

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**ALESSON FELIPE ECKERT**

**SUBSTRATOS E ADUBAÇÕES NO CULTIVO DE CACTÁCEAS EM VASOS E  
UTILIZADAS EM JARDINS VERTICAIS**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ**

**2021**

**ALESSON FELIPE ECKERT**

**SUBSTRATOS E ADUBAÇÕES NO CULTIVO DE CACTÁCEAS EM VASOS E  
UTILIZADAS EM JARDINS VERTICAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Fabíola Villa

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ**

**2021**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Eckert, Alesson Felipe  
Substratos e adubações no cultivo de cactáceas em vasos  
e utilizadas em jardins verticais / Alesson Felipe  
Eckert; orientador(a), Fabíola Villa, 2021.  
31 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste  
do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de  
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia,  
2021.

1. Agronomia. 2. Floricultura. 3. Jardins verticais. 4.  
Paisagismo. I. Villa, Fabíola . II. Título.



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
 Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
 Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
 Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
 Marechal Cândido Rondon - PR.



**ALESSON FELIPE ECKERT**

Substratos e adubações no cultivo de cactáceas em vasos e utilizadas em jardins verticais

Dissertação apresentada à distância, de forma síncrona e por videoconferência, conforme Resolução nº 052/2020 – CEPE, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADO pela seguinte banca examinadora:

Orientadora - Fabíola Villa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Daniel Fernandes da Silva

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Miriã Cristina Pereira Fagundes

Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)

Márcia de Moraes Echer

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Neumárcio Vilanova da Costa  
 Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Marechal Cândido Rondon, 26 de fevereiro de 2021

À minha família, pois sem eles nada disso seria possível.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais Eloi Róque Eckert e Marineide Vanir Eckert, por não medirem esforços para que eu pudesse chegar até aqui.

Ao meu irmão Anderson Alex Eckert pela presença, amizade, conselhos e ensinamentos.

À professora Dr<sup>a</sup>. Fabíola Villa, por abraçar a ideia do presente trabalho, pela orientação e ajuda em todos os momentos durante esta jornada.

Aos amigos do Grupo de Estudos em Fruticultura e Floricultura, pelo companheirismo, ajuda, pelas conversas, boas risadas e pelo aprendizado de trabalho em equipe, apesar das diferenças, sempre com respeito.

“Não é o que acontece com você, mas é como  
você reage que importa”.

Epicteto

## RESUMO

ECKERT, Alesson Felipe, M. S., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro – 2021. **Substratos e adubações no cultivo de cactáceas em vasos e utilizadas em jardins verticais.** Orientadora: Fabíola Villa.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a potencialidade da utilização de cactáceas epífitas no cultivo em vaso para utilização em jardins verticais, determinando condições ideais de substrato e adubação. Foram realizados dois experimentos. Para ambos o delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 3, no primeiro experimento [três gêneros de cactáceas (*Rhipsalis* spp., *Epiphyllum* spp. e *Lepismium* spp.) x três tipos de substrato (Humusfértil<sup>®</sup>, areia lavada com textura média + latossolo + esterco (1:1:1, v: v) e latossolo + esterco (1:1, v: v)], e no segundo experimento [os mesmos três gêneros de cactáceas (*Rhipsalis* spp., *Epiphyllum* spp. e *Lepismium* spp.) x três tipos de adubação (foliar, adubo de liberação lenta e NPK)], cada experimento conteve 3 repetições representadas por 9 vasos e 27 plantas por repetição. As avaliações foram realizadas a cada dois meses após a instalação do experimento, de dezembro de 2019 à julho de 2020 para o primeiro experimento e julho de 2020 à janeiro de 2021 para o segundo experimento. Determinou-se a taxa de crescimento absoluto para número de brotações, comprimento da parte aérea (cm) e diâmetro do cladódio (dm). Ao final do experimento foram realizadas avaliações de biomassa. Os gêneros de cactos cultivados em diferentes substratos apresentaram maiores taxas de crescimento absoluto até os 60 dias. Os melhores resultados foram obtidos em plantas de *Rhipsalis* spp. cultivadas em areia lavada com textura média + latossolo + esterco. As plantas de *Epiphyllum* spp. e *Lepismium* spp. tiveram desempenho semelhante em todos os substratos utilizados. Os diferentes tipos de adubações realizadas promoveram melhor TCA a partir dos 120 dias, com destaque para adubação foliar. Os substratos e adubações influenciam no crescimento e desenvolvimento de cactáceas em jardins verticais.

Palavras-chave: *Rhipsalis* spp., *Epiphyllum* spp., *Lepismium* spp., crescimento, plantas ornamentais, paredes verdes.

## ABSTRACT

ECKERT, Alesson Felipe, M. S., State University of Western Paraná, February – 2021.  
**Substrates and fertilizers in the cultivation of cacti in pots and used in vertical gardens.**  
Advisor: Fabíola Villa.

The objective of this study was to evaluate the potential of using epiphytic cacti in pot cultivation for use in vertical gardens, determining ideal conditions for substrate and fertilization. Two experiments were carried out. For both, the experimental design used was randomized blocks in a 3 x 3 factorial scheme, in the first experiment [three genera of cacti (*Rhipsalis* spp., *Epiphyllum* spp. And *Lepismium* spp.) X three types of substrate (Humusfértil®, washed sand with texture medium + oxisol + manure (1: 1: 1, v: v) and oxisol + manure (1: 1, v: v)], and in the second experiment [the same three cactus genera (*Rhipsalis* spp., *Epiphyllum* spp. and *Lepismium* spp.) x three types of fertilization (leaf, slow release fertilizer and NPK)], each experiment contained 3 repetitions represented by 9 pots and 27 plants per repetition. from 2019 to July 2020 for the first experiment and from July 2020 to January 2021 for the second experiment. The absolute growth rate was determined for the number of shoots, shoot length (cm) and diameter of the cladode (dm) At the end of the experiment, evaluations of biomass. The genera of cacti grown on different substrates showed higher rates of absolute growth up to 60 days. The best results were obtained in plants of *Rhipsalis* spp. grown in washed sand with medium texture + oxisol + manure. The plants of *Epiphyllum* spp. and *Lepismium* spp. had similar performance in all the substrates used. The different types of fertilization carried out promoted better ATT after 120 days, with emphasis on foliar fertilization. The substrates and fertilizers influence the growth and development of cacti in vertical gardens.

Keywords: *Rhipsalis* spp., *Epiphyllum* spp., *Lepismium* spp., Growth, ornamental plants, green walls.

