

## INFLUÊNCIA DO USO DE BIOESTIMULANTES NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Khaya senegalensis* A. JUSS

Gabrielly Coelho Macedo<sup>1</sup>, Raffael Batista Marques<sup>2</sup>, Jacqueline Silva Barbosa<sup>1</sup>, Antonio Marcos Milhomem da Cruz<sup>1</sup>, Juliana Barilli<sup>5</sup>, Susana Cristine Siebeneichler<sup>6</sup>

### RESUMO:

O uso de efluentes de fossas sépticas biodigestoras é uma alternativa para produção de mudas de forma sustentável de *Khaya senegalensis* A. Juss, espécie que possui características que agregam valor comercial à madeira, além de fornecer uma gama de produtos madeireiros e não-madeireiros. Objetivou-se avaliar o crescimento de mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss com a aplicação de doses crescentes de efluente: 0, 25, 50, 75 e 100% e com inoculação de gênero *Bacillus subtilis* isolado A6. O substrato utilizado foi terra de subsolo, areia e substrato comercial Bioflora na proporção 1:1:1 em tubetes (capacidade: 290 cm<sup>3</sup>), o delineamento estatístico foi em blocos inteiramente casualizados no esquema fatorial 5x2 (5 doses de efluente e duas condições de inoculação, com e sem inoculação). Após 90 dias foram avaliadas as seguintes variáveis: diâmetro do caule, altura, número de folhas e avaliações das variáveis fotossintéticas: assimilação de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração e eficiência instantânea de carboxilação. Foram avaliadas massa seca das folhas (MSF), da raiz (MSR), do caule (MSC) e total (MST), entretanto, não sucedeu diferença significativa no crescimento das mudas com inoculação, exceto para a massa seca da folha. Os melhores resultados foram observados ao utilizar a aplicação de efluente a 100% a cada 7 dias. As mudas com inoculação de *Bacillus subtilis* isolado A6 e irrigada com 100% da dose do efluente apresentaram maior massa secas foliar, indicando, assim, a combinação destas bactérias com o efluente como bioestimulantes no crescimento da parte aérea das plantas.

**Palavras-chave:** Mogno africano, efluente de fossa asséptica biodigestor, adubação orgânica, *Bacillus subtilis*

## INFLUENCE OF THE USE OF BIOSTIMULANTS ON THE GROWTH OF SEEDLINGS OF *Khaya senegalensis* A. JUSS

### ABSTRACT:

The use of effluents from septic biodigestor strains is an alternative to produce *Khaya senegalensis* A. Juss seedlings in a sustainable way. This species has characteristics that add commercial value to wood in addition to providing a range of timber and non-timber products. The aim of this study was to evaluate the growth of *Khaya senegalensis* A. Juss seedlings with the application of increasing doses of effluent: 0, 25, 50, 75 and 100% and with inoculation of genus *Bacillus subtilis* isolated A6. The substrate used was subsoil, sand and commercial substrate Bioflora in the ratio 1:1:1 in tubes (capacity: 290 cm<sup>3</sup>), and the statistical design was in blocks completely randomized in the factorial scheme 5x2 (5 effluent doses and two inoculation conditions, with and without inoculation). After 90 days, the following variables were evaluated: stem diameter, height, number of leaves. Also, photosynthetic variables were evaluated: CO<sub>2</sub> assimilation, stomatic conductance, transpiration, and instantaneous efficiency of carboxylation. Finally, leaf dry mass (LDM), root (MSR), stem (SDM) and total (TDM) were evaluated as well. However, there was no significant difference in seedling growth with or without inoculation, except for leaf dry mass. The best results were observed when using 100%

<sup>1</sup>Bacharel em Eng. Florestal, pela Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO; [agabymacedo@hotmail.com](mailto:agabymacedo@hotmail.com); <https://orcid.org/0000-0003-0070-4510>. [jacquelineflorestal22@gmail.com](mailto:jacquelineflorestal22@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0001-8984-2738>. [antonioacruz@suzano.com.br](mailto:antonioacruz@suzano.com.br); <https://orcid.org/0000-0002-1431-4276>. <sup>2</sup>Graduando em Agronomia, pela Universidade Federal do Tocantins. Gurupi-TO; [raffaelbm@gmail.com](mailto:raffaelbm@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-6457-8931> <sup>3</sup>Dra. em Agronomia e Solos Florestais, Professora da Universidade Federal do Tocantins. Gurupi-TO; [jubarilli@uft.edu.br](mailto:jubarilli@uft.edu.br); <https://orcid.org/0000-0002-2724-4254> <sup>6</sup>Dra. em Produção Vegetal, Professora da Universidade Federal do Tocantins. Gurupi-TO; [susana@mail.uft.edu.br](mailto:susana@mail.uft.edu.br); <https://orcid.org/0000-0002-9786-2285>.

effluent application every 7 days. The seedlings with inoculation of *Bacillus subtilis* isolated A6 and irrigated with 100% of the effluent dose showed higher leaf dry mass, thus indicating the combination of these bacteria with the effluent as biostimulants in the growth of the aerial part of the *Khaya senegalensis* A. Juss seedlings. vegetative development and bulbing and reduce productivity. During the growing cycle, under favorable weather conditions, weekly splitting increases the commercial productivity of class 3 bulbs and of that above class 3. Under less favorable climatic conditions, the increase in plant density contributes to an increase in commercial productivity and of class 2 bulbs. The increase in plant density reduces the chlorophyll content, and from 500,000 plants onwards, it reduces the number of leaves, increases class 2 bulbs, and reduces class 3 bulbs and those from classes above 3. Nutrient splitting and plant density do not interfere with the flowering of onion bulbs.

