

PÓ DE ROCHA BASÁLTICA E SUA AÇÃO SOBRE CRESCIMENTO INICIAL DE MORINGA OLEIFERA, UMA ESPÉCIE DE INTERESSE FORRAGEIRO, EM SOLO ARGILOSO

BASALT ROCK POWDER AND ITS EFFECT ON THE INITIAL GROWTH OF MORINGA OLEIFERA, A SPECIES OF FORAGE INTEREST, IN CLAYEY SOIL

POLVO DE ROCA BASÁLTICA Y SU EFECTO EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE MORINGA OLEIFERA, UNA ESPECIE DE INTERÉS FORRAJERO, EN SUELO ARCILLO

José Carlos Pina

Dr. Professor da Rede Estadual de Ensino de Mato Grosso do Sul. E-mail: josécarlospina@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/00000-0001-5414-9386>

Rosemary Matias

Dra. Professora do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da Universidade Anhanguera-Uniderp. E-mail: rosematias@yahoo.com.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0154-1015>

Kauany Fernanda Ferreira Schio

Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da Universidade Anhanguera-Uniderp. E-mail: kauanyfernanda666@gmail.com Orcid <https://orcid.org/0009-0008-3985-3648>

Ademir Kleber Morbeck de Oliveira

Dr. Professor do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da Universidade Anhanguera-Uniderp. E-mail: akmorbeckoliveira@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9373-9573>

ABSTRACT:

The production of quality seedlings is one of the relevant phases for the establishment of forest stands and the substrate is a factor that influences the rooting process and survival of the seedlings. Thus, the objective was to evaluate the effects of basaltic rock powder added to three substrates to produce *Moringa oleifera* seedlings aiming at their use as forage in animal feed. The experiment was divided into six treatments, with Red Latosol as the base soil and different proportions of organic substrates (humus and vermicompost) and organic-mineral (commercial substrate), in addition to rock powder, with an experimental design in randomized blocks. After 90 days of cultivation in planting bags, in full sun, the plants were evaluated with results indicating that the addition of rock powder did not provide greater development, with the best result obtained in T2 (without powder and with vermicompost). The production of metabolites indicated a high intensity of phenolic compounds, mainly flavonoids.

KEYWORDS: Moringaceae; Residual rock crushing powder; Organic substrates.

RESUMO:

A produção de mudas de qualidade é uma das fases relevantes para o estabelecimento de povoamentos florestais e o substrato é um fator que influencia o processo de enraizamento e sobrevivência das mudas. Deste modo objetivou-se avaliar os efeitos do pó de rocha basáltica adicionado a três substratos para produção de mudas de *Moringa oleifera* visando sua utilização como forrageira na alimentação animal. O experimento foi dividido em seis tratamentos, tendo como solo-base, Latossolo Vermelho e diferentes proporções de substratos orgânicos (húmus e vermicomposto) e orgânico-mineral (substrato comercial), além de pó de rocha, com delineamento experimental em blocos casualizados. Após 90 dias de cultivo em sacos de plantio, pleno sol, foram avaliadas as plantas com os resultados indicando que a adição de pó de rocha não propiciou maior desenvolvimento, com o melhor resultado obtido em T2 (sem pó e com vermicomposto). Já a produção de metabólitos secundários indicou alta intensidade de compostos fenólicos, principalmente flavonoides.

PALAVRAS-CHAVE: Moringaceae; Pó residual da britagem de rochas; Substratos orgânicos.

RESUMEN:

La producción de plántulas de calidad es una de las fases clave para el establecimiento de rodales forestales y el sustrato influye en el enraizamiento y la supervivencia de las plántulas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del polvo de roca basáltica añadido a tres sustratos para la producción de plántulas de *Moringa oleifera* destinadas a su uso como forraje en la alimentación animal. El experimento se dividió en seis tratamientos, con Latosol Rojo como suelo base y diferentes proporciones de sustratos orgánicos (humus y vermicompost) y orgánico-mineral (sustrato comercial), además de polvo de roca, con un diseño experimental en bloques al azar. Luego de 90 días de cultivo en bolsas de siembra, a pleno sol, se evaluaron las plantas con los resultados indicando que la adición de polvo de roca no proporcionó mayor desarrollo, siendo el mejor resultado obtenido en T2 (sin polvo y con vermicompost). La producción de metabolitos indicó una alta intensidad de compuestos fenólicos (flavonoides).

PALABRAS CLAVE: Moringaceae; Polvo residual de trituración de rocas; Sustratos orgánicos.

INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é conhecido por ser um grande produtor de *commodities*, como madeira e carne, apesar de possuir um clima estacional com períodos de estiagem, aliado a alguns tipos de solos de baixa fertilidade, como os Neossolos Quartzarênicos ou média fertilidade, como os Latossolos Vermelhos (CORREIA *et al.*, 2004). As características peculiares do bioma levam a busca por espécies tolerantes as condições ambientais existentes, mas com poucos estudos associados a espécies florestais exóticas para suprir a demanda de matéria prima destinada à produção de forragem de qualidade, o que é, segundo Bakke *et al.* (2010), uma condição fundamental para o aprimoramento da atividade pecuária.

Uma espécie com potencial de uso no bioma é uma árvore originária da Índia, *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae), uma planta de crescimento rápido e resistente a baixos índices pluviométricos, mantendo sua capacidade de sobrevivência e produção em condições adversas, tais como baixa umidade do solo, temperaturas elevadas do ar e altas taxas de evaporação, por exemplo (MUNYANZIZA e SARWATT, 2003). Em diferentes regiões da Ásia a espécie é utilizada para a alimentação humana e animal devido seu alto potencial nutritivo (FAO, 2014). Devkota e Bhusal (2020) descrevem seu alto valor nutricional e adaptação a climas tropicais e quase todo tipo de solo, sendo pouco decídua e com bom poder de rebrota, despontando como alternativa para cultivo no Cerrado.

Por estes motivos, *Moringa oleifera* pode ser uma opção de cultivo para a obtenção de forrageiras devido suas características nutricionais (FOIDL *et al.*, 2003). Entretanto, por se tratar de uma espécie exótica existe a necessidade de estudos sobre as melhores condições para a produção de mudas, levando-se em consideração as condições edáficas do Cerrado (PINA *et al.*, 2023). Neste sentido, avaliar o desenvolvimento das mudas sob diferentes substratos é uma maneira de otimizar o processo de produção de mudas de qualidade.

