REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 14/11/2026
Vol: 13.24
DOI: 10.66104/ady8mb41
Pages: 1-18

CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS E AGRUPAMENTO MULTIVARIADO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO EM RESPOSTA A FONTES ORGÂNICAS E SUBSTRATOS

BIOMETRIC CHARACTERISTICS AND MULTIVARIATE CLUSTERING OF YELLOW PASSION FRUIT SEEDLINGS IN RESPONSE TO ORGANIC SOURCES AND SUBSTRATES

CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS Y AGRUPAMIENTO MULTIVARIADO DE PLÁNTULAS DE MARACUYÁ AMARILLO EN RESPUESTA A FUENTES ORGÁNICAS Y SUSTRATOS

João Marcos Guedes Souza
Graduado em Engenharia Agronômica, Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Corrente – Piauí, Brasil
E-mail: jmarcosgsouza@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0008-1936-8776

Sammy Sidney Rocha Matias
Doutor em Agronomia - Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Corrente – Piauí, Brasil
E-mail: ymmsa2001@yahoo.com.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5729-3284

Thamyres Yara Lima Evangelista
Doutora em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Bom Jesus – Piauí, Brasil
E-mail: thamyresevangelista@outlook.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-8676-501X

Erick Diniz Lisboa da Silva
Graduado em Engenharia Agronômica, Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Corrente – Piauí, Brasil
E-mail: erickdiniz67@gmail.com

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

Orcid: https://orcid.org/0009-0005-1956-5137

Emanuelly Carvalho Rodrigues

Graduada em Engenharia Agronômica , Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Corrente – Piauí, Brasil

E-mail: Emanuellycr52@gmail.com

Orcid: https://orcid.org/0009-0003-0321-6245

Érica Tavares de Sousa Ribeiro

Graduada em Engenharia Agronômica, Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Corrente – Piauí, Brasil

E-mail: erica.tsr21@gmail.com

Orcid: https://orcid.org/0009-0005-0882-2724

João Henrique Fernandes Freitas

Graduado em Engenharia Agronômica, Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Corrente – Piauí, Brasil

E-mail: joaohen.ff16@gmail.com

Orcid: https://orcid.org/0009-0005-5357-3341

Gleyson Vieira dos Santos

Doutor em Genética e Melhoramento, Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Corrente – Piauí, Brasil

E-mail: gleysondossantos@cte.uespi.br

Orcid: https://orcid.org/0000-0003-3351-0632

Resumo

A produção de mudas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims) com padrão morfológico adequado é determinante para o estabelecimento inicial dos pomares. Este estudo teve como objetivo avaliar as características biométricas, o acúmulo de biomassa e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas cultivadas aos 65 dias após a semeadura sob diferentes combinações de substratos minerais e fontes orgânicas. O experimento foi conduzido em ambiente protegido utilizando delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial triplo 2 x 2 x 5, combinando componentes minerais (Latossolo amarelo de textura média e areia), fontes orgânicas (esterco bovino e esterco ovino) e cinco proporções volumétricas

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

(0, 20, 40, 60 e 80%), com cinco repetições. Foram avaliadas 14 variáveis de crescimento, acúmulo de biomassa e índices morfológicos, submetidas à análise de variância (ANOVA), regressão polinomial e análises multivariadas exploratórias (correlação de Pearson, agrupamento hierárquico pelo método de Ward e análise de componentes principais — ACP). A interação tripla foi significativa para massa seca de raiz, massa seca total e IQD. O substrato formulado com areia e esterco ovino apresentou as maiores médias de acúmulo de biomassa e de IQD nas condições testadas, destacando-se nas proporções intermediárias (20 a 60%). Por outro lado, o uso de solo com esterco ovino favoreceu o crescimento aéreo em detrimento do sistema radicular, resultando em elevada razão parte aérea/raiz e menores valores de IQD, enquanto o esterco bovino induziu efeito inibitório quadrático em função das doses. As análises multivariadas discriminaram os padrões de associação entre as variáveis e agruparam as combinações de substratos conforme a similaridade biométrica na fase de viveiro.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* Sims*;* Adubação orgânica; Análise de regressão polinomial; Análise multivariada; Índice de Qualidade de Dickson.

Abstract

The production of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) seedlings with an adequate morphological standard is decisive for the initial establishment of orchards. This study aimed to evaluate the biometric characteristics, biomass accumulation, and Dickson Quality Index (DQI) of seedlings grown at 65 days after sowing under different combinations of mineral substrates and organic sources. The experiment was conducted in a protected environment using a completely randomized design in a 2 × 2 × 5 triple factorial scheme, combining mineral components (medium-textured Yellow Oxisol and sand), organic sources (cattle manure and sheep manure), and five volumetric proportions (0, 20, 40, 60, and 80%), with five replications. Fourteen variables related to growth, biomass accumulation, and morphological indices were evaluated and subjected to analysis of variance (ANOVA), polynomial regression, and exploratory multivariate analyses (Pearson correlation, hierarchical clustering by Ward's method, and principal component analysis — PCA). The triple interaction was significant for root dry mass, total dry mass, and DQI. The substrate formulated with sand and sheep manure showed the highest means for biomass accumulation and DQI under the tested conditions, standing out at intermediate proportions (20 to 60%). Conversely, the use of soil with sheep manure favored shoot growth to the detriment of the root system, resulting in a high shoot-to-root ratio and lower DQI values, whereas cattle manure induced a quadratic inhibitory effect as a function of the doses. Multivariate analyses discriminated the association patterns among variables and grouped the substrate combinations according to biometric similarity during the nursery phase.

Keywords: *Passiflora edulis* Sims; Organic fertilization; Polynomial regression analysis; Multivariate analysis; Dickson Quality Index.

