Melo et al. (2019), mudas de *Campomanesia adamantium* O. Berg. apresentaram maior diâmetro do coleto com o aumento do K no substrato. O maior diâmetro é desejável porque favorece a estabilização e translocação de fotoassimilados para a muda em formação (CARNEVALI et al., 2015).

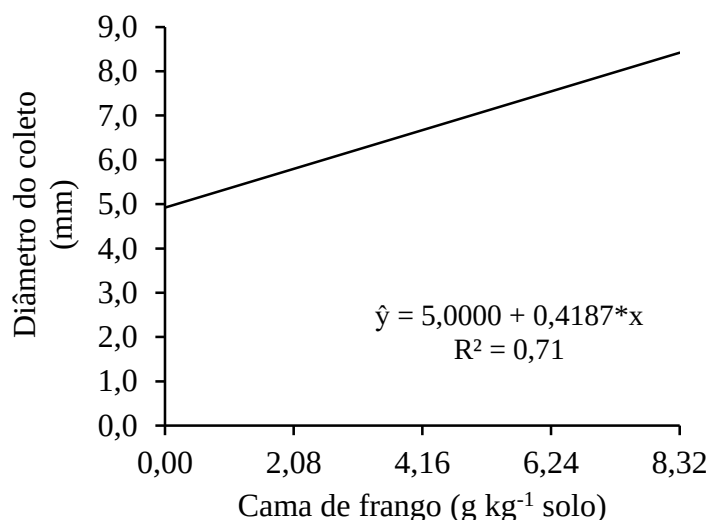


FIGURA 19. Diâmetro do coleto de plantas jovens de *A. edulis* Rich. cultivadas com cama de frango. Dados em função da luminosidade foram agrupados. UFGD, Dourados – MS, 2019. * ($p < 0,05$).

A relação altura/diâmetro (RAD), foi influenciada pelos fatores em estudo isoladamente, constatando-se maior valor (5,46) sob 4,95 g kg⁻¹ solo de cama de frango (Figura 20A) e nas plantas sombreadas (5,35) (Figura 20B). Observou-se que a adição de cama de frango favoreceu o incremento no crescimento de forma equilibrada, uma vez que o crescimento em altura foi acompanhado de incremento de massa seca e do diâmetro nessas mesmas condições de cultivo, assegurando a robustez e estabilidade das plantas. Valores acima de 6,1 RAD indicam estiolamento das plantas em função das condições de cultivo na fase de crescimento inicial em viveiro (CARNEIRO, 1995), podendo apresentar probabilidade de tombamento em condições após transplântio (MOTA et al., 2012). Embora esses valores tenham sido altos em condições sombreadas, as plantas de

A. edulis estão dentro dos padrões estabelecidos, sendo um indicador importante na obtenção de plantas com elevada qualidade.

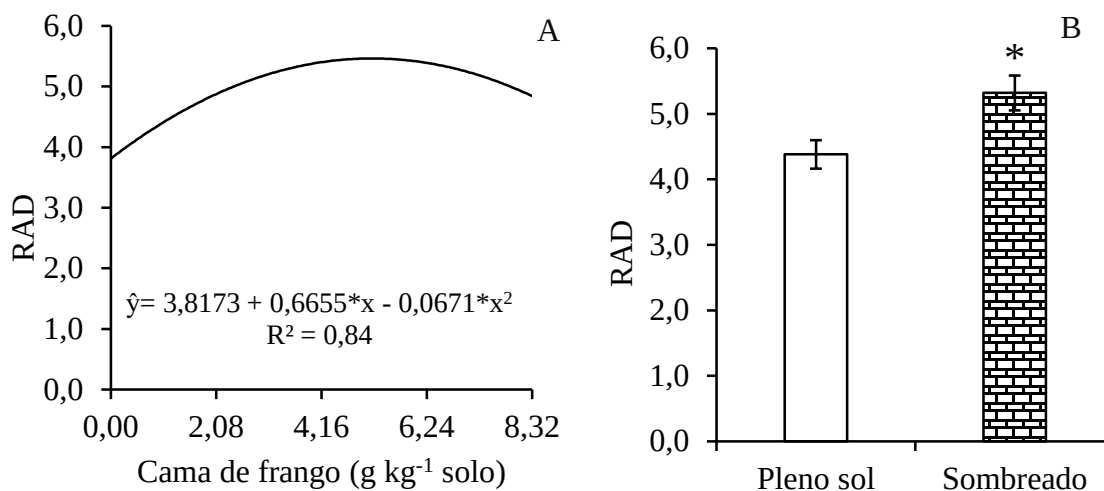


FIGURA 20. Relação altura/diâmetro (RAD) em plantas jovens de *A. edulis* Rich. cultivadas com cama de frango (A) ou sob pleno sol e sombreadas (B). UFGD, Dourados – MS, 2019. *diferença significativa, pelo teste t de Student, para luminosidade ($p < 0,05$). UFGD, Dourados – MS, 2019.

Os benefícios da cama de frango adicionada ao solo nos indicadores de crescimento estão associados ao aumento da atividade microbológica e melhorias físicas do solo (GUIMARÃES et al., 2013; MALIK et al., 2013), favorecendo o incremento dos teores de nutrientes como N e K, que estavam presentes no resíduo orgânico (Figura 5A). O N está associado ao crescimento vegetativo (OSORIO et al., 2014), enquanto o K atua na estruturação do tecido (CAVALCANTE et al., 2019).

O número de folhas foi maior nas plantas sombreadas, independente das doses de cama de frango (Figura 21). Plantas sob baixa disponibilidade de luz tendem a aumentar a quantidade de folhas para aumentar a capacidade de interceptação de luz e potencialização da atividade fotossintética (BATISTA et al., 2014).

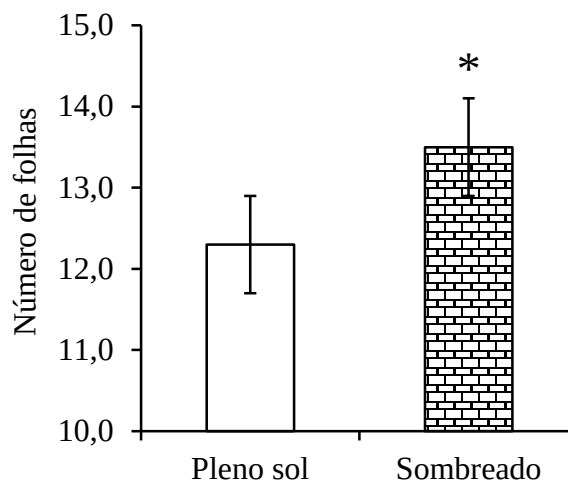


FIGURA 21. Número de folhas em plantas jovens de *A. edulis* Rich. cultivadas sob pleno sol ou sombreamento. *diferença significativa, pelo teste t de Student ($p < 0,05$). UFGD, Dourados – MS, 2019.

As áreas foliar – AF e radicular – AR foram influenciadas pelos fatores em estudo, constatando-se máximas de AF e AR de 796,64 e 118,83 cm²/planta com adição de 5,32 e 4,21 g kg⁻¹ solo de cama de frango, respectivamente ambos sob ambiente sombreado (Figura 22). Sob condições de baixa disponibilidade luminosa, algumas espécies tendem a investir maior proporção de fotoassimilados no aumento da área foliar (AF), para maximizar a captação da luz disponível (DIEZ et al., 2017), tal como ocorreu com o número de folhas (Figura 21). Quanto à cama e frango, o incremento de nutrientes contribuíram substancialmente na produção de fotoassimilados e incremento nos órgãos vegetativos em função da melhoria dos atributos químicos, físicos e microbiológicos dos substratos.

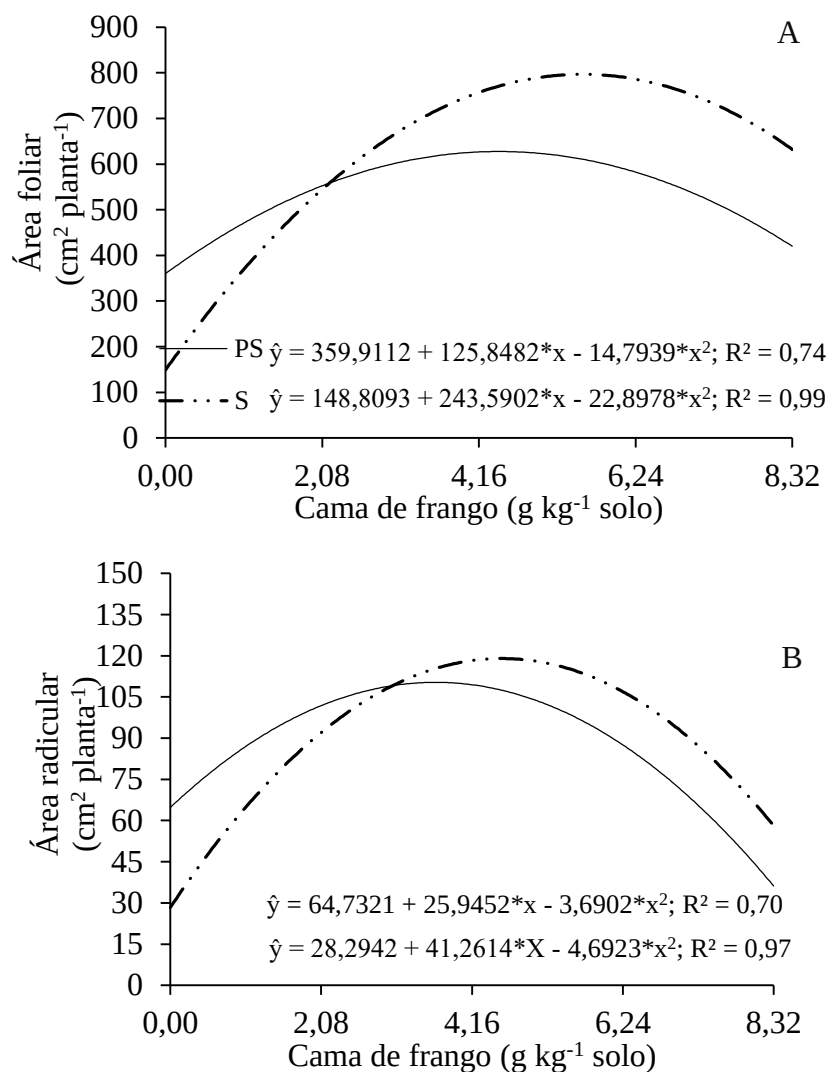


FIGURA 22. Áreas foliar (A) e radicular (B) em plantas jovens de *A. edulis* Rich. cultivadas com cama de frango sob pleno sol – PS e sombreamento - S. UFGD, Dourados – MS, 2019. * ($p < 0,05$).

As maiores áreas radiculares constatadas nas plantas sombreadas estão relacionadas ao uso eficiente da água. Isso, porque nesse ambiente, as plantas perdem menos água por transpiração em função do menor déficit de pressão de vapor de água (2,33 KPa). Além disso, possivelmente a adição da cama de frango em ambos ambientes luminosos melhorou os atributos físicos, pois os resíduos orgânicos adicionados ao solo atuam na redução da densidade em função de seu efeito condicionador (RAUBER et al., 2018), favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular.

As massas frescas e secas de folhas, caules e raízes foram influenciadas pela interação entre os fatores em estudo. As maiores massas frescas e secas de folhas foram de 19,45 e 6,95 g/planta, ambas com adição de 8,32 g kg⁻¹ solo de cama de frango em ambiente sombreado (Figura 23A e 23B).

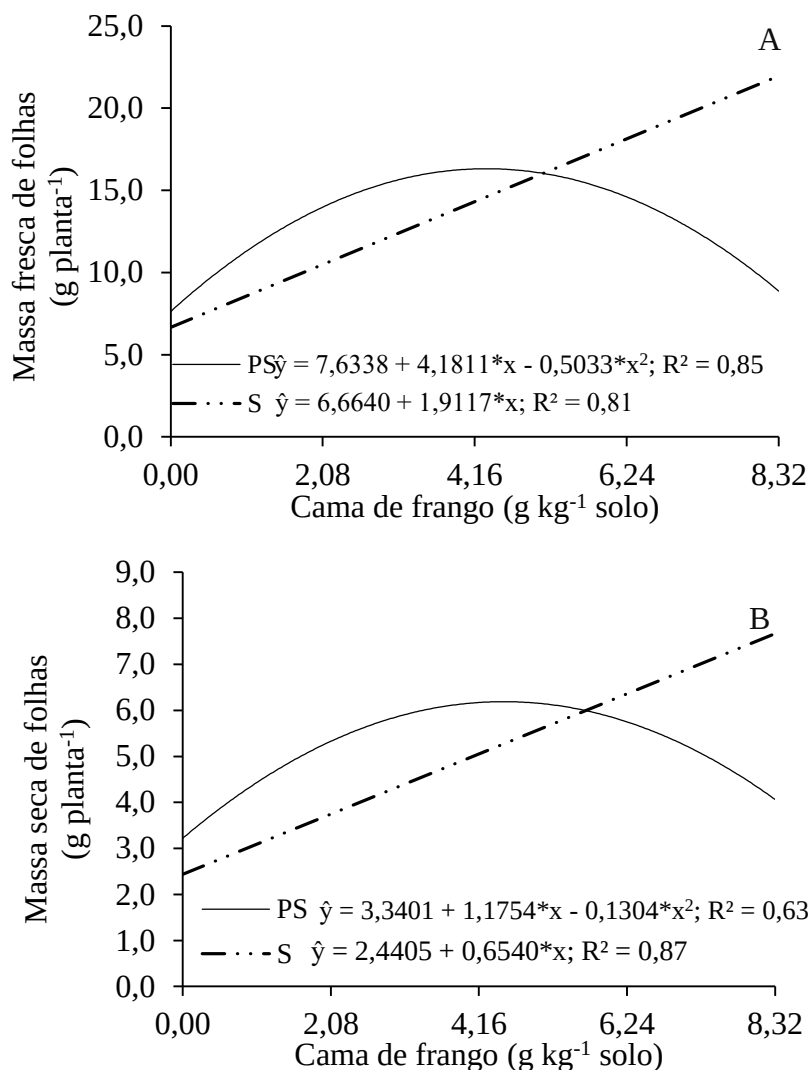


FIGURA 23. Massas frescas (A) e secas (B) de folhas em pantas jovens de *A. edulis* Rich. cultivadas com cama de frango sob pleno sol – PS e sombreamento - S. UFGD, Dourados – MS, 2019. * ($p < 0,05$).

As máximas massas frescas e secas de caule foram de 8,77 e 2,42 g/planta com 5,60 e 7,40 g kg⁻¹ solo de cama de frango, respectivamente (Figuras 24A e B). Souza et al. (2017) descrevem que plantas sob baixa disponibilidade luminosa no ambiente

investem em características da parte aérea para assegurar o particionamento de fotoassimilados e o balanço de carbono. Além disso, a adição crescente de cama de frango contribui no incremento de nutrientes, principalmente o N, assegurando o crescimento vegetativo. Esses maiores valores também correlacionam-se às maiores alturas, número de folhas e áreas foliares nessas mesmas condições luminosas.

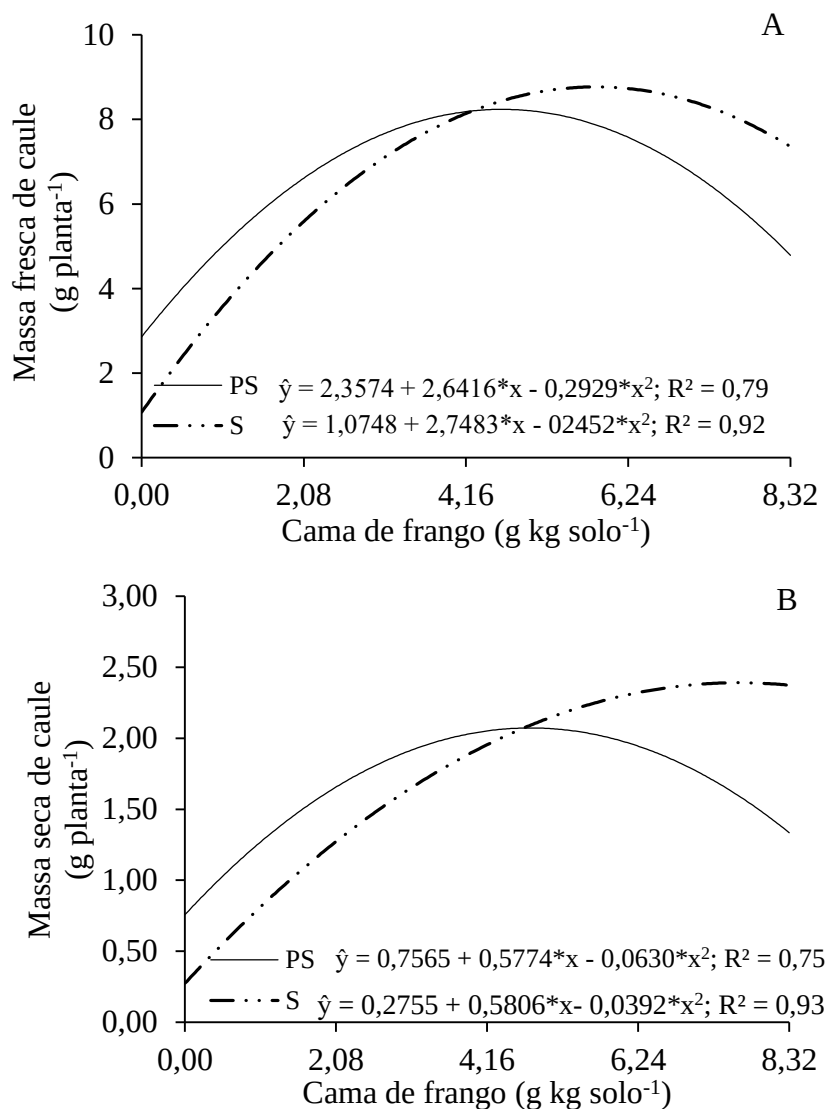


FIGURA 24. Massas frescas (A) e secas (B) de folhas em pantas jovens de *A. edulis* Rich. cultivadas com cama de frango sob pleno sol – PS e sombreamento - S. UFGD, Dourados – MS, 2019. * ($p < 0,05$).

A máxima massa fresca de raiz foi de 10,50 g/planta sob 4,82 g kg⁻¹ solo de cama de frango em ambiente sombreado (Figura 24A), enquanto a máxima massa seca foi de 2,51 g/planta com 3,95 g kg⁻¹ solo de cama de frango sob pleno sol (Figura 24B). Com adição de cama de frango ao solo ocorre aumento de microrganismos benéficos que aceleram a ciclagem de nutrientes (SALIM et al., 2014; HERSZTEK et al., 2018).

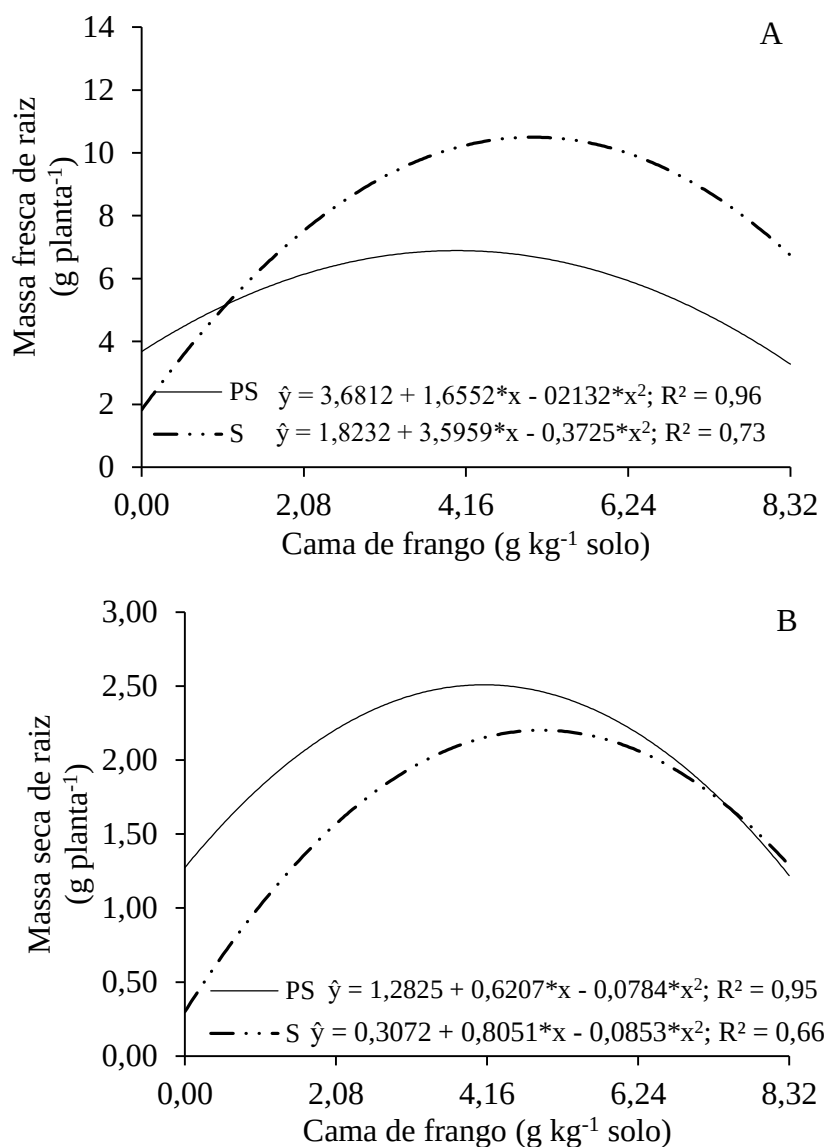


FIGURA 20. Massas frescas (A) e secas (B) de folhas em plantas jovens de *A. edulis* Rich. cultivadas com cama de frango sob pleno sol – PS e sombreamento - S. UFGD, Dourados – MS, 2019. * ($p < 0,05$).

O fato de as plantas mais bem desenvolvidas terem sido na presença das maiores doses de cama de frango resultou nas melhores condições para o crescimento e área das raízes, assegurando a exploração rizosférica e aporte de massa. Isso, está relacionado ao que a matéria orgânica melhora os atributos físicos do solo, principalmente por favorecer a estabilidade, agregação e redução da densidade de partículas (CHAPLOT e COOPER, 2015; WOLSCHICK et al., 2018), especialmente porque o solo utilizado foi um Latossolo Vermelho distroférico, de textura argilosa (SANTOS et al., 2018).

Ressaltamos que as mudas sob sombreamento apresentaram padrão equilibrado de crescimento não sendo consideradas estioladas, uma vez que, a maior altura foi acompanhada de diâmetro que não variou do pleno sol, área e número de folhas, massa fresca e seca crescentes, o que possibilitou um maior IQD e que dependendo da quantidade de matéria orgânica adicionada ao substrato superou as respostas da planta a pleno sol.

Plantas jovens de *Mimosa setosa* Benth. (FARIA et al., 2016) e *Alibertia sessilis* Schum. (MOTA et al., 2017) também apresentaram incremento de massas dos diferentes órgãos quando incorporou-se cama de frango ao substrato, demonstrando que a adição desse resíduo orgânico contribui para produção de plantas de espécies arbóreas nativas. Por outro lado, observou-se que doses elevadas de cama de frango podem reduzir o potencial de expressão em produção de massas de caules e raízes de plantas de *A. edulis*. De maneira semelhante, Silva et al. (2019), avaliando desenvolvimento de plantas jovens de *Enterolobium contortisiliquum* Vell, verificaram que doses crescentes de cama de frango ao substrato de cultivo afetaram negativamente as produções de massas.

A razão de área foliar (RAF) foi influenciada apenas pelas doses de cama de frango, verificando-se máxima RAF de $119,05 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ com adição de $3,44 \text{ g}^{-1} \text{ kg}$ solo de CF (Figura 25). A maior RAF indica maior capacidade de as plantas crescerem e apresentarem maior proporção de tecido fotossinteticamente ativo na forma de área foliar (COSTA et al., 2014). Esses resultados devem-se aos maiores índice de clorofila e área foliar constatados com adição de cama de frango ao substrato.

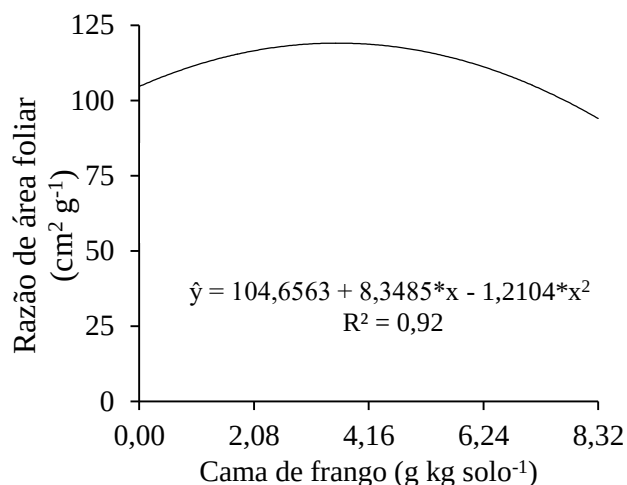


FIGURA 25. Razão de área foliar em plantas jovens de *A. edulis* Rich. cultivadas com cama de frango. Dados em função da luminosidade foram agrupados. UFGD, Dourados – MS, 2019. * ($p < 0,05$).

A área foliar específica, massa foliar específica e relação parte aérea/raiz (RPAR) foram influenciadas apenas pelos ambientes luminosos (Figura 26). A maior área foliar específica e massa foliar específica ocorreram nas plantas sombreadas, demonstrando que as plantas de *A. edulis* converteram maior quantidade de fotoassimilados por unidade de área fotossintetizante. O aumento desses índices sugerem habilidade adaptativa dos tecidos foliares na otimização da captura da luz (LIU et al., 2016) em função da menor radiação incidente. A maior RPAR (4,19) em ambiente sombreado deve-se à capacidade da espécie de investir em produção de massa nos tecidos dos diferentes órgãos para manutenção dos processos fisiológicos em resposta ao uso eficiente de absorção de água (CASTRO e NEWTON, 2015).

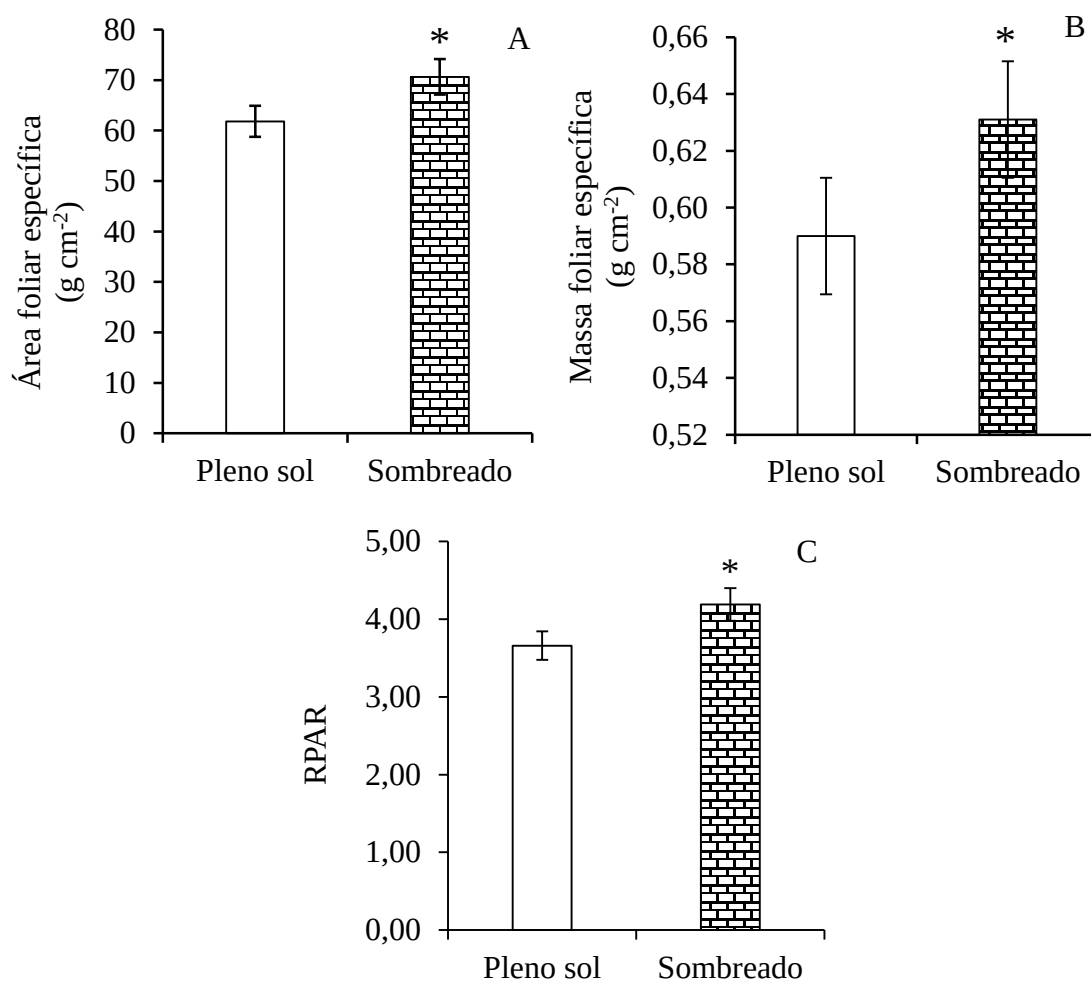


FIGURA 26. Área foliar específica – AFE (A), massa foliar específica – MFE (B) e relação parte aérea raiz – RPAR (C) em plantas jovens de *A. edulis* Rich. cultivadas sob disponibilidades luminosas. UFGD, Dourados – MS, 2019.
* ($p < 0,05$)

Embora as mudas sejam consideradas secundária inicial, o que poderia ser comprovado pelo efeito do pleno sol sobre a fotoquímica da fotossíntese, os danos nos centros de reação do fotossistema II não chegam a prejudicar o desempenho fotossintético da planta considerando a elevada taxa fotossintética (A), g_s , A/C_i e o crescimento e qualidade da muda, sugerindo assim que a *A. edulis* possui plasticidade aos ambientes contrastantes de luz.

O índice de qualidade de Dickson foi influenciado pela interação entre os fatores em estudo, sendo que os maiores índices foram de 1,31 e 1,11 sob 3,98 e 6,28 g kg⁻¹ solo de cama de frango sob pleno sol e ambiente sombreado, respectivamente (Figura 27). Esses resultados indicam que a *A. edulis*, mesmo sendo secundária inicial apresenta ajustes morfofisiológicos aos ambientes contrastantes de luz, ou seja, em ambas disponibilidades luminosas, as plantas asseguram a estabilidade do desenvolvimento e aproveitamento dos recursos disponíveis por meio de ajustes no metabolismo fotossintético e incremento de fotoassimilados. Entretanto, esta espécie necessita de maior aporte de matéria orgânica ao solo para expressar seu potencial metabólico e de crescimento.

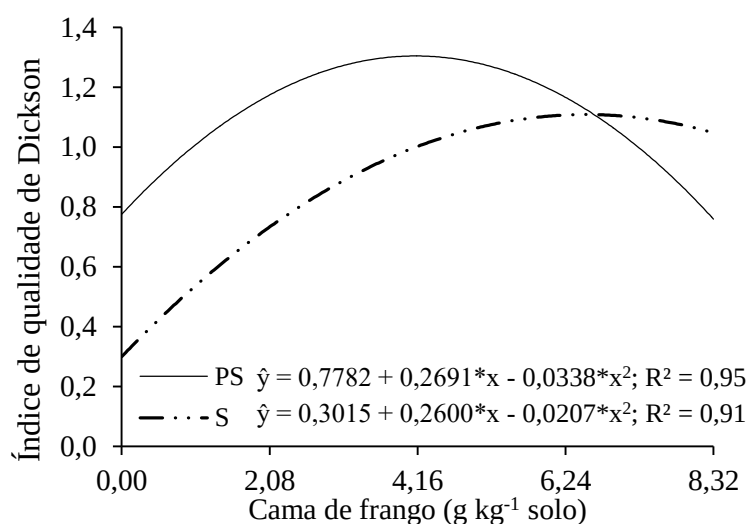


FIGURA 27. Índice de qualidade de Dickson de plantas jovens de *A. edulis* cultivadas com cama de frango, em ambiente a pleno sol – PS ou sombreado - S. UFGD, Dourados – MS, 2019. * ($p < 0,05$).

De maneira semelhante, mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf. não apresentaram diferença no IQD entre os níveis de sombreamento avaliados (DUTRA et al., 2015). Mudas de *Jaracatia spinosa* (Aubl.) A. DC apresentaram padrão de qualidade adequado quando produzidas com 60 dias de sombreamento, seguidos de 60 dias de sol (MARANA et al., 2015). O IQD é uma avaliação que determina o nível de distribuição

de fotoassimilados em mudas e/ou plantas jovens, pois calcula a robustez por meio da RAD, e a alocação de massa entre os diferentes órgãos da parte aérea e raízes (RPAR).

Na ACP verificou-se 80,84% da variabilidade dos dados explicada, sendo 62,20% e 18,64% representadas pelas PC 1 e PC 2 (Figura 28). Nenhum dos indicadores de crescimento foram retirados da análise, uma vez que apresentaram cargas fatoriais > 0,20. De acordo com os escores dos autovetores constatou-se que os indicadores de crescimento e qualidade das plantas, exceto área radicular e RPAR, agruparam-se sob cultivo sombreado em associação com 2,08 a 4,16 g kg⁻¹ solo (Quadro 4). Na CP 2 os autovetores mais representativos foram os índices fisiológicos (RAF, MFE e AFE), além de AR e RPAR, também com adição de cama de frango, sob pleno sol.

QUADRO 4. Autovetores e seus respectivos escores de indicadores de crescimento, índices fisiológicos e qualidade de plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob pleno sol e sombreamento. UFGD, Dourados-MS, 2019

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
AP	0,2807	0,1198	0,1589	-0,0147	-0,3864	-0,1139	0,1503
DC	0,2266	0,2948	-0,0081	0,5339	-0,2933	-0,1210	0,0873
MFF	0,2832	0,1277	0,1033	-0,1372	0,3738	-0,1921	-0,2065
MFC	0,3002	0,0632	-0,0353	-0,0011	-0,0285	0,5903	-0,5422
MFR	0,2668	-0,2067	0,1338	-0,2376	-0,2799	-0,0331	0,3206
MSF	0,2810	0,2061	0,0127	-0,0363	0,2436	-0,2086	0,1549
MSC	0,2913	0,1623	-0,0529	-0,1390	0,0133	0,0171	-0,1128
MSR	0,2557	-0,2191	-0,2504	0,1297	-0,0452	0,3257	0,0811
AF	0,2946	0,0310	0,1570	0,0840	0,1913	-0,1219	0,2206
AR	0,2385	-0,3435	-0,0505	-0,0325	0,0494	0,3903	0,4576
RAF	0,0916	-0,4174	0,3666	0,3301	0,0842	-0,2373	-0,1940
MFE	-0,1591	0,3278	0,3621	-0,3509	0,2819	0,2732	0,2768
RPAR	-0,0026	0,4820	0,3109	0,2693	-0,1455	0,2658	0,0356
AFE	-0,0095	-0,2574	0,5762	0,2448	0,2376	0,1820	-0,0448
RAD	0,2435	-0,0943	0,2823	-0,4699	-0,3361	-0,1515	-0,3169
MST	0,2993	0,1029	-0,0697	-0,0220	0,1324	-0,0330	0,0825
IQD	0,2697	0,0167	-0,2706	0,0898	0,3880	-0,1003	-0,0659

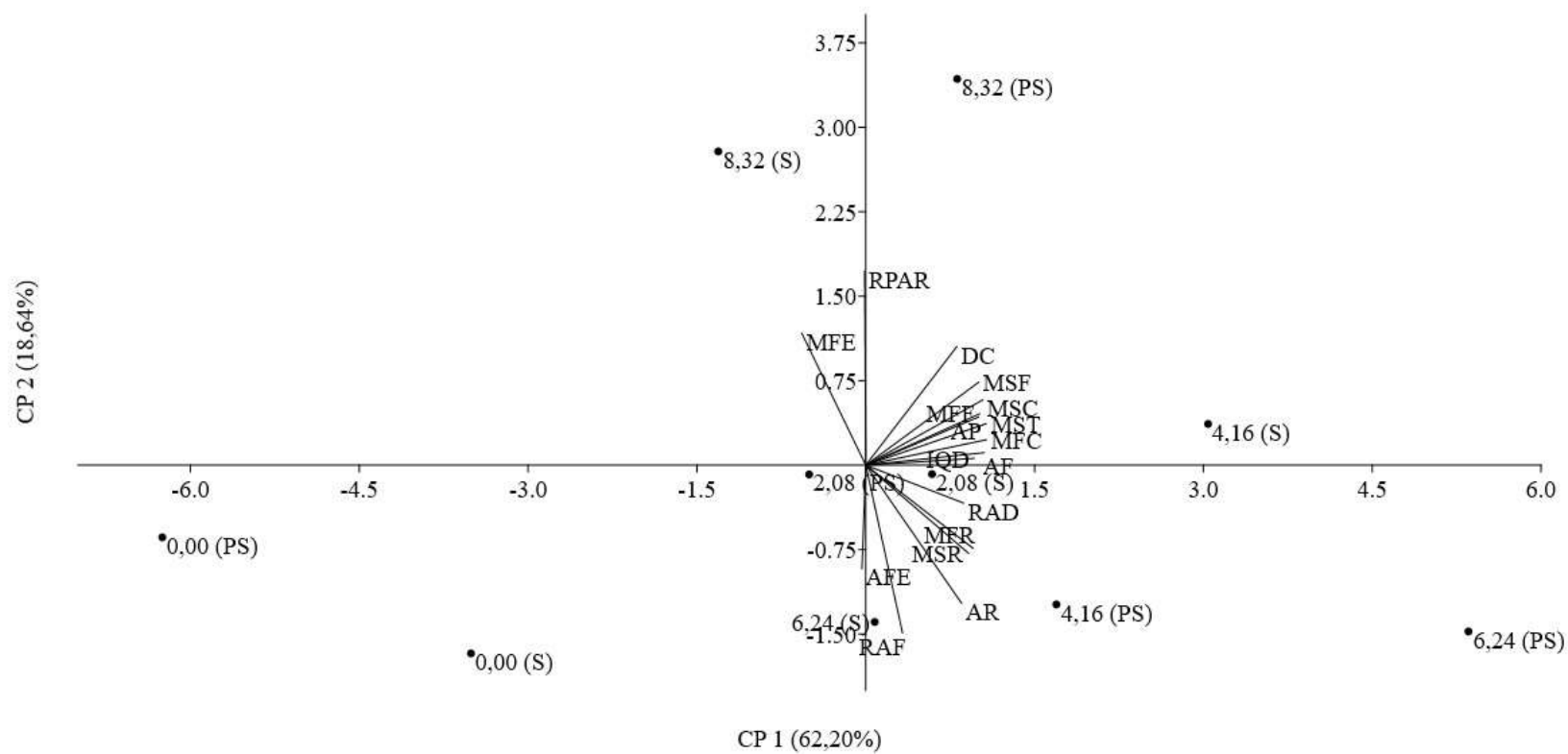


FIGURA 28. Análise de componentes principais de indicadores de crescimento, índices fisiológicos e qualidade de plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango (0,00; 2,08; 4,16; 6,24 e 8,32 g kg⁻¹ solo), nos ambientes a pleno sol – PS e sombreado - S. UFGD, Dourados – MS, 2019.

A partir da análise agrupamento verificou-se maior similaridade entre os mesmos níveis de cama de frango dentro de cada ambiente luminoso (Figura 29). Houve formação de quatro grupos, em que os tratamentos sem adição de cama de frango ficaram isolados dos demais (G1). Isso, deve-se ao fato de que quando realizou-se a adição do resíduo orgânico ocorreram melhorias dos atributos químicos, físicos e microbiológicos dos substratos correspondentes, propiciando maiores indicadores de produção do que aqueles sem cama de frango. Baseando-se nos grupos hierárquicos, as menores distância euclidianas ocorrerem entre 2,08 g kg⁻¹ de cama de frango, nos dois ambientes (3,01), seguido do 4,16 g kg⁻¹ - S e 6,24 g kg⁻¹ - PS (4,21). Esses resultados demonstram que o uso de resíduos orgânicos ao solo favoreceu a produção de plantas de *A. edulis*, uma vez que esses apresentaram maior similaridade.

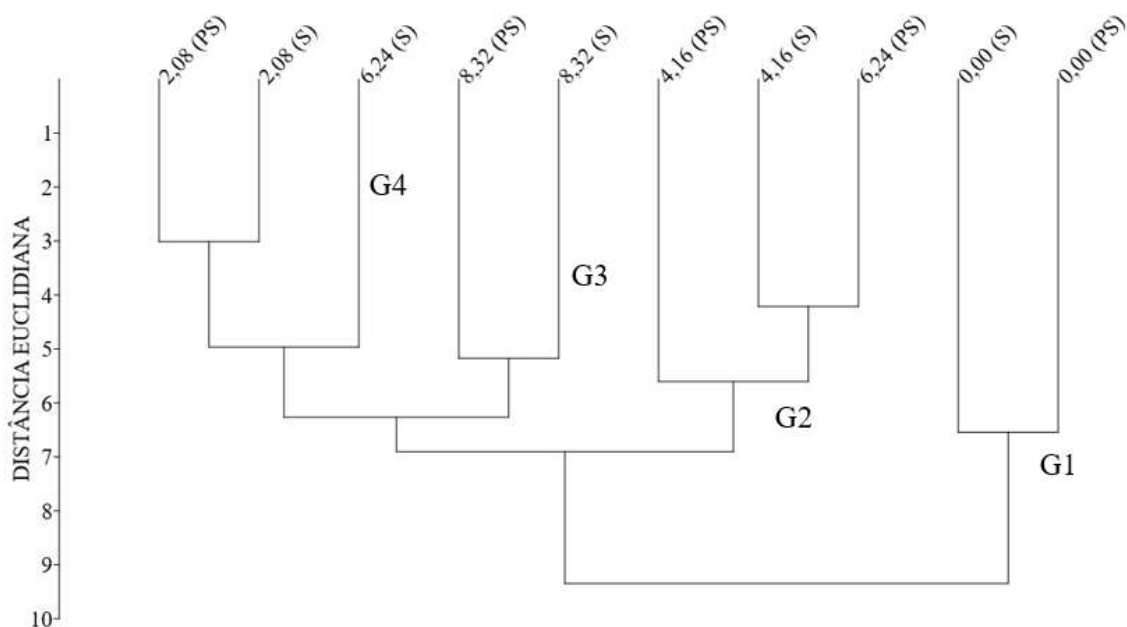


FIGURA 29. Grupos hierárquicos baseados na distância euclidiana entre as características avaliadas em plantas jovens de *A. edulis* cultivadas com cama de frango (0,00; 2,08; 4,16; 6,24 e 8,32 g kg⁻¹ solo), nos ambientes a pleno sol – PS e sombreado - S. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Em geral, a adição de cama de frango ao solo evidenciou-se como prática promissora, principalmente por contribuir nos atributos químicos do substrato, e consequentemente na fisiologia e crescimento das plantas jovens de *A. edulis*. Além disso, verificou-se que a espécie tem potencial de inserção em áreas com diferentes finalidades considerando sua plasticidade aos ambientes contrastantes de luz. Neste sentido, estudos que envolvam o cultivo *ex situ* de espécies nativas frutíferas do Cerrado brasileiro são de suma importância, visando a conservação dos recursos genéticos para fins alimentícios, medicinais e ecológicos.

Discordamos de nossa hipótese de que as mudas apresentam menor desenvolvimento e qualidade a pleno sol, mas concordamos que a adição de matéria orgânica ao substrato, aqui avaliada pelo uso de cama de frango favorece as respostas metabólicas que garantem a qualidade das mudas aos ambientes contrastantes de luz.

4 CONCLUSÕES

A adição de cama de frango ao substrato contribuiu pouco na melhoria dos atributos químicos, favorecendo especialmente no incremento nos teores de fósforo e potássio.

O cultivo sob pleno sol e a adição próxima de $4,32 \text{ g kg}^{-1}$ solo de cama de frango favoreceram o funcionamento do aparato fotossintético e proporciona elevada qualidade de mudas.

As plantas produzidas sob ambiente sombreado e adição de $6,24 \text{ g kg}^{-1}$ de cama de frango ao substrato propiciaram plantas com maiores características de crescimento e biomassa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGBOR, J.; ETIM, T.; OBI, U. A study of the effects of cassava peels and poultry manure based compost on soil properties, growth and yield of waterleaf. **African Journal of Poultry Farming**, v. 6, n. 4, p. 282-289, 2018.

AJALLA, A. C. A.; VOLPE, E.; VIEIRA, M. C.; HEREDIA ZÁRATE, N. A. Produção de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) sob três níveis de sombreamento e quatro classes texturais de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 888-896, 2012.

ALBERDI, M.; REYES-DÍAZ, M.; ZÚÑIGA, R.; HESS, S.; BRAVO, L. A.; CORCUERA, L. J. Photochemical efficiency of PS II and photoprotective pigments in seedlings and adults of two Proteaceae with different shade tolerance from the Chilean temperate rain forest. **Revista Chilena de História Natural**, v. 82, p. 387-402, 2009.

ALBUQUERQUE, T. C. S.; EVANGELISTA, T. C.; ALBUQUERQUE NETO, A. A. R. Níveis de sombreamento no crescimento de mudas de castanheira do Brasil. **Revista Agroambiente**, v. 9, n. 4, p. 440-445, 2015.

AQUINO, D. F. D. E. S.; TIRLONI C. A. S.; MENEGATTI, S. E. L. T.; CARDOSO, C. A. L.; VIEIRA, S. C. H.; VIEIRA, M. C.; SIMONET, A. M.; MACÍAS, F. A.; GASPAROTO, A. *Alibertia edulis* (L.C Rich.) AC Rich – A potent diuretic arising from Brazilian indigenous species. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 19, n. 6, p. 193-200, 2017.

ARAGÃO, D. S.; LUNZ, A. M. P.; OLIVEIRA, L. C.; RAPOSO, A.; FERMINO JUNIOR, P. C. P. Efeito do sombreamento na anatomia foliar de plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.). **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 631-639, 2014.

ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.

BAKER, B. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 89-113, 2008.

BATISTA, N. A.; BIANCHINI, E.; CARVALHO, E. S.; PIMENTA, J. Á. Architecture of tree species of different strata developing in environments with the same light intensity in a semideciduous forest in southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 28, n. 1, p. 34-45, 2014.

BENINCASA, M. M. P. **Análise do crescimento de plantas** (noções básicas). Jaboticabal: FUNEP, 2003, 41 p.

BISWAL, B.; JOSHI, P. N.; RAVAL, M. K.; BISWAL, U. C. Photosynthesis, a global sensor of environmental stress in green plants: stress signaling and adaptation. **Current Science**, v. 101, n. 1, p. 47-56, 2011.

BUNCE, J. A. Light dependence of carboxylation capacity for C₃ photosynthesis models. **Photosynthetica**, v. 54, n. 4, p. 484-490, 2016.

CARSTENSEN, A.; HERDEAN, A.; SCHMIDT, S. B.; SHARMA, A.; SPETEA, C.; PRIBIL, M.; HUSTED, D. S. The impacts of phosphorus deficiency on the photosynthetic electron transport chain. **Plant Physiology**, v. 3, p. 1-38, 2018.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense. 1995. 451p.

CARNEVALI, T. O.; VIEIRA, M. C.; LUCIANO, A. T.; GONÇALVES, W. V.; RODRIGUES, W. B.; RAMOS, M. B. M. Crescimento inicial de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg sob diferentes composições de substratos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 2, p. 316-323, 2015.

CASTRO, C. C.; NEWTON, A. C. Leaf and stem trait variation and plant functional types in 113 woody species of a seasonally dry tropical forest. **Colombia Florestal**, v. 18, n. 1, p. 117-138, 2015.

CAVALCANTE, A. C. P.; CAVALCANTE, L. F.; BERTINO, A. M. P.; CAVALCANTE, A. G.; LIMA NETO, A. J.; FERREIRA, N. M. Adubação com potássio e cálcio na nutrição e produção de goiabeira “Paluma”. **Revista Ceres**, v. 66, n. 1, p. 54-62, 2019.

CHANDLER, J. W. Auxin response factors. **Plant, Cell & Environment**, v. 39, p. 1014-1028, 2016.

CHAPLOT, V.; COOPER, M. Soil aggregate stability to predict organic carbon outputs from soils. **Geoderma**, v. 243-244, p. 205-213, 2015.

COSTA, A. G.; CHAGAS, J. H.; BERTOLUCCI, S. K. V.; PINTO, J. E. B. P. Níveis de sombreamento e tipos de malha no crescimento e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 194-199, 2014.

DEVI, S.; SHARMA, C. R.; SINGH, K. Microbiological biodiversity in poultry and paddy straw wastes in composting systems. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 43, n. 1, p. 288-296, 2012.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of while spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chonicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

DÍEZ, M. C.; MORENO, F.; GANTIVA, E. Effects of light intensity on the morphology and CAM photosynthesis of *Vanilla planifolia* Andrews. **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, v. 70, n. 1, p. 8023-8033, 2017.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SANTA, 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.

EGUCHI, E. S.; CECATO, U.; MUNIZ, A. S.; MARI, G. C.; MURANO, R. A. C.; NETO, E. L. S. Physical and chemical changes in soil fertilized with poultry manure with and without chiseling. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 316-321, 2016.

FAMASUL – FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO MATO GROSSO DO SUL. **Criação de frango e retorno financeiro**. 2015. Disponível em <https://portal.sistemafamasul.com.br/noticias/cria%C3%A7%C3%A3o-de-frango-se-destaca-pelo-bom-retorno-financeiro>, acesso em 03/05/2019.

FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMINA, W. M.; ROCHA, R. L. F. Substratos alternativos na produção de mudas de *Mimosa setosa* Benth. **Ciência Rural**, v. 26, n. 4, p. 1075-1086, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GHASEMI, H.; ESMAEILLI, M. A.; MOHAMMADIAN, R. Effects of nitrogen on chlorophyll fluorescence and the relationship between chlorophyll content and SPAD values in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under drip-tape system. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 12, n. 3, p. 117-122, 2017.

GILMORE, A. M.; HAZLETT, T. L.; DEBRUNNER, P. G. Comparative time-resolved photosystem II chlorophyll a fluorescence analyses reveal distinctive differences between photoinhibitory reaction center damage and xanthophyll cycle-dependent energy dissipation. **Photochemistry and Photobiology**, v. 64, p. 552-563, 1996.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, D. E.; GUIMARÃES, D. G.; BERNARDES, R. S. Análise dos transientes da fluorescência da clorofila *a* de plantas jovens de *Carapa guianensis* e de *Dipteryx adorata* submetidas a dois ambientes de luz. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 89-98, 2010.

GONZAGA, L. M.; SILVA, S. S.; CAMPOS, S. A.; FERREIRA, R. P.; CAMPOS, A. N. R.; CUNHA, A. C. M. C. M. Evaluation of substrates and AMF sporulation in the

production of seedlings of native forest species. **Revista Árvore**, v. 40, n. 2, p. 245-254, 2016.

GU, J.; ZHOU, Z.; LI, Z.; CHEN, Y.; WANG, Z.; ZHANG, H.; YANG, J. Photosynthetic properties and potentials for improvement of photosynthesis in pale green leaf rice under high light conditions. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 1082, p. 1-14, 2017.

GUIMARÃES, D. V.; GONZAGA, M. I. S.; SILVA, T. O.; SILVA, T. L.; DIAS, N. S.; MATIAS, M. I. S. Soil organic matter pools and carbon fraction in soil under different land uses. **Soil and Tillage Research**, v. 126, p. 177-182, 2013.

GUO, W.; NAZIM, H.; LIANG, Z.; YANG, D. Magnesium deficiency in plants: an urgent problem. **The Crop Journal**, v. 4, p. 83-91, 2015.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia electronica**, v. 4, n.1, p. 1-9, 2001.

HERSZTEK, M. M.; PAWLAS, K.; GONDEK, K. Influence of poultry litter and poultry litter biochar on soil microbial respiration and nitrifying bacteria activity. **Waste and Biomass Valorization**, v. 9, n. 3, p. 379-389, 2018.

HONGYO, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, G. J. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v. 1, n. 5, p. 83-90, 2015.

HUNT, R. **Basic growth analysis**: plant growth analysis for beginners. London: Unwin Hyman, 1990. 112p.

IRSHAD, M.; ENEJI, A. E.; HUSSAIN, Z.; ASHRAF, M. Chemical characterization of fresh and composted livestock manures. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 13, n. 1, p. 115-121, 2013.

JEROMINI, T. S.; MOTA, L. H. S.; SCALON, S. 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, 2019.

JIM, H.; LI, M.; DUAN, S.; FU, M.; DONG, X.; LIU, B.; FENG, D.; WANG, J.; WANG, H-B. Optimization of light-harvesting pigment improves photosynthetic efficiency. **Plant Physiology**, v. 172, p. 1720-1731, 2016.

LAGE-PINTO, F.; BERNINI, E.; OLIVEIRA, J. Ç.; VITÓRIA, A. P. Photosynthetic analyses of two native Atlantic forest species in regenerative understory of eucalyptus plantation. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 24, n. 2, p. 95-106, 2012.

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

LIMA, A. L. S.; ZANELLA, F.; CASTRO, L. D. M. Crescimento de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Amazônica**, v. 10, n. 1, p. 43-48, 2010.

LIU, Y.; DAWSON, W.; PRATI, D.; HAEUSER, E.; FENG, Y.; KLEUMEN. Does greater specific leaf area plasticity help plants to maintain a high performance when shaded?. **Annals of Botany**, v. 118, n. 7, p. 1329-1336, 2016.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas** (de consumo *in natura*). São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 2006. 640p.

MALIK, M. A.; KHAN, K. S.; MARSCHNER, P.; HASSAN, F. U. Microbial biomass, nutrient availability and nutrient uptake by wheat in two soils with organic amendments. **Journal of Soil and Plant Nutrition**, v. 13, n. 4, p. 955-966, 2013.

MARANA, J. P.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, E. P. Qualidade de mudas de jaracatiá submetidas a diferentes períodos de sombreamento em viveiro. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 275-282, 2015.

MARQUES, M. C. S.; HAMERSKI, L.; GARCEZ, F. R.; TIEPPO, C.; VASCONCELOS, M.; TORRES-SANTOS, E. C.; GARCEZ, W. S. In vitro biological screening and evaluation of free radical scavenging activities of medicinal plants from the Brazilian Cerrado. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 7, n.15, p. 957-962, 2013.

MELO, R. M.; VIEIRA, M. C.; CARNEVALI, T. O.; GONÇALVES, W. V.; TORALES, E. P.; TOLOUEI, S. E. L.; SANTOS, C. C. Calagem e textura do substrato afetam o desenvolvimento de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 99-108, 2019.

MORRIS, E. K.; MORRIS, D. J. P.; VOGT, S.; GLEBER, S. C.; BIGALKE, M.; WILCKE, W.; RILLING, M. C. Visualizing the dynamics of soil aggregation as affected by arbuscular mycorrhizal fungi. **The ISME Journal**, v. 10, n. 2, p. 1-8, 2019.

MOTA, L. H. S.; SCALON, S. P. Q.; HEINZ, R. Sombreamento na emergência de plântulas e no crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 423-431, 2012.

MOTA, L. H. S.; SCALON, S. P. Q.; HEINZ, R.; DRESCH, D. M. Substrates and water availability on the emergence and initial growth of *Alibertia sessilis* Schum. seedlings. **Floresta**, v. 47, n. 4, p. 513-522, 2017.

MÜLLER, D. H.; CAMILI, E. C.; GUIMARÃES, S. C.; CAMPO, D. T. S.; MARTINS, M. E.; BARROS, K. C. Biomassa e atividade microbiana de solo sob aplicação de resíduos orgânicos. **Revista Internacional de Ciências**, v. 4, n. 2, p. 71-82, 2014.

OSORIO, A. I.; VEGA, N. W. O.; DÍEZ, M. C.; MORENO, F. H. Nutrient status and Vegetative growth of *Vanilla planifolia* Jacks plants as affected by fertilization and organic substrate composition. **Acta Agronômica**, v. 63, n. 4, p. 326-334, 2014.

PAIVA, S. S.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; LUZ, P. B.; CAMILI, E. C. Caracterização física de frutos e sementes de *Lafoensia pacari*, *Alibertia edulis* e *Genipa americana*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 382-389, 2017.

PETTER, F. A.; LEITE, L. F. C.; MACHADO, D. M.; MACHADO JÚNIOR, N. H.; LIMA, L. B.; FREDDI, O. S.; ARAÚJO, A. S. F. Microbial biomass and organic matter in na oxisol under application of biochar. **Bragantia**, v. 78, n. 1, p. 109-118, 2019.

RAUBER, L. P.; ANDRADE, A. P.; FRIEDERICH, A.; MAFRA, A. L.; BARETTA, D.; ROSA, M. G.; MAFRA, M. S. H.; CORREA, J. C. Soil physical indicators of management systems in traditional areas under manure application. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 4, p. 354-359, 2018.

RIGO, A.; CORRÊA, J. C.; MAFRA, A. L.; HENTZ, P.; GROHSCOPF, M. A.; GATIBONI, L. C.; BEDENDO, G. Phosphorus fraction in soil with organic and mineral fertilization in integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, e0180130, 2019.

RONQUIM, C. C.; PRADO, C. H. B. A.; SOUZA, J. P. Irradiance availability and growth of leguminous trees of Cerrado. **Scientia Forestalis**, v. 46, n. 117, p. 115-126, 2018.

ROSA, D. B. C. J.; SCALON, S. P. Q.; CREMON, T.; CECCON, F.; DRESCH, D. M. Gas exchange and antioxidant activity in seedlings of *Copaifera langsdorffii* Desf. Under different water conditions. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 4, p. 3039-3050, 2017.

SABHARWAL, C. L.; ANJUM, B. Data reduction and regression using principal component analysis in qualitative spatial reasoning and health informatics. **Polibits**, v. 1, n. 5, p. 1-13, 2016.

SADLER, E. J.; EVANS, D. E. Vapor pressure deficit calculations and their effect on the equation combination equation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 49, n. 1, p. 55-80, 1989.

SANTO, R. E. Principal component analysis applied to digital image compression. **Einstein**, v. 10, n. 2, p. 135-139, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., ver. ampliada-Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.

SALIM, H. M.; PATTERSON, P. H.; RICKE, S. C.; KIM, W. K. Enhancement of microbial nitrification reduce ammonia emission from poultry manure: a review. **World's Poultry Science Journal**. v. 70, n. 4, p. 839-856, 2014.

SILVA, A. A.; COSTA, A. M.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q. Recycling of nutrients with application of organic waste in degraded pasture. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 2, p. 405-414, 2012.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas do solo, plantas e fertilizantes**. 2. Ed. rev. ampliada-Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

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

SILVA, F. M.; DRESCH, D. M.; PEREIRA, Z. V.; MUSSURY, R. M.; SCALON, S. P. Q. Effect of shade on emergence, initial growth, and seedling quality in *Physocalymma scaberrimum*. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n. 1, p. 185-191, 2016.

SILVA, R. F.; GROLLI, A. L.; WELTER, P. D.; ROS, C. O.; SCHEID, D. L. Poultry litter for the production and quality of *Enterolobium contortisiliquum* Vell. seedlings. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 3, e20170080, 2019.

SOREMI, A. O.; ADETUNJI, M. T.; ADEJUYIGBE, C. O.; BODUNGE, J. G.; AZEEZ, J. O. Effects of poultry manure on some soil chemical properties and nutrient bioavailability to soybean. **Journal of Agriculture and Ecology Research**, v. 11, n. 3, p. 1-10, 2017.

SOUZA, C. R.; GHOSH, A. K.; SILVA, I. R.; ALVARENGA, E. S.; NOVAIS, R. F.; JESUS, G. L. Phosphorus transformation in poultry litter and litter-treated Oxisol of Brazil assessed by ³¹P-NMR and wet chemical fractionation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1516-1527, 2012.

SOUZA, C. S. C. R.; SANTOS, V. A. H. F.; FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F. C. Biomassa, crescimento e respostas ecofisiológicas de plantas jovens de *Bertholletia excelsa* Bonpl. Submetidas a diferentes níveis de irradiância. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 557-569, 2017.

SOUZA, N. H.; MARCHETTI, M. E.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. P. Q.; SILVA, E. F. Estudo nutricional de canafístula (I): crescimento e qualidade de mudas em resposta a adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 717-724, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TELFER, A. Singlet oxygen production by PS II under light stress: mechanism, detection and the protective role of β -carotene. **Plant & Cell Physiology**, v. 55, n. 7, p. 1216-1223, 2014.

VIEIRA, L. S.; SOUSA, R. S.; LEMOS, J. R. Plantas medicinais conhecidas por especialistas locais de uma comunidade rural maranhense. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 1061-1068, 2015.

WOLSCHICK, N. H.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; BAGIO, B.; KAUFMANN, D. S. Long-term effect of soil use and management on organic carbon and aggregate stability. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, e0170393, p. 1-13, 2018.

YANNI, S. F.; DIOCHON, A.; HELGASON, B. L.; ELLERT, B. H.; GREGORICH, E. G. Temperature response of plant residue and soil organic matter decomposition in soil from different depths. **European Journal of Soil Science**, v. 69, p. 325-335, 2018.

YUAN, Z., ATA-UL-KARIM, S. T.; CAO, Q., LU, Z.; CAO, W. ZHU, Y. LIU, X. Indicators for diagnosing nitrogen status of rice based on chlorophyll meter readings. **Field Crops Research**, v. 185, p. 12-20, 2016.

ANEXOS

QUADRO 1. Resumo da análise de variância de pH em H₂O, fósforo (P) e potássio (K) de substratos com doses de cama de frango sob ambiente pleno sol e sombreado para crescimento inicial de *A. edulis*. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		pH H ₂ O	P	K
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	0,2890*	7,8332*	0,1260*
Sombreamento	2	0,0229 ^{ns}	4,3700 ^{ns}	0,0230*
CF x Sombreamento	4	0,0197 ^{ns}	2,2813 ^{ns}	0,0059*
Erro	27	0,0361	1,7412	0,0018
Média Geral		6,59	4,33	0,54
C.V. (%)		2,88	30,44	7,84

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%.

QUADRO 2. Resumo da análise de variância de teor de alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) de substratos com doses de cama de frango sob ambiente pleno sol e sombreado para crescimento inicial de *A. edulis*. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		Al	Ca	Mg
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	0,0091 ^{ns}	0,6935 ^{ns}	0,0880 ^{ns}
Sombreamento	2	0,0043 ^{ns}	0,0433 ^{ns}	0,1092 ^{ns}
CF x Sombreamento	4	0,0081 ^{ns}	0,3368 ^{ns}	0,1474 ^{ns}
Erro	27	0,0105	0,8010	0,0966
Média Geral		0,028	4,35	1,91
C.V. (%)		26,08	20,55	16,23

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%.

QUADRO 3. Resumo da análise de variância de acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC) de substratos com doses de cama de frango sob ambiente pleno sol e sombreado para crescimento inicial de *A. edulis*. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		H+Al	SB	CTC
Bloco	3	-----	-----	-----

Cama de frango (CF)	4	0,1853*	1,2533 ^{ns}	1,4479 ^{ns}
Sombreamento	2	0,0681 ^{ns}	0,1657 ^{ns}	0,0208 ^{ns}
CF x Sombreamento	4	0,0677 ^{ns}	0,7578 ^{ns}	1,2269 ^{ns}
Erro	27	0,0800	1,2733	1,3908
Média Geral		2,22	6,83	9,06
C.V. (%)		12,70	16,51	13,02

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%

QUADRO 4. Resumo da análise de variância de saturação por bases (V%) e matéria orgânica (M.O) de substratos com doses de cama de frango sob ambiente pleno sol e sombreado para crescimento inicial de *A. edulis*. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio	
		V%	M.O
Bloco	3	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	28,1711 ^{ns}	2,4145*
Sombreamento	2	13,4134 ^{ns}	0,0619 ^{ns}
CF x Sombreamento	4	3,7573 ^{ns}	0,4232*
Erro	27	16,3378	0,0575
Média Geral		75,12	1,17
C.V. (%)		5,38	20,41

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%.

QUADRO 5. Resumo da análise de variância de taxa de assimilação de CO₂ (A), transpiração (E) e condutância estomática (g_s) em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob ambiente pleno sol ou sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		A	E	g _s
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	0,1090 ^{ns}	0,0707 ^{ns}	0,00018 ^{ns}
Sombreamento	2	6,4000*	5,8369*	0,00009*
CF x Sombreamento	4	1,0057 ^{ns}	0,2657*	0,00034 ^{ns}
Erro	27	0,8033	0,0449	0,00015
Média Geral		3,84	1,05	0,0038
C.V. (%)		23,44	20,05	21,79

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%

QUADRO 6. Resumo da análise de variância de taxa de assimilação de CO₂ (A), transpiração (E) e condutância estomática (g_s) em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob ambiente pleno sol ou sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		C _i	EUA	A/C _i
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	3133,4299*	0,7627 ^{ns}	0,000017 ^{ns}
Sombreamento	2	37,3648 ^{ns}	55,3896*	0,000109*

CF x Sombreamento	4	1351,9249 ^{ns}	2,4369*	0,000011 ^{ns}
Erro	27	968,6012	0,9734	0,000023
Média Geral		247,90	4,18	0,015
C.V. (%)		12,55	23,59	30,44

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%

QUADRO 7. Resumo da análise de variância de eficiência intrínseca de uso da água ($EiUA$), temperatura foliar (TF) e razão C_i/C_a em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob ambiente pleno sol ou sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		$EiUA$	TF	C_i/C_a
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	1632,2332 ^{ns}	0,2966 ^{ns}	0,0176*
Sombreamento	2	655,6140 ^{ns}	325,4702*	0,0011 ^{ns}
CF x Sombreamento	4	1619,9803 ^{ns}	0,3958*	0,0075 ^{ns}
Erro	27	806,1264	0,6009	0,0054
Média Geral		106,75	29,80	0,58
C.V. (%)		26,60	2,60	12,55

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%

QUADRO 8. Resumo da análise de variância das fluorescências inicial (F_0), máxima (F_m) e variável (F_v) da clorofila *a* em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob ambiente pleno sol ou sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		F_0	F_m	F_v
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	0,00074 ^{ns}	0,04585*	0,06610*
Sombreamento	2	0,13317*	0,05542*	0,55013*
CF x Sombreamento	4	0,00003 ^{ns}	0,00010 ^{ns}	0,00815 ^{ns}
Erro	27	0,0011	0,0113	0,01216
Média Geral		0,287	0,781	0,470
C.V. (%)		11,74	13,65	23,43

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%

QUADRO 9. Resumo da análise de variância da eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m), eficiência de conversão de energia absorvida (F_v/F_0) e rendimento máximo não fotoquímico (F_0/F_v) em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob ambiente pleno sol ou sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		F_v/F_m	F_v/F_0	F_0/F_v
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	0,00474*	1,0622*	0,3319*

Sombreamento	2	0,56358*	26,1614*	5,5659*
CF x Sombreamento	4	0,00019 ^{ns}	0,1393 ^{ns}	0,1860 ^{ns}
Erro	27	0,0022	0,2675	0,1080
Média Geral		0,592	1,779	0,787
C.V. (%)		8,03	29,06	31,73

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%

QUADRO 10. Resumo da análise de variância do índice de clorofila (SPAD), taxa de transporte de elétrons (ETR) e abertura ostiolar dos estômatos (AO) em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob ambiente pleno sol ou sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		SPAD	ETR	AO
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	41,1484*	239,8493 ^{ns}	4,6653*
Sombreamento	2	2364,2137*	238963,0580*	6,7240*
CF x Sombreamento	4	21,7709 ^{ns}	175,5086 ^{ns}	0,1671 ^{ns}
Erro	27	14,1386	626,7290	0,2494
Média Geral		30	175,84	2,88
C.V. (%)		12,86	14,24	17,34

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%

QUADRO 11. Resumo da análise de variância do diâmetro equatorial (DE), diâmetro polar (DP) e funcionalidade estomática (FE) dos estômatos em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob ambiente pleno sol ou sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		DE	DP	FE
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	103,1122*	9,0408*	1,3148*
Sombreamento	2	55,9322*	4,9000*	0,6436*
CF x Sombreamento	4	23,1685*	2,9668 ^{ns}	0,3432*
Erro	27	0,7376	1,5440	0,0519
Média Geral		8,91	11,01	1,41
C.V. (%)		9,63	11,28	16,11

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%

QUADRO 12. Resumo da análise de variância da altura de plants (AP), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF) em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob ambiente pleno sol ou sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		AP	DC	NF
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	789,0319*	19,7875*	4,0971 ^{ns}
Sombreamento	2	397,3411*	1,2250 ^{ns}	14,4000*

CF x Sombreamento	4	219,8398*	2,9125 ^{ns}	1,4680 ^{ns}
Erro	27	40,6704	1,3805	2,7062
Média Geral		33,07	6,67	14
C.V. (%)		19,28	17,60	12,75

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%

QUADRO 13. Resumo da análise de variância da área foliar (AF) e radicular (AR) em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob ambiente pleno sol ou sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio	
		AF	AR
Bloco	3	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	258486,3871*	9572,1043*
Sombreamento	2	42733,9378*	6,0264 ^{ns}
CF x Sombreamento	4	73590,4879*	1943,2202*
Erro	27	20321,2841	412,8976
Média Geral		540,93	80,33
C.V. (%)		26,35	25,29

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%.

QUADRO 14. Resumo da análise de variância da massa fresca de folhas (MFF), caule (MFC) e raiz (MFR) em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob ambiente pleno sol ou sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		MFF	MFC	MFR
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	181,1392*	56,1542*	54,4430*
Sombreamento	2	41,3715*	0,8410 ^{ns}	43,2640*
CF x Sombreamento	4	66,5883*	14,0895*	19,4114*
Erro	27	4,3121	2,0053	2,0370
Média Geral		13,29	6,03	6,22
C.V. (%)		15,62	23,46	22,93

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%

QUADRO 15. Resumo da análise de variância da massa seca de folhas (MSF), caule (MSC) e raiz (MSR) em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob ambiente pleno sol ou sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		MSF	MSC	MSR
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	19,8793*	3,4724*	3,8921*
Sombreamento	2	0,2109*	0,0848 ^{ns}	1,6161*
CF x Sombreamento	4	6,8147*	1,3498*	0,9487*
Erro	27	1,3125	0,2459	0,3470
Média Geral		4,98	1,59	1,68

C.V. (%)	21,99	31,02	35,04
----------	-------	-------	-------

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%.

QUADRO 16. Resumo da análise de variância da razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) e massa foliar específica (MFE) em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob ambiente pleno sol ou sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		RAF	AFE	MFE
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	864,6604*	191,9537 ^{ns}	0,0130 ^{ns}
Sombreamento	2	696,8818 ^{ns}	778,4321*	0,0171*
CF x Sombreamento	4	568,9785 ^{ns}	232,2870 ^{ns}	0,0020 ^{ns}
Erro	27	364,2624	132,2288	0,0023
Média Geral		108,99	66,24	0,61
C.V. (%)		17,51	17,36	7,88

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%.

QUADRO 17. Resumo da análise de variância da razão de relação altura/diâmetro (RAD), massa seca parte aérea/raiz (RPAR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em plantas de *A. edulis* cultivadas com cama de frango sob ambiente pleno sol ou sombreado. UFGD, Dourados – MS, 2019.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio		
		RAD	RPAR	IQD
Bloco	3	-----	-----	-----
Cama de frango (CF)	4	3,9672*	6,5938 ^{ns}	0,5084*
Sombreamento	2	9,4089*	2,7467*	0,3917*
CF x Sombreamento	4	0,9373 ^{ns}	0,4024 ^{ns}	0,2547*
Erro	27	0,8287	0,7399	0,0601
Média Geral		4,89	3,93	0,94
C.V. (%)		18,70	21,89	26,02

G.L. = Grau de liberdade; ns = não significativo; * significativo a 5%.