Por outro lado, o aumento no custo de insumos agrícolas aliado à crescente preocupação com a poluição das águas e solo pelo uso indiscriminado de fertilizantes minerais propiciou a busca de fontes alternativas, que possibilitem a substituição integral ou parcial de produtos comerciais (OLIVEIRA *et al.*, 2020, 2023). Uma alternativa é a utilização de resíduos de outras atividades como, por exemplo, resultantes da mineração de rochas para produção de pedra britada, uma opção ambientalmente correta para reposição de nutrientes ao solo, um produto com solubilidade mais lenta, disponibilizando nutrientes por um período maior, em relação aos fertilizantes convencionais (THEODORO e LEONARDOS, 2006).

Ramos *et al.* (2014) descrevem que o pó de rocha de basalto se destaca, com sua adição a outros substratos podendo propiciar a criação de ambientes adequados para o crescimento de diferentes tipos plantas. Suguino *et al.* (2011) afirmam que sua utilização traz várias vantagens, como correção do pH, não-salinização do solo e não-absorção em excesso de potássio, o que beneficia a absorção de cálcio e magnésio e a diminuição da fixação do fósforo solúvel pela presença da sílica. O pó de rocha também traz outras vantagens, como por exemplo a redução de mão-de-obra, uma vez que o efeito de sua

aplicação é mais longo, pois o pó não é facilmente solúvel em água ou lixiviado pela chuva ou irrigação (EHLERS e ARRUDA, 2014).

A mistura de materiais orgânicos ao substrato mineral pode favorecer as características químicas, físicas e biológicas do solo, criando um ambiente mais adequado para o desenvolvimento das raízes devido a melhor aeração, retenção de água e disponibilidade de nutrientes, por exemplo (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Entre os substratos orgânicos normalmente utilizados podem ser citados, (1) húmus, um composto resultado da alteração da decomposição parcial dos resíduos orgânicos (esterco bovino, por exemplo) e (2) vermicomposto, obtido por meio da ação de minhocas (*Eisenia foetida*) por meio da transformação de resíduo ruminal bovino, além do (3) substrato comercial, elaborado com resíduos de *Pinus* e vermiculita (organo-mineral), entre outras formulações. Os substratos podem beneficiar o crescimento das mudas, aumentando a produção de biomassa, além de alterar a composição dos metabólitos secundários, tais como os compostos fenólicos, importantes antioxidantes. Por outro lado, determinadas composições podem originar o surgimento de metabólitos que são danosos aos organismos, tais como os heterosídeos cardiotônicos, e por este motivo, a composição fitoquímica das plantas também deve ser avaliada.

Sendo assim, objetivou-se avaliar os efeitos do pó de rocha basáltica adicionado a três substratos (dois orgânicos e um organo-mineral), utilizando como solo-base Latossolo Vermelho, para produção de mudas de *Moringa oleifera* visando sua utilização como forrageira na alimentação animal, avaliando sua biomassa e produção de metabólitos secundários.

METODOLOGIA

COLETA DO SOLO-BASE E SUAS CARACTERÍSTICAS

O experimento foi conduzido entre outubro de 2022 a janeiro de 2023 na Unidade Agrárias, Universidade Anhanguera-Uniderp em Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Com altitude de 665 m, o clima da região, segundo a classificação de Koppen-Geiger, situa-se na faixa de transição entre o subtipo (Cfa) mesotérmico úmido sem estiagem ou pequena estiagem e o subtipo (Aw) tropical úmido, com estação chuvosa e quente no verão e seca no inverno (CPTEC-INPE, 2022).

O solo-base é do tipo argiloso, coletado em área de Cerrado e classificado como Latossolo Vermelho distrófico, obtido na profundidade de 0-20 cm, sendo seco sobre papel em casa de vegetação, peneirado (0,2 mm) e analisado para pH em H₂O, P e K, método de Mehlich⁻¹, Ca, Mg e Al + H, método KCl (1N) e matéria orgânica, método colorimétrico (TEIXEIRA *et al.*, 2017). Os resultados indicaram: textura = 84% areia, 4% silte; 12% argila; pH H₂O = 6,1; fósforo = 15 mg dm⁻³; potássio = 40 mg dm⁻³; cálcio = 2,4 cmol⁺ dm⁻³; magnésio = 1,2 cmol⁺ dm⁻³; e, matéria orgânica = 20,1 g dm⁻³.

SUBSTRATOS (ORGÂNICO, MINERAL E ORGANO-MINERAL)

- **Pó de rocha**, fornecido pela EDM (Empresa de Desenvolvimento e Mineração), localizada no município de Campo Grande;
- **Húmus**, n° total = 5%; pH = 6; relação C/N = 14; CTC/C = 8%; CTC = 80 m mol c kg⁻¹; COT i = 10%; umidade = 50%; matéria prima = esterco bovino;
- **Vermicomposto**, elaborado com resíduos do rúmen bovino sob ação de minhocas Vermelha-da-Califórnia (*Eisenia foetida*), compostado por 30 dias, com pH = 7,0; condutividade elétrica = 1,2 mS dm⁻¹; fósforo = 260 mg kg⁻¹, potássio = 600 mg kg⁻¹; cálcio = 25 cmol⁺ dm⁻³; hidrogênio = 6,5 cmol⁺ dm⁻³; densidade = 0,4 g cm⁻³; matéria orgânica = 12,9%;
- **Substrato comercial**, pH = 5,5; densidade = 0,45 g cm⁻³; capacidade de retenção de água = 165%; condutividade elétrica = 1,5 mS dm⁻¹; umidade = 25%; matéria prima = cinza, composto orgânico, pó de *Pinus* e vermiculita.

TRATAMENTOS

De acordo com Oliveira *et al.* (2020, 2023), os substratos foram misturados e acondicionados em sacos plásticos de plantio (20 cm de largura x 30 cm altura) com capacidade volumétrica de 3,4 L (3,4 dm³), sendo as proporções para cada tratamento: **T1**) 50% Latossolo Vermelho + 50% Húmus; **T2**) 50% Latossolo Vermelho + 50% Vermicomposto; **T3**) 50% Latossolo Vermelho + 50% Substrato Comercial; **T4**) 40% Latossolo Vermelho + 40% Húmus + 20% Pó de Rocha; **T5**) 40% Latossolo Vermelho + 40% Vermicomposto + 20% Pó de Rocha; **T6**) 40% Latossolo Vermelho + 40% Substrato Comercial + 20% Pó de Rocha.

ANÁLISE QUÍMICA DOS SUBSTRATOS

Os substratos foram analisados de acordo com Teixeira *et al.* (2017) (Tabela 1), com os resultados submetidos à análise de variância e quando ocorreu significância, realizou-se a comparação das médias (teste de *Tukey*, 5% de probabilidade).