## SUMÁRIO

<b>ARTIGO</b> .....	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUÇÃO .....	2
MATERIAL E MÉTODOS .....	3
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	8
REFERÊNCIAS .....	20

## ARTIGO

### **Substratos e adubações no cultivo de cactáceas em vasos e utilizadas em jardins verticais**

### **Substrates and fertilizers in the cultivation of cacti in pots and used in vertical gardens**

(Elaborado segundo as normas da Revista Comunicata Scientiae)

#### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the potential of using epiphytic cacti in pot cultivation for use in vertical gardens, determining ideal conditions for substrate and fertilization. Two experiments were carried out. For both, the experimental design used was randomized blocks in a 3 x 3 factorial scheme, in the first experiment [three genera of cacti (*Rhipsalis* spp., *Epiphyllum* spp. and *Lepismium* spp.) X three types of substrate (Humusfértil®, washed sand with texture medium + oxisol + manure (1: 1: 1, v: v) and oxisol + manure (1: 1, v: v)], and in the second experiment [the same three cactus genera (*Rhipsalis* spp., *Epiphyllum* spp. and *Lepismium* spp.) x three types of fertilization (leaf, slow release fertilizer and NPK)], each experiment contained 3 repetitions represented by 9 pots and 27 plants per repetition. from 2019 to July 2020 for the first experiment and from July 2020 to January 2021 for the second experiment. The absolute growth rate was determined for the number of shoots, shoot length (cm) and diameter of the cladode (dm) At the end of the experiment, evaluations of biomass. The genera of cacti grown on different substrates showed higher rates of absolute growth up to 60 days. The best results were obtained in plants of *Rhipsalis* spp. grown in washed sand with medium texture + oxisol + manure. The plants of *Epiphyllum* spp. and *Lepismium* spp. had similar performance in all the substrates used. The different types of fertilization carried out promoted better ATT after 120 days, with emphasis on foliar fertilization. The substrates and fertilizers influence the growth and development of cacti in vertical gardens.

**Keywords:** *Rhipsalis* spp., *Epiphyllum* spp., *Lepismium* spp., Growth, ornamental plants, green walls.

## INTRODUÇÃO

Atualmente no paisagismo tem-se optado pela utilização de plantas com menor necessidade de água e ao mesmo tempo trazer uma melhora na qualidade de vida (Barroso et al., 2020). Principalmente em grandes centros, que verticalizam suas edificações, restringindo os espaços verdes às áreas comuns, públicas e algumas com telhados verdes (Gengo, Henkes, 2012).

Uma alternativa para aproveitar espaços reduzidos em grandes centros é a utilização do jardim vertical. Este termo refere-se a um sistema de anexação de plantas a estruturas de engenharia civil e paredes de prédios (Mir, 2011, Perini et al., 2011).

A família Cactaceae é conhecida por possuir plantas com várias adaptações a ambientes áridos. Destaca-se o epifitismo, onde a planta epífita se utiliza de outra apenas como suporte, sem caracterizar parasitismo (Dettke & Milaneze-Gutierrez, 2008).

Cactáceas são comumente associadas a plantas sem folhas, espinhosas e com caules suculentos fotossintetizantes (cladódios), podendo ser utilizado como material propagativo (Binsfeld et al., 2019). Entretanto, tais características não são exclusividade desta família, assim como nem todos os representantes as possuem (Bárcenas et al., 2011, Hernández et al., 2011).

Uma característica fisiológica importante é a capacidade de adaptação e tolerância a condições extremas, apresentando mecanismo fotossintético tipo CAM. Este mecanismo é adaptado para concentrar CO<sub>2</sub> em torno da rubisco. (Taiz et al., 2017).

Dentre os fatores relacionados com o desenvolvimento inicial e manutenção do cultivo no jardim vertical, a adubação e o substrato exercem importância incontestável. A produção de flores e plantas ornamentais, seu vigor e sanidade, estão associados a fertilidade, sendo a adubação um dos fatores limitantes para o sucesso do cultivo (Farias et al., 2013).

O substrato deve apresentar propriedades físicas e químicas favoráveis ao desenvolvimento das plantas, boa retenção de umidade,

aeração e porosidade adequadas e isenção de microrganismos patogênicos (Costa et al., 2015).

A análise de crescimento é um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, permitindo acompanhar a dinâmica de desenvolvimento. É um método a ser utilizado na investigação do efeito dos fenômenos ecológicos sobre o crescimento, como a adaptabilidade das espécies em ecossistemas diversos, efeitos de competição, diferenças genotípicas e efeito de práticas agronômicas sobre o crescimento (Magalhães, 1979).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a potencialidade da utilização de cactáceas epífitas no cultivo em vaso para utilização em jardins verticais, determinando condições ideais de substrato e adubação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Dois experimentos foram realizados sequencialmente, ambos desenvolvidos nas dependências da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *Campus* Marechal Cândido Rondon - PR, sob coordenadas geográficas de latitude 24° 33' 22'' S e longitude 54° 02' 53'' W, e altitude aproximada de 400 m.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tipo Cfa subtropical úmido (Alvarez et al., 2013), com média de precipitação anual entre 1600 e 1800 mm e umidade relativa entre 70-75% (Caviglione et al., 2000). A média anual de temperatura encontra-se na faixa dos 22-23°C.

Para ambos os experimentos o delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 3, no primeiro experimento três gêneros de cactáceas x três tipos de substrato, e no segundo experimento três gêneros de cactáceas x três tipos de adubação, cada experimento contendo 3 repetições representadas por um pallet cada uma e 9 vasos com três plantas, totalizando 27 plantas por parcela experimental (Figura 1).

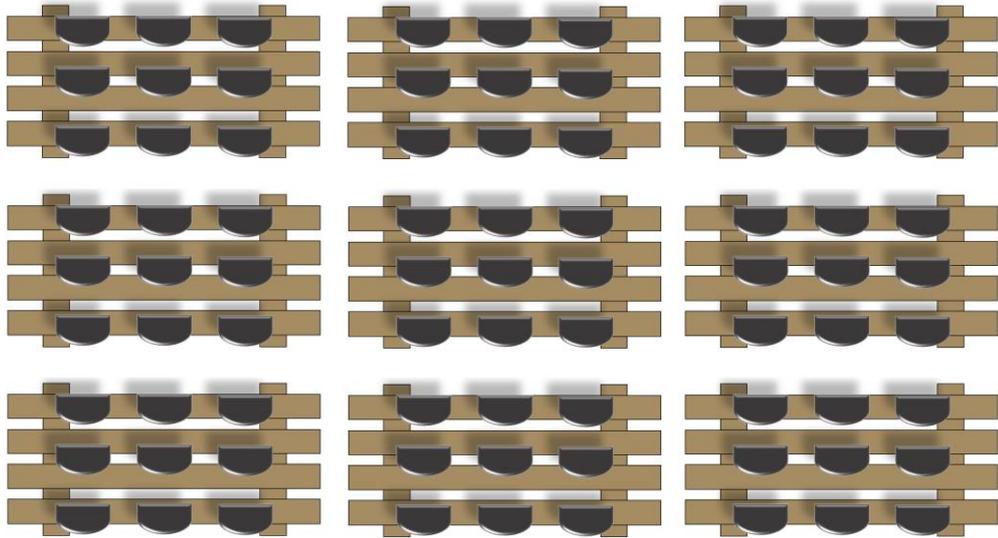
O material vegetal foi coletado em plantas matrizes situadas em diferentes localidades do perímetro urbano do município de Marechal Cândido Rondon, com auxílio de uma tesoura de poda. Na parte mais fresca do dia foram retirados cladódios das plantas [dos gêneros *Lepismium* spp. (G1), *Rhipsalis* spp. (G2) e *Epiphyllum* spp. (G3)] e imediatamente após foram conduzidos até o viveiro de mudas da Unioeste. A partir destes ramos preparou-se estacas herbáceas de 8 a 12 cm, variando para cada gênero, sendo levadas para enraizar em canteiros de alvenaria previamente preparados com areia de textura média + substrato comercial (4:1, v:v). Este passou por desinfecção prévia de uma semana, utilizando 1 L de hipoclorito de sódio diluído em 10 L de água, e distribuído no canteiro com auxílio de um regador.