Resumen

La producción de plántulas de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* Sims) con un estándar morfológico adecuado es determinante para el establecimiento inicial de los huertos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar las características biométricas, la acumulación de biomasa y el Índice de Calidad de Dickson (ICD) de plántulas cultivadas a los 65 días después de la siembra bajo diferentes combinaciones de sustratos minerales y fuentes orgánicas. El experimento se llevó a cabo en ambiente protegido utilizando un diseño completamente al azar, en un esquema factorial triple 2 × 2 × 5, combinando componentes minerales (Latosol amarillo de textura media y arena), fuentes orgánicas (estiércol bovino y estiércol ovino) y cinco proporciones volumétricas (0, 20, 40, 60 y 80%), con cinco repeticiones. Se evaluaron 14 variables de crecimiento, acumulación de biomasa e índices morfológicos, las cuales fueron sometidas a análisis de varianza (ANAVA), regresión polinomial y análisis multivariados exploratorios (correlación de Pearson, agrupamiento jerárquico por el método de Ward y análisis de componentes principales — ACP). La interacción triple fue significativa para la masa seca de raíz, la masa seca total y el ICD. El sustrato formulado con arena y estiércol ovino presentó los mayores promedios de acumulación de biomasa e ICD en las condiciones evaluadas, destacándose en las proporciones intermedias (20 a 60%). Por otro lado, el uso de suelo con estiércol ovino favoreció el crecimiento aéreo en detrimento del sistema radicular, resultando en una elevada relación parte aérea/raíz y menores valores de ICD, mientras que el estiércol bovino indujo un efecto inhibitorio cuadrático en función de las dosis. Los análisis multivariados discriminaron los patrones de asociación entre las variables y agruparon las combinaciones de sustratos según la similitud biométrica

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

en la fase de vivero.

Palabras clave: *Passiflora edulis* Sims; Fertilización orgánica; Análisis de regresión polinomial; Análisis multivariado; Índice de Calidad de Dickson.

1. Introdução

O maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims) destaca-se mundialmente por sua relevância econômica e nutricional, sendo o Brasil o maior produtor e consumidor da espécie. A implantação de um pomar comercial produtivo inicia-se pela formação de mudas vigorosas e sadias, cuja qualidade morfológica depende diretamente das propriedades físicas e químicas do substrato utilizado (AMORIM *et al.*, 2026).

A escolha adequada dos componentes do substrato influencia o desenvolvimento inicial na fase de viveiro (OLIVEIRA *et al.*, 2024). No entanto, uma das principais dificuldades enfrentadas por produtores reside na escassez de viveiros certificados e no custo de aquisição dos substratos comerciais. Essa realidade estimula a investigação agronômica de formulações regionais alternativas compostas por materiais locais, como solo, areia e estercos animais (SANTANA *et al.*, 2026).

Embora o esterco bovino seja amplamente empregado na agricultura devido à sua disponibilidade e capacidade de influenciar a retenção de água e a estrutura física do meio (RIBEIRO *et al.*, 2020), sua composição apresenta taxa de mineralização mais lenta e teores moderados de nutrientes em comparação aos estercos de pequenos ruminantes (DIAS *et al.*, 2022). Quando mal curtido ou em proporções elevadas, pode induzir efeitos osmóticos adversos ou compactação em misturas com solos argilosos (SILVA *et al.*, 2018).

Por outro lado, o esterco ovino apresenta elevada concentração de macronutrientes, como nitrogênio e fósforo (SOUZA *et al.*, 2026), podendo favorecer o desenvolvimento do sistema radicular e a expansão foliar (SANTANA *et al.*, 2026). Paralelamente, a incorporação de areia atua como condicionador físico, favorecendo a macroporosidade e a drenagem em misturas de viveiro (GUILHERME *et al.*, 2024).

A adição de resíduos orgânicos pode melhorar a retenção hídrica e a disponibilidade de nutrientes; contudo, o uso de proporções volumétricas inadequadas pode comprometer a aeração ou elevar a salinidade do meio de cultivo (SANTOS *et al.*, 2025). Como a avaliação isolada de variáveis biométricas simples (como a altura) pode ser insuficiente para expressar o equilíbrio estrutural da muda, torna-se pertinente

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

integrar índices morfológicos multifatoriais, como o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), associados a técnicas estatísticas multivariadas e regressão polinomial.

A aplicação rigorosa de modelos de regressão para as doses combinada à matriz de correlação de Pearson, à análise de agrupamento hierárquico (método de Ward) e à análise de componentes principais (ACP) permite identificar padrões de associação linear e discriminar grupos de tratamentos com base na distribuição de biomassa entre a parte aérea e o sistema radicular.

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características biométricas, a alocação de biomassa e a qualidade morfológica de mudas de maracujazeiro-amarelo aos 65 dias após a semeadura, submetidas a combinações de componentes minerais, fontes orgânicas e proporções volumétricas, identificando padrões de resposta funcional e agrupamento por meio de análises estatísticas avançadas.

2. Material e métodos

2.1 Local do experimento e período de condução

O experimento foi conduzido entre setembro e novembro de 2023, em ambiente protegido (telado com redução de 50% da luminosidade), na Universidade Estadual do Piauí (UESPI), município de Corrente, Piauí (10°26' S, 45°09' O; altitude média de 438 m). O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1936), é do tipo Aw (tropical quente e úmido com estação seca no inverno).

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial triplo 2 x 2 x 5, com cinco repetições, totalizando 20 combinações de tratamentos e 100 unidades experimentais, sendo 1 recipiente/planta, totalizando 100 plantas analisadas. Os fatores estudados foram: Componentes minerais (2): Latossolo Amarelo de textura média (SANTOS *et al.*, 2013) e areia lavada; Fontes orgânicas (2): esterco bovino curtido e esterco ovino curtido; Proporções volumétricas (5): 0, 20, 40, 60 e 80% (v/v) de esterco misturado ao componente mineral.

Para fins de organização e apresentação dos desdobramentos nos resultados e

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

nas análises multivariadas, as quatro combinações entre componentes minerais e fontes orgânicas foram codificadas como: Exp 01 (Latossolo Amarelo + esterco bovino), Exp 02 (Latossolo Amarelo + esterco ovino), Exp 03 (areia + esterco bovino) e Exp 04 (areia + esterco ovino), conduzidas simultaneamente sob as mesmas condições ambientais e de manejo.

As parcelas testemunhas (0% de esterco) foram instaladas de forma independente para cada combinação nominal. Não foram realizadas análises químicas ou físicas laboratoriais prévias das formulações, restringindo-se a caracterização ao preparo físico padronizado: o solo e a areia foram passados em peneiras de malha de 2 mm, e os estercos foram previamente curtidos, secos ao ar e destorroados antes da homogeneização volumétrica.