Tabela 1 - Atributos químicos dos substratos: **(T1)** 50% Latossolo + 50% Húmus; **(T2)** 50% Latossolo + 50% Vermicomposto; **(T3)** 50% Latossolo + 50% Comercial; **(T4)** 40% Latossolo + 40% Húmus + 20% Pó; **(T5)** 40% Latossolo

	pH	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ Al	MO	SB	%CTC
T1	6,8ab	64,7a	2,2a	11,0ab	6,4a	0,91c	38,3b	19,7a	20,7a
T2	6,5c	52,6b	1,1b	11,3a	3,2b	2,01a	36,5b	15,6b	17,6c
T3	6,6bc	52,9b	1,3b	9,6b	5,7a	1,21b	34,1c	16,5b	17,7c
T4	7,0a	58,2ab	1,6ab	11,5a	6,2a	0,95c	34,2c	19,3a	20,2ab
T5	6,7b	28,4c	1,2b	10,4ab	5,5a	1,69ab	43,0a	17,0b	18,7bc
T6	7,0a	62,9a	1,6ab	9,7b	5,8a	1,20b	33,9c	17,2b	18,4bc
DMS 5%	0,607	44,357	1,096	5,188	4,347	1,498	20,152	7,110	7,29

Fonte: Os autores. *Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de *Tukey* ao nível de probabilidade de 5%.

OBTENÇÃO DE SEMENTES E PREPARAÇÃO DAS MUDAS

Foram coletadas sementes provenientes de 12 matrizes da região Leste de Campo Grande, acondicionadas em sacos de papel e transportadas para o Laboratório de Pesquisas. No local, foram colocadas em bandejas inox com substrato vermiculita para a germinação e após atingirem a altura de 4 cm (limite a ser observado do estiolamento), transplantadas para os sacos de cultivo contendo os substratos, uma plântula por recipiente e após dois dias de aclimação na sombra, transportadas para pleno sol (OLIVEIRA *et al.*, 2020, 2023).

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E COLETA

Os ensaios foram realizados em delineamento experimental casualizado, 1 ambiente x 6 tratamentos x 1 coleta. Aos 90 dias após o plantio, as plantas foram coletadas e mensuradas quanto ao comprimento da parte aérea (distância do colo até o ápice da parte aérea – cm) utilizando trena e medido o diâmetro do coleto com paquímetro digital (mm) (OLIVEIRA *et al.*, 2020, 2023). Após as medidas iniciais, o material foi acondicionado em sacos de papel, identificados e colocados em estufa de ventilação forçada a 60 °C, durante 48 h, sendo mensurados a massa seca da raiz (g), parte aérea e total (g), utilizando balança analítica (OLIVEIRA *et al.*, 2020, 2023). O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) foi calculado, de acordo com Dickson *et al.* (1960). Os resultados foram submetidos à análise de variância, com médias comparadas pelo teste de Hipóteses ($\alpha \leq 5\%$) com o *software* Agrostat.

ANÁLISE DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS

Após 90 dias de plantio foram coletadas as folhas, secas a temperatura ambiente ($27 \text{ a } 30 \pm 5$ °C) por 4 dias e trituradas em moinho industrial. As amostras foram tamisadas e 2,5 g do pó de cada amostra, extraído com etanol (99,5%) em banho de ultrassom por 60 minutos, seguido de maceração estática por 24 horas. Após este período a solução foi novamente submetida ao banho de ultrassom por 60 minutos e as soluções resultantes filtradas e os solventes evaporados. O procedimento de extração, filtração e eliminação do solvente foi repetido por sete dias (extrato etanólico bruto), com secagem final em dessecador sob pressão reduzida (MATIAS *et al.*, 2020).

A caracterização fitoquímica das amostras ocorreu seguindo metodologia adaptada de Simões *et al.* (2016) e Matos (2018), com análises realizadas em triplicatas. Para determinar a presença das classes de metabólitos, as intensidades das reações de caracterização foram classificadas em: reação negativa (zero); discreta (turbidez) ($\pm = 5\%$); fracamente positiva ($+ = 15\%$); positiva parcial ($+\pm = 25\%$); positiva ($++ = 50\%$); fortemente positiva ($++\pm = 75\%$); e, alta intensidade ($+++ = 100\%$), de acordo com metodologia adaptada de Fontoura *et al.* (2015). Adicionalmente foram determinados os

teores de compostos fenólicos, flavonoides e taninos por espectrofotometria UVvisível, usando como padrões o ácido gálico, quercetina e ácido tânico, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicaram que a espécie se desenvolve adequadamente em diferentes situações, com T2 (sem adição de Pó e com Vermicomposto) sendo o melhor tratamento para todas as variáveis analisadas, seguido por T4 (adição de Pó e Húmus) e T5 (adição de Pó e Vermicomposto) (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise de crescimento de *Moringa oleifera*. **T1** - 50% Latossolo + 50% Húmus; **T2** - 50% Latossolo + 50% Vermicomposto; **T3** - 50% Latossolo + 50% Comercial; **T4** - 40% Latossolo + 40% Húmus + 20% Pó; **T5** - 40% Latossolo + 40% Vermicomposto + 20% Pó; e, **T6** 40% Latossolo + 40% Comercial + 20% Pó, pleno sol, Campo Grande, Mato Grosso do Sul

	MSR g	MSPA g	MST g	Altura cm	Dc mm	IQD
T1	9,8c	14,3a	24,1b	67,3a	21,0a	5,2bc
T2	21,6a	11,3ab	32,9a	55,8ab	19,7a	9,7a
T3	9,4c	5,8d	15,2c	43,8c	16,4c	4,6c
T4	17,6ab	9,9bc	27,5ab	49,3bc	18,4b	8,1a
T5	18,3ab	9,4bc	27,7ab	60,9ab	17,4bc	7,0bc
T6	14,8b	7,2cd	22,0b	42,6c	17,4bc	7,6ab
DMS 5%	4,6000	3,5881	7,5538	17,6554	5,1490	2,7786

Fonte: MSR = Massa seca da raiz, MSPA = Massa seca da parte aérea, MST = Massa seca total; Dc = Diâmetro do coleto, IQD = Índice de Qualidade Dickson. Média seguida pela mesma letra minúscula não difere entre si, teste de *Tukey* (5%).

Entretanto o melhor desenvolvimento em T2 não pode ser diretamente relacionado as melhores condições edáficas do substrato (Tabela 1), no qual se destacam T1 e T4, ambos com adição de Húmus. Por outro lado, o substrato em T4 propiciou o segundo melhor desenvolvimento das plantas, indicando que a presença de Húmus associados ao Pó de Rocha influenciou positivamente o crescimento. Um substrato adequado para o melhor crescimento das mudas necessita de pH tendendo a neutralidade e maiores concentrações de fósforo, potássio e magnésio, além de melhores valores de acidez potencial, soma das bases e capacidade de troca catiônica (Tabela 1).