As mudas permaneceram em condições de telado com sombrite de 30% de sombreamento por 60 dias, até a montagem do experimento. Durante o período em que as mudas permaneceram no telado, realizou-se tratamentos culturais, como controle manual de plantas daninhas semanalmente e a irrigação, a qual ocorreu diariamente, por sistema de irrigação tipo microaspersão, acionado durante 5 min e intervalos médios de 1 h, com vazão de  $1,17 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Em relação ao controle de pragas e doenças, não se observou a ocorrência destas. Após esse período as mudas foram transplantadas para o local definitivo do experimento, sendo acondicionadas em vasos plásticos do tipo meia lua, com 26,1 cm de largura superior, 13,5 cm de altura x 13,9 cm de diâmetro superior e capacidade de 1,5 L de volume, posteriormente fixados em pallets de madeira pinus.

Neste sistema de cultivo em jardim vertical, utilizou-se pallets de madeira de pinus suspensos, fixados na face sul de uma parede externa do complexo de Educação Física, nas dependências da Unioeste. Estes foram modificados buscando a diminuição de peso e tamanho. Cada pallet caracterizava uma repetição, sendo composto por nove vasos, contendo três mudas em cada vaso (Figura 1).

Os substratos utilizados foram previamente preparados no viveiro, com auxílio de uma betoneira de 400 L e acondicionadas nos vasos de

acordo com os tratamentos. Para o primeiro experimento foram utilizados três tipos de substrato: Humusfértil®, composto por terra, casca de pinus e composto orgânico (S1), areia lavada de textura média + latossolo + esterco bovino curtido (S2) e esterco bovino curtido + latossolo (S3).



**Figura 1:** Esquema ilustrativo da disposição dos vasos e pallets de madeira.

Uma adubação nitrogenada foi realizada a base de ureia e outra de manutenção com NPK (10:10:10) em março e abril, respectivamente, baseadas na análise físico-química dos substratos (Tabela 1). Para as duas adubações utilizou-se dose de  $100\text{g L}^{-1}$ , onde os grânulos foram diluídos em água e a aplicação foi feita com o auxílio de um regador de 10 L.

Após oito meses de condução o primeiro experimento foi encerrado, dando lugar ao próximo. No segundo experimento utilizou-se apenas um substrato, contendo na composição: Humusfértil® (composto por terra, casca de pinus e composto orgânico) + latossolo + esterco bovino curtido (1:1:1). As mudas foram plantadas nos vasos que posteriormente foram acondicionados em pallets na parede.

No que diz respeito às adubações, foram utilizados três métodos, adubação foliar, adubação com fertilizante de liberação lenta (osmocote) e adubação com NPK. Para a adubação foliar, pela ausência de um produto específico para este tipo de planta no mercado local e por se tratar de

plantas epífitas, optou-se pela utilização do fertilizante Forth® (06:07:07), recomendado para o cultivo de orquídeas. Para este tratamento a aplicação aconteceu a cada 15 dias com o auxílio de um pulverizador manual. A concentração aplicada foi de 5 ml L<sup>-1</sup>.

**Tabela 1.** Resultados analíticos indicadores de fertilidade presentes nos substratos do primeiro experimento.

A	P mg dm <sup>-3</sup>	MO g dm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub> 0,01 mol L <sup>-1</sup>	H + Al -----	Al <sup>3+</sup> -----	K <sup>+</sup> -----	Ca <sup>2+</sup> -----	Mg <sup>2+</sup> -----	SB -----	CTC -----	V -----	Al -----
				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								%
S1*	454,22	16,79	6,73	2,49	0,00	3,44	12,52	1,72	17,68	17,68	87,65	0,00
S2	377,33	26,87	6,94	2,45	0,03	3,97	3,09	1,92	8,98	9,01	78,55	0,26
S3	588,19	45,68	6,84	2,47	0,04	6,55	4,69	2,59	13,84	13,88	84,84	0,25
A				Argila -----	Silte -----			Areia -----				
				----- % -----								
S1				8,65	26,42			64,93				
S2				35,65	9,38			54,97				
S3				62,00	18,77			19,23				

\*A. = amostras, S1 = Humusfértil®, S2 = areia lavada de textura média + latossolo + esterco bovino curtido, S3 = esterco bovino curtido + latossolo.

Para a adubação de liberação lenta, utilizou-se o fertilizante ForthCote® (18:05:09), incorporado ao substrato antes do plantio das mudas nos vasos, a concentração utilizada foi de 6.0 g L<sup>-1</sup>. Para a adubação a base de NPK utilizou-se ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, a formulação utilizada foi 200 g de N, 140 g de P, 75 g de K, este foi incorporado ao substrato antes do plantio das mudas nos vasos. As concentrações utilizadas foram calculadas para que a quantidade de nutrientes disponibilizados fosse equivalente nas diferentes adubações.

Durante o período de condução experimental realizou-se os tratamentos culturais, como controle manual de plantas daninhas, controle de pragas e doenças e irrigação, com auxílio de uma mangueira de polietileno, de maneira que nas duas primeiras semanas a frequência de rega foi em dias

alternados. Após este período, procedeu-se a irrigação três vezes por semana, de acordo com a recomendação de Moreira et al (2018). A lâmina de água aplicada foi de 0,96 mm por vaso, a qual foi determinada com base no tempo de irrigação e área útil do vaso.

Na Tabela 2 podem ser observados os resultados da análise físico-química dos substratos do segundo experimento.