2.3 Instalação e condução do experimento

Após o preparo e acondicionamento dos substratos em sacos de polietileno com capacidade de 700 mL, aguardou-se um período de 30 dias de estabilização antes da semeadura. Utilizaram-se sementes de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims) comercial, semeando-se três sementes por recipiente a 1 cm de profundidade. A irrigação foi realizada diariamente por microaspersão, mantendo-se a umidade próxima à capacidade de campo. O desbaste ocorreu quando as plântulas atingiram o primeiro par de folhas verdadeiras (aproximadamente 30 dias após a emergência), selecionando-se a plântula mais vigorosa por recipiente. Não foi aplicada adubação mineral de cobertura.

2.4 Variáveis analisadas

Aos 65 dias após a semeadura, avaliaram-se as seguintes variáveis biométricas e de biomassa em cada unidade experimental: altura de planta (ALT, cm): medida do colo até o meristema apical com régua graduada em milímetros; diâmetro do colo (DC, mm): medido na interface com o substrato utilizando paquímetro digital; número de folhas (NF): contagem manual de folhas totalmente expandidas; área foliar total (AFT, cm²): determinada por meio de medidor óptico de área foliar LI-3100C; comprimento radicular (CR, cm): medido da região do colo até a extremidade da raiz principal com régua graduada após a lavagem das raízes.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

Massas frescas (g): após a remoção cuidadosa do substrato em água corrente e secagem superficial com papel absorvente, as plantas foram seccionadas no colo e pesadas em balança analítica (precisão de 0,001 g) para obtenção da massa fresca da parte aérea (MFPA) e da massa fresca de raiz (MFR), cuja soma correspondeu à massa fresca total (MFT = MFPA + MFR).

Massas secas (g): as frações foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante (48 a 72 horas), determinando-se a massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca de raiz (MSR), obtendo-se a massa seca total (MST = MSPA + MSR).

Relações biométricas e Índice de Qualidade de Dickson (IQD): calculados individualmente por unidade experimental antes da obtenção das médias, utilizando-se a relação altura/diâmetro (ALT/DC, em cm mm^{-1}), a relação massa seca da parte aérea/massa seca de raiz (MSPA/MSR, em g g^{-1}) e a equação proposta por Dickson *et al.* (1960):

$$IQD = \frac{\mathrm{MST\ (g)}}{\frac{ALT\ (cm)}{DC\ (mm)} + \frac{MSPA\ (g)}{MSR\ (g)}}$$

2.5 Análise estatística e multivariada

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (Bartlett). Verificou-se atendimento pleno aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade para o número de folhas ($W = 0,9900$, $p = 0,6678$; $x^2 = 16,19$, $p = 0,6447$) e comprimento radicular ($W = 0,9848$, $p = 0,3076$; $x^2 = 24,63$, $p = 0,1731$), bem como normalidade para o diâmetro do colo ($W = 0,9836$, $p = 0,2528$). Para as demais variáveis de biomassa e índices derivados, observaram-se desvios de normalidade ($p < 0,05$) e heterogeneidade de variâncias (x^2 significativo, $p < 0,05$), comportamento inerente ao amplo contraste fenotípico gerado entre parcelas testemunhas e proporções volumétricas elevadas de esterco.

Prosseguiu-se com a análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$) segundo o modelo fatorial triplo 2 x 2 x 5 (componente mineral x fonte orgânica x dose). Quando constatada significância para as interações ou efeitos principais, procedeu-se ao desdobramento estatístico: as médias dos fatores qualitativos (componentes minerais e

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

fontes orgânicas) foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), enquanto o efeito quantitativo das proporções volumétricas de esterco (0, 20, 40, 60 e 80%) foi avaliado por meio de análise de regressão polinomial, selecionando-se os modelos lineares ou quadráticos significativos pelo teste F ($p < 0,05$) e com maior coeficiente de determinação (R^2).

De forma complementar e exploratória, para avaliar o padrão de associação entre as variáveis e a similaridade entre os 20 tratamentos (médias das combinações x proporções volumétricas), aplicou-se: (i) a matriz de correlação linear de Pearson (n = 20 médias de tratamentos, considerando o conjunto de variáveis biométricas e índices derivados); (ii) a análise de agrupamento hierárquico (HCA) pelo método de ligação de Ward com distância euclidiana sobre a matriz padronizada (escore-z, média zero e variância unitária); e (iii) a análise de componentes principais (ACP) baseada na matriz de correlação. Ressalta-se que índices compostos (MST, MFT, ALT/DC, MSPA/MSR e IQD) possuem dependência matemática com as variáveis primárias que os originam, sendo interpretados no contexto descritivo da ordenação. Todas as análises foram executadas no ambiente estatístico R (R Core Team, 2020).

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise de variância, desdobramento e regressão das características biométricas

A Análise de Variância (ANOVA) para o esquema fatorial triplo 2 x 2 x 5, demonstrou efeito significativo da fonte orgânica (Esterco) para 13 das 14 variáveis avaliadas ($p < 0,01$), com exceção apenas da massa seca de raiz ($p = 0,9275$) (Tabelas 1 e 2). A interação tripla (mineral x esterco x dose) foi estatisticamente significativa para a massa seca de raiz ($F = 5,43$; $p = 0,0006$), massa seca total ($F = 2,49$; $p = 0,0496$) e Índice de Qualidade de Dickson ($F = 4,46$; $p = 0,0027$).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

Tabela 1: Análise de variância (quadrados médios e significância do teste F) para altura de planta (ALT), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), área foliar total (AFT), comprimento radicular (CR) e relação altura/diâmetro (ALT/DC) de mudas de maracujazeiro-amarelo aos 65 dias após a semeadura.

Fonte de variação	GL	ALT (cm)	DC (mm)	NF (un)	AFT (cm²)	CR (cm)	ALT/DC
Mineral (M)	1	13,76 *ns*	0,19 *ns*	1,0 *ns*	106,35 *ns*	615,04**	7,42 *
Esterco (E)	1	3266,12***	29,49***	432,64***	757712,01***	673,92**	139,09***
Dose (D)	4	5,47 *ns*	0,01 *ns*	9,74***	3166,74 *ns*	103,06**	1,79 *ns*
M x E	1	54,61 *ns*	0,29 *ns*	1,96 *ns*	6935,97**	53,29 *ns*	1,91 *ns*
M x D	4	28,71 *ns*	0,82***	1,88 *ns*	19209,16**	34,59 *ns*	1,71 *ns*
E x D	4	50,45*	1,29***	17,37 ***	31387,39***	119,12**	1,54 *ns*
M x E x D	4	6,59 *ns*	0,17 *ns*	3,19 *ns*	5240,88 *ns*	11,62 *ns*	1,12 *ns*
Resíduo	80	17,32	0,10	1,78	4456,19	28,63	1,86
Média geral		12,90	1,94	7,24	108,90	13,18	6,31
CV (%)		32,26	16,90	18,40	61,69	40,59	21,63

Valores nas linhas dos fatores representam os quadrados médios (QM). *ns* = não significativo (p > 0,05); * = significativo a 5% (p < 0,05); ** = significativo a 1% (p < 0,01); ***= significativo a 0,1% (p < 0,001); FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade.