Mas os atributos químicos mais adequados não significam, automaticamente, melhor desenvolvimento, pois as espécies necessitam de condições específicas para seu melhor crescimento, o que parece ter ocorrido. A utilização de 50% Vermicomposto em T2 pode ser um indicativo da preferência da espécie, em relação ao substrato.

O Vermicomposto, um substrato com boas características físico-químicas resultou em melhor crescimento em T2 e segundo melhor em T5, quando associado ao Pó de Rocha (T5). A utilização de

vermicomposto é relatada por Dores-Silva *et al.* (2013), que indicaram sua qualidade superior em relação a vários outros substratos, uma consequência de sua formulação por meio de minhocas e a presença de microrganismos humificantes alcalinos, além alta concentração de matéria orgânica e nutrientes, principalmente cálcio, magnésio, potássio, fósforo e nitrogênio, apresentando excelente capacidade de troca catiônica (LOURENÇO, 2014).

Além destes pontos, o vermicomposto favorece as características físicas do solo, melhorando sua estrutura e aumentando a capacidade de retenção de água e aeração, induzindo o desenvolvimento das plantas, embora a liberação de íons seja mais lenta em comparação com fertilizantes químicos (LOURENÇO, 2014). Deste modo sua maior concentração (T5) afetou positivamente o crescimento das mudas, quando comparado a uma menor concentração associado ao Pó de Rocha (T4). Embora a diferença entre 40 e 50% de Vermicomposto seja pequena, provavelmente a concentração de 40%, quando associada ao Pó de Rocha, afetou de alguma maneira o desenvolvimento das plantas, fato provavelmente relacionado a concentração de fósforo em T5, a menor em todos os substratos (Tabela 1).

O fósforo é um importante elemento para o crescimento das plantas, um macronutriente exigido em grandes quantidades e desempenhando funções na regulação da síntese proteica, por exemplo, levando ao melhor desenvolvimento das raízes, entre outras ações (FERNANDES *et al.*, 2018). É conhecido que a maior presença de matéria orgânica afeta a disponibilidade do fósforo devido aos ácidos orgânicos liberados durante sua oxidação, que podem ocupar os locais onde o fósforo poderia ser fixado, aumentando assim sua disponibilidade (LARRAMENDY e SOLONESKI, 2016). Deste modo, substratos com maior concentração de matéria orgânica, como T2, quando associado a outros atributos químicos, seriam os mais adequados ao crescimento das plantas, indicado a preferência de *Moringa oleifera* por solos com esta característica.

O Pó de Rocha é conhecido por suas características nutricionais e capacidade de melhoria dos atributos do solo (SILVA *et al.*, 2017), mas sua simples adição não resultou automaticamente em melhor crescimento para *Moringa oleifera*, embora T4 tenha sido o segundo melhor tratamento. Resultados distintos foram encontrados por Oliveira *et al.* (2020), com substratos formados por 20% de Pó de Rocha, 40% de Húmus e 40% de Latossolo ou Oliveira *et al.* (2023), 20% de Pó de Rocha, 40% Vermicomposto e 40% de Neossolo, que propiciaram o melhor crescimento das mudas de *Myracrodruon urundeuva* Allem. Ehlers e Arruda (2014), avaliando o crescimento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, também concluíram que o Pó de Rocha (10 a 20%), além de substratos como Vermiculita e composto à base de Turfa, resultaram em melhor desenvolvimento da parte aérea e diâmetro do colo.

Por outro lado, Marek e Richardson (2020) explicam que algumas espécies são mais adaptadas ao crescimento em determinados tipos de solos e substratos e quando às interações mineral-biológicas não são adequadas, o desenvolvimento é afetado de distintas maneiras, o que pode ter ocorrido com a adição do Pó de Rocha. Deste modo, a utilização de Húmus ou outros substratos para produção de mudas

florestais depende das espécies testadas, conforme Silva *et al.* (2017) relatam, avaliando o crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Donzela e *Pinus elliottii* var. *Elliott* Engelm, com diferentes substratos produzindo efeitos distintos.

Além deste fator, Oliveira *et al.* (2020) descrevem que a adição uma maior concentração de Pó de Rocha pode levar a processos de compactação, dificultando trocas gasosas e absorção de nutrientes, embora os autores mencionem este problema somente para a concentração de 40% de Pó de Rocha adicionado ao substrato.

O substrato Húmus também produziu bons resultados com T4, o segundo melhor tratamento (Tabela 2) e em relação aos atributos do substrato, um dos melhores (Tabela 1). O Húmus é resultado da alteração da decomposição parcial dos resíduos orgânicos (esterco bovino) e muitas vezes não é considerado um adubo eficaz devido à imobilização de nutrientes na matéria orgânica, possuindo baixos valores de P, K, Ca e Mg e alta concentração de matéria orgânica (GOMES *et al.*, 2002).

Entretanto tal situação não foi observada no experimento, com os substratos com adição de Húmus se destacando em relação aos seus atributos químicos (Tabela 1), embora não produzindo o melhor crescimento (Tabela 2). Resultados similares foram apresentados por Trazzi *et al.* (2013) sobre os efeitos do Húmus no crescimento de *Tectona grandis* Linn. F., indicando que o substrato possui os maiores teores de matéria orgânica e menores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, não sendo adequado para produzir crescimento diferenciado devido à imobilização dos nutrientes.

Por outro lado, Oliveira *et al.* (2020), ao avaliarem o efeito de diferentes substratos no desenvolvimento de *Myracrodruon urundeuva* em solo argiloso, encontraram os melhores resultados em substrato com 40% de Húmus e 20% de Pó de Rocha, indicando novamente que cada espécie possui requisitos próprios para seu desenvolvimento (textura do substrato e atributos químicos) que podem influenciar no crescimento, o que seria esperado.

Em relação a utilização do Substrato Comercial, ele não propiciou bom resultado quando utilizado isoladamente (T3), enquanto a adição do Pó de Rocha produziu melhor crescimento (T6), indicando que não é um substrato adequado para o cultivo de *Moringa oleifera*, isoladamente. O menor crescimento em T3 pode ser associado aos atributos químicos do substrato, com os piores indicadores de fertilidade, enquanto em T6, a adição de Pó de Rocha melhorou suas características, o que também propiciou melhor crescimento as mudas (Tabela 2).