**Tabela 2.** Resultados analíticos indicadores de fertilidade presentes nos substratos do segundo experimento.

A	P	MO	pH CaCl <sub>2</sub>	H + Al	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V	Al
	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	0,01 mol L <sup>-1</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								%
1*	1757,7	91,3	6,71	2,49	0,03	28,6	41,89	17,91	18,9	19	88,4	0,14
2	1865,7	85,3	6,4	3,04	0,03	27,1	44,23	16,08	21,1	21,1	87,4	0,12
3	1779,3	91,35	6,56	2,72	0,03	33,6	40,68	15,02	22,8	22,8	89,3	0,12
	Argila			Silte				Areia				
A	----- % -----											
1	32,11			28,74				39,15				
2	31,59			33,21				35,20				
3	28,57			36,23				35,20				

\*A. = amostras, 1 = adubação foliar, 2 = adubação de liberação lenta e 3 = adubação com NPK.

As avaliações dos experimentos foram realizadas a cada dois meses, após a instalação do experimento, no período de dezembro de 2019 a janeiro de 2021. Determinou-se o comprimento médio da parte aérea (cm), número médio de cladódios e diâmetro médio do cladódio (mm). Ao final de cada experimento realizou-se a pesagem da biomassa fresca e seca das plantas (g).

Estas avaliações foram feitas através de observação e contagem visual, com a utilização de régua graduada e paquímetro digital. O comprimento da parte aérea foi determinado medindo da base da planta até o ponto mais distante do substrato. O diâmetro foi determinado com a

medição de 2 cm acima do substrato para o *Rhipsalis* spp., no terço médio do cladódio mais vigoroso para *Epiphyllum* spp. e *Lepismium* spp. Com base no número e diâmetro dos cladódios e comprimento da parte aérea, determinou-se a taxa de crescimento absoluto (TCA), segundo a equação 1 (Benincasa, 2003).

### Equação 1

$$TCA = \frac{P2 - P1}{\Delta T}$$

Onde:

TCA= Taxa de crescimento absoluto,

P2= Número, comprimento e diâmetro de brotações da coleta atual

P1= Número, comprimento e diâmetro de brotações da coleta anterior

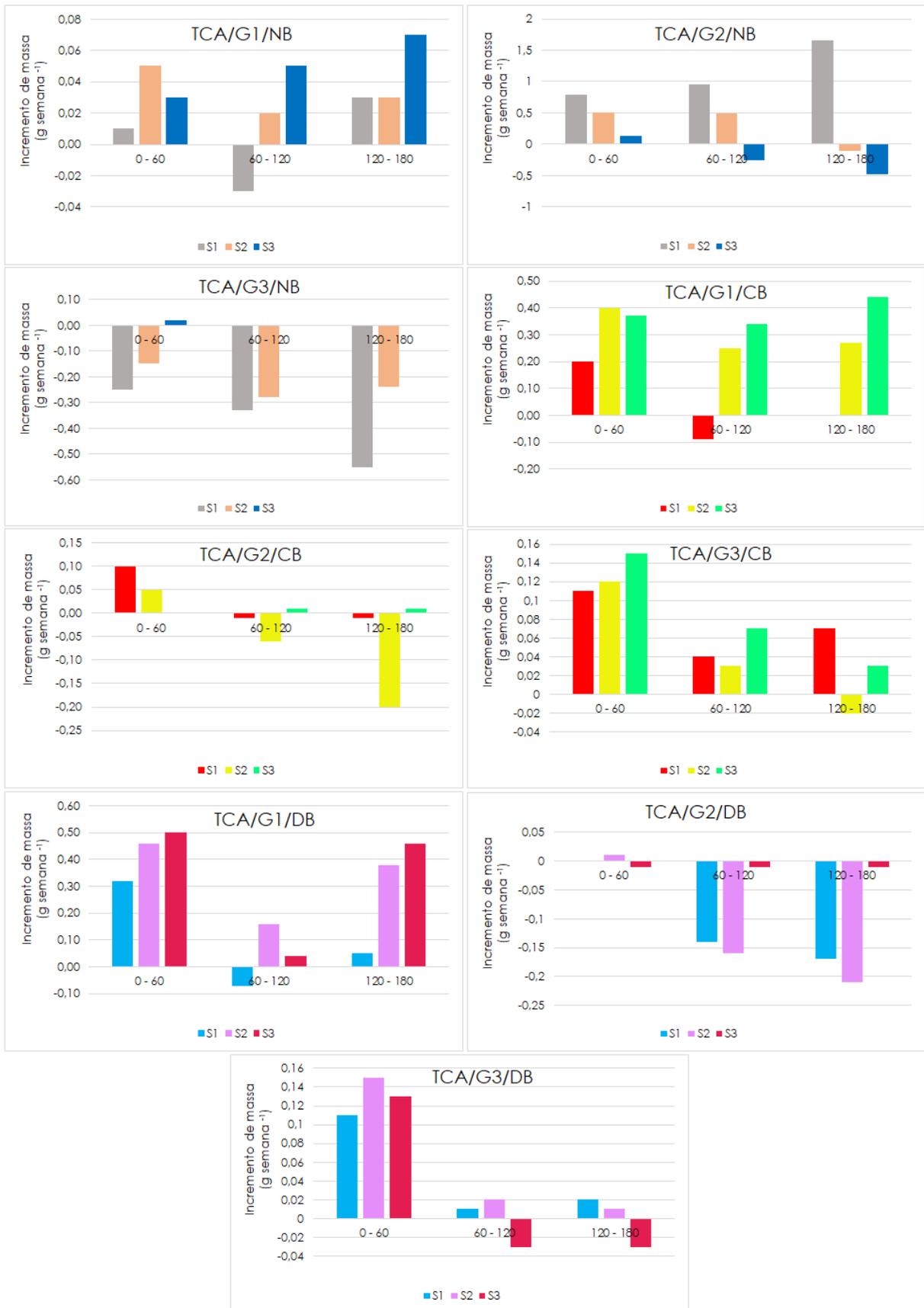
$\Delta t$ = Intervalo de tempo entre as coletas.

As avaliações de biomassa fresca e seca de parte aérea e de raízes foram realizadas no Laboratório de Mecanização Agrícola pertencente a Unioeste, onde primeiramente as plantas foram acondicionadas em sacos de papel identificados e em balança de precisão determinou-se a biomassa fresca. Em seguida, as plantas foram levadas a estufa de circulação forçada de ar sob temperatura de 60°C por um período de 48 h. Após este período, as amostras foram retiradas da estufa e avaliou-se a biomassa seca, sendo que todos os valores dessa avaliação foram determinados em gramas (g).

Os dados foram tabulados e aplicou-se o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, sendo transformados para  $(Y+1,0^{0,5})$ , quando necessário e posteriormente submetidos à análise de variância, com as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. Para a análise estatística dos resultados utilizou-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As taxas de crescimento absoluto (TCA) dos gêneros de cactáceas para cada substrato, durante a fase de crescimento (0 a 180 dias), são apresentadas na Figura 2.



**Figura 2.** Taxas de crescimento absoluto (TCA) para número de brotações (NB), comprimento de brotações (CB) e diâmetro de brotações (DB) em função dos substratos (S1, S2 e S3), para os três gêneros (G1, G2 e G3).