Tabela 2: Análise de variância (quadrados médios e significância do teste F) para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de maracujazeiro-amarelo aos 65 dias após a semeadura.

FV	GL	MFPA (g)	MFR (g)	MFT (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	MSPA/MSR	IQD
Mineral (M)	1	0,21 *ns*	3,30***	5,18 *ns*	0,03 *ns*	0,17***	0,37 *ns*	2614,34***	0,0122**
Esterco (E)	1	662,70***	30,76***	979,06***	12,91***	0,0001 *ns*	12,99***	4257,33***	0,0117**
Dose (D)	4	2,38 *ns*	0,72 *ns*	1,91 *ns*	0,39*	0,03 *ns*	0,43*	195,42*ns*	0,0039*
M x E	1	14,04 *ns*	6,88***	40,57 *ns*	0,54*	1,16**	1,32**	2106,43 *ns*	0,0298***
M x D	4	16,66**	0,69*	23,50 *ns*	0,34***	0,02 *ns*	0,25 *ns*	90,10 *ns*	0,0002 *ns*
E x D	4	31,03***	3,10***	51,19 ***	0,89***	0,08***	1,38***	229,97 *ns*	0,0086***
M x E x D	4	3,41 *ns*	0,31 *ns*	5,75 *ns*	0,20 *ns*	0,07***	0,42*	131,32 *ns*	0,0054**
Resíduo	80	3,56	0,20	4,81	0,12	0,01	0,17	124,26	0,0012
Média geral		3,35	1,03	4,38	0,47	0,16	0,64	7,86	0,056
CV (%)		56,43	43,94	50,08	74,65	74,02	65,01	141,75	62,33

Valores nas linhas dos fatores representam os quadrados médios (QM). *ns* = não significativo (p > 0,05); * = significativo a 5% (p < 0,05); ** = significativo a 1% (p < 0,01); ***= significativo a 0,1% (p < 0,001); FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

O desdobramento da interação entre os componentes minerais e as fontes orgânicas (Tabela 3) evidencia que o esterco ovino proporcionou incrementos expressivos na altura de planta, diâmetro do colo e massa seca da parte aérea em ambos os substratos minerais, superando o esterco bovino. No entanto, em Latossolo Amarelo, o esterco ovino reduziu significativamente a massa seca de raiz (0,08 g), refletindo em uma relação MSPA/MSR muito elevada, enquanto na areia a massa seca de raiz manteve-se superior (0,25 g), atestando o efeito condicionador da areia na expansão radicular. Para as demais características morfológicas e de biomassa fresca, destacaram-se as interações duplas esterco x dose e mineral x dose ($p < 0,05$).

Tabela 3: Desdobramento da interação entre componente mineral e fonte orgânica (ou teste de Tukey a 5%) para altura de planta (ALT), diâmetro do colo (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e razão altura/diâmetro (ALT/DC) de mudas de maracujazeiro-amarelo.

Componente Mineral	Fonte Orgânica	ALT (cm)	DC (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	ALT/DC
Areia	Esterco Bovino	6,82 b	1,30 b	0,06 b	0,16 a	5,27 a
	Esterco Ovino	19,72 a	2,49 a	0,93 a	0,25 a	7,90 a
Latossolo Amarelo	Esterco Bovino	7,55 b	1,49 b	0,17 b	0,16 a	5,00 a
	Esterco Ovino	17,50 a	2,47 a	0,74 a	0,08 b	7,08 a

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas dentro de cada componente mineral não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Elaborada pelo autor.

O desdobramento da interação entre as fontes orgânicas e as proporções volumétricas revelou respostas fisiológicas contrastantes no desenvolvimento do maracujazeiro-amarelo (Figura 1). Na formulação com esterco bovino, observou-se decréscimo quadrático acentuado na altura das mudas $\hat{y} = 7,69 - 0,163x + 0,0010x^2$ ($R^2 = 0,08$***), onde o incremento das proporções volumétricas a partir de 20% reduziu o vigor vegetativo em relação à testemunha. Esse comportamento pode estar associado ao desequilíbrio osmótico ou à elevada concentração de sais solúveis inerentes a essa fonte quando não diluída adequadamente em matrizes de menor capacidade de lixiviação (RAMOS *et al.*, 2022; SOUTO *et al.*, 2023).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