O Substrato Comercial é uma mistura de componentes orgânicos e inorgânicos, de menor custo e mais simples em termos químicos e por isso, muitas vezes inadequado para ao desenvolvimento de determinadas espécies (MILNER, 2002). Tal situação é relatada por Delarmelina *et al.* (2014), no qual mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. tiveram as menores taxas de crescimento quando cultivadas em Substrato Comercial, quando comparado com outros substratos. Deste modo, para atender os requisitos físicos e químicos para a produção de mudas é necessária uma melhor formulação, o que eleva o custo, que pode ser diminuído por meio da adição de compostos alternativos (BRAUN *et al.*, 2010), como o Pó de Rocha.

Em relação ao crescimento das mudas, é importante sua avaliação por meio da Correlação de Pearson (Tabela 3), indicando a correlação entre os diferentes índices e qual seria o melhor tratamento, pois o teste de *Tukey* é utilizado para comparar as médias e verificar diferenças significativas entre elas, enquanto a Correlação de Pearson, utilizada para medir o grau de associação linear entre variáveis contínuas.

Tabela 3 - Correlação de Pearson de *Moringa oleifera* diferentes substratos. (T1) 50% Latossolo + 50% Húmus; (T2) 50% Latossolo + 50% Vermicomposto; (T3) 50% Latossolo + 50% Comercial; (T4) 40% Latossolo + 40% Húmus + 20% Pó; (T5) 40% Latossolo + 40% Vermicomposto + 20% Pó; e, (T6) 40% Latossolo + 40% Comercial + 20% Pó, pleno sol, Campo Grande, Mato Grosso do Sul

T1	MSR (g)	MSPA (g)	MSTT (g)	CPA (cm)	Coletor (mm)	IQD
	1	0.00	0.55*	-0.17	-0.05	0.84***
		1	0.84***	0.98***	0.89***	0.42
			1	0.53	0.81***	0.81***
				1	0.80***	-0.05
					1	0.36
						1
T2	MSR (g)	MSPA (g)	MSTT (g)	CPA (cm)	Coletor (mm)	IQD
	1	0.93***	0.98***	0.96***	0.76**	0.73**
		1	0.98***	0.98***	0.84***	0.89***
			1	0.99***	0.84***	0.83***
				1	0.91***	0.89***
					1	1.00***
						1
T3	MSR (g)	MSPA (g)	MSTT (g)	CPA (cm)	Coletor (mm)	IQD
	1	0.84***	0.98***	-0.07	-0.69	0.72**
		1	0.94***	-0.03	-0.68	0.61**
			1	-0.06	-0.68	0.70**
				1	0.76**	-0.74
					1	-1.00
						1
T4	MSR (g)	MSPA (g)	MSTT (g)	CPA (cm)	Coletor (mm)	IQD
	1	0.89***	0.99***	0.82***	0.71**	0.85***
		1	0.95***	0.59**	0.89***	0.95***
			1	0.76**	0.79**	0.91***
				1	0.21	0.42
					1	0.98***
						1
T5	MSR (g)	MSPA (g)	MSTT (g)	CPA (cm)	Coletor (mm)	IQD
	1	0.92***	0.98***	0.48	0.92***	0.76**
		1	0.98***	0.72**	0.73**	0.46
			1	0.60**	0.85***	0.63**
				1	0.31	-0.18
					1	0.86***
						1

T6	MSR (g)	MSPA (g)	MSTT (g)	CPA (cm)	Coletor (mm)	IQD
	1	0.63**	0.99***	-0.33	0.81***	0.94***
		1	0.74**	0.18	0.61**	0.61**
			1	-0.26	0.82***	0.93***
				1	-0.67	-0.58
					1	0.96***
						1

Fonte: Os autores. Correlação:***Forte positiva; **Moderada positiva; *Fracca positiva.

A Correlação de Pearson do IQD de *Moringa oleifera* demonstra que T2, com quatro interações “Forte positiva” e uma “Moderadamente positiva” seria o melhor tratamento, seguido por T4 com quatro correlações “Forte positiva”. O IQD é uma correlação entre diversos indicadores, incluindo a altura e diâmetro do coletor, demonstrando o equilíbrio entre crescimento e potencial de sobrevivência das mudas em campo, levando-se em consideração que ao avaliar diferentes características, os possíveis desvios de um ou dois indicadores são minimizados (AVELINO *et al.*, 2021). Além disto, correlacionando a altura e coletor com outros parâmetros se pode demonstrar o equilíbrio no crescimento da planta, já que mudas mais finas são mais suscetíveis a quebra do caule por vento, por exemplo, enquanto as robustas possuem maior capacidade de estabelecimento (HAASE, 2008).

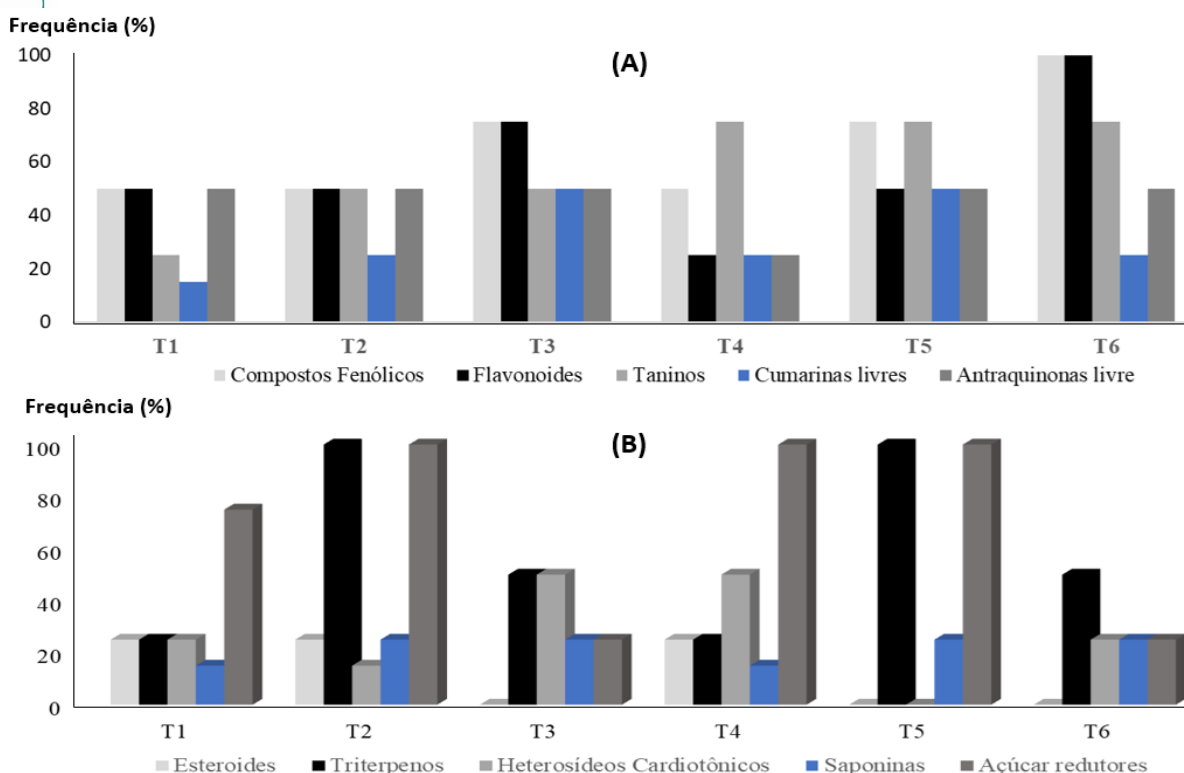
Os resultados da Correlação de Pearson confirmam o melhor crescimento observado por meio do Teste de *Tukey* (Tabela 2), com T2 e T4 se destacando no desenvolvimento das mudas. Deste modo, não apenas as médias de crescimento e sim, o conjunto de correlações que permitem as plantas a melhor sobrevivência no campo indicaram T2 e T4 sendo os melhores para *Moringa oleifera*.