Embora a taxa de crescimento absoluto indique a velocidade de crescimento da planta, para os fisiologistas é mais interessante expressar a taxa de crescimento, segundo uma base comum, a própria biomassa da planta. Neste caso, trata-se da taxa de crescimento relativo, onde, conceitualmente, a análise de crescimento estabelece que a taxa de crescimento de uma planta ou qualquer órgão vegetal é uma função do tamanho inicial (Benincasa, 2003).

Isto indica que esta medida pode ser mais precisa, uma vez que considera o material alocado sobre o material já existente, de forma que fique proporcional ao tamanho da planta e da sua capacidade fotossintética. Tendo em vista que no presente estudo as análises de biomassa não foram realizadas periodicamente, mas apenas ao final do experimento, optou-se somente pela utilização da taxa de crescimento absoluto (Figura 2 e 3).

Para o primeiro experimento, na Figura 2, fica evidente que em G1 os valores mais satisfatórios para número de brotações foram observados em S3, onde o aparecimento de novos brotos aumentou a cada período de avaliação. As plantas cultivadas em S1 apresentaram maior número de brotações a partir dos 120 dias, diferente de S2 onde os maiores valores foram observados até os 60 dias. Marques et al. (2012), não verificaram influência dos tipos de substratos para número de brotações na produção de mudas de pitaia vermelha, diferindo dos resultados obtidos no presente estudo.

Em relação ao número de brotações em G2, a melhor taxa de crescimento absoluta foi verificada em S1 a partir dos 120 dias, as plantas cultivadas neste material demonstraram aumento no número de brotações a cada período de avaliação. As plantas cultivadas em S2 e S3 apresentaram maior número de brotações até os 60 dias, após este período a TCA diminuiu até o fim do experimento. Possivelmente S1 foi mais eficiente que os demais na disponibilização dos nutrientes fornecidos através das adubações químicas realizadas por volta dos 120 dias.

As plantas cultivadas em S3 apresentaram pequeno incremento no número de brotações em G3 até a marca de 60 dias, após este período os valores de TCA foram nulos. Para S1 e S2 não foram observados valores positivos para este parâmetro. Provavelmente devido as características de crescimento mais lento de G3, as plantas necessitariam de um período de condução superior a 180 dias para apresentar maior número de brotações.

Pode-se observar em G1, de maneira geral que os maiores valores para comprimento de brotações foram obtidos em S3. As plantas cultivadas em S2 e S3 apresentaram desempenho semelhante, com crescimento inicial elevado até os 60 dias, decaindo no intervalo de 60 a 120 dias. Pode-se verificar que a partir dos 120 dias S2 e S3 obtiveram um acréscimo no comprimento das brotações, possivelmente em decorrência das adubações que foram realizadas nesse período. Dantas et al. (2009) trabalhando com mudas de catingueira obtiveram maiores valores para TCA quando utilizaram substrato composto por areia, solo e esterco bovino.

No que diz respeito ao comprimento de brotações para G2, as plantas cultivadas em S1 e S2 atingiram os maiores valores para taxa de crescimento absoluto até os 60 dias, após este período os valores obtidos foram negativos, demonstrando que as plantas praticamente cessaram seu crescimento e começaram a utilizar as reservas para sua própria manutenção. Para as plantas cultivadas em S3, observou-se aumento no comprimento de brotações somente a partir dos 60 dias, que se manteve constante até o final do experimento.

Todos os substratos avaliados no G3 tiveram desempenho semelhante para comprimento de brotações, apresentando valores mais satisfatórios para taxa de crescimento absoluto até os 60 dias. Para as plantas cultivadas em S2 observou-se valores negativos para TCA, indicando pausa no crescimento das brotações a partir dos 120 dias, diferente de S1 e S3 onde as plantas continuaram crescendo até o final do experimento. Possivelmente em decorrência da CTC mais elevada destes materiais em relação ao S2 (Tabela 1), se mostrando mais eficientes em disponibilizar para as plantas os nutrientes obtidos da adubação química (Ronquim, 2010).

Os três materiais utilizados como substrato tiveram desempenho semelhante para diâmetro de brotações em G1 e G3, como pode ser observado na Figura 2, demonstrando os maiores valores para taxa de crescimento absoluto até os 60 dias e uma queda nos valores a partir deste período. A diferença é que após a diminuição dos valores de TCA, as plantas do G1 conseguiram retomar o crescimento aos 120 dias, já para G3 os valores continuaram a decair até o final do experimento. Esse evento pode indicar que o G1 foi mais eficiente em aproveitar os nutrientes disponibilizados pela adubação química realizada por volta dos 120 dias.

Os valores obtidos para diâmetro de brotações em G2, de maneira geral não foram satisfatórios em nenhum dos substratos, demonstrando que as plantas pertencentes a este gênero não apresentaram incremento de massa suficiente para superar as medidas iniciais. Provavelmente devido as características de crescimento mais lento de G2, as plantas necessitariam de um período de condução superior a 180 dias para atingir valores de diâmetro superiores aos iniciais.

De maneira geral podemos concluir que as cactáceas cultivadas em diferentes substratos apresentaram velocidade de crescimento inicial elevada, com maiores valores observados aos 60 dias. No G1 as plantas conseguiram retomar o crescimento após as adubações químicas. Já para as plantas cultivadas em G2 e G3, os valores de TCA decaíram a partir dos 60 dias, exceto para G2S1 no número brotações e G3S1 em comprimento de brotações, que apresentaram aumento nestes parâmetros após os 120 dias. As adubações químicas realizadas por volta dos 120 dias, complementaram o aspecto nutricional dos substratos e contribuíram para a estabilização ou aumento dos valores de TCA da maioria das cactáceas.

Para biomassa fresca e seca da parte aérea e das raízes das cactáceas verificou-se interação significativa, como demonstrado na Tabela 3. Pode-se observar que as cactáceas do gênero 1 apresentaram maior acúmulo de BFPa quando se utilizou o S2. Para o G2 o S1 foi superior ao S2, porém não diferindo estatisticamente do S3. No desdobramento não se

verificou diferença estatística significativa entre os substratos para o G3, ou seja, todas as plantas do G3 se desenvolveram nos substratos estudados.

**Tabela 3.** Biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca de raízes (BFR), biomassa seca de parte aérea (BSPA), biomassa seca de raízes (BSR), dos gêneros de cactáceas cultivados em vasos contendo diferentes substratos.