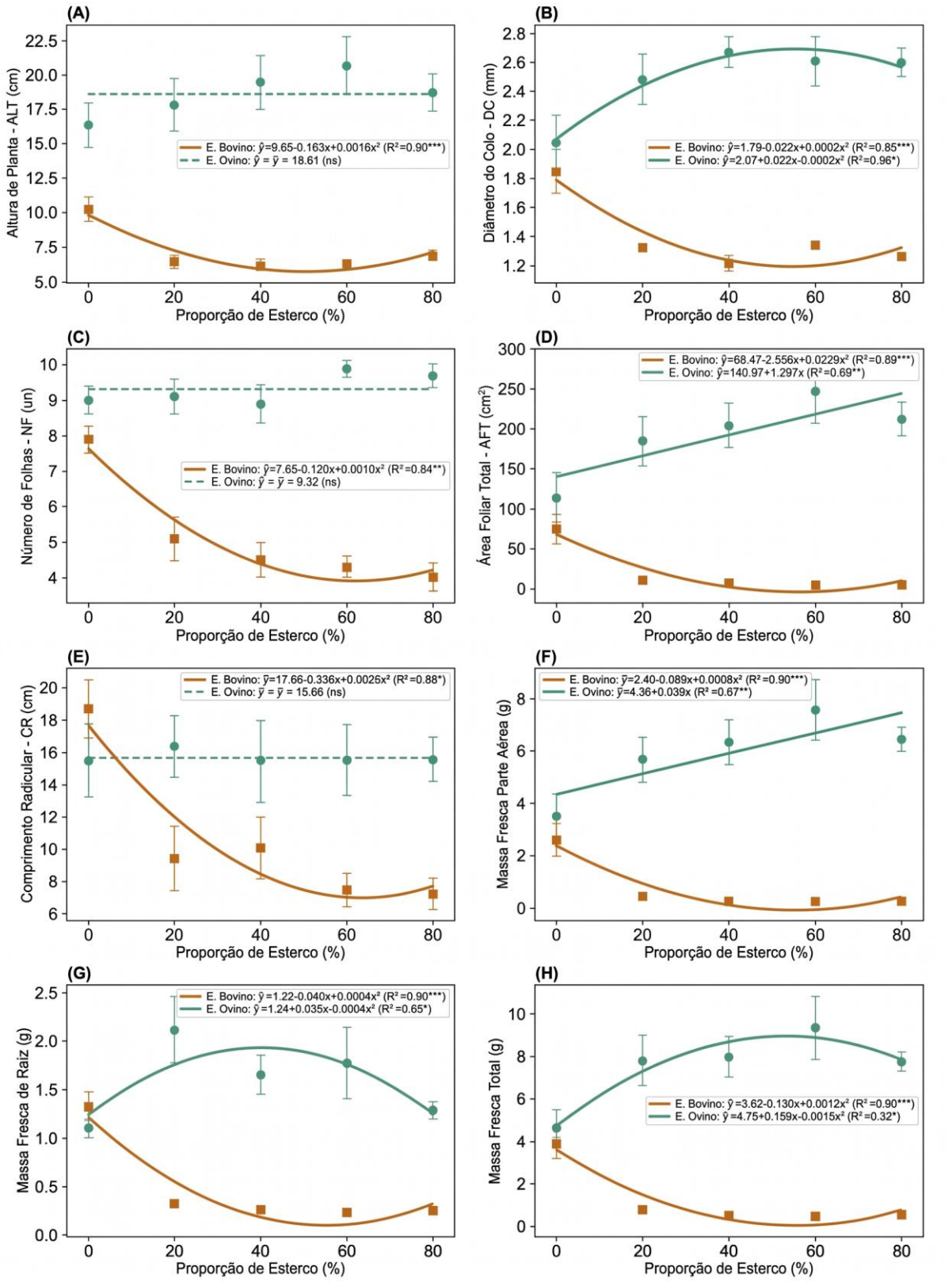


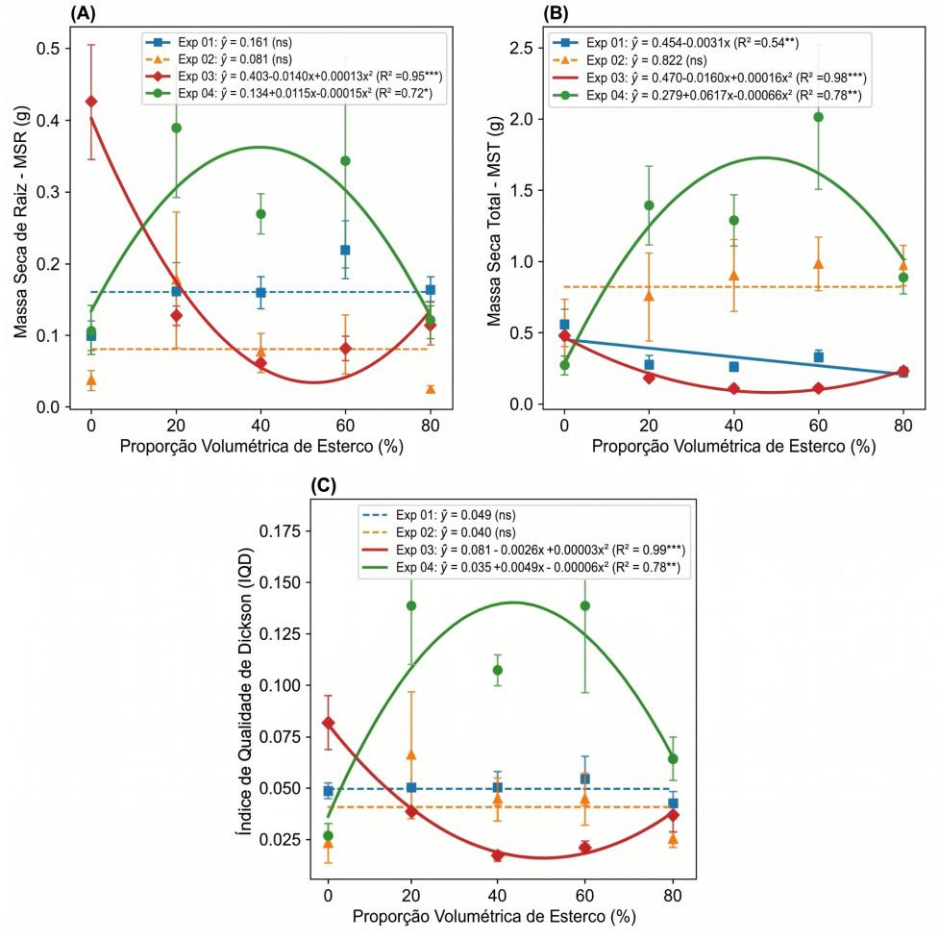
Figura 1: Desdobramento da interação significativa entre fonte orgânica (esterco bovino e esterco ovino) e

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

proporções volumétricas (0, 20, 40, 60 e 80%) para altura de planta — ALT (A), diâmetro do colo — DC (B), número de folhas — NF (C), área foliar total — AFT (D), comprimento radicular — CR (E), massa fresca da parte aérea — MFPA (F), massa fresca de raiz — MFR (G) e massa fresca total — MFT (H) de mudas de maracujazeiro-amarelo aos 65 dias após a semeadura. Barras verticais indicam o erro-padrão da média (n = 10). *, **, ***: significativo a 5%, 1% e 0,1% pelo teste F da regressão, respectivamente; ns: não significativo (p > 0,05). Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2 Índice de Qualidade de Dickson – IQD e interação tripla

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) constitui um parâmetro robusto para atestar o equilíbrio no desenvolvimento de mudas. O desdobramento da interação tripla para o IQD (Figura 2C) evidenciou que na combinação de areia com esterco ovino (Exp 04), os valores descreveram trajetória quadrática em função das doses ($\hat{Y}$ = 0,035 + 0,0049x - 0,00006x², R² = 0,78**), atingindo pico máximo de 0,14 nas proporções de 20% e 60%, com declínio apenas na proporção de 80%.



REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

Figura 2: Desdobramento da interação tripla (componente mineral x fonte orgânica x proporção volumétrica) para massa seca de raiz — MSR (A), massa seca total — MST (B) e Índice de Qualidade de Dickson — IQD (C) de mudas de maracujazeiro-amarelo aos 65 dias após a semeadura nas combinações Exp 01 (Latossolo Amarelo + esterco bovino), Exp 02 (Latossolo Amarelo + esterco ovino), Exp 03 (areia + esterco bovino) e Exp 04 (areia + esterco ovino). Barras verticais indicam o erro-padrão da média (n = 5).

Esse padrão decorre do sinergismo entre a excelente aeração proporcionada pela areia e a pronta disponibilidade de nutrientes do esterco ovino (GUILHERME *et al.*, 2024). Em contraste, o esterco bovino (Exp 01 e Exp 03) provocou decréscimo acentuado no IQD, enquanto o Latossolo com esterco ovino (Exp 02) manteve valores restritos e estáveis (média de 0,04), evidenciando que o crescimento aéreo isolado não assegura qualidade morfológica equilibrada (SIQUEIRA *et al.*, 2020).

3.3 Matriz de Correlação de Pearson

A matriz de correlação linear de Pearson (Figura 3) permitiu explorar o grau de associação entre as 14 variáveis avaliadas. Observou-se forte correlação positiva ($r \geq 0,86$) entre as variáveis da parte aérea (ALT, DC, NF, AFT, MFPA, MSPA e MFT), refletindo a alometria de crescimento vegetativo na fase de viveiro (GUILHERME *et al.*, 2024).

Notavelmente, o IQD apresentou correlação positiva expressiva com a massa seca de raiz ($r = 0,87$), massa fresca de raiz ($r = 0,80$) e massa seca total ($r = 0,79$), além de correlação negativa com a razão MSPA/MSR ($r = -0,20$). Esses coeficientes ilustram que a restrição no desenvolvimento radicular penaliza o índice de qualidade global mesmo em plantas com elevada biomassa aérea.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

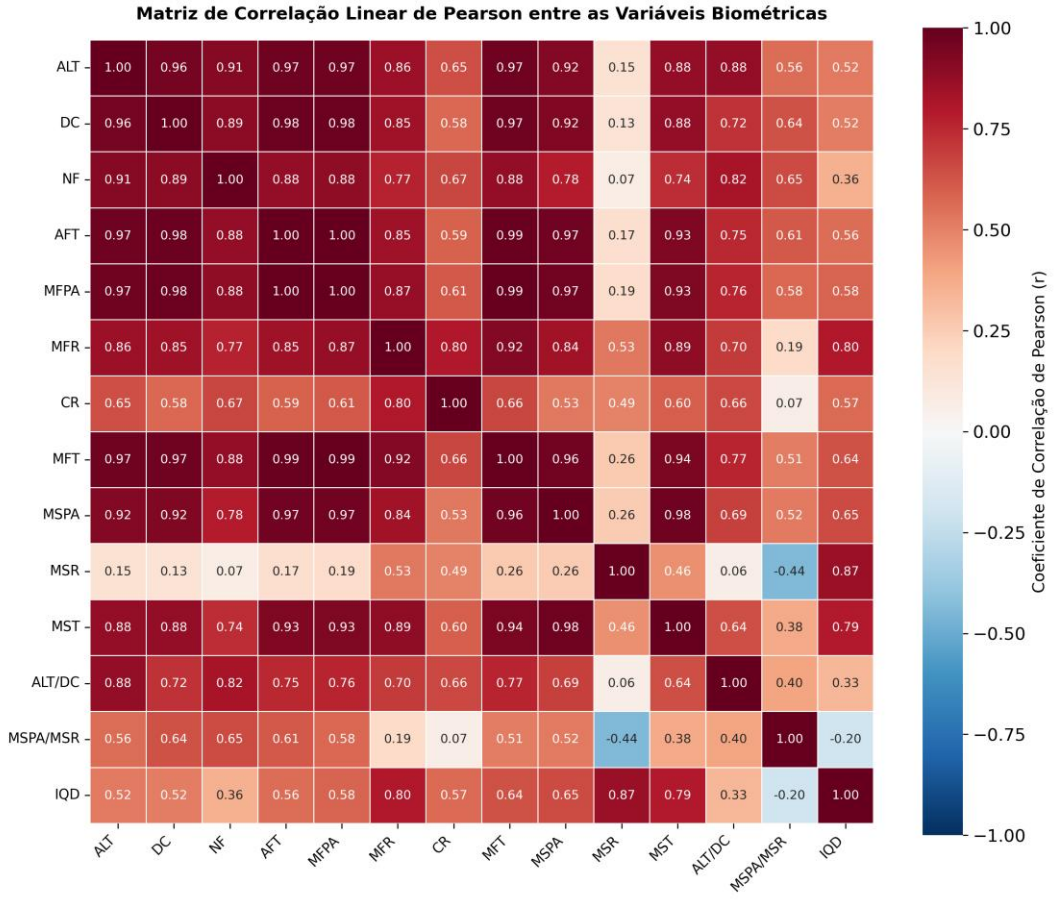


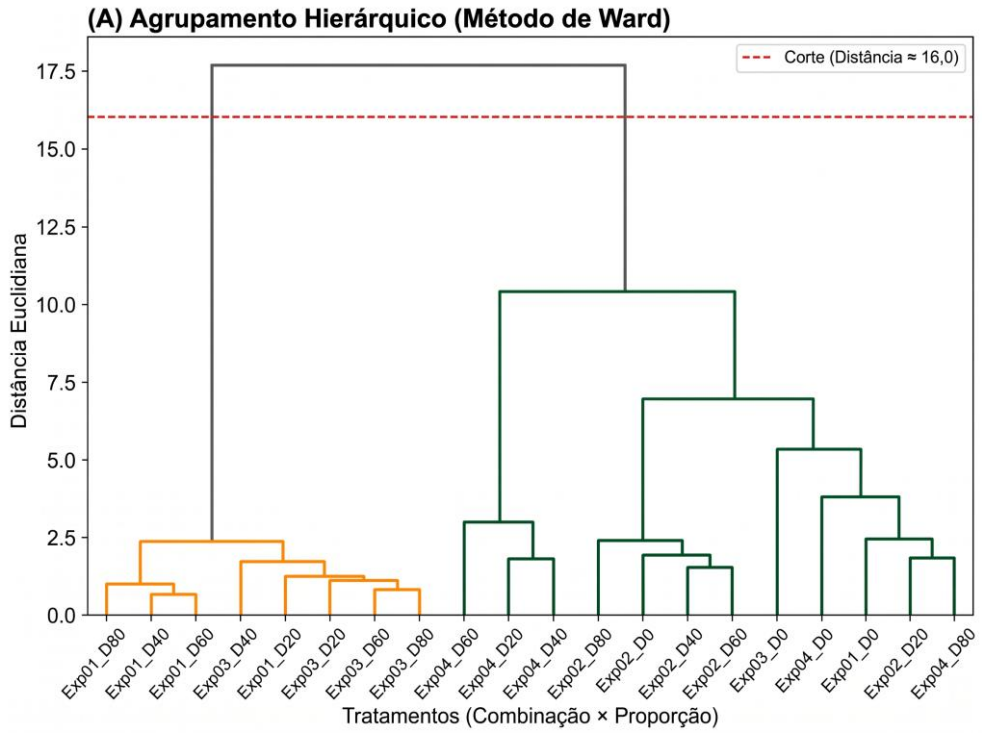
Figura 3: Matriz de correlação linear de Pearson entre as variáveis biométricas de mudas de maracujazeiro-amarelo aos 65 dias após a semeadura: altura de planta (ALT), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), área foliar total (AFT), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), comprimento radicular (CR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST), relação altura/diâmetro (ALT/DC), relação massa seca da parte aérea/raiz (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Fonte: Elaborado pelo autor.

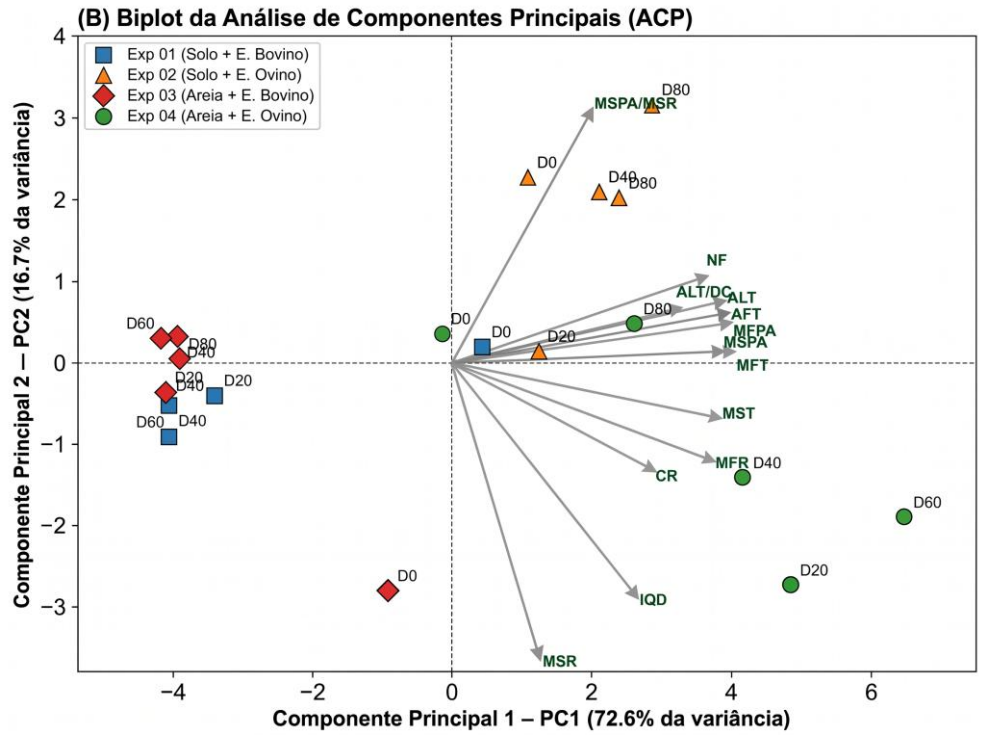
3.4 Análise de Agrupamento Hierárquico (Cluster Analysis) e Componentes Principais (ACP)

A análise de agrupamento hierárquico pelo método de Ward (Figura 4A), baseada na distância euclidiana das 14 variáveis padronizadas, separou os 20 tratamentos em dois grupos principais a uma distância de corte aproximada de 16,0. O grupo 1 (laranja) reuniu todas as proporções volumétricas adubadas (20 a 80%) das combinações formuladas com esterco bovino (Exp 01_D20 a D80 e Exp 03_D20 a D80), apresentando baixas distâncias euclidianas internas (inferiores a 2,5). Esse agrupamento indica alta similaridade

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

multivariada entre esses tratamentos, caracterizados pelos menores valores médios de crescimento e acúmulo de biomassa.





REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

Figura 4: Análise multivariada exploratória das 14 variáveis biométricas e índices morfológicos nos 20 tratamentos avaliados: (A) Dendrograma de agrupamento hierárquico pelo método de Ward (distância euclidiana sobre dados padronizados); e (B) Biplot da Análise de Componentes Principais — ACP (PC1 vs. PC2) para Exp 01 (Latossolo Amarelo + esterco bovino), Exp 02 (Latossolo Amarelo + esterco ovino), Exp 03 (areia + esterco bovino) e Exp 04 (areia + esterco ovino), nas proporções D0, D20, D40, D60 e D80%. Fonte: Elaborado pelo autor.

O grupo 2 (verde) reuniu os demais tratamentos, subdividindo-se em subgrupos que abarcaram as proporções volumétricas adubadas de areia + esterco ovino (Exp 04_D20 a D80), as combinações de Latossolo Amarelo + esterco ovino (Exp 02_D0 a D80) e as testemunhas sem esterco dos demais substratos (Exp 01_D0, Exp 03_D0 e Exp 04_D0). Ressalta-se que a reunião dessas unidades no mesmo macrogrupo reflete a maior distância multivariada em relação aos tratamentos inibidos pelo esterco bovino, não implicando equivalência estatística entre o vigor de Exp 04 e o das parcelas testemunhas (D0), as quais ocupam sub-ramos distintos dentro do agrupamento.

A Análise de Componentes Principais (ACP) sintetizou 89,3% da variância total nos dois primeiros eixos (72,6% no PC1 e 16,7% no PC2; Figura 4B). O eixo PC1 discriminou os tratamentos pela magnitude do crescimento e acúmulo de biomassa: as doses de Exp 04 posicionaram-se no quadrante positivo, associadas aos vetores de IQD, MSR, MST e MFT. O eixo PC2 separou os tratamentos pela partição de biomassa, isolando Exp 02 no topo do biplot, fortemente associada ao vetor MSPA/MSR, o que confirma o predomínio do crescimento aéreo desproporcional sobre o sistema radicular em solo argiloso adubado com esterco ovino (SOUZA *et al.*, 2026).

4. Conclusão

Nas condições experimentais avaliadas aos 65 dias após a semeadura, o substrato composto por areia e esterco ovino (Exp 04) apresentou o melhor desempenho agronômico, com picos de massa seca total e Índice de Qualidade de Dickson (IQD = 0,14) nas proporções volumétricas de 20% a 60%. As análises estatísticas por regressão polinomial e multivariadas discriminaram consistentemente os tratamentos, evidenciando que o esterco bovino exerce efeito inibitório quadrático sobre o crescimento, enquanto o esterco ovino em Latossolo favorece o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular. A formulação com areia e esterco ovino (40 a 60%) consolida-se como alternativa altamente recomendada para a produção de mudas de maracujazeiro-amarelo.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

Referências

Amorim, J. J. de A., *et al.* "Substratos orgânicos alternativos no desenvolvimento inicial de mudas de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg." *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, vol. 2, no. 1, 2026, pp. 1-20, https://doi.org/10.61164/82k9s091.

Araújo, V. F. dos S., *et al.* "Eficiência do polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo sob estresse hídrico." *Observatório de la Economía Latinoamericana*, vol. 21, no. 10, 2023, pp. 15914–32, https://doi.org/10.55905/oelv21n10-077.

Bertani, R. M. de A., *et al.* "Doses de nitrogênio no desenvolvimento de mudas altas de maracujá-amarelo." *Revista de Agricultura Neotropical*, vol. 6, no. 1, 2019, pp. 29–35, https://doi.org/10.32404/rean.v6i1.2403.

Cardoso, R. A., *et al.* "Interferência da mato-competição no cultivo do maracujazeiro: Fatores determinantes do crescimento sob estresse hídrico e nutricional na baixada fluminense." *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, vol. 15, no. 1, 2026, e8254, https://doi.org/10.21664/2238-8869.2026v15i1.8254.

Dias, D. R., *et al.* "Produção de mudas de maracujazeiro-amarelo em diferentes níveis de irrigação e formulações de substrato." *Nativa*, vol. 10, no. 1, 2022, pp. 102-08, https://doi.org/10.31413/nativa.v10i1.12330.

Dickson, A. *et al.* “Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries”. *The Forestry Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10–13, 1960.

Guilherme, J. P. M., *et al.* "Production of yellow passion fruit seedlings as a function of alternative growing media and controlled-release fertilizer." *Revista Ceres*, vol. 71, 2024, e710006, https://doi.org/10.1590/0034-737x2024710006.

Köppen, Wladimir. "Das geographische System der Klimate." *Handbuch der Klimatologie*, edited by Wladimir Köppen and Rudolf Geiger, Gebrüder Borntraeger, 1936, vol. 1, parte C, pp. 1-44.

Oliveira, J. L. A. de, *et al.* "Diferentes substratos na produção de mudas de maracujazeiro azedo cultivar BRS Gigante Amarelo." *Agrarian Academy*, vol. 11, no. 22, 2024, pp. 75-86, https://doi.org/10.18677/Agrarian_Academy_2024B7.

R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, 2020, https://www.r-project.org/. Accessed 2 May 2026.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/08/2026 - **Accepted:** 13/09/2026
Vol:
DOI:
Pages: 1-18

Ramos, J. G., *et al.* "Crescimento e qualidade de mudas de maracujá sob estresse salino e aplicação foliar de H2O2." *Comunicata Scientiae*, vol. 13, 2022, e3393, https://doi.org/10.14295/cs.v13.3393.

Ribeiro, M. D. S., *et al.* "Proporções de esterco bovino e lâminas de irrigação em mudas de maracujazeiro amarelo." *Revista Agrarian*, vol. 13, no. 48, 2020, pp. 222-29, https://doi.org/10.30612/agrarian.v13i48.9221.

Santana, A. N., *et al.* "Viabilidade agronômica de substratos orgânicos e minerais na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.)." *Revista DELOS*, vol. 19, no. 80, 2026, e9432, https://doi.org/10.55905/rdelosv19.n80-097.

Santos, Humberto Gonçalves dos, *et al. Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3rd ed., Embrapa, 2013.

Santos, M. W. N. d., *et al.* "Morphophysiology of yellow passion-fruit seedlings cultivated with macrophyte (*Eichhornia crassipes*) under salt stress." *Revista Ambiente & Água*, vol. 20, 2025, https://doi.org/10.4136/ambi-agua.3012.

Siqueira, R. H. S., *et al.* "Seleção de substratos para a produção de mudas de maracujazeiro-amarelo em Roraima." *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 63, 2020, pp. 1-8, https://btcc.ufra.edu.br/index.php/ajaes/pt_BR/article/view/3242.

Silva, J. G. da, *et al.* "Fontes de adubação orgânica e níveis salinos no crescimento inicial de maracujazeiro." *Colloquium Agrariae*, vol. 14, no. 4, 2018, pp. 58-66, https://doi.org/10.5747/ca.2018.v14.n4.a249.

Souto, A. G. d. L., *et al.* "Salinity and mulching effects on nutrition and production of grafted sour passion fruit." *Plants*, vol. 12, no. 5, 2023, p. 1035, https://doi.org/10.3390/plants12051035.

Souza, A. M. O., *et al.* "Desenvolvimento de mudas da cultivar BRS Maracujá Sol do Cerrado com diferentes substratos no Semiárido Pernambucano." *Revista Delos*, vol. 19, no. 87, 2026, e10368, https://doi.org/10.55905/rdelosv19.n87-040.