Por esse motivo o IQD é utilizado por diferentes pesquisadores, como Avelino *et al.* (2021), entre outros, com plantas com os maiores valores de IQD apresentando alta correlação de sobrevivência após o plantio (TSAKALDIMI *et al.*, 2013). Deste modo pode-se afirmar, que nas condições de teste o Vermicomposto é mais adequado ao desenvolvimento de mudas, seguido por Húmus com adição de Pó de Rocha.

Devkota e Bhusal (2020) descrevem que *Moringa oleifera* é adaptada a solos com menores concentrações de nutrientes, com o melhor desenvolvimento dos tratamentos observado em substrato que não apresentou os melhores atributos (T2), embora T4 apresente, em conjunto com T1, as melhores características químicas dos substratos. Os resultados demonstram que a espécie necessita de condições edáficas próprias para seu melhor crescimento, o que foi observado em T2, em que provavelmente a estrutura física do substrato também afetou a evolução das plantas.

Em relação aos metabólitos secundários, as folhas de moringa são ricas em compostos que já foram apontados como benéficos a saúde humana e animal, tais como flavonoides, embora alguns tratamentos apresentem alta intensidade de antraquinonas, um metabólito que pode ser considerado perigoso (Figura 1A e 1 B).

Figura 1 - Compostos secundários em folhas de *Moringa oleifera*, pleno sol. (T1) 50% Latossolo + 50% Húmus; (T2) 50% Latossolo + 50% Vermicomposto; (T3) 50% Latossolo + 50% Comercial; (T4) 40% Latossolo + 40% Húmus + 20% Pó; (T5) 40% Latossolo + 40% Vermicomposto + 20% Pó; e, (T6) 40% Latossolo + 40% Comercial + 20% Pó. Campo Grande, Mato Grosso do Sul.



Fonte: Os autores.

Ocorreu variação na intensidade de todos os metabólitos secundários (Figura 1A e 1B), independente dos substratos. Os compostos fenólicos e flavonoides foram detectados em alta intensidade em T6 (Figura 1A), o que pode ser observado nos resultados de doseamentos destas duas classes (Tabela 4). Estes resultados indicam que a adição do Pó de Rocha e 40% de Substrato Comercial influenciaram na produção destes polifenóis, seguido de T3, com intensidade fortemente positiva, que também possui maior concentração de Substrato Comercial. Embora T6 se destaque em relação aos polifenóis, o crescimento das plantas nestes substratos não foi o melhor (Tabela 2).

É interessante observar que outros metabólitos secundários, com exceção dos taninos, polifenóis com intensidade fortemente positiva, aparecem com intensidades entre fracamente positiva e positiva, como cumarinas, antraquinonas, esteroides, triterpenos, heterosídeos, saponinas e açúcares redutores.

Tabela 4 - Doseamento dos polifenóis nos extratos etanólicos das folhas de *Moringa oleifera* em diferentes tipos de substratos

Polifenóis	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Compostos fenólicos	164,1 c	164,5 c	170,3 b	164,2 c	170,0 b	195,7 a
Flavonoides	121,5 c	122,6 c	128,1 b	114,5 d	120,0 c	149,4 a
Taninos	30,7 c	39,6 b	40,5 b	50,0 a	50,7 a	48,7 a

Fonte: Os autores. **(T1)** 50% Latossolo + 50% Húmus; **(T2)** 50% Latossolo + 50% Vermicomposto; **(T3)** 50% Latossolo + 50% Comercial; **(T4)** 40% Latossolo + 40% Húmus + 20% Pó; **(T5)** 40% Latossolo + 40% Vermicomposto + 20% Pó; e, **(T6)** 40% Latossolo + 40% Comercial + 20% Pó, pleno sol, Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

Ao analisar os atributos químicos dos substratos T3 e T6, apenas as variáveis pH e P foram estatisticamente diferentes e superiores em T6, com as demais não apresentando diferenças estatísticas (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , H^+Al , MO, SB e CTC). Deste modo poder-se-ia supor que a maior intensidade destes dois elementos foram o fator que levou a uma maior produção de polifenóis. A relação da produção de compostos fenólicos e flavonoides, assim como de outras classes de metabólitos, é dependente dos fatores bióticos da espécie e fatores abióticos, como substrato e intensidade da luz, que têm um papel diversificado no metabolismo das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2017).

As espécies nativas e introduzidas, como o caso de *M. oleifera*, possuem distintas exigências nutricionais por macro e micronutrientes e sua deficiência ou excesso pode interferir na produção de biomassa e quantidade e diversidade de princípios ativos. Deste modo é possível levantar algumas hipóteses para a maior produção de polifenóis em T6 e T3, assim como a ausência de esteroides em ambos os tratamentos, relacionadas aos nutrientes encontrados nos substratos.

Em geral a produção de polifenóis, como os flavonoides, é influenciada pelas condições ambientais, como o substrato, situação observada em T3 e T6 (Figura 1 e Tabela 4). As plantas produzem flavonoides como um mecanismo químico de defesa contra vírus, bactérias e fungos ou proteção a radiação ultravioleta, sendo um material botânico com potencial antioxidante, entre outras ações (KUMAR *et al.*, 2020), em conjunto com os triterpenos e taninos (JIANG *et al.*, 2016). Pina *et al.* (2018), tralhando com *M. oleifera*, encontraram maiores concentrações de polifenóis em substratos com uma mistura de Neossolo Quartzarênico com solos argilosos, indicando que diferentes composições de substratos produzem resultados distintos.

Em se tratando dos compostos fenólicos existe uma subclasse comum, conhecida como ácidos fenólicos, da qual o ácido salicílico faz parte e é associado a ativação de mecanismos de defesa das plantas, pois quando os vegetais estão sujeitos a danos causados por patógenos ocorre uma resposta fisiológica na produção de metabólitos secundários (TAIZ e ZEIGER, 2017). Entretanto, segundo Albrecht e Argueso (2017) ácidos fenólicos frequentemente estão relacionados à inibição do crescimento, um fenômeno descrito como o compromisso da planta entre crescimento e defesa. Com base nestas informações é possível inferir a síntese de compostos fenólicos como uma forma de defesa

que mitigou a produção de esteroides e o crescimento da planta, em especial em T3 e T6. Deste modo os esteroides não se destacam nas avaliações realizadas.

A presença de Vermicomposto influenciou fortemente a intensidade de triterpenos e açúcares redutores (T2 e T5), com T4 também se destacando na intensidade de açúcares, o que é importante para a palatabilidade das folhas, podendo minorar o efeito dos taninos, encontrados em intensidade fortemente positiva nos tratamentos com Pó de Rocha (T4, T5 e T6). Outros metabólitos, como as cumarinas e saponinas, ocorrem com intensidade fracamente positiva e positiva parcial, com exceção de T3 e T5, positiva, enquanto os triterpenos, alta intensidade (T2 e T5 – Vermicomposto) e, positiva (T3 e T6 - Substrato Comercial). Apesar da importância destes metabólitos, sua variação de intensidade, na dependência do substrato e, suas características químicas, não resultam em problemas de saúde quando do seu consumo.

Já a presença de heterosídeos cardiotônicos com intensidade positiva (T3 e T4) chama a atenção, pois este grupo de metabólicos, se em maiores intensidades (Figura 1), pode levar a problemas de saúde. As antraquinonas, outro grupo que merece atenção em relação ao consumo em doses maiores, ocorreu com intensidade positiva em quase todos os tratamentos, com exceção de T4. Mas estes metabólitos, quando consumidos em menores quantidades, não são um problema para animais de grande porte.

Os resultados demonstram a adaptação da moringa aos substratos, explicando sua ampla dispersão em todo território brasileiro, com a diversidade e intensidade de fitoconstituintes (Figura 1, Tabela 4) demonstrando suas vantagens competitivas, fator relacionado a variedade de funções dos metabólitos, como atividades ecológicas de defesa e atrativos de insetos/animais, por exemplo (SIMÕES *et al.*, 2016). Tais adaptações favorecem o crescimento das mudas, embora determinadas composições de substratos resultem em diferentes intensidades de metabolitos e biomassa formada. Entretanto os resultados obtidos confirmam seu uso como planta medicinal e alimentícia (DEVKOTA e BHUSAL, 2020) devido à alta intensidade de flavonoides, por exemplo, como observado em T6 e T3, além da alta intensidade de triterpenos em T2 e T5.

É interessante ressaltar que T2, com maior concentração de Vermicomposto, apresentou a melhor Correlação de Pearson do IQD (Tabela 3) e segundo melhor crescimento (Tabela 2), sendo o tratamento mais adequado neste quesito. Associado a estes resultados está a presença dos triterpenos (subclasse dos terpenoides), a maior classe de produtos naturais utilizados para uma variedade de funções fisiológicas, como agentes anti-inflamatórios e antimicrobianos, dentre outros (JIANG *et al.*, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diferentes substratos afetaram de maneira direta o crescimento das mudas e sua composição química, com T2 e T4 apresentando as melhores médias de crescimento, com Vermicomposto ou a adição de Pó de Rocha e Húmus produzindo substratos mais adequados para o melhor crescimento. A

Correlação de Pearson confirma que T2 é o tratamento que possui as melhores correlações de crescimento, o que permitiria o melhor estabelecimento e sobrevivência das mudas quando transplantadas para campo e como este tratamento possui maior intensidade de triterpenos, a utilização das folhas pode resultar em outros benefícios de saúde, embora outros tratamentos, como T3 e T6, possuam maior produção de compostos antioxidantes (compostos fenólicos e flavonoides), também benéficos a saúde. A presença de antraquinonas, heterosídeos e saponinas em diferentes intensidades chama a atenção, pois existem sugestões para o consumo da espécie por seres humanos, o que deve ser feito com cuidado, pois o substrato afeta a composição química das folhas, podendo formar compostos indesejáveis.

Agradecimentos

À CAPES pela bolsa de doutorado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de produtividade em pesquisa (PQ1C). Ao apoio financeiro do CNPq e Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul e à Universidade Anhanguera-Uniderp, pelo financiamento do Grupo de Pesquisa Interdisciplinar e Produtos Naturais.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. How plants defend themselves against pathogens. In: G. N. AGRIOS (ed.). **Plant pathology**. 5th ed. California: Academic Press, 2005. p. 93-114.
- ALBRECHT, T.; ARGUESO, C. T. Should I fight or should I grow now? The role of cytokinins in plant growth and immunity and in the growth–defence trade-off. **Annals of Botany**, v. 119, n. 5, p. 725-735, 2017. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw211>
- AVELINO, N. R.; SCHILLING, A. C.; DALMOLIN, A. C.; SANTOS, M. S.; MIELKE, M. S. Alocação de biomassa e indicadores de crescimento para a avaliação da qualidade de mudas de espécies florestais nativas. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 4, p. 1733 - 1750, 2021. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509843229>
- BAKKE, I. A.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; BAKKE, O. A. Características de crescimento e valor forrageiro da moringa (*Moringa oleifera* Lam) submetida a diferentes adubos orgânicos e intervalos de corte. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 133-144, 2010. <https://doi.org/10.15528/327>
- BRAUN, H.; CAVATTE, P. C.; AMARAL, J. A. T.; AMARAL, J. F. T.; REIS, E. F. Produção de mudas de tomateiro por estaquia: efeito do substrato e comprimento de estacas. **Idesia**, v. 28, n. 1, p. 9-15, 2010. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292010000100002>
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In. SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds. Téc.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 29-62.

CPTEC-INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Arquivos do Laboratório de Meteorologia e Climatologia, vinculados ao CPTEC-INPE**. Campo Grande, 2022.

DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2014.027>

DEVKOTA, S.; BHUSAL, K. K. *Moringa oleifera*: A miracle multipurpose tree for agroforestry and climate change mitigation from the Himalayas – A review. **Cogent Food & Agriculture**, v. 6, p. 1-8, 2020. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1805951>

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem *versus* compostagem. **Química Nova**, v. 36, n. 5, p. 640-645, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000500005>

EHLERS, T.; ARRUDA, G. O. S. F. Utilização do pó de basalto em substratos para mudas de *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2014. <https://doi.org/10.4322/floram.2014.002>

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Moringa: traditional crop of the month**. Rome, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/traditional-crops/moringa/en/>. Acesso em: 26 jan. 2018.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição mineral de plantas**. 2 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018.

FOIDL, N.; MAYORGA, L.; VÁSQUEZ, W. **Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado**. Manágua: Universidad Nacional de Ingeniería, 2003.

FONTOURA, F. M.; MATIAS, R.; LUDWIG, J.; OLIVEIRA, A. K. M.; BONO, J. A. M.; MARTINS, P. F. R. B.; CORSINO, J.; GUEDES, N. M. R. Seasonal effects and antifungal activity from bark chemical constituents of *Sterculia apetala* (Malvaceae) at Pantanal of Miranda, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 3, p. 283-292, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201500011>

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Morphological parameters quality for the evaluation of *Eucalyptus grandis* seedling. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 655 - 664, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600002>

HAASE, D. L. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planters Notes**, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

JIANG, Z.; KEMPINSKI, C.; BUSH, C. J.; NYBO, S. E.; CHAPPELL, J. Engineering triterpene and methylated triterpene production in plants provides biochemical and physiological insights into terpene metabolism. **Plant Physiology**, v. 170, n. 2, p. 702-716, 2016. <https://doi.org/10.1104/pp.15.01548>

JIANG, Z.; EMPINSKI, C.; BUSH, C. J.; NYBO, S. E.; CHAPPELL, J. Engineering triterpene and methylated triterpene production in plants provides biochemical and physiological insights into terpene metabolism. **Plant Physiology**, v. 170, n. 2, p. 702-716, 2016. <https://doi.org/10.1104/pp.15.01548>

KUMAR, S.; ABEDIN, M. M.; SINGH, A. K.; DAS, S. Role of phenolic compounds in plant-defensive mechanisms. (Edts.). In: LONE, R.; SHUAB, R.; KAMILI, A. **Plant phenolics in sustainable agriculture**. Singapore: Springer, 2020. p. 517-532.

LARRAMENDY, M.; SOLONESKI, S. **Organic fertilizers: From basic concepts to applied outcomes**. London: IntechOpen Limited., 2016.

LOURENÇO, N. M. G. **Manual de vermicompostagem e vermicultura para a agricultura orgânica**. Porto: Publindústria, 2014.

MAREK, R. S.; RICHARDSON, J. B. Investigating surficial geologic controls on soil properties and tree growth and nutrients in Western Massachusetts. **Journal Soil Science Plant Nutrition**, v. 20, n. 1, p. 901-911, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00176-3>

MATOS, F. J. A. **Introdução a fitoquímica experimental**. 3 ed. Fortaleza: UFC, 2018.

MATIAS, R.; FERNANDES, V.; CORRÊA, B. O.; PEREIRA, S. R.; OLIVEIRA, A. K. M. Phytochemistry and antifungal potential of *Datura inoxia* Mill. on soil phytopathogen control. **Bioscience Journal**, v. 36, p. 691-701, 2020. <http://dx.doi.org/10.14393/BJ-v36n3a2020-47881>

MILNER, L. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002 (Documento IAC, n.70).

MUNYANZIZA, E.; SARWATT, S. V. The evaluation of *Moringa oleifera* for food security and environmental rehabilitation in Tanzanian rural areas. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 15, n. 3, p. 450-456, 2003. Disponível em: <<https://jtfs.frim.gov.my/jtfs/article/view/1234>>. Acesso em: 11 fev. 2026.

OLIVEIRA, A. K. M.; PINA, J. C.; PEREIRA, S. R.; BONO, J. A. M.; MATIAS, R.; PIRES, F. F.; ASSIS, T. E. Effect of basalt rock powder associated with different substrates on the initial development of aroeira seedlings (*Myracrodruon urundeuva*). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e5591210790, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10790>

OLIVEIRA, A. K. M.; BONO, J. A. M.; PINA, J. C.; MATIAS, R.; PEREIRA, S. R.; SANTOS, T. S.; TOMASI, T. C. Rock dust associated with organic substrates and its effect on the growth of aroeira. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 10, n. 1, p. 132-142, 2023. Disponível em: <<https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/4482>>. Acesso em: 11 fev. 2026.

PINA, J. C.; OLIVEIRA, A. K. M.; MATIAS, R.; SILVA, F. Influência de diferentes substratos na produção de fitoconstituintes de *Moringa oleifera* Lam. cultivada a pleno sol. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1072-1087, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509833394>

PINA, J. C.; OLIVEIRA, A. K. M.; MATIAS, R. Crescimento inicial de *Moringa oleifera* em substrato arenoso com adição de vermicomposto em duas luminosidades. **Revista Unimontes Científica**, v. 25, n. 2, p. 1–16, 2023. <http://dx.doi.org/10.46551/ruc.v25n2a8>

RAMOS, C. G.; MELLO, A. G.; KAUTZMANN, R. M. A preliminary study of acid volcanic rocks for stonemeal application. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 1-2, p. 30-35, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enmm.2014.03.002>

ROBBERS, J. E.; SPEEDIE, M. K.; TYLER, V. E. **Farmacognosia e farmacobiotechnologia**. São Paulo: Editora Premier, 2007.

SILVA, R. C.; CURY, M. E.; IEDA, J. J. C.; SERMARINI, R. A.; AZEVEDO, A. C. Chemical attributes of a remineralized Oxisol. **Ciência Rural**, v. 47, n. 1, p. 1-10, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160982>

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Orgs.). **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed, 2016.

SUGUINO, E.; JACOMINI, A. E.; LAZARINI, A. P.; MARTINS, N. A.; FARIA, A. M.; PERDONÁ, M. J. Utilização do pó de basalto na agricultura. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 60, p. 1-5, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Eds.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2017.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 4, 721-730, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652006000400008>

TSAKALDIMI, M.; GANATSAS, P.; JACOBS, D. F. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. **New Forests**, v. 44, p. 327-339, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s11056-012-9339-3>

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; PASSOS, R. R.; GONÇALVES, E. O. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. F.). **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 401-409, 2013. <https://doi.org/10.5902/1980509810551>

ZUANAZZI, J. A. S.; MONTANHA, J. A. Flavonoides. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Eds.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5th ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS, Editora da UFSC, 2004. p. 577-614.