Substratos	BFPA (g)		
	G1	G2	G3
S1	178,52 cA*	58,15 aB	33,52 aB
S2	463,52 aA	19,83 bB	15,74 aB
S3	405,37 bA	40,19 abB	22,78 aB
CV (%)	10,92		
Substratos	BFR (g)		
	G1	G2	G3
S1	27,04 cA	8,92 aB	5,33 aB
S2	55,56 aA	5,00 bB	4,56 aB
S3	37,59 bA	6,74 abB	4,85 aB
CV (%)	9,60		
Substratos	BSPA (g)		
	G1	G2	G3
S1	19,26 bA	8,52 aB	6,22 aB
S2	42,41 aA	5,38 aB	5,44 aB
S3	42,22 aA	7,07 aB	5,56 aB
CV (%)	13,66		
Substratos	BSR (g)		
	G1	G2	G3
S1	9,07 cA	4,33 aB	3,89 aB
S2	19,44 aA	3,85 aB	3,71 aB
S3	13,70 bA	4,15 aB	3,93 aB
CV (%)	13,67		

\*Letras minúsculas diferem estatisticamente na coluna e maiúsculas na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. G1= gênero 1; G2 = gênero 2; G3 = gênero 3; S1 = Humusfértil®, S2 = areia lavada de textura média + latossolo + esterco bovino curtido; S3 = esterco bovino curtido + latossolo; CV= coeficiente de variação.

Os materiais S2 e S3 apresentam maiores quantidades de argila em sua composição (Tabela 1), bem como menores valores para areia, ou seja,

possuem uma grande área superficial específica, apresentando uma enorme capacidade de adsorção de água e outras substâncias quando comparados ao S1 (Ronquim, 2010, Brady e Weil, 2013).

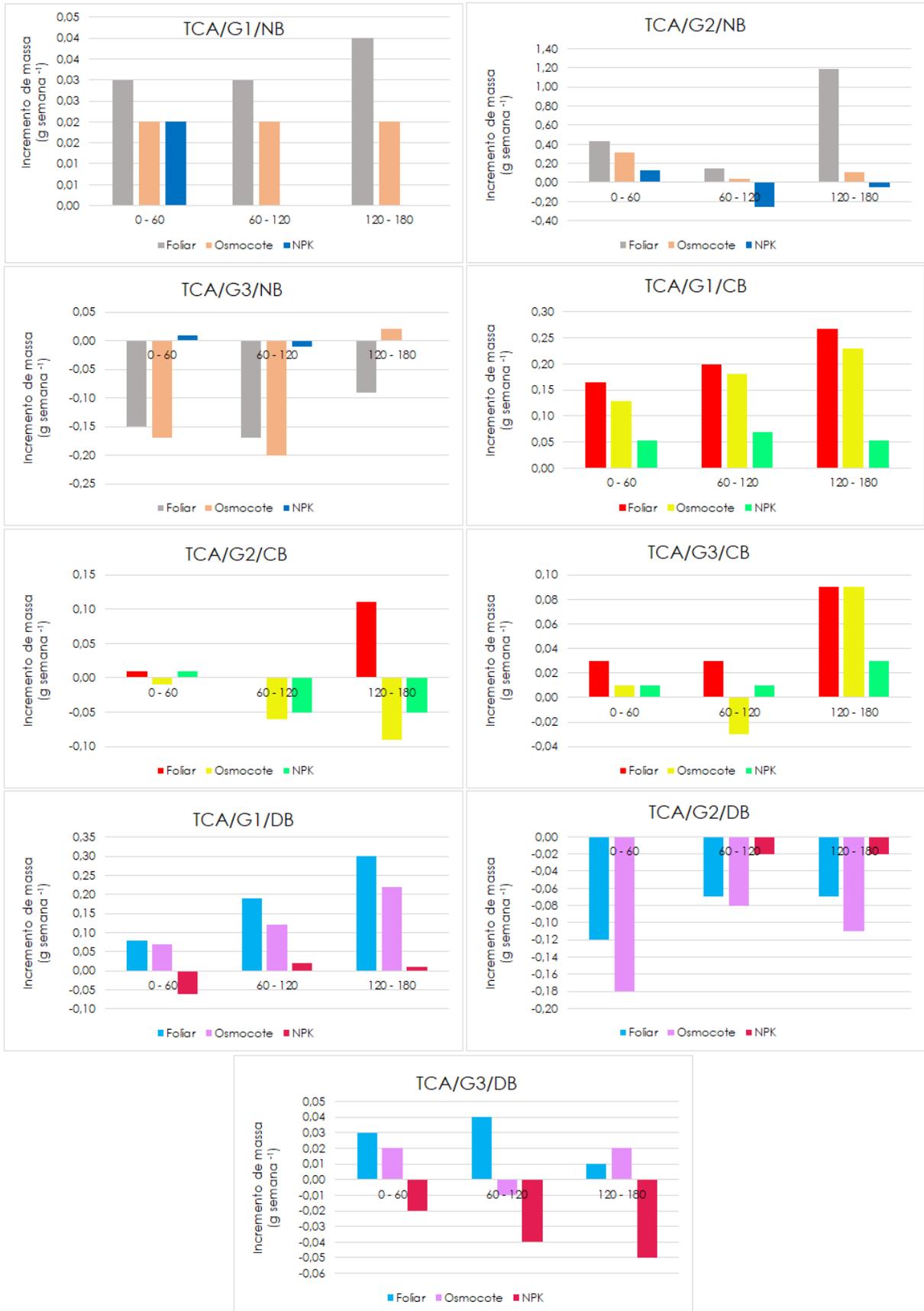
Ainda na Tabela 3 observa-se comportamento semelhante da BFPA em relação aos resultados obtidos para BFR, onde o G1 obteve melhor desenvolvimento no S2. De maneira geral o mesmo comportamento das plantas para BFPA foi verificado para BFR. Scalon et al. (2011) obtiveram maiores valores de BF para mudas de *Caesalpinia férrea Martius* cultivadas em substratos com areia, solo e adubação orgânica ou química.

As cactáceas do G1 se adaptaram e desenvolveram melhor no S2, com melhores valores para BFPA em comparativo ao demais substratos. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de S2 apresentar menor quantidade de argila do que S3 e menor quantidade de silte em sua composição física (Tabela 1) em comparação a S1 e S3, bem como valor inferior para CTC. Isso contribuiu para o desenvolvimento das cactáceas por caracterizar um substrato de composição mais equilibrada e uma capacidade de retenção de água mais adequada às cactáceas (Ronquim, 2010, Brady & Weil, 2013).

Os parâmetros biomassa seca da parte aérea e raiz têm grande importância como indicativo da qualidade na produção de mudas, pois reflete seu crescimento em função da quantidade de nutrientes absorvidos provenientes do substrato (Reis et al., 2014). Valores superiores para BSPA foram observados no G1, quando cultivado no S2 e S3. Não houve diferença significativa para substratos no G2 e G3. Provavelmente isso pode ter ocorrido, devido as características físico-químicas dos substratos utilizados.