**Keywords:** African mahogany, effluent from biodigester septic tank, organic fertilization, *Bacillus subtilis*.

## INTRODUÇÃO

O mogno africano (*Khaya senegalensis* A. Juss.) é uma espécie nativa do continente africano, presente em alguns países como Benin, Burkina Faso, Camarões, Costa do Marfim, Gabão, Togo, Nigéria, Senegal, Sudão e Serra Leoa. Ocorre naturalmente nas florestas de savana onde tem maior pluviosidade e em matas ciliares (Oluborode et al., 2022; Ambursa et al., 2022).

A espécie é predominantemente de clima tropical e subtropical. Pertence à família Meliaceae e atinge em média até 30 metros de altura e apresenta diâmetro de 1 a 2 metros (Bukar et al., 2021; Tyoapine et al., 2022). Tem um elevado valor comercial em razão de suas características como madeira de grande durabilidade, secagem, grande valor na carpintaria e marcenaria onde é utilizada para fabricação de móveis na decoração de interiores. A madeira pode ser usada na construção civil, assim como na fabricação canoas, utensílios domésticos e como lenha (Ribeiro et al., 2019).

O extrato de *Khaya senegalensis* pode ser usado no tingimento de tecidos, e das sementes é extraído o óleo chamado “mayin daci” para produção de cosméticos assim como para alimentação humana além de entrar em sistemas como de integração lavoura pecuária e floresta (ILPF), no sombreamento para os animais (Ribeiro et al., 2019).

Para produção de mudas em viveiro de *Khaya senegalensis*, de acordo com Smiderle et al., (2018), é indicado que as sementes sejam semeadas em canteiros contendo areia lavada onde as plantas ficam até completar 5 cm ou dois pares de folhas definitivas. Após isso são transplantadas em vasos contendo substrato orgânico com boa drenagem, proporcionando condições adequadas ao desenvolvimento das raízes e que atendam às necessidades da planta para ter uma germinação em um curto período e com baixo custo.

Um dos componentes fundamentais do substrato é a matéria orgânica, a qual tem por finalidade aumentar a capacidade de retenção de água e de nutrientes para as mudas através de trocas de cátions (Coutinho et al., 2022). O efluente produzido por fossas sépticas biodigestoras é uma alternativa de adubação orgânica para a produção de mudas. Ambientalmente sustentável, tem origem do processo de biodigestão do esgoto, o que fornece, conseqüentemente, mais água para irrigar a lavoura e nutrientes disponíveis. Sua aplicação no solo é uma

forma eficaz de diminuir a poluição, é uma alternativa para reduzir o uso de água na irrigação, bem como para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas.

Contudo, devem ser observados as medidas adequadas de tratamento do esgoto até virar efluente conforme Resolução CONAMA N° 357 de 2005, assim como o método de irrigação empregado para obtenção de uma maior eficiência na aplicação. O processo de biodigestão do efluente resulta em um adubo orgânico com qualidade significativa. O custo-benefício e a tecnologia são acessíveis às diferentes realidades econômicas. É um produto que promove a diminuição de insetos nas residências, fornece nutrientes para as plantas, e reduz os gastos com fertilizantes químicos, um fator importante para obtenção de lucro (Nascimento et al., 2022)

Uma alternativa para aumentar a produtividade de espécies florestais ainda no viveiro é a inoculação de alguns microrganismos como fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e rhizobactérias promotoras do crescimento de plantas (PGPR) no substrato. Em uma associação simbiótica mutualista com a planta esses microrganismos ajudam no aumento da absorção de nutrientes e estimulam o crescimento (Silva et al., 2022). A absorção de fósforo é incrementada pelo uso de microrganismos que, segundo Garcia-Lopez & Delgado (2016), são benéficos no crescimento de mudas *K. senegalensis*. As bactérias da espécie *B. subtilis* são utilizadas na agricultura como solubilizadores de nutrientes, favorecendo assim o crescimento radicular e da parte aérea da planta, além de atuar no controle biológico de pragas e doenças (Islas et al., 2022).

Em função da importância ambiental do uso do efluente de fossa séptica e do uso de microrganismos, o objetivo deste trabalho foi avaliar crescimento de mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss. produzidas em substrato irrigado com doses de efluente de fossa séptica biodigestora, sob efeito de inoculação *Bacillus subtilis* isolado A6.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro na Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, do qual as sementes da variedade *Khaya senegalensis* foram adquiridas através da empresa Selva Florestal, situada no município de Porangatu-GO. O efluente de fossa séptica era proveniente do

assentamento rural Vale Verde, localizado nas coordenadas 11°51'45"S 48°59'51"W próximo a cidade de Gurupi-TO, o inoculante foi fornecido pelo Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, na Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi.

A demarcação utilizada ocorreu em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5×2 (doses de efluente × inoculação de bactéria). O experimento foi conduzido em quatro blocos e cada bloco com duas parcelas por tratamento, completando-se um total de 20 mudas por bloco, tendo-se ao todo 80 mudas no experimento.

A semeadura ocorreu com uma semente em cada tubete (capacidade: 290 cm<sup>3</sup>), preenchidos com substrato de terra de subsolo, areia e substrato comercial Bioflora na proporção de 1:1:1 (Figura 1A), destinou-se análise química (Tabela 1), conforme a recomendação de adubação de Pinheiro et al., (2011) para a cultura de *Khaya senegalensis* foi realizado a adubação com NPK 4-14-8. Previamente inoculada no substrato a bactéria do gênero *Bacillus subtilis* isolado A6 (1×10<sup>8</sup> UFC) em 40 tubetes, de modo que pudessem comparar substratos inoculados e não inoculados.



**Figura 1.** Substrato utilizado no experimento (A). Leitura fotossintética com o aparelho IRGA (*Infra Red Gas Analyzer*), modelo LI-6400 (LI-COR) (B) em mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss.

**Tabela 1.** Análise química do substrato utilizado na produção de mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss.

pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTCt
5,8	-----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----					
	0,42	2,5	1,1	0	2,2	6,22

Os tratamentos consistiram na aplicação do efluente de fossa séptica, realizado via solo e iniciou-se logo após a semeadura. Desse modo, as doses do efluente foram testadas na aplicação no solo: 0, 25, 50, 75 e 100%. A composição do efluente utilizado se encontra na Tabela 2. Foram aplicados 40 mL de efluente de fossa séptica já diluído em água conforme a porcentagem a ser aplicada em cada muda, sendo executada a cada 15 dias as aplicações. Durante os primeiros 45 dias, após 3 aplicações, optou-se pela aplicação semanal, pois não se observou efeito visual entre os tratamentos.

Após 90 dias foram realizadas as seguintes avaliações: altura (cm) das plantas, com uma régua milimétrica, diâmetro do caule (mm), com paquímetro digital e o número de folhas. Foi realizada a avaliação das variáveis fotossintéticas: assimilação

de CO<sub>2</sub>, condutância estomática e transpiração utilizando um sistema aberto portátil, IRGA (*Infra Red Gas Analyzer*), modelo LI-6400 (LI-COR) (Figura 1B). De posse dos dados de assimilação de CO<sub>2</sub> e carbono interno (Ci), calculou-se a eficiência instantânea de carboxilação. As medições fisiológicas foram realizadas no período entre 09:00 e 12:00 horas.

Após a coleta dos dados as plantas foram retiradas dos tubetes e separadas em parte aérea foliar, parte aérea do caule e sistema radicular. Ambos foram conduzidos à estufa de circulação forçada sob a temperatura de 65°C, durante 72 horas até obter a massa constante, em seguida foi feita a pesagem em balança semi-analítica no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal.

**Tabela 2.** Análise da água residual coletada na saída do tratamento da fossa séptica biodigestor utilizada para compor os tratamentos do experimento com mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss.

Parâmetros	Valores (mg.dm <sup>-3</sup> )	Padrão
Nitrato	8,0	--
Fósforo	38	--
Nitrogênio	192,24	--
Nitrogênio Amoniacal	184,24	Até 20
Potássio	97,081	--
Magnésio	7,06	--
Cálcio	4,66	--
Boro	0,070	Até 5
Cobre	<0,002	--
Manganês	0,032	--
Ferro	0,20	--
Zinco	0,47	Até 5
Molibdênio	0,060	--
Nitrato	8	--
Lítio	0,005	--
Níquel	<0,007	--
Selênio	<0,01	--
Sódio	83,07	--
Arsênico	<0,005	Até 0,05
Bário	<0,003	Até 5,00
Cádmio	0,001	Até 0,20
Chumbo	<0,005	Até 0,50
Cianeto	<1	Até 1,00
Mercúrio	<0,0002	Até 0,01
Alumínio	<0,02	--
Óxido de silício	37,6	--
pH CaCl <sub>2</sub>	8,4	--

Valores obtidos da análise da água residual pós-tratamento pela fossa biodigestora no assentamento Vale Verde, Gurupi/TO. As medidas padrão para comparação com os resultados encontrados do efluente na saída do tratamento foram retiradas da Resolução CONAMA n° 430.

A verificação da normalidade dos dados foi realizada pelo Teste de Shapiro-Wilk, e o Teste de Bartlett foi utilizado para testar a homocedasticidade dos dados. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico SISVAR (Ferreira et al., 2011). As comparações das médias foram realizadas pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade enquanto as análises de regressão e gráficos foram feitas no programa SigmaPlot 10.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

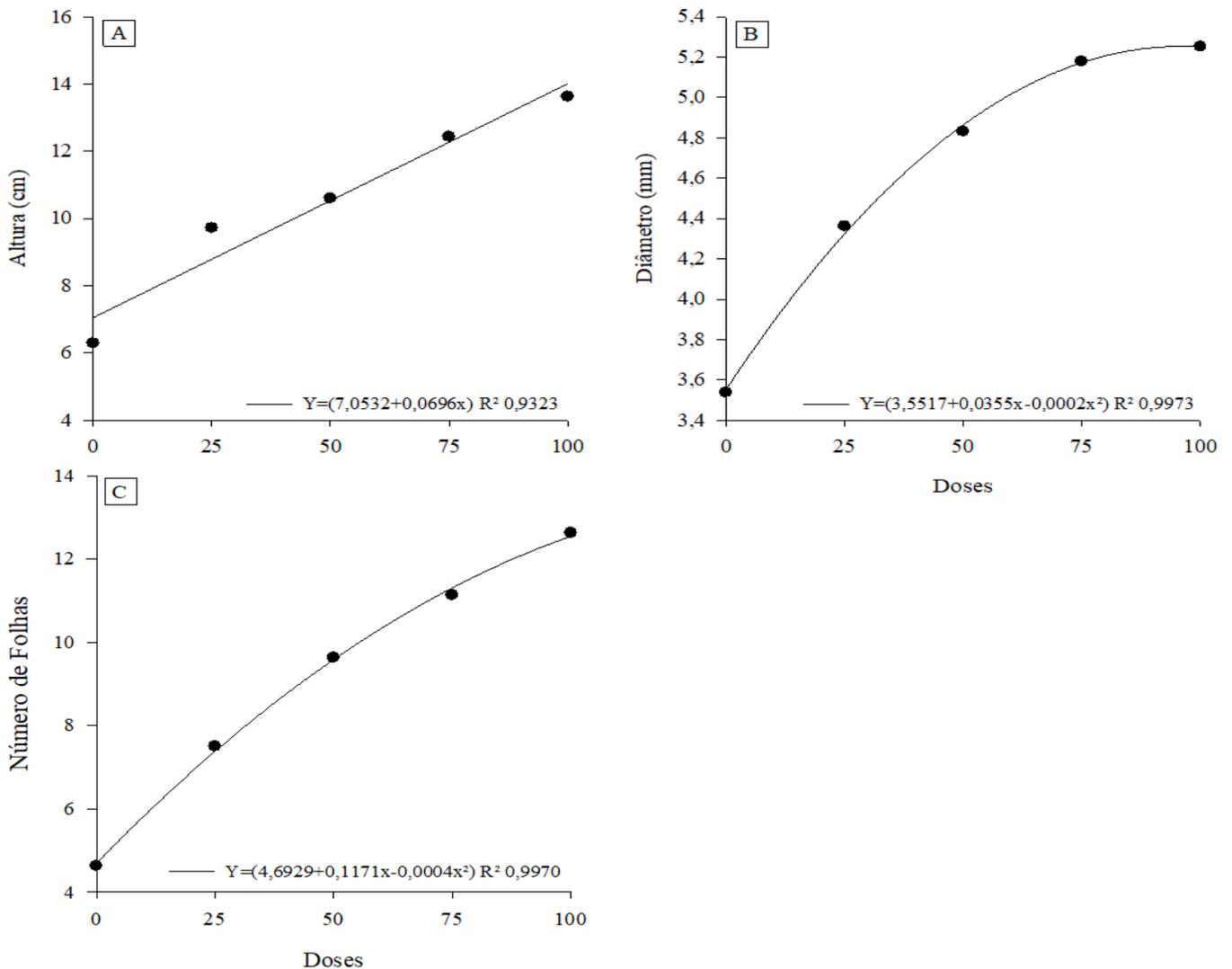
Na Tabela 3 encontram-se as análises de variância e respectivos coeficientes de variação das variáveis altura, diâmetro e número de folhas das

mudas de mogno. Houve diferença significativa na altura entre as doses de efluente e na interação com e sem inoculação. Desta forma, na Tabela 3 encontra-se o desdobramento entre os fatores para essa variável. O diâmetro e o número de folhas apresentaram diferença significativa entre as doses de efluente e não houve diferença significativa para a aplicação ou não de inoculante, não havendo interação entre os fatores (inoculação de bactéria e efluente), pode ser verificado nas regressões que o aumento da dosagem de efluente influencia nas variáveis (Figura 2) e para interação entre a inoculação com as doses de efluente para aumento da altura das plantas (Tabela 3).

**Tabela 3.** Análise de variância da altura, diâmetro e número de folhas (NF) das mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss.

Fontes de Variação	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	NF
			QM
Inoculação de bactéria (I)	2,339 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	1,800 <sup>ns</sup>
Doses de efluente (E)	84,747*	2,326*	58,888*
I*E	9,676*	0,114 <sup>ns</sup>	2,488 <sup>ns</sup>
Erro	2,349	0,178	1,899
CV (%)	17,63	12,42	21,04

\*significativo ao nível de 5% pelo teste Tukey. <sup>ns</sup> não significativo.

**Figura 2.** Análise de Regressão para as variáveis de altura (A), diâmetro (B) e número de folhas (C) em mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss. em função das doses de efluente de fossa séptica biodigestora

A regressão linear da altura em relação as doses de efluente demonstrou que a resposta da planta à aplicação das doses de efluente influencia linearmente o crescimento da parte aérea das plantas

(Figura 2A), sugerindo que poderia se pensar em concentrar este efluente para aumentar a dose utilizada.

Em estudo sobre o efeito de diferentes cepas de Rhizobactérias em *Swietenia macrophylla*, outra arbórea utilizada para produção de madeira, verificaram que a inoculação de *Rhizobium* spp., proporcionou aumento da biomassa da parte aérea, raiz e aumento de número de raízes secundárias (Trujillo-Elisea et al., 2022).

A altura é uma variável importante da planta que deve ser analisada, pois plantas com deficiência de nutrientes apresentam desenvolvimento insatisfatório, afetando diretamente o seu crescimento (Salvador et al., 2011).

O diâmetro do caule das mudas (Figura 2B) incrementou levemente de forma proporcional ao aumento das doses de efluentes aplicadas. O crescimento em diâmetro ocorre numa fase subsequente ao estabelecimento das mudas, o que se

confirma pelo incremento de somente um milímetro nas plantas de mogno (Figura 2B).

Com relação ao número de folhas, observa-se que a produção de folhas tem uma tendência no aumento da produção à medida que ocorre aumento na dose de efluente (Figura 2C), duplicando o número de folhas da dose 100% em relação as plantas que não receberam a aplicação. Este resultado infere que o uso deste efluente seja uma boa fonte nutricional, como pode ser observado na Tabela 3, e de baixo custo para viveiros.

Na Tabela 4 encontra-se análise de variância para variáveis Assimilação de CO<sub>2</sub> (Photo), Condutância Estomática (Cond), Transpiração (Trmmol) e Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiC). Houve diferença significativa para as mudas em função das concentrações de efluente para todas as variáveis (Tabela 4).

**Tabela 4.** Análise de Variância Assimilação de CO<sub>2</sub> (Photo), Condutância estomática (Cond), Transpiração (Trmmol) e Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiC) das mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss.

Fontes de Variação	Photo	Cond	Trmmol	EiC
Inoculação de bactéria (I)	3,932 <sup>ns</sup>	0,018 <sup>ns</sup>	0,816 <sup>ns</sup>	0,00008 <sup>ns</sup>
Doses de efluente (E)	151,167*	0,103*	11,023*	0,004664*
I*E	0,894 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,356 <sup>ns</sup>	0,000035 <sup>ns</sup>
Erro	2,151	0,009	0,930	0,000058
CV(%)	20,6	28,18	18,05	21,20

\*significativo ao nível de 5% pelo teste Tukey. ns não significativo.

Observou-se que não houve interação entre os fatores (inoculação de bactéria e efluente) para as variáveis. Os resultados, da mesma forma, são apresentados nas médias de forma independente, para a inoculação (Tabela 5) e para as variáveis fotossintéticas e dosagens foi realizado regressões, para verificar as relações das variáveis com o aumento de dosagem de efluente (Figura 3).

Para o fator inoculação não foi observado diferença significativa entre as plantas que receberam e as que não receberam o inoculante, no entanto, observou-se uma tendência de aumento nas variáveis Assimilação de CO<sub>2</sub> (Photo), Condutância Estomática (Cond), Transpiração (Trmmol) com o uso da inoculação (Tabela 5).

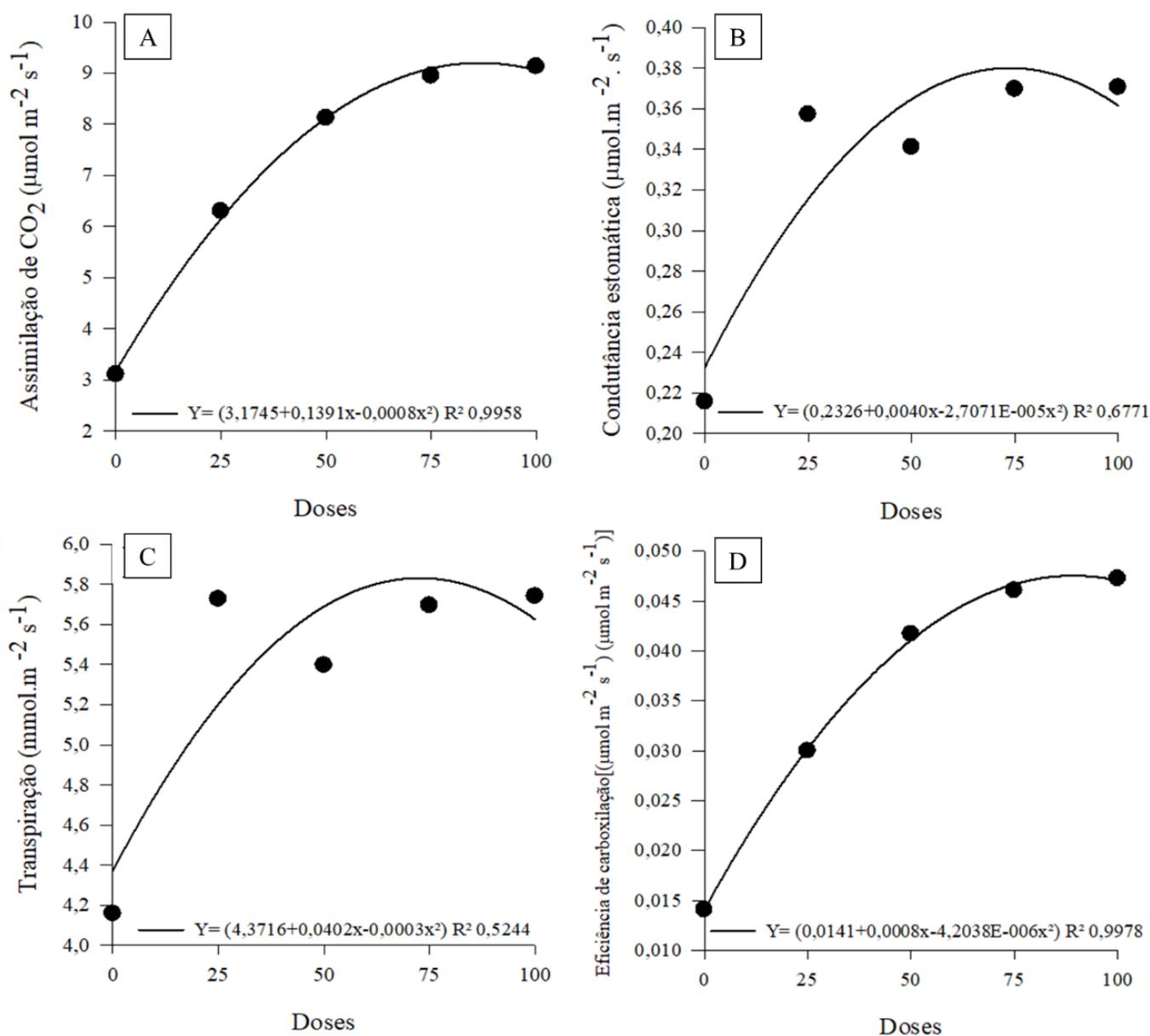
**Tabela 5.** Análise de Variância da Assimilação de CO<sub>2</sub> (Photo), Condutância estomática (Cond), Transpiração (Trmmol) e Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiC) das mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss.

Tratamento	Photo	Cond	Trmmol	Eic
Sem bactéria	6,93 a	0,31 a	5,26 a	0,03 a
Com bactéria	7,29 a	0,34 a	5,42 a	0,03 a
CV (%)	20,6	28,18	18,05	21,33

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo Teste Tukey à 5% de probabilidade.

Observa-se que quanto maiores as doses de efluentes maiores foram as médias de assimilação de CO<sub>2</sub> (Figura 3A), condutância estomática (Figura 3B), transpiração (Figura 3C) e eficiência instantânea de carboxilação (Figura 3D), com um incremento

linear até a dose de 75%. A condutância estomática representa a abertura do poro estomática, o qual permite as trocas gasosas. Logo, se com aumento das doses tem-se um aumento da condutância irão aumentar a assimilação de CO<sub>2</sub> e a transpiração.



**Figura 3.** Análise de regressão para a assimilação de CO<sub>2</sub> (A), condutância (B) transpiração (C) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) (D) em mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss. em função das doses de efluente de fossa séptica biodigestora.

Para as variáveis de matéria seca, as análises de variância são apresentadas na Tabela 6. Não houve interação significativa entre a inoculação de bactéria e as doses de efluente. Sendo assim, são apresentadas as médias de forma independente, para a inoculação (Tabela 7) e para as doses (Figura 4). Houve diferença significativa na massa seca da folha para as doses de efluente e para os tratamentos com

inoculação, enquanto para a massa seca da raiz e massa seca total teve diferença significativa somente para a aplicação do efluente (Tabela 6).

O incremento na massa da raiz e o total pode ser observado conforme o aumento da dosagem de efluente aplicado nas plantas (Figura 4C e 4D). Para massa seca do caule não houve diferença significativa em nenhum dos fatores analisados (Tabela 7)

**Tabela 6.** Análise de variância da massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) das mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss.

Fatores verificados	MSF	MSC	MSR	MST
	QM			
Inoculação de bactéria (I)	0,125*	0,008 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,158 <sup>ns</sup>
Doses de efluente (E)	0,476*	0,032 <sup>ns</sup>	0,158*	1,508*
I*E	0,009 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>
Erro	0,018	0,014	0,012	0,087
CV(%)	37,03	51,82	22,97	27,62

\*significativo ao nível de 5% pelo teste Tukey. <sup>ns</sup> não significativo.

**Tabela 7.** Médias para as variáveis de massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) das mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss.

Tratamento	MSF	MSC	MSR	MST
Sem bactéria	0,32 b	0,21 a	0,47 a	1,02 a
Com bactéria	0,40 a	0,23 a	0,48 a	1,11 a
CV (%)	37,03	51,82	22,97	27,62

Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos ao nível de 5% pelo teste Tukey.

Na Figura 4A observa-se que a maior massa seca das folhas foi observada nas mudas com a inoculação de bactéria e que receberam a dose de 100% de efluente. Esta maior massa seca pode estar relacionada com o leve incremento na assimilação de CO<sub>2</sub> observada nas plantas que receberam a inoculação (Tabela 5). Tal fato pode indicar que, no decorrer do crescimento das mudas, o uso destes microrganismos produz um efeito significativo, pois espera-se que uma maior taxa de assimilação resultará numa maior taxa de crescimento das plantas, como foi observado em plantas de feijão-caupi, planta que naturalmente apresenta uma taxa de crescimento mais acelerada, por ser uma anual. Este aumento foi observado quando as plantas foram irrigadas com uma dose de 75% de efluente, que apresentaram incremento em MSF, área foliar e número de folhas (Rebouças et al., 2010).

Houve um incremento maior para as variáveis: massa seca das plantas com utilização do efluente a 100% (Figura 4), número de folhas (Figura 2C). Pereira et al. (2012) observou-se que a aplicação de 60 L/m<sup>2</sup> desse mesmo tipo de efluente fez com que fosse observado uma maior área foliar, número de folhas no cultivar de alface Elba.

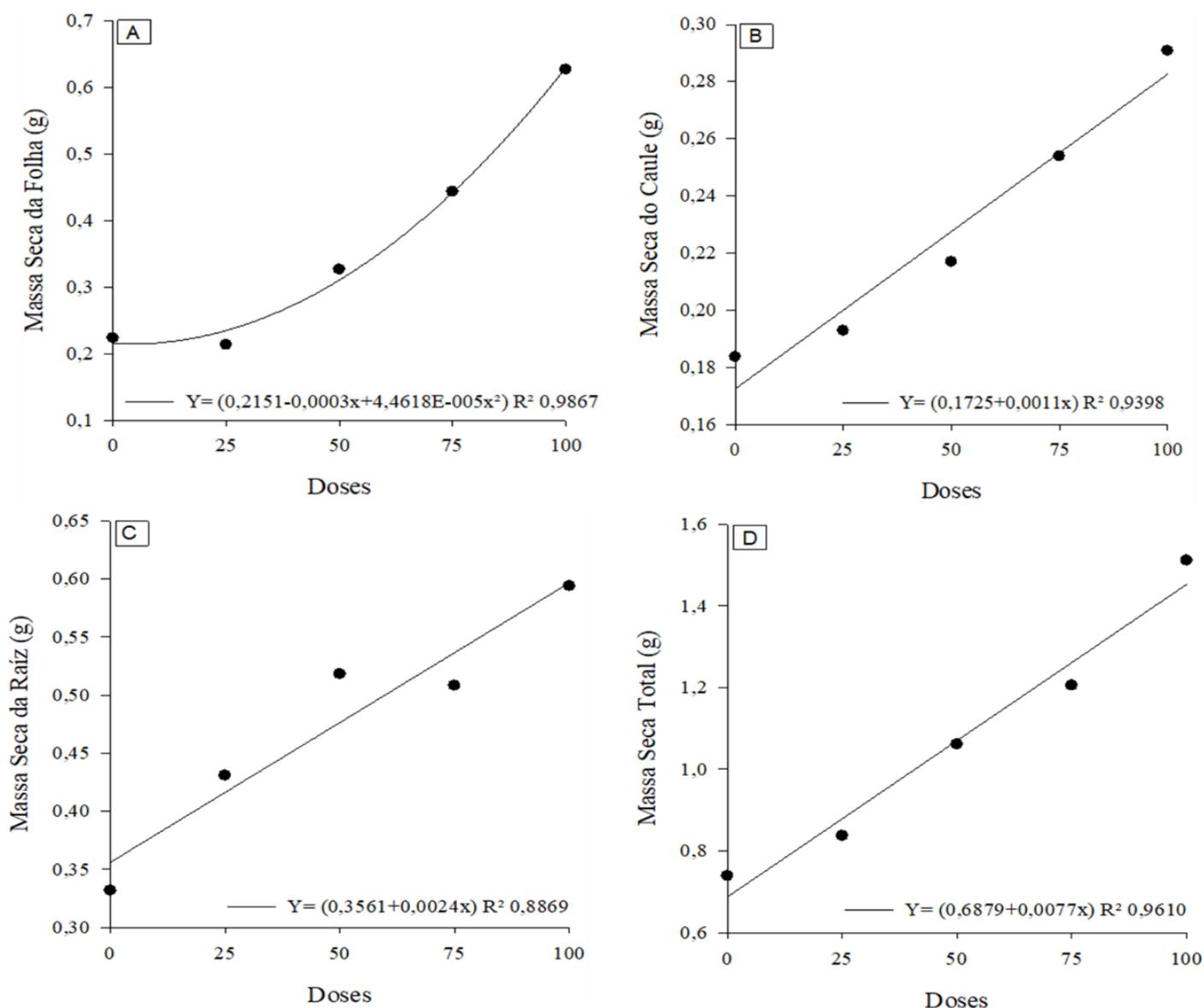
Na massa seca do caule (Figura 4B) não houve diferença significativa em nenhum dos fatores analisados, corroborando com os resultados

encontrados para o diâmetro do caule (Figura 2B, Tabela 3).

Para a massa seca da raiz (Figura 4C) houve diferença significativa nas doses de efluente, pois as mudas que receberam a dose de 100% de efluente tiveram a maior massa. O melhor desenvolvimento do sistema radicular das mudas permite eficiência na assimilação de nutrientes e água proporcionando uma maior resistência às condições adversas, quando submetidas a campo (Vieira et al., 2022).

Na massa seca total (Figura 4D) houve diferença estatística nas doses de efluente. As mudas que receberam a aplicação de 100% de efluente de fossa obtiveram maiores massas. As plantas que obtiveram a maior massa seca total são as mesmas que apresentaram maior assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (Figura 3B). O aumento da massa seca total em função das doses de efluente evidência que este recurso pode suprir as necessidades nutricionais das plantas, sendo um benefício extra para a mesma e diminuindo o uso de adubo mineral (Rebouças., 2010).

O uso de efluente de fossa séptica na produção de muda de *Khaya senegalensis* A. Juss. Durante 90 dias irrigadas semanalmente obteve resultado satisfatório para o desenvolvimento da planta, podendo-se inferir que ao aumentar a irrigação de efluente de fossa séptica o desempenho das mudas poderá ser melhor.



**Figura 4.** Análise de regressão para as variáveis massa seca da folha (A), massa seca do caule (B), massa seca da raiz (C) e massa seca total (D) em mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss. em função das doses de efluente de fossa séptica biodigestora.

O uso da inoculação ou não com bactérias *Bacillus subtilis* isolado A6 não diferiu no metabolismo de assimilação de CO<sub>2</sub> (Tabela 5), tendo um incremento de 4,9% na assimilação de CO<sub>2</sub>, o que demonstrou ser eficiente para um aumento da massa seca foliar de 20% (Tabela 7), o qual diferiu estaticamente pelo teste Tukey a 5%, no entanto, estudos posteriores precisam ser feitos para comprovar estas respostas. Este incremento pode ser justificado pela maior absorção de P (Garcia-Lopez & Delgado., 2016), ou outras alterações que a simbiose

entre a bactéria e a planta possam ter causado para favorecer o aumento da massa seca das folhas.

O experimento salientou os resultados, mas será necessário continuar os estudos sobre o efluente em *Khaya senegalensis*, assim como em outras espécies florestais para avaliar a aplicação em períodos menores do que 7 dias, ampliando a concentração de *B. subtilis* e testando outros microrganismos. Na Figura 5 podemos observar as plantas com a aplicação de *B. subtilis* e efluente (Figura 5C e D) assim como os tratamentos com somente a aplicação de efluente (Figura 5A e B)



**Figura 5.** Mudanças de *Khaya senegalensis* A. Juss. sem inoculação com doses de efluente de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da esquerda para direita (A e B). Mudanças de *Khaya senegalensis* A. Juss. com inoculação com doses de efluente de 0, 25, 50, 75 e 100% da esquerda para direita (C e D).

Sugere-se testar o uso do efluente como uma adubação de base e uma suplementação de adubação química ou orgânica para se alcançar o ponto maior de crescimento das mudas com maior rapidez e produzindo mudas mais vigorosas.

## CONCLUSÃO

O uso do efluente de fossa séptica é uma prática viável para a produção de mudas de *Khaya senegalensis* A. Juss., os melhores resultados foram observados ao utilizar a aplicação de efluente a cada 7 dias na dosagem de 100%. As mudas com inoculação de *Bacillus subtilis* isolado A6 e irrigada com 100% da dose do efluente apresentaram maior massa seca foliar, indicando, assim, a combinação destas bactérias com o efluente como bioestimulantes no crescimento da parte aérea das plantas.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e o Laboratório de Manejo Integrado de Pragas pelo apoio na condução dos experimentos, ao Assentamento Rural Vale Verde pela cessão do efluente de fossa séptica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambursa, A. S.; Abdulrahman, A.; Abubakar, A. (2022). Effect of Different NPK Rates on the Early Growth Performance of *Khaya Senegalensis* (Madacci) in Aliero, Kebbi State, Nigeria. *African Journal of Sustainable Agricultural Development*, 3(4): p. 5.
- Bukar, A. et al. (2021). Efficacy of Mahogany Oil (*Khaya senegalensis* (Devs.)). As Grain Protectants against Lesser Grain Borer (*Rhyzopertha dominica* (Fabricius)) (Coleoptera: Bostrichidae) On Cowpea Seed (*Vigna unguiculata* (Linnaeus: Walper)). *African Scholars Journal of pure and Applied Science*, 22(9): p. 12.
- Coutinho, C. S. et al. (2022). Avaliação de crescimento de plântula de feijão Mungo-verde em diferentes substratos. *Research, Society and Development*, 11(7): p. 12-18. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.30675>.
- Ferreira, D. F. (2011) Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6): p. 1039-1042.
- Garcia-Lopez, A. M.; Delgado, A. (2016). Effect of *Bacillus subtilis* on phosphorus uptake by cucumber

as affected by iron oxides and the solubility of the phosphorus source. **Agricultural and Food Science**, 25(3): p.216-224.

<https://doi.org/10.23986/afsci.56862>

Islas, J. Del R. R. et al. (2022). Fósforo y Bacillus subtilis en absorción y remoción de micronutrientes en Phaseolus vulgaris L. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas Extra**, (28): p. 243–252.

Nascimento, A.J.C et al. (2022). Estado da Arte das tecnologias sociais de esgotamento sanitário: conceitos e principais alternativas aplicadas na Amazônia. Cadernos UniFOA. Única ed. **Ahead of Print**.p.48-53.

Oluborode, J.; Kilasho, A.; Adebisi, A. (2022). Comparative Effect of Cow Dung and Poultry Manure on the Growth of Khaya senegalensis (Desr.) Seedlings. **Europe pmc** 1: p.2-3. doi:10.20944/preprints202207.0183.v1

Pereira, M. A. B. et al. (2012). Produção e qualidade sanitária de alface adubada com efluente de fossa séptica biodigestora. **Applied Ressorci & Agrotechnology**, 5 (1): p. 115–130. DOI: 10.5777/PAeT.V5.N1.07

Pinheiro, A. L.; Couto, L.; Pinheiro, D. T.; Brunetta, J. M. F. C. (2011). **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos-africanos (Khaya spp.)**. 1º ed. Viçosa: Editora UFV.102p.

Rebouças, J. R. L.; Dias, N. D. A.; Silva, M. I. D.; Gheyi, H. E.; Neto, O. N. D. S. (2010). Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, 23 (1): p. 97-102.

Ribeiro, A.; Ferraz Filho, A. C.; Oliveira, E. B. De. (2019). **Usos, importância econômica e perspectivas de mercado**. Embrapa CNPF. Teresina: UFPI. p. 50–73.

Salvador, M. A.; José, J. V.; Rezende, R.; Oliveira, H. D. V.; Gava, R. (2011). Aplicação de Efluente Líquido de Fecularia em Substratos e Solos para a Produção de Mudas de Eucalipto. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, 5(2): p. 175-188.

Silva, P. S. T. et al. (2022). Microrganismos e lodo de esgoto compostado no desenvolvimento inicial de

mudas de baru em vasos. **Engenharia Sanitária e Ambiental** 27(1): p. 1021–1029.

Smiderle, O. et al. (2018). Parâmetros de crescimento e curva de absorção de nutrientes de mudas de mogno africano com e sem solução nutritiva. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 8 (4): p. 83–91.

Sobrinho, S. P.; Luz, P. B.; Silveira, T. L. S.; Ramos, D. T.; Neves, L. G.; Barelli, M. A. A. (2010). Substratos na produção de mudas de três espécies arbóreas do cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 5(2): p. 238-243. <https://doi.org/10.5039/agraria.v5i2a741>

Trujillo-Elisea, F. I. et al. (2022). Plant Growth and Microbiota Structural Effects of Rhizobacteria Inoculation on Mahogany (Swietenia macrophylla King [Meliaceae]) under Nursery Conditions. **Forests**, 13(10): p. 1742. <https://doi.org/10.3390/f13101742>

Tyoapine, D. A. et al. (2022). A Review of the Phytochemistry and Pharmacology of the Medicinal Plant: Khaya Senegalensis (Desr.) A. Juss. A Review of the Phytochemistry and Pharmacology of the Medicinal Plant: *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss 3(8): p.3-5.

Vieira, C. R. et al. (2022). Doses de Boro no Crescimento Inicial de Mudas de Tabebuia impetiginosa. **UNICIÊNCIAS** 26(1): p. 37–41, 23. <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2022v26n1p37-41>