A BFR se comportou de maneira semelhante a BSPA. Estes resultados corroboram Machado et al. (2019), que, trabalhando com mudas de ipê-roxo obtiveram melhores valores para acúmulo de biomassa fresca e seca utilizando substrato composto por solo e esterco bovino.

As taxas de crescimento absoluto (TCA) dos gêneros de cactáceas para cada tipo de adubação, durante a fase de crescimento (0 a 180 dias), são apresentadas na Figura 3.



**Figura 3.** Taxas de crescimento absoluto (TCA) para número de brotações (NB), comprimento de brotações (CB) e diâmetro de brotações (DB) em função dos tipos de adubação (Foliar, Osmocote e NPK), para os três gêneros (G1, G2 e G3).

No que diz respeito ao segundo experimento, na Figura 3, fica evidenciado que a adubação foliar proporcionou maior incremento para número de brotações em G1, apresentando crescimento constante até os 120 dias e atingindo a maior TCA no intervalo entre 120 e 180 dias. A adubação com osmocote promoveu valores de TCA constantes durante todo o período de condução do experimento, provavelmente por se tratar de um fertilizante de liberação lenta, que disponibiliza os nutrientes ao decorrer do tempo. Já para a adubação com NPK, houve crescimento somente até a marca de 60 dias, após este período não foi observado incremento no número de brotações, provavelmente por se tratar de uma adubação de aplicação única na implantação do experimento.

Os três tipos de adubações utilizadas tiveram desempenho semelhante para número de brotações em G2. Apresentando crescimento inicial elevado, queda nos valores a partir dos 60 dias e retomada de crescimento a partir dos 120 dias, com destaque para a adubação foliar que apresentou os maiores valores para TCA, no período de 120 a 180 dias. Apesar da retomada de crescimento no período final de avaliação, provavelmente devido as mudanças nas condições climáticas, os maiores valores para as adubações com osmocote e NPK foram observados até os 60 dias.

As plantas de G3 apresentaram valores positivos para TCA de número de brotos apenas para os tratamentos NPK e Osmocote, nos períodos de 0 a 60 e 120 a 180 dias, respectivamente. A partir dos resultados de TCA obtidos, podemos supor que devido as características de crescimento mais lento das plantas de G3, estas necessitariam de um período de condução superior a 180 dias para atingir valores satisfatórios de número de brotações.

A adubação foliar promoveu os melhores resultados para comprimento de brotações em G1. As plantas que receberam adubação foliar e osmocote tiveram desempenho semelhante, demonstrando crescimento ao longo do período de condução e apresentando maior TCA a partir dos 120 dias.

Para a adubação com NPK, os melhores resultados foram observados no intervalo de 60 a 120 dias. As aplicações a cada duas semanas e a característica de liberação lenta do adubo foliar e osmocote, respectivamente, podem ser a explicação para os valores crescentes de TCA observadas nestes tratamentos. Morais e Maia (2013), trabalhando com meloeiro, também observaram variação na TCA em função do tipo de adubação utilizada.

De acordo com a Figura 3, fica evidente que apenas a adubação foliar foi capaz de promover incremento satisfatório no comprimento de brotações em G2, com melhores valores de TCA a partir dos 120 dias. As plantas de G2 não apresentaram valores de TCA positivos para adubação com osmocote durante o período de condução do experimento. Para o tratamento com NPK, verificou-se incremento pouco expressivo para comprimento de brotações até os 60 dias, após este período os valores foram negativos.

Em relação ao comprimento de brotações para G3, os três tipos de adubação tiveram desempenho semelhante, apresentando melhores valores para TCA a partir dos 120 dias, demonstrando que as plantas deste gênero demandam de mais tempo para conseguir expressar seu maior potencial de crescimento.

As plantas de G1 que receberam adubação foliar e osmocote tiveram desempenho semelhante, demonstrando crescentes valores para diâmetro de brotações ao longo do período de condução e apresentando TCA mais satisfatória a partir dos 120 dias. A adubação com NPK não foi muito eficiente em promover crescimento no que diz respeito ao diâmetro de brotações, sendo que valores pouco expressivos de TCA foram observados a partir dos 60 dias. Estes resultados diferem Dinalli et al. (2012), que, trabalhando com osmocote, não observaram influência para diâmetro na produção de mudas de *Vigna radiata* L.

Nenhuma das adubações utilizadas foi eficiente em promover valores positivos para TCA em diâmetro de brotações nas plantas de G2 ao longo dos 180 dias. Provavelmente devido as características de G2, as plantas

necessitariam de um período de condução superior a 180 dias para que fosse possível observar incremento nos valores de diâmetro. Estes resultados diferem de Mesquita et al. (2012), que, observaram influência dos tratamentos utilizados no crescimento absoluto do diâmetro caulinar de mudas de maracujazeiro amarelo.

A adubação foliar promoveu incremento no diâmetro de brotações em G3 durante todo o período de condução do experimento, com valores mais satisfatórios observados entre 60 e 120 dias. As plantas que receberam adubação com osmocote apresentaram crescimento inicial considerável, queda nos valores a partir dos 60 dias e retomada de crescimento após os 120 dias. Não foram observados valores positivos para diâmetro de brotações na adubação com NPK.

De maneira geral podemos concluir que as cactáceas cultivadas com diferentes adubações apresentaram maiores taxas de crescimento absoluto quando se utilizou adubação foliar. No G1 as plantas conseguiram demonstrar crescimento constante durante o período de avaliações, atingindo TCA máxima no intervalo de 120 a 180 dias. Para G2 e G3 os melhores valores de TCA foram observados a partir dos 120 dias. A adubação com NPK não demonstrou eficiência satisfatória na promoção de crescimento das plantas dos três gêneros, em comparação aos demais tratamentos.

Para biomassa seca da parte aérea e biomassa fresca das raízes das cactáceas verificou-se interação significativa, como demonstrado na Tabela 4. Pode-se observar que as cactáceas que receberam adubação apresentaram maiores valores, porém, não diferindo estatisticamente dos tratamentos com osmocote e NPK em nenhum dos parâmetros. Diante disso, fica evidenciado que os três tipos de adubação tiveram desempenho estatisticamente semelhante no que diz respeito ao acúmulo de BFPA e BFR em cactáceas cultivadas em jardins verticais.

**Tabela 4.** Biomassa fresca da parte aérea (BFPA) e biomassa fresca de raízes (BFR) em relação aos tipos de adubação.

Adubação	BSPA (g)	BFR (g)
Foliar	3,97 a*	6,18 a
Osmocote	2,53 a	5,03 a
NPK	2,45 a	4,67 a
CV (%)	34,24**	10,55**

\*Letras minúsculas diferem estatisticamente na coluna e maiúsculas na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. \*\*Dados transformados pela raiz quadrada de  $x+1$ .

Diante do exposto, de forma geral sabe-se que os tipos de substratos e adubações interferem no crescimento e desenvolvimento de cactáceas cultivadas em vasos, na formação de um jardim vertical. Futuros trabalhos poderão ser realizados com outros gêneros ou espécies de cactáceas/suculentas. Outras avaliações fisiológicas também se tornam necessárias, como por exemplo, área foliar, clorofila (a e b) e taxa assimilatória líquida.

## CONCLUSÕES

Os substratos e adubações utilizados no cultivo de cactáceas em jardins verticais influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas.

O melhor crescimento e acúmulo de biomassa de cactáceas cultivadas em jardins verticais foram obtidos em plantas do gênero *Lepismium* spp. cultivadas no substrato composto por areia lavada de textura média + latossolo + esterco bovino curtido (1:1:1).

As plantas de G2 e G3 tiveram desempenho semelhante em todos os substratos utilizados.

Os gêneros de cactáceas cultivados em diferentes substratos apresentaram maiores taxas de crescimento absoluto aos 60 dias.

Os diferentes tipos de adubações realizadas promoveram melhores taxas de crescimento absoluto a partir dos 120 dias, com destaque para a adubação foliar.

## REFERÊNCIAS

- Bárcenas, R.T., Yesson, C., Hawkins, J.A. 2011. Sistemática molecular das Cactaceae. *Cladística*, v. 27, n. 5, pág. 470-489.
- Barroso, L.T., Pêgo, R.G., Gomes, A.C., Alves, D.P., Alves, P.B. 2020. Produção e qualidade de mudas de Agaves ornamentais para uso no paisagismo adubadas com NPK via fertirrigação. *Tópicos em Ciências Agrárias Volume 5*, p. 29.
- Benincasa, M.M.P. 1988 *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: *Funep*.
- Binsfeld, M.C., Schwab, N.T., BOTH, V., Buffon, P.A., Fuhr, A., Rampozzo, J.C., Dal Picio, M. 2019. Enraizadores alternativos na propagação vegetativa de pitaya. *Magistra*, v. 30, p. 251-258.
- Brady, N.C., Weil, R.R. 2013. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. v. 3, p. 2-49.
- Costa, E., Mesquita, V.D.A.G., Leal, P.A.M., Fernandes, C.D., Abot, A.R. 2015. Formação de mudas de mamão em ambientes de cultivo protegido em diferentes substratos. *Ceres*, v. 57, n. 5, p. 679-685.
- Dantas, B.F., Lopes, A.P., Silva, F. F. S., Lúcio, A.A., Batista, P.F., Pires, M.M.M.L., Aragão, C.A. 2009. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. *Revista Árvore*, v. 33, n. 3, p. 413-423.
- Dettke, G.A., Milaneze-gutierrez, M.A. 2008. Anatomia caulinar de espécies epífitas de Cactaceae, subfamília Cactoideae. *Hoehnea*, v. 35, n. 4, p. 583-595.
- Dinalli, R. P., Castilho, R. M. M., Gazola, R. N. 2012. Utilização de adubos de liberação lenta na produção de mudas de *Vigna radiata* L. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, v. 21, n. 1, p. 10-15.
- Elli, E.F., Cantarelli, E.B., Caron, B.O., Monteiro, G.C., Pavan, M.A., Pedrassani, M., Eloy, E. 2013. Osmocote® no desenvolvimento e comportamento fisiológico de mudas de pitangueira. *Comunicata Scientiae*, v. 4, n. 4, p. 378-384.

- Farias, A. P., Albuquerque, A. W., Filholl, G. M., Reis, L. S. 2013. Produtividade da *Heliconia psittacorum* x *Heliconia pathocircinada* cv. Golden Torch sob diferentes fontes de adubação orgânica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 7, p. 713-720.
- Ferreira, D.F. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042.
- Gengo, R.C., Henkes, J.A. 2012. A utilização do paisagismo como ferramenta na preservação e melhoria ambiental em área urbana. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 1, n. 2, p. 55-81.
- Machado, B.S., Oliveira, J.R., Santos, R.N., Silva, J.G., Pelvine, R.A., Silva, R.M., Ribeiro, N.P., Silva, L.T. 2019. *A produção do conhecimento nas ciências agrárias e ambientais*. v. 2 p. 388–416.
- Magalhães, A. C. N. 1979. Análise quantitativa do crescimento. *Fisiologia vegetal*, v. 1, n. 2, p. 333-350.
- Marques, V. B., Moreira, R. A., Ramos, J. D., Araújo, N. A., Cruz, M. C. M. Porções de cladódios e substratos na produção de mudas de pitaia vermelha. *Agrarian*, v. 5, n. 17, p. 193-197, 2012.
- Mesquita, F. O., Rebequi, A. M., Cavalcante, L. F., Souto, A. G. L. 2012. Crescimento absoluto e relativo de mudas de maracujazeiro sob biofertilizante e águas salinas. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 35, n. 1, p. 222-239.
- Mir, M.A. 2011. *Green facades and building structures*. Disponível em: [https://www.carlstahl.nl/wpcontent/uploads/2019/06/Green\\_facades\\_and\\_Building\\_structures\\_M.A.Mir\\_.pdf](https://www.carlstahl.nl/wpcontent/uploads/2019/06/Green_facades_and_Building_structures_M.A.Mir_.pdf)
- Morais, E. R. C., MAIA, C. E. 2013. Crescimento da parte aérea e raiz do meloeiro adubado com fertilizante orgânico. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 3, p. 505-511.
- Moreira, A.R., Souza, F.L.B., Silva, R.T.L., Oliveira, R.L.L., Alonço, A.S., Souza, L. C., Carpes, D.P. 2018. Determinação do turno de rega para a produção de mudas de pitaia em ambiente protegido. *Tecno-Lógica*, v. 22, n. 1, p. 73-77.

- Perini, K., Ottel , M., Fraaij, A.L., Haas, E.M., Raiteri, R. 2011. Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. *Building and Environment*, v. 46, n. 11, p. 2287-2294.
- Reis, J.M.R., Rodrigues, J.F., Reis, M.A. 2014. Produ o de mudas de maracujazeiro amarelo com diferentes substratos. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2423-2428.
- Ronquim, C.C. 2010. *Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais*. Embrapa Territorial-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E).
- Santos, C.M.G., Cerqueira, R.C., Fernandes, L.M.S., Rodrigues, J.D., Ono, E.O. 2010. Efeito de substratos e boro no enraizamento de estacas de pitaya. *Ceres*, v. 57, n. 6, p. 795-802.
- Scalon, S.P.Q., Teodósio, T.K.C., Novelino, J.O., Kissmann, C., Mota, L.H.S. 2011. Germina o e crescimento de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. em diferentes substratos. *Revista  rvore*, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 633-639, Edi o especial.
- Silva, M.D.A., Santos, C.M., Santos V.H., RHEIN, A.F.L. 2013. Pigmentos fotossintéticos e  ndice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 1, p. 173-181.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M., Murphy, A. 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora.