



REBECCA KAROLLINE ASSUNÇÃO LIMA

**CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E POTÁSSIO NA MITIGAÇÃO DA
TOXICIDADE AMONÍACAL EM MUDAS DE MARACUJAZEIRO-
AMARELO**

TERESINA – PI

2018

REBECCA KAROLLINE ASSUNÇÃO LIMA

**CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E POTÁSSIO NA MITIGAÇÃO DA TOXICIDADE
AMONIACAL EM MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – área de concentração Agricultura Tropical para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador

Prof. Dr. Gabriel Barbosa da Silva Júnior

Coorientadores

Prof. Dr. Carlos José Gonçalves de Souza Lima

Prof. Dr. Cid Naudi Silva Campos

TERESINA – PI

2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processamento Técnico

L732c Lima, Rebecca Karolline Assunção

Concentrações de cálcio e potássio na mitigação da toxicidade amoniacal em mudas de maracujazeiro-amarelo / Rebecca Karolline Assunção Lima. - 2018.
68 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura Tropical, Teresina, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Gabriel Barbosa da Silva Júnior

1. *Passiflora edulis* 2. Estresse abiótico 3. Mitigação Ca e K
I. Título.

CDD 634.425

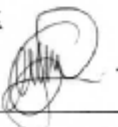
REBECCA KAROLLINE ASSUNÇÃO LIMA

CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E POTÁSSIO NA MITIGAÇÃO DA
TOXICIDADE AMONÍACAL EM MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO.

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

APROVADO em 27 de setembro de 2018.

Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Everaldo Moreira da Silva – UFPI

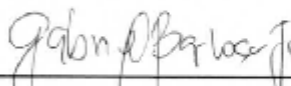


Prof. Dr. Gustavo Alves Pereira – UFPI



Prof. Dr. Carlos Jose Gonçalves de Souza Lima - UFPI

(Coorientador)



Prof. Dr. Gabriel Barbosa da Silva Júnior – UFPI

(Orientador)

TERESINA-PI

2018

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

A Deus porque dele, e por ele, e para ele são todas as coisas.

Aos meus pais por todo amor, apoio e paciência.

OFEREÇO

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

Aos meus pais Zulmira Ramos e Valdinês que desde cedo me ensinaram a importância da educação na formação de um ser humano, sempre prestaram suporte, apoio e incentivo às minhas decisões e souberam valorizar minhas escolhas. Aos meus irmãos Raimundo Filho e Valdinês Jr pelo estímulo e apoio incondicional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida, por todas as oportunidades que me foram dadas, pelas oportunidades que Ele ainda me reserva e por todas as pessoas maravilhosas que foram colocadas em meu caminho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES) pela ajuda financeira durante o curso de Mestrado.

Aos meus pais, Zulmira e Valdinês, pelo exemplo e por todo o auxílio e força que me deram para que eu concluísse meus estudos e aos meus irmãos, Raimundo Filho e Valdinês Jr, pela amizade e apoio.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Gabriel Barbosa da Silva Júnior, pela orientação, paciência, compreensão por acreditar em mim e pelo apoio e dedicação empregados neste trabalho.

Aos meus Coorientadores Prof. Dr. Carlos José Gonçalves de Souza Lima por contribuir com a implantação e condução do experimento e pelos conhecimentos repassados ao longo do curso; e Prof. Dr. Cid Naudi Silva Campos, especialmente pela colaboração na idealização do projeto e nas análises nutricionais do experimento.

Aos meus amigos que fiz durante o curso, em especial Sandra Mara, Mayara Fernandes, Paulo Gomes, Manuela Sousa, Isaias, Silvestre, José Claudio, Theudes Oldenrique, pelo suporte durante o curso. Eu só tenho a agradecer a Deus por nossos caminhos terem se cruzado. Com certeza vocês tornaram a caminhada mais leve. Aos amigos que mesmo à distância se fizeram presentes, Luciano Santos, Gerson, Elaine Santos e Lorena Lima.

À Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, CCA/UFPI, pela oportunidade dos estudos e por contribuir com minha experiência de vida.

Ao Grupo de Estudos em Fruticultura da UFPI (FRUTAGRO), especialmente, Pablianne Horrana, Rafael Silva, Josenyl Filho, José Airton e Joanderson Marques por toda ajuda necessária para condução dos experimentos.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia pela imensa ajuda sempre quando foi necessária, “Tia” Francisca, Diego e Marcos.

A todos, que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19 *“Mas se alguém tem falta de sabedoria peça a Deus, e ele*
20 *a dará porque é generoso e dá com bondade a todos.*
21 *Porém peçam com fé e não duvidem de modo nenhum”.*

22

23

Tiago 1:5-6a

24

25

“Porque para Deus nada é impossível”

26

27

Lucas 1:37

28

Epígrafe

29

30

SUMÁRIO

1		
2		
3	Lista de tabelas.....	viii
4	Lista de figuras.....	ix
5	Resumo.....	xi
6	Abstract.....	xiii
7	1 INTRODUÇÃO	1
8	2 REVISÃO DE LITERATURA	2
9	2.1. Os avanços na produção das mudas de frutíferas.....	2
10	2.3. Adubação Nitrogenada em mudas de maracujazeiro	4
11	2.4. Relação amônio/nitrato e sintomatologia do excesso amoniacal em	
12	plantas	5
13	2.5. Cálcio e potássio na mitigação de estresse em plantas	8
14	3 MATERIAL E MÉTODOS	10
15	3.1 Local e caracterização da área experimental.....	10
16	3.2 Experimento I: concentrações de cálcio e proporções de amônio e	
17	nitrato na nutrição e no crescimento de mudas de maracujazeiro-	
18	amarelo.....	11
19	Tratamentos e delineamento experimental.....	11
20	3.3 Experimento II: concentrações de potássio e proporções de amônio	
21	e nitrato na nutrição e no crescimento de mudas de maracujazeiro-	
22	amarelo.....	13
23	3.4 Condições de crescimento das mudas	14
24	3.5 Capacidade máxima de retenção de água do substrato (CRA)	15
25	3.6 Manejo e aplicação da solução nutritiva	15
26	3.6 Variáveis analisadas	17
27	3.7 Análises estatísticas	19
28	4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
29	Experimento I: proporções de amônio e nitrato e concentrações de Ca na	
30	mitigação da toxicidade de amônio no crescimento de mudas de	
31	maracujazeiro.....	20
32	4.1 Acúmulo de N, K, Ca, Mg.....	20
33	4.2 Crescimento e produção de matéria seca das plantas.	23

1	Experimento II: proporções de Nitrogênio e doses de K na mitigação da	
2	toxicidade de amônio no crescimento de mudas de maracujazeiro-	
3	amarelo.....	31
4	4.4 Acúmulo de N, K, Ca, Mg.....	32
5	4.6 Consumo da solução nutritiva pelas plantas de maracujazeiro-	
6	amarelo em função de concentrações de K e proporções de NH₄⁺ e NO₃⁻	
7	em solução nutritiva.....	40
8	5 CONCLUSÕES	41
9	6 REFERÊNCIAS	42
10	APÊNDICES.....	50
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		

LISTA DE TABELAS

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

Tabela 1. Fontes e concentrações dos nutrientes da solução nutritiva em função das concentrações de Ca e proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	14
Tabela 2. Fontes e concentrações dos nutrientes da solução nutritiva em função das concentrações de K e das proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	15
Tabela 3. Resumo da análise de variância e resultados médios do acúmulo de N, K, Ca, Mg na raiz e parte aérea de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de concentrações de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.....	22
Tabela 4. Resumo da análise de variância e resultados médios de índice de clorofila, altura de planta, número de folhas, área foliar, comprimento de raiz de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de concentrações de Ca e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.....	26
Tabela 5. Resumo da análise de variância e resultados médios do volume de raiz e da matéria seca da raiz e da parte aérea de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de concentrações de Ca e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.....	31
Tabela 6. Resumo da análise de variância e resultados médios do acúmulo de N, K, Ca, Mg na raiz e parte aérea de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de concentrações de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.....	35
Tabela 7. Resumo da análise de variância e resultados médios de índice de clorofila foliar, altura de plantas, área foliar de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de concentrações de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.....	38
Tabela 8. Resumo da análise de variância e resultados médios da matéria seca da raiz e da parte aérea de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de concentrações de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.....	42

1

2

LISTA DE FIGURAS

3	Figura 1. Vista panorâmica do telado onde foram desenvolvidos os experimentos, Teresina - PI, 2018	12
4		
5	Figura 2. Emergência das mudas em bandejas de isopor (A); transplântio das mudas para os tubetes (B) e monitoramento do pH da solução nutritiva. Teresina-PI, 2018.....	16
6		
7		
8	Figura 3. Sistema de fertirrigação por gotejamento adaptado para bandejas com gotejadores do tipo Spaghetii. Teresina-PI, 2018.....	17
9		
10	Figura 4. Valores de temperatura média do ar (A e C) e umidade relativa do ar (B e D), e Limites tróficos (LT) obtidos dentro do telado durante a condução dos experimentos I e II, respectivamente em função do período de graus dias acumulados durante o desenvolvimento dos experimentos.....	18
11		
12		
13		
14	Figura 5. Avaliação da altura de plantas (A), diâmetro do caule (B), área foliar (C), comprimento de raiz (D), volume de raiz (E), índice de clorofila foliar (F). Teresina, 2018.....	20
15		
16		
17	Figura 6. Acúmulo de Ca, K, N, Mg na parte aérea de mudas de maracujazeiro- amarelo, em função de concentrações de Ca e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva sem excesso de amônio e com excesso de amônio.....	23
18		
19		
20	Figura 7. Acúmulo de Ca, N na raiz de mudas de maracujazeiro amarelo, em função em função de concentrações de Ca e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.....	24
21		
22		
23	Figura 8. Altura de planta (A) e área foliar (B) de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de concentrações de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.....	27
24		
25		
26	Figura 9. Índice de clorofila de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de concentrações de Ca e proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ em solução nutritiva.....	30
27		
28	Figura 10. Massa seca da parte aérea (A) e massa seca da raiz (C) de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de concentrações de Ca e proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ em solução nutritiva.....	32
29		
30		
31	Figura 11. Consumo hídrico de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de concentração de Ca e proporções de NH_4^+ e NO_3^- sem excesso de amônio (A) com excesso de amônio (B).....	34
32		
33		
34	Figura 12. Acúmulo de K na parte aérea e raiz, e acúmulo de N, Mg, Ca na parte aérea em mudas de maracujazeiro amarelo em função de concentrações de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.....	37
35		
36		

1	Figura 13. Altura de planta (A) e área foliar (B) de mudas de maracujazeiro-amarelo,
2	em função de concentrações de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução
3	nutritiva.....39
4	Figura 14. Índice de clorofila foliar de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função
5	de concentrações de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.....40
6	Figura 15. Massa seca da parte aérea (A) e da raiz (B) de mudas de maracujazeiro-
7	amarelo, em função de concentrações de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução
8	nutritiva.....43
9	Figura 16. Consumo hídrico em mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de
10	concentrações de K e proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ sem excesso de amônio (A) com
11	excesso de amônio (B).....44
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	

1
2 CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E POTÁSSIO NA MITIGAÇÃO DA TOXICIDADE
3 AMONIACAL EM MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO

4
5
6 **RESUMO**

7
8 O nitrogênio atua em processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração,
9 multiplicação. Entretanto, em elevadas quantidades, o íon NH_4^+ pode causar sintomas
10 de toxicidade em vegetais com alterações nos processos fisiológicos e bioquímicos,
11 comprometendo o seu desenvolvimento. Desta forma, o uso de cátions como cálcio
12 (Ca) e potássio (K) em solução nutritiva pode mitigar a toxicidade amoniacal em
13 plantas. Objetivou-se nesse trabalho, avaliar a interação entre concentrações de
14 cálcio e potássio e proporções de amônio e nitrato na nutrição e no crescimento de
15 mudas de maracujazeiro-amarelo cultivadas em substrato inerte com o uso de solução
16 nutritiva. O experimento foi conduzido em telado no Departamento de Fitotecnia, do
17 Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí (CCA/UFPI) no período
18 de Janeiro a Maio de 2018, a partir de duas etapas: Experimento I: Os experimento
19 seguiram um esquema fatorial 5 x 2, constituído por cinco concentrações de Ca (0,5;
20 2,5; 5; 10 e 20 mmol L^{-1}) e duas proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (sem excesso de amônio,
21 35/65 e com excesso de amônio 75/25), disposto em delineamento inteiramente
22 casualizado com quatro repetições. Experimento II: Os tratamentos seguiram
23 esquema fatorial 5 x 2 cinco concentrações de K (1,5; 3,5; 6; 11 e 21 mmol L^{-1}) e duas
24 proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (sem excesso de amônio, 35/65 e com excesso de amônio
25 75/25) disposto em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.
26 Para ambos os experimentos avaliaram-se altura de plantas, diâmetro do caule;
27 número de folhas, área foliar, comprimento de raiz; e matéria seca da raiz e da parte
28 aérea e acúmulo de N, K, Ca e Mg na parte aérea e raiz e índice de cor verde das
29 folhas sendo analisadas as mesmas variáveis conforme experimento I. Os
30 incrementos de altura de plantas, área foliar, comprimento de raízes, matéria seca da
31 raízes e parte aérea foram maiores nas mudas cultivadas na proporção 35/65 de
32 amônio/nitrato. As concentrações de Ca e a proporção 75/25 diminui o acúmulo dos
33 nutrientes K, Mg, N nas mudas de maracujazeiro amarelo. O aumento das
34 concentrações de Ca em proporção 75/25 de amônio diminui o acúmulo dos nutrientes
35 K, Mg, N nas mudas de maracujazeiro amarelo. O Ca mitiga o efeito tóxico do amônio

1 até a concentração 5mmol L⁻¹ nas variáveis índice de clorofila foliar, altura de planta,
2 número de folhas, área foliar, comprimento de raiz, matéria seca da raiz e parte área.
3 A concentração 15mmol L⁻¹ é indicada para produção de mudas com o uso de K por
4 proporcionar maiores valores de matéria seca. O K favoreceu a mitigação da
5 toxicidade em maracujazeiro amarelo.

6

7 **Palavras-chave:** estresse abiótico, mitigação Ca e K, nutrição de frutíferas, *Passiflora*
8 *edulis*, relação NH₄⁺/NO₃⁻

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34

ABSTRACT

CONCENTRATIONS OF CALCIUM AND POTASSIUM IN THE MITIGATION OF AMMONIACAL TOXICITY IN MARACUJAZEIRO-YELLOW CHANGES

Nitrogen acts in processes such as ionic absorption, photosynthesis, respiration, multiplication. However, in high amounts, the NH_4^+ ion can cause symptoms of toxicity in plants with changes in the physiological and biochemical processes, compromising its development. Thus, the use of cations such as calcium (Ca) and potassium (K) in nutrient solution can mitigate ammoniacal toxicity in plants. The objective of this study was to evaluate the interaction between calcium and potassium concentrations and ammonium and nitrate ratios in nutrition and growth of yellow passion fruit seedlings grown on inert substrate using nutrient solution. The experiment was carried out in the Plant Science Department of the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Piauí (CCA / UFPI) from January to May 2018, from two stages: Experiment I: The experiments followed a factorial scheme 5 x 2, consisting of five concentrations of Ca (0.5, 2.5, 5, 10 and 20 mmol L^{-1}) and two proportions of $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ (without excess ammonium, 35/65 and with excess of ammonium 75/25), arranged in a completely randomized design with four replicates. Experiment II: The treatments were 5 x 2 factorial five concentrations of K (1,5, 3,5, 6, 11 and 21 mmol L^{-1}) and two proportions of $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ (without excess ammonium, 35 / 65 and with ammonium excess 75/25) arranged in a completely randomized design with four replicates. For both experiments were evaluated plant height, stem diameter; number of leaves, leaf area, root length; and dry matter of root and shoot and accumulation of N, K, Ca and Mg in the aerial part and root and index of green color of the leaves being analyzed the same variables according to experiment I. The height increases of plants, leaf area, root length, root dry matter and aerial part were higher in the seedlings grown in the proportion 35/65 ammonium/nitrate. Ca concentrations and the 75/25 ratio decreased the accumulation of nutrients K, Mg, N in the yellow passion fruit seedlings. The increase of Ca concentrations in the proportion of 75/25 ammonium reduces the accumulation of nutrients K, Mg, N in the yellow passion fruit seedlings. The Ca mitigates the toxic effect of ammonium up to the concentration 5 mmol L^{-1} in the variables leaf chlorophyll index, plant height, leaf number, leaf area, root length, root dry matter and area. The

1 concentration 15 mmol L^{-1} is indicated for the production of seedlings with the use of
2 K to provide higher values of dry matter. K favored the mitigation of yellow passion fruit
3 toxicity.

4

5 **Keywords:** abiotic stress, Ca and K mitigation, fruit nutrition, *Passiflora edulis*,
6 relation $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

7

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da muda é fator primordial para um elevado desempenho de um pomar, nesse sentido nota-se a necessidade de busca por alternativas que aumente os atributos nutricionais e fitotécnicos na fase inicial de desenvolvimento das plantas. Nesse sentido, a produção de mudas de frutíferas em cultivo hidropônico com o uso de substrato inerte têm se tornado uma opção para a formação de mudas mais vigorosas e com maior qualidade, devido ao fornecimento equilibrado de nutrientes no meio de cultivo, podendo antecipar o tempo de formação das plantas na fase inicial de crescimento.

Dessa forma a técnica de hidroponia tem surgido como uma alternativa aos tradicionais sistemas de produção de mudas e exige o fornecimento dos nutrientes necessários ao crescimento das plantas de forma adequada e constante durante o cultivo, para que se obtenha um bom crescimento vegetal.

De modo geral, as plantas distinguem-se com relação a preferência pela forma de N mineral a ser assimilada e metabolizada, com predominância das formas de nitrato (NO_3^-) e de amônio (NH_4^+). Sabe-se que as proporções de NH_4^+ e NO_3^- influenciam em vários processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, como fotossíntese e atividades enzimáticas do metabolismo do N (BORGOGNONE et al., 2013), podendo interferir no desenvolvimento dos vegetais ou fato está relacionado ao amônio exigir menos energia que o nitrato para ser assimilado, podendo a planta utilizá-la para outros processos biológicos.

O suprimento de NH_4^+ em excesso no meio de cultivo, ocasiona sintomas de toxicidade na maioria das espécies vegetais (LI et al., 2013), podendo ser prejudicial ao desenvolvimento das plantas. Como principais efeitos, pode haver menor crescimento das raízes (SUN et al., 2017), diminuição da produção de clorofila por afetar a fotossíntese (WANG et al., 2010), baixo acúmulo de nutrientes catiônicos como K, Ca e Mg (MENDOZA-VILLARREAL et al., 2016; SILVA et al., 2016) e menor crescimento e produção de matéria seca das plantas (BARRETO et al., 2017).

A mitigação da toxicidade por amônio tem sido bastante estudada, há relatos de trabalhos envolvendo algumas espécies como maracujazeiro (SILVA JÚNIOR, 2015) pepino e cana-de-açúcar (CAMPOS et al., 2015), tomateiro (BARRETO et al., 2018) e orquídeas epífitas (MANTOVANI et al., 2018), no entanto, são estudos que

1 relatam o uso de elementos benéficos como o silício para mitigação do efeito deletério
2 do NH_4^+ .Entretanto, o uso destes elementos pode ser limitado devido à baixa
3 disponibilidade, alto custo das fontes no mercado e baixa solubilidade das fontes na
4 solução nutritiva, minimizando a eficiência da mitigação da toxicidade amoniacal.

5 Por estas razões, tem-se sugerido o balanço iônico de cátions, especialmente
6 Ca e K em interação com concentrações elevadas de amônio no desenvolvimento de
7 algumas espécies de plantas como pepino (GOMÉZ et al., 2015; ROOSTA;
8 SCHJOERRING, 2008) e em Arabidopsis (TEN HOOPEN et al., 2010), com efeitos
9 positivos destes cátions na mitigação da toxicidade do amônio. Entretanto, as
10 informações científicas ainda são incipientes, especialmente para frutíferas.

11 Neste contexto, fazem-se necessários estudos sobre a interação entre
12 concentrações de cálcio e potássio e relação amônio e nitrato sobre a nutrição e
13 crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo cultivadas em substrato inerte com
14 o uso de solução nutritiva. Assim, têm-se as seguintes hipóteses: O uso de amônio
15 em excesso na solução nutritiva diminui o crescimento e a produção de matéria seca
16 das mudas de maracujazeiro, e que o aumento de concentrações de Ca^{2+} e K^+ em
17 solução nutritiva pode favorecer a mitigação dos efeitos tóxicos do amônio nas
18 plantas.

19 Diante do exposto, objetivou-se avaliar a interação entre concentrações de
20 cálcio e potássio e proporções de amônio e nitrato na nutrição, crescimento e
21 produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo cultivadas em
22 substrato inerte com o uso de solução nutritiva

23

24 **2 REVISÃO DE LITERATURA**

25

26 **2.1 Os avanços na produção das mudas de frutíferas**

27 A fase de produção de mudas é considerada uma etapa essencial para o
28 sucesso de um pomar, haja vista que nesta fase as plantas deverão apresentar alta
29 qualidade agronômica, serem mais vigorosas e aptas a refletir uma melhor produção
30 no campo. Nesse sentido, as pesquisas estão buscando cada vez mais melhorar os
31 atributos agronômicos das plantas nesta etapa, a exemplo de incrementos fisiológicos,
32 nutricionais e da matéria seca.

1 Nos últimos anos, a produção de mudas de diversas frutíferas tem sido feita em
2 ambientes protegidos com a finalidade de se garantir melhor desenvolvimento e
3 qualidade das plantas, em curto período de tempo e baixo custo (CUNHA et al., 2005),
4 tendo em vista que nesse tipo de ambiente é possível ter um controle maior sob os
5 fatores que podem prejudicar seu crescimento como ataque de pragas e doenças,
6 temperaturas elevadas, dentre outros. Além do a produção de mudas em sistemas de
7 cultivo em ambiente protegido visa atender as exigências impostas pelo Renasem de
8 acordo com a lei 10.711 de 05/08/2013.

9 Ainda um importante componente para o sucesso da produção de mudas é o
10 substrato que deve reunir características físicas e químicas que promovam,
11 respectivamente, retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes, de modo a
12 atender às necessidades da planta (CUNHA et al., 2006; GOMES et al., 2015).

13 Na busca por uma muda de qualidade as pesquisas têm avançado nos últimos
14 anos, sendo voltadas para a utilização de substratos inertes tais como fibra de coco e
15 vermiculita, casca de pinus, com fertilização por meio do uso de solução nutritiva,
16 caracterizando-se como um cultivo hidropônico de mudas de frutíferas (MIYAKE et al.,
17 2017; VICIEDO et al., 2017).

18 Os sistemas hidropônicos de produção de plantas atualmente em uso
19 passaram por diversas modificações desde as primeiras experiências realizadas há
20 décadas, para se adaptar às condições ambientais e sócio-econômicas das distintas
21 regiões de produção (Andriolo et al., 2004). Dentre essas adaptações, destacam-se a
22 opção pela circulação contínua ou intermitente da solução nutritiva (Campos et al.,
23 2016) bem com o emprego de diferentes materiais como substratos, a exemplo do uso
24 de vermiculita e da casca de pinus nas diferentes fases de desenvolvimento das
25 mudas (SILVA JÚNIOR, 2015).

26 Esse tipo de cultivo necessita de maiores estudos, especialmente quanto ao
27 preparo e armazenamento das soluções estoques, controle de pH e condutividade
28 elétrica, equilíbrio nutricional nas diferentes fases do cultivo das plantas, haja vista
29 que quando ocorre manejo incorreto do ambiente de cultivo, pode haver danos
30 severos às plantas, como fitotoxicidade ou deficiência nutricional, com prejuízos
31 irreversíveis à qualidade das mudas.

1 Vários trabalhos têm relatado o uso de substrato inerte como alternativa para a
2 produção de espécies hortícolas, via solução nutritiva, com a possibilidade de se
3 balancear os nutrientes e suas respectivas fontes, a exemplo do nitrogênio,
4 fornecendo-se amônio e nitrato em concentrações equilibradas, com o uso de solução
5 nutritiva em mudas de maracujazeiro-amarelo (SILVA JÚNIOR, 2015).

6 Avaliando mudas de maracujazeiro amarelo combinado com diferentes
7 substratos Miyake et al. (2017) observou que à medida que se aumentou a dose de N
8 no substrato fibra de coco, ocorreu aumento da matéria seca das plantas de
9 maracujazeiro, verificando a importância da associação de substrato inerte com uso
10 equilibrado da adubação nitrogenada, ainda que o fornecimento seja na forma
11 tradicional, por meio da aplicação da adubação no preparo do substrato.

12 Com os avanços tecnológicos, foram desenvolvidos vários trabalhos com o
13 fornecimento dos fertilizantes via solução nutritiva com espécies hortícolas, com
14 destaque para a produção de mudas de tomate (SANTOS et al., 2017), maxixe
15 (OLIVEIRA et al., 2016) e pimenta (OLIVEIRA et al., 2014). Entretanto, em mudas de
16 frutíferas essas informações ainda são incipientes na literatura, reforçando a
17 justificativa da necessidade do desenvolvimento de pesquisas para consolidação de
18 resultados científicos nessa área.

19 **2.2 Adubação Nitrogenada em mudas de maracujazeiro**

20

21 A adubação constitui uma importante etapa para o manejo das culturas em
22 geral, especialmente em frutíferas como o maracujazeiro-amarelo além de se
23 constituir em um fator indispensável para o desenvolvimento das mudas, acelera
24 consideravelmente o crescimento das plantas, podendo reduzir os custos de produção
25 (MIYAKE et al., 2017). Tendo em vista que os adubos nitrogenados associados com
26 outros fertilizantes são de fundamental importância para incrementar a produção e
27 produtividade das plantas, nesse sentido é de fundamental importância pesquisas que
28 maximizem a eficiência de uso deste nutriente.

29 A importância da adubação nitrogenada em mudas de maracujazeiro está
30 relacionada ao papel que o nitrogênio desempenha no metabolismo das plantas.
31 Especificamente para o maracujazeiro a deficiência de N causa clorose nas folhas,
32 prejudicando a fotossíntese e a respiração, enquanto que o excesso de N na fase de

1 mudas, causa toxicidade, caracterizada por necrose e queda das folhas mais velhas,
2 menor altura de plantas, menor desenvolvimento do sistema radicular, podendo
3 ocasionar a morte das plantas ainda na fase inicial do crescimento, conforme relatado
4 por Silva Júnior (2015).

5 O N amoniacal apresenta vantagem por estar na forma reduzida, exigindo
6 menor gasto energético em relação a absorção de NO_3^- (BRITO et al., 2002) devido a
7 sua incorporação direta na cadeia de carbono, sem a necessidade das fases de
8 redução pela ação enzimática, com gasto de energia, como ocorre para o NO_3^-
9 (BITTSÁNSZKY et al., 2015). Entretanto, um elevado número de espécies de plantas
10 apresenta sintomas de toxicidade por amônio decorrente de diferentes fatores como
11 o fluxo de N, variações do pH, oxidação de lipídeos, necessitando de uma maior
12 estabilidade celular do elemento (LOQUE et al., 2004).

13 São poucas as informações relacionadas a adubação mineral na produção de
14 mudas de maracujazeiro, havendo a necessidade de formulações minerais em
15 diferentes substratos, visando suprir a demanda nutricional das plantas (PRADO et
16 al., 2004; ALMEIDA et al., 2006).

17 Em estudos com crescimento de mudas de maracujá-amarelo com doses de
18 nitrogênio, observou-se que a matéria seca da parte aérea, as doses de nitrogênio
19 tiveram um efeito positivo até a dose máxima de 19 g dm^3 de N onde o valor desta
20 variável foi de 12,47 g, podendo-se concluir que a utilização de adubações
21 nitrogenadas possibilita melhor qualidade na formação de mudas de maracujazeiro-
22 amarelo (MENDONÇA et al., 2007).

23 **2.3 Relação amônio/nitrato e sintomatologia do excesso amoniacal em** 24 **plantas**

25 As plantas distinguem-se com relação a preferência pela forma de N mineral a
26 ser assimilada e metabolizada. Em cultivo hidropônico, o nitrogênio (N) disponível
27 para as plantas é encontrado na forma de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+), mas somente
28 este último é incorporado em um composto orgânico, promovendo um menor gasto
29 energético metabólico podendo este ser convertido em maior crescimento das
30 plantas. (BARRETO et al., 2018).

1 Nesse sentido é importante o aprofundamento em pesquisas que apontem as
2 concentrações ideais de amônio e nitrato para cada cultura. Guimarães et al. (2014)
3 em estudo sobre o crescimento de *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva
4 avaliando-se cinco proporções de nitrato e amônio, observaram que estas proporções
5 afetaram o crescimento inicial, alterando o acúmulo de massa seca, os teores de
6 macronutrientes foliares nas plantas e o pH da solução nutritiva e que a proporção
7 75/25 foi a que mais favoreceu o crescimento das plantas, com base na expansão dos
8 tecidos e no acúmulo de massa seca.

9 Do mesmo modo, Rodrigues et al. (2016) observando o crescimento e a
10 produção de óleo essencial em planta de Sálvia (*Salvia officinalis* L.) submetidas a
11 cinco relações de amônio e nitrato em solução nutritiva concluíram que o aumento da
12 concentração de amônio no meio de cultivo, promoveu redução no crescimento de
13 plantas. Em complemento, o incremento do fornecimento do N na forma amoniacal
14 proporcionou a redução nos teores de Ca e Mg.

15 Trabalhando com variedades de crisântemo Muniz et al. (2009), concluíram que
16 a fertirrigação com apenas umas das formas de N, resultou em menor crescimento
17 das plantas, sendo que a maior produção de matéria seca da parte aérea e a
18 qualidade das plantas foram obtidas quando o amônio foi aplicado na solução nutritiva
19 na proporção de 50% em relação ao nitrato. Ainda em estudos com plantas de
20 girassol, foi observado que plantas cultivadas com maior proporção de amônio,
21 apresentaram redução nas variáveis teor de clorofila, comprimento e volume de raiz e
22 matéria seca das plantas, em relação as plantas cultivadas com maior proporção de
23 nitrato (SILVA; COUTO; SANTOS, 2010).

24 Estudando a relação amônio/nitrato na formação de mudas de *Passiflora edulis*,
25 Silva Júnior (2015) concluiu que a solução nutritiva deve conter 13 mmol L⁻¹ de N,
26 sendo que 35% deste nutriente deve ser fornecido na forma de amônio. Já em plantas
27 de *Oryza sativa* cultivadas sob diferentes proporções de amônio e nitrato, houve maior
28 crescimento de raiz com o uso individual de nitrato no meio de cultivo, na concentração
29 de 0,5 mmol L⁻¹ Zanin et al., 2015. Holzschuh et al. (2009) também trabalhando com
30 *Oryza sativa* observou que o suprimento combinado de NH₄⁺ e NO₃⁻ com proporção
31 75:25, promoveu maior produção de matéria seca da parte aérea e das raízes.

32 Em estudo com cultivo de alface em cultivo hidropônico submetida a
33 proporções de nitrato e amônio e os autores observaram que na proporção de NO₃⁻

1 :NH₄⁺ de 9:1 promoveu ganho em fitomassa fresca, fitomassa seca e número de folhas
2 por planta, incrementando o rendimento em 13,20%, quando comparado com
3 proporção 100:0, ou seja, somente nitrato (OHSE et al., 2017).

4 Analisando a relação nitrato/amônio no crescimento e produção de óleos
5 essências de Sálvia em solução nutritiva observou-se que com o incremento do
6 fornecimento de N amoniacal, houve diminuição do crescimento das plantas, o que
7 seria explicado em virtude de N na forma amoniacal promover redução da absorção
8 dos demais cátions por efeito competitivo pelo aumento da atividade do próton H⁺ em
9 solução, devido à exsudação em prol da absorção do cátion NH₄⁺ (RODRIGUES et
10 al., 2016)

11 A toxicidade do amônio em plantas é conhecida em algumas espécies , mas
12 os limites com que os sintomas de toxicidade se manifestam difere amplamente entre
13 espécies de plantas e os mecanismos da toxicidade amoniacal ainda são, em grande
14 parte, desconhecidos (BRITTO; KRONZUCKER, 2002). Segundo Cruz et al. (2011), as
15 espécies de plantas podem ser tolerantes ou não ao excesso de amônio no meio, de
16 modo tal que o efeito tóxico dessa forma de nitrogênio influencia o crescimento e
17 desenvolvimento das plantas.

18 Os principais sintomas de toxicidade do NH₄⁺ incluem: redução do
19 crescimento das plantas, mudanças na arquitetura das raízes, diminui na razão
20 raiz/parte aérea, clorose e murchamento de folhas seguido de necrose, coloração
21 marrom do sistema radicular, senescência, menor desenvolvimento e crescimento da
22 raiz e parte aérea (KRONZUCKER et al., 2002; LI et al., 2014; SILVA JÚNIOR, 2015).

23 Estes sintomas fenotípicos refletem o efeito integrado do excesso de NH₄⁺, o
24 que causa: inibição da absorção de cátions (K⁺, Mg²⁺ e Ca²⁺) e consequentes
25 mudanças no balanço de íons da planta; alcalinização intracelular e acidificação
26 extracelular (CRUZ, et al., 2011).

27 Em pesquisa com *Eucalyptus urophylla* Guimarães et al. (2014) e Mendoza-
28 Villareal et al. (2015) trabalhando com *Eustoma grandiflorum*, observaram que os
29 excessos de amônio também afetaram o acúmulo dos cátions, sendo K, Ca e Mg os
30 mais afetados na parte aérea e raízes, confirmando os efeitos do excesso de NH₄⁺
31 para as plantas.

32 Plantas de *Manihot esculenta* foram submetidas a fontes de N e observou que
33 os efeitos tóxicos do NH₄⁺ reduziram severamente a massa seca total das plantas, e

1 plantas adubadas somente com fonte NH_4^+ como única fonte de nitrogênio nos níveis
2 utilizados no estudo foi prejudicial para o crescimento da mandioca e no final do
3 experimento as plantas apresentaram sintomas de toxicidade, incluindo
4 amarelecimento, clorose, murchamento das folhas intermediárias e velhas (CRUZ et
5 al., 2014).

6 Com fontes de N (nitríca e amoniaca) em diferentes concentrações (1 a 15
7 mmol) em plantas de pepino, verificaram que em plantas sob concentrações de
8 amônio acima de 10 mmol, houve supressão do crescimento e menores teores de
9 clorofila, Ca e de Mg, refletindo em cloroses nas folhas e redução no acúmulo de
10 matéria seca, no entanto, sob fornecimento apenas de nitrato as plantas não
11 apresentaram sintomas de toxicidade (ROOSTA; SCHJOERRING 2007).

12 Pesquisas com *Raphanus sativus* a toxicidade amoniaca reduziu a
13 fotossíntese, a transpiração e a condutância estomática, mostrando maior prejuízo no
14 acúmulo da matéria seca da raiz e da parte aérea (VICIÉDO et al., 2017).

15 Segundo Li et al. (2014), o excesso de NH_4^+ tem forte influência no
16 desenvolvimento das raízes, que é a parte vegetal mais afetada por este íon em
17 relação aos outros órgãos da planta, podendo ocorrer severas modificações
18 morfológicas como diminuição no tamanho do sistema radicular e pelos radiculares o
19 que causa prejuízo na absorção dos nutrientes, refletindo no crescimento da planta.
20 Este Fato é explicado em decorrência desse cátion está diretamente relacionado ao
21 desenvolvimento da raiz, que é principal órgão afetado pela exposição desse íon em
22 relação para os outros órgãos da planta com ações fisiológicas severas e alterações
23 morfológicas (ZANIN et al., 2015).

24 Considerando estas informações encontradas na literatura para algumas
25 espécies de plantas vê-se a importância de estudos com frutíferas na produção de
26 mudas com o uso de solução nutritiva, especialmente sobre o uso de fontes
27 nitrogenadas no meio de cultivo, uma vez que estas informações ainda são incipientes
28 neste grupo de plantas, com destaque para acultura do maracujazeiro-amarelo.

29

30 **2.4 Cálcio e potássio na mitigação de estresse em plantas**

31 O cálcio é um macronutriente que participa de diversas atividades nas plantas
32 e sua deficiência compromete o desenvolvimento da mesma. O Ca é reconhecido
33 como elemento essencial ao crescimento e desenvolvimento de plantas, desempenha

1 um papel em processos que preservam a estrutura e a integridade das membranas
2 das plantas, estabiliza as estruturas das paredes celulares, regula o transporte de íons
3 e a seletividade, e controla a troca de íons e o comportamento das enzimas da parede
4 celular (RENGEL, 1992; MARSCHNER, 1995; TUNA et al., 2007).

5 Já o potássio, é um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas. Dentre suas
6 funções, o K é responsável por ativar diversas enzimas envolvidas na respiração e na
7 fotossíntese, atua também na regulação osmótica e transporte de carboidratos, além
8 de aumentar, a tolerância ao acamamento e ao ataque de pragas (TAIZ; ZEIGER,
9 2013). Este nutriente encontra-se na solução na forma catiônica (K^+) e seus sais
10 apresentam alta solubilidade, e quando associado à baixa capacidade de troca
11 catiônica (CTC) da maioria dos solos, contribui para a ocorrência de perdas por
12 lixiviação (PRADO, 2008).

13 Além da importância do fornecimento de quantidades equilibradas desses dois
14 nutrientes para as plantas, especialmente para o balanço iônico, alguns trabalhos
15 relatam o uso desses dois macronutrientes para mitigar estresses bióticos e abióticos
16 nos vegetais (HERNANDEZ-GOMEZ et al., 2015).

17 O cálcio e o potássio são citados na literatura como mitigadores do estresse
18 salino, com o papel de reguladores de diversas reações no metabolismo da planta. O
19 Ca pode competir com os íons do K pelo mesmo sítio de absorção, portanto, tem sido
20 sugerido que altos níveis de cálcio podem proteger a membrana celular dos efeitos
21 adversos da salinidade (KAYAR et al., 2003).

22 Submetendo plantas de morango ao estresse salino e aumentando a adubação
23 de Ca e K nas respectivas fontes, $Ca(NO_3)_2$ e KNO_3 , Kayar et al. (2003) observaram
24 que estes íons promoveram moderada mitigação do estresse salino, o suficiente para
25 restaurar os principais parâmetros de crescimento e produção de frutos a níveis
26 próximos daqueles observados para plantas não estressadas por excesso de sal no
27 meio de cultivo.

28 Em revisão de literatura sobre o efeito do Ca no estresse por cádmio (Cd)
29 Rodriguez-Hernandez et al. (2015) puderam concluir que as influências da absorção
30 de Ca e Cd no transporte podem ser atribuídas principalmente à competição entre
31 estes elementos. O Ca, como um cátion bivalente, compartilha muitos transportadores

1 e sítios de ligação com Cd e, assim, o acúmulo e translocação de Cd é suprimido nas
2 plantas. Além disso, o Ca alivia o estresse oxidativo induzido por acúmulo de Cd em
3 plantas, contribuindo para o combate à formação de espécies reativas de oxigênio
4 (EROs), por meio do aumento das atividades antioxidantes das enzimas diminuído
5 assim o estresse na planta causado por esse metal pesado. (HUANG et al., 2017).

6 O cálcio e o potássio também tem sido relatados como mitigador do estresse
7 por amônio em plantas. Neste sentido, Hernandez-Gomez et al. (2015) submeteram
8 plantas de pimentão a concentrações elevadas de amônio e duas concentrações de
9 cálcio na solução nutritiva (Níveis altos e baixos de Ca) e concluíam que o Ca mitigou
10 o crescimento das folhas através da melhoria da condutância hidráulica da raiz, e foi
11 associado com diminuição do vazamento de eletrólitos nas células podendo ser
12 considerado como elemento mitigador da toxicidade amoniacal em plantas.

13 Em estudo realizado com a cultura de *Nicotiana tabacum* sob estresse de
14 cádmio com o uso do potássio (K) como mitigador, Wang et al. (2017) observaram
15 que o K obteve um efeito mitigador na dose 0,5 mmol L⁻¹ aliviando o estresse induzido
16 pelo cádmio, com destaque para o controle do estresse oxidativo o fornecimento de K
17 com excesso de Cd, aumentou o comprimento e o volume da raiz).

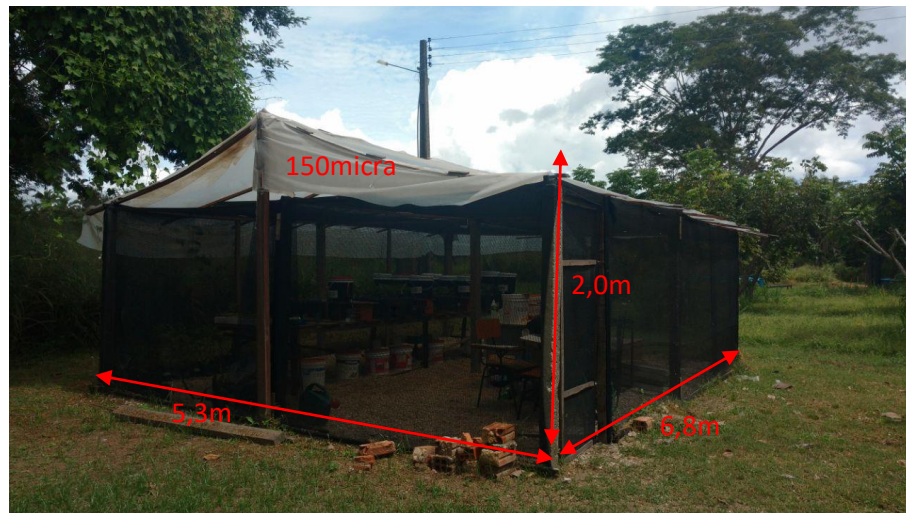
18 O potássio foi utilizado para mitigação de plantas estressada com zinco, onde
19 foi observado que a utilização de 10Mol de K diminuiu o efeito tóxico desse elemento
20 sobre o crescimento das plantas de pessegueiro ainda o suprimento elevado de K⁺
21 promoveu benéficamente a formação de raízes de pessegueiro o que possivelmente
22 assegurou uma absorção de K⁺ pelas raízes das plantas quando expostas a uma
23 oferta suficiente de K⁺ (SONG et al., 2015).

24 25 **3 MATERIAL E MÉTODOS**

26 **3.1 Local e caracterização da área experimental**

27 O trabalho foi desenvolvido em ambiente protegido que possui as seguintes
28 dimensões: 5,3m de largura e comprimento 6,8m com uma altura de 2,0m no
29 Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências
30 Agrárias, Teresina-PI, com as coordenadas geográficas (05° 05' S e 42° 48' W),
31 localizada a uma altitude de 77 metros durante o período de janeiro a março de 2018
32 (Figura 1).

1
2
3
4
5
6
7
8



9 **Figura 1** Vista panorâmica do ambiente protegido onde foram desenvolvidos os
10 experimentos I e II. Teresina - PI, 2018

11

12 O telado foi coberto com sombrite 50%, piso de brita seixo, bancadas de
13 madeira e cobertura com plástico transparente de 150 micra para evitar precipitações
14 dentro do telado, haja vista que o trabalho tratava-se do uso de solução nutritiva e as
15 mesmas poderiam influenciar nos resultados.

16 O estudo foi realizado com mudas de maracujazeiro-amarelo, cv. Redondo
17 Amarelo, escolhido em virtude de sua aceitação no mercado. As mudas foram
18 cultivadas em bandejas compostas por 32 tubetes com volume de 200 mL, espaçados
19 em (10 x 10 cm) e preenchidos com vermiculita com granulometria de 6mm. O estudo
20 foi desenvolvido em dois experimentos, que estão descritos a seguir:

21

22 **3.2 Experimento I: concentrações de cálcio e proporções de amônio e** 23 **nitrato na nutrição e no crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo**

24 3.2.1 Tratamentos e delineamento experimental

25

26 O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições,
27 arranjado em um esquema fatorial 5 x 2, constituído por cinco concentrações de Ca
28 (0,5; 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 mmol L⁻¹) que corresponde à 10; 50; 100; 200 e 400% da
29 concentração de Ca aplicada na solução nutritiva adaptada de Hoagland e Arnon
30 (1950) e duas proporções de NH₄⁺/NO₃⁻ (sem excesso de amônio, 35/65 e com

1 excesso de amônio, 75/25). O excesso de amônio (75% de amônio) foi determinado
 2 de acordo com Silva Júnior (2015), em função da diminuição de 10% da matéria seca
 3 das mudas no tratamento com 75% de NH_4^+ em relação ao tratamento que promoveu
 4 maior crescimento das plantas, 35% de NH_4^+ . Cada unidade experimental foi
 5 representada por quatro mudas.

6 Para o Experimento I, as proporções de NH_4^+ e NO_3^- foram preparadas
 7 utilizando das fontes cloreto de amônio (NH_4Cl) e nitrato de potássio (KNO_3), enquanto
 8 que para as concentrações de Ca, a fonte empregada foi o cloreto de cálcio, CaCl_2 .
 9 Foram realizados balanceamentos das concentrações de potássio entre os
 10 tratamentos, utilizando-se da fonte cloreto de potássio, KCl . Desta forma, todos os
 11 tratamentos apresentavam a mesma concentração de K, correspondendo a 9,5 mmol
 12 L^{-1} . As fontes e quantidades de todos os nutrientes estão apresentada na (Tabela 1).

13 **Tabela 1** Fontes e concentrações dos nutrientes em função das concentrações de Ca
 14 e proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ na solução nutritiva

Fontes	Concentrações de Ca (mmol L^{-1})									
	0,5		2,5		5,0		10		20	
	Proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$									
	$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$		$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$		$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$		$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$		$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	
	Sem excesso	Com excesso	Sem excesso	Com excesso	Sem excesso	Com excesso	Sem excesso	Com excesso	Sem excesso	Com excesso
NH_4Cl	4,5	9,8	4,5	9,8	4,5	9,8	4,5	9,8	4,5	9,8
KNO_3	8,5	3,2	8,5	3,2	8,5	3,2	8,5	3,2	8,5	3,2
KH_2PO_4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
KCl	---	5,3	---	5,3	---	5,3	---	5,3	---	5,3
MgSO_4	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
CaCl_2	0,5	0,5	2,5	2,5	5,0	5,0	10,0	10,0	20,0	20,0
Micros	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
FeDTA	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
[ΣK]	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5

15 As concentrações dos micronutrientes foram $\text{H}_3\text{BO}_3 = 2,86$; $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 1,81$; $\text{ZnCl}_2 = 0,10$; $\text{CuCl}_2 = 0,04$;
 16 $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = 0,02$ e $\text{Fe-EDDHMA} = 40,0$ (HOAGLAND e ARNON, 1950).

3.3 Experimento II: concentrações de potássio e proporções de amônio e nitrato na nutrição e no crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado constituído por cinco concentrações de potássio (1,5; 3,5; 6,0; 11,0; 21,0 mmol L⁻¹ de K) que correspondem à 10; 50; 100; 200 e 400% da concentração de K aplicada na solução nutritiva proposta por Hoagland e Arnon (1950) e duas proporções de NH₄⁺/NO₃⁻ (35/65, sem excesso de amônio; e 75/25, com excesso de amônio). O excesso de amônio (75% de amônio) foi determinado de acordo com Silva Júnior (2015), em função da diminuição de 10% da matéria seca das mudas no tratamento com 75% de NH₄⁺ em relação ao tratamento que promoveu maior crescimento das plantas, 35% de NH₄⁺. Cada unidade experimental foi representada por quatro mudas. Nesta etapa, as proporções de NH₄⁺ e NO₃⁻ foram preparadas com o uso das fontes cloreto de amônio (NH₄Cl) o nitrato de cálcio [Ca (NO₃) 2.5H₂O], enquanto que as concentrações de K foram preparadas com cloreto de potássio.

Tabela 2 Fontes e concentrações dos nutrientes da solução nutritiva em função das concentrações de K e das proporções de NH₄⁺/NO₃⁻

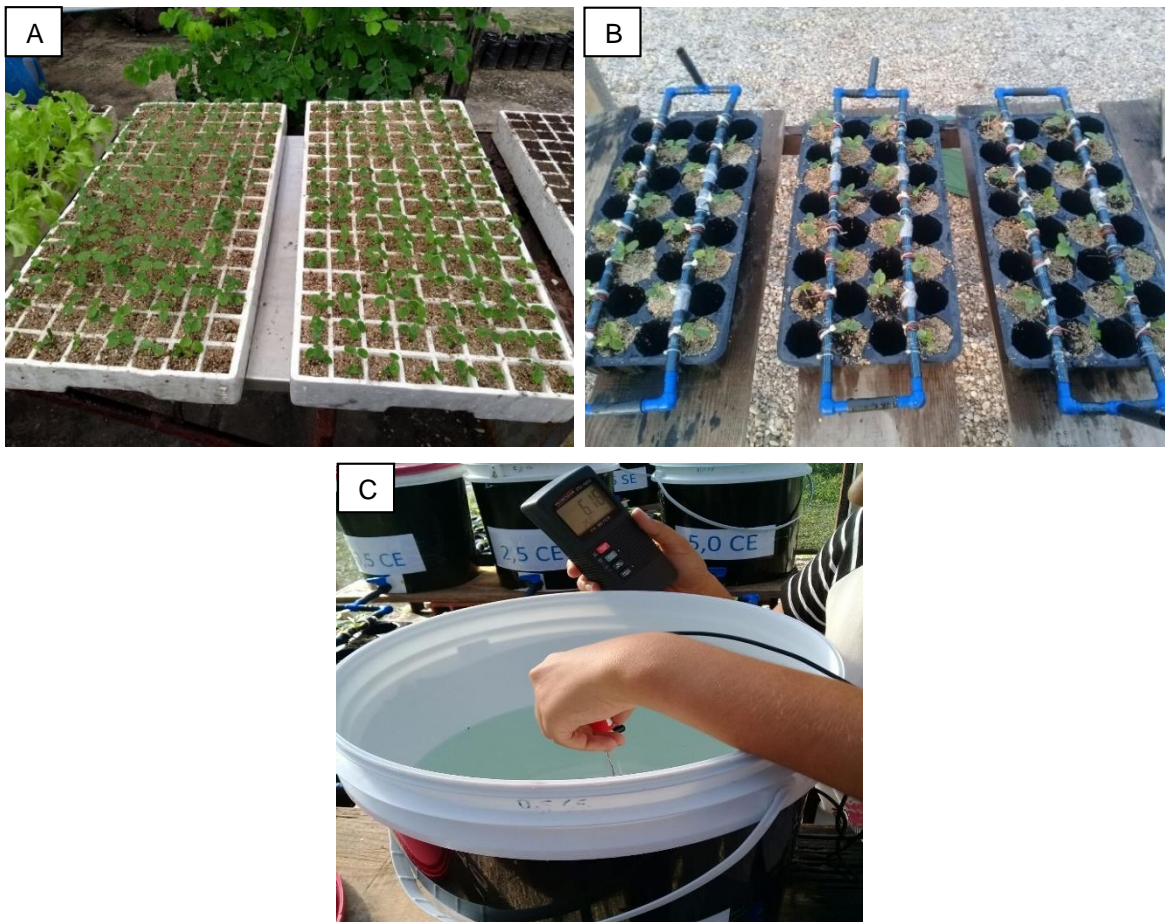
Fontes	Concentrações de K (mmol L ⁻¹)									
	1,5		3,5		6,0		11		21	
	Proporções de NH ₄ ⁺ /NO ₃ ⁻									
	NH ₄ ⁺ /NO ₃ ⁻		NH ₄ ⁺ /NO ₃ ⁻		NH ₄ ⁺ /NO ₃ ⁻		NH ₄ ⁺ /NO ₃ ⁻		NH ₄ ⁺ /NO ₃ ⁻	
	Sem excesso	Com excesso	Sem excesso	Com excesso	Sem excesso	Com excesso	Sem excesso	Com excesso	Sem excesso	Com excesso
NH ₄ Cl	4,5	9,8	4,5	9,8	4,5	9,8	4,5	9,8	4,5	9,8
KNO ₃	8,5	3,2	8,5	3,2	8,5	3,2	8,5	3,2	8,5	3,2
KH ₂ PO ₄	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
CaCl ₂	---	5,3	---	5,3	---	5,3	---	5,3	---	5,3
MgSO ₄	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
KCl	1,5	1,5	3,5	3,5	6,0	6,0	11,0	11,0	21,0	21,0
Micros	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
FeDTA	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
[ΣCa]	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5

As concentrações dos micronutrientes foram H₃BO₃ = 2,86; MnCl₂.4H₂O = 1,81; ZnCl₂ = 0,10; CuCl₂ = 0,04; H₂MoO₄H₂O = 0,02 e Fe-EDDHMA = 40,0 (HOAGLAND e ARNON, 1950).

1 Foram realizados balanceamentos das concentrações de cálcio entre os
2 tratamentos, utilizando-se da fonte cloreto de cálcio, CaCl_2 . Desta forma, todos os
3 tratamentos apresentavam a mesma concentração de Ca, correspondendo à 9,5
4 mmol L^{-1} . As fontes e concentrações de todos os nutrientes estão apresentada na
5 (Tabela 2).

6 7 **3.4 Condições de crescimento das mudas**

8 Para a obtenção das plântulas, a semeadura foi realizada em bandejas de
9 polietileno expandido de 220 células (Figura 2A). Quando as mudas apresentaram
10 dois pares de folhas completamente formadas, foram transplantadas para as bandejas
11 tipo tubetes, 10 dias após a emergência (Figura 2B). As soluções nutritivas foram
12 mantidas com valor de pH $6,0 \pm 0,1$. A calibração do potencial hidrogeniônico foi
13 realizada com o uso de ácido clorídrico e hidróxido de sódio (Figura 2C).



28 **Figura 2** Emergência das mudas em bandejas de isopor (A); transplântio das mudas
29 para os tubetes (B) e monitoramento do pH da solução nutritiva. Teresina-PI, 2018.

3.5 Capacidade máxima de retenção de água do substrato (CRA)

Para o manejo da irrigação, foi determinada a capacidade máxima de retenção de água no substrato (CRA), todos os tubetes de cada bandeja foram preenchidos com 30 g de vermiculita e então submetidos a ascensão capilar, colocando-os em recipiente com lâmina de água contendo 2/3 da altura dos tubetes da bandeja até verificar-se a saturação do substrato. Após esta etapa, foi realizada a drenagem natural, cobrindo-se as bandejas com um plástico preto para evitar a evaporação as amostras saturadas foram pesadas e levadas para a estufa de circulação forçada de ar a 105 °C até atingirem massa constante, com duração de aproximadamente 24 horas. Após este procedimento, a umidade foi quantificada pelo método gravimétrico (equação 1).

$$\%Umidade = \frac{(PU-PS)}{PS} * 100 \quad (1)$$

onde:

PU(g)= peso úmido

PS(g)= peso seco

3.6 Manejo e aplicação da solução nutritiva

Para a aplicação das soluções nutritivas correspondentes aos respectivos tratamentos foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento adaptado para bandejas, utilizando-se gotejadores do tipo microtubo Spaghetti com comprimento 30 cm, dimensionado para operarem em uma vazão de 0,168 L h⁻¹ com uma carga hidráulica de 0,15 mca (Figura 3A e 3B).



Figura 3. Sistema de fertirrigação por gotejamento adaptado para bandejas, com gotejadores do tipo microtubo Spaghetti. Teresina-PI, 2018.

1 O controle da irrigação foi realizado pelo método gravimétrico (pesagem diária das
 2 unidades experimentais), considerando-se a massa do substrato e de água, conforme
 3 metodologia descrita por Freire et al. (1980), a diferença de massa foi então atribuída
 4 a evapotranspiração das mudas. Estas plantas era então irrigadas com uma lâmina
 5 de irrigação sempre maior que a evapotranspiração das plantas para garantir que o
 6 substrato atingisse sempre a capacidade de “container”, definida por White e
 7 Mastalerz (1966) como sendo a quantidade de água que permanece no substrato
 8 após a drenagem e antes da evaporação. A carga hidráulica era mantida em 0,15 mca
 9 para evitar variação da vazão nos emissores, obtiveram-se os dados de temperatura
 10 média do ar e umidade relativa do ar, coletados diariamente dentro do telado, com
 11 auxílio de um termo-higrômetro digital (Instrutemp®) no período do transplântio até a
 12 coleta das plantas nos experimentos I que duração de 23 dias e o experimento II 45
 13 dias correspondendo ao meses de Janeiro a Maio de 2018 (Figura 4). Foi realizado a
 14 quantificação da exigência térmica diária das plantas, em graus dias, utilizando-se da
 15 temperatura basal de 8° C para o crescimento inicial do maracujazeiro, está de acordo
 16 com Marciel et al. (1994), contabilizando-se as unidades térmicas diárias acumulação
 17 em cada período de crescimento das mudas, conforme a seguinte equação:

$$18 \quad GD = (T_m - T_b) + \frac{(T_M - T_m)}{2} = \text{graus} - \text{dia}; (T_b < T_m)$$

(2)

20 Sendo:

21 GD= graus-dia

22 TM= temperatura máxima diária

23 Tm= temperatura máxima diária

24 Tb= temperatura basal

25

26

27

28

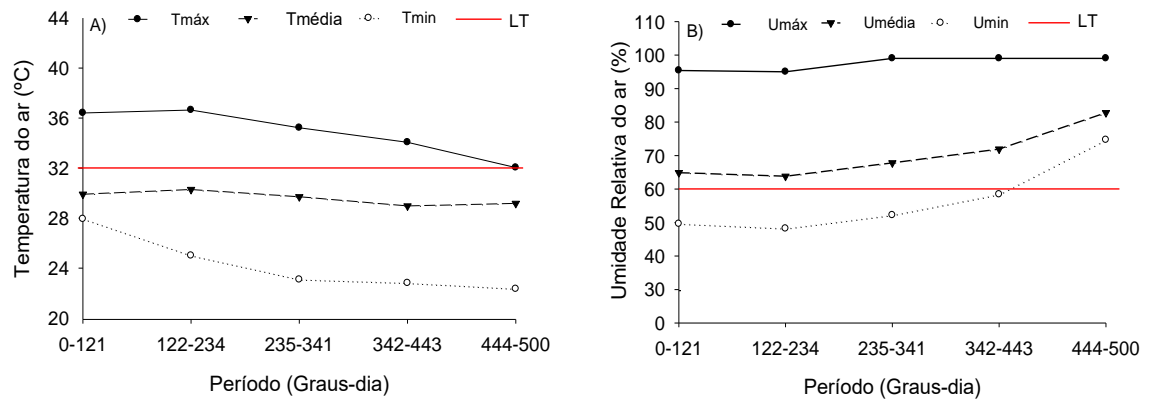
29

1

Experimento I

2

3



Experimento II

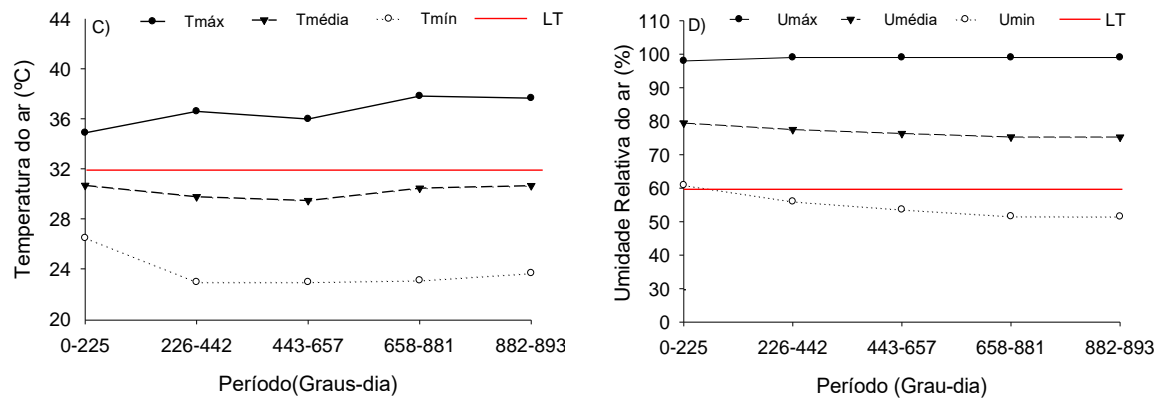


Figura 4. Valores de temperatura média do ar (A e C) e umidade relativa do ar (B e D), e Limites tróficos (LT) obtidos dentro do telado durante a condução dos experimentos I e II, respectivamente, em função do período de graus-dia acumulados durante o desenvolvimento dos experimentos.

4

3.6 Variáveis analisadas

5

6

7

8

9

Para avaliar o desempenho das mudas de maracujazeiro-amarelo quanto a aplicação dos tratamentos, analisou-se as características de crescimento aos 23 dias após o transplante, no Experimento I e aos 45 dias no Experimento II quando a maioria das mudas começaram a emitir a primeira gavinha, condição na qual as plantas estavam aptas para serem transplantadas no campo.

1 Nesta ocasião, para ambos os experimentos, foram realizadas as seguintes
2 avaliações: i) altura de plantas: determinada da base do caule à inserção da primeira
3 folha completamente desenvolvida com auxílio de trena milimétrica (Figura 5A); ii)
4 diâmetro do caule: mensurado a 2 cm da base do caule da muda por meio de leituras
5 com paquímetro digital (Starrett® 727-2001) (Figura 5B); iii) número de folhas:
6 determinado por contagem visual; iii) área foliar (cm²): obtida pelo somatório de todas
7 as plantas através do integrador de área de bancada marca LI-COR, modelo LI-3100
8 (Figura 5C). iv) comprimento radicular (cm): avaliando-se o comprimento da raiz
9 principal, com o auxílio de régua milimetrada (Figura 5D); vii) volume de raiz: realizado
10 pelo desvio da coluna de água com auxílio de proveta graduada, 20 mL (Figura 5E);
11 viii) índice de clorofila foliar: Avaliou-se a quarta folha completamente desenvolvida,
12 considerada a folha diagnose de mudas de maracujazeiro-amarelo (MALAVOLTA et
13 al., 1997), utilizando-se clorofilômetro portátil (ClorofiLOG®, CFM-1030, Falker)
14 (Figura 5F).

15 Para a separação de raízes e parte aérea das mudas retirou-se a planta do
16 tubete e em seguida retirou o substrato do sistema radicular, por meio de água
17 corrente. Por fim, o material coletado foi acondicionado em sacos de papel tipo kraft,
18 e levados para secagem em estufa de circulação forçada de ar (65 ± 5 °C) até obter
19 massa constante, com duração de 48 horas. Em seguida, obtiveram-se as massas
20 das matérias secas da raiz e da parte aérea das plantas.

21 O material vegetal foi moído, macerado em almofariz e em seguida foram
22 encaminhados para o laboratório de Nutrição de Plantas da Unesp – Campus de
23 Jaboticabal, para determinação dos teores de N, K, Ca e Mg, seguindo a metodologia
24 descrita por Bataglia et al (1983). Em função dos teores desses nutrientes e das
25 massas das matérias secas, calculou-se o acúmulo de N, K, Ca e Mg nas raízes e na
26 parte aérea (mg por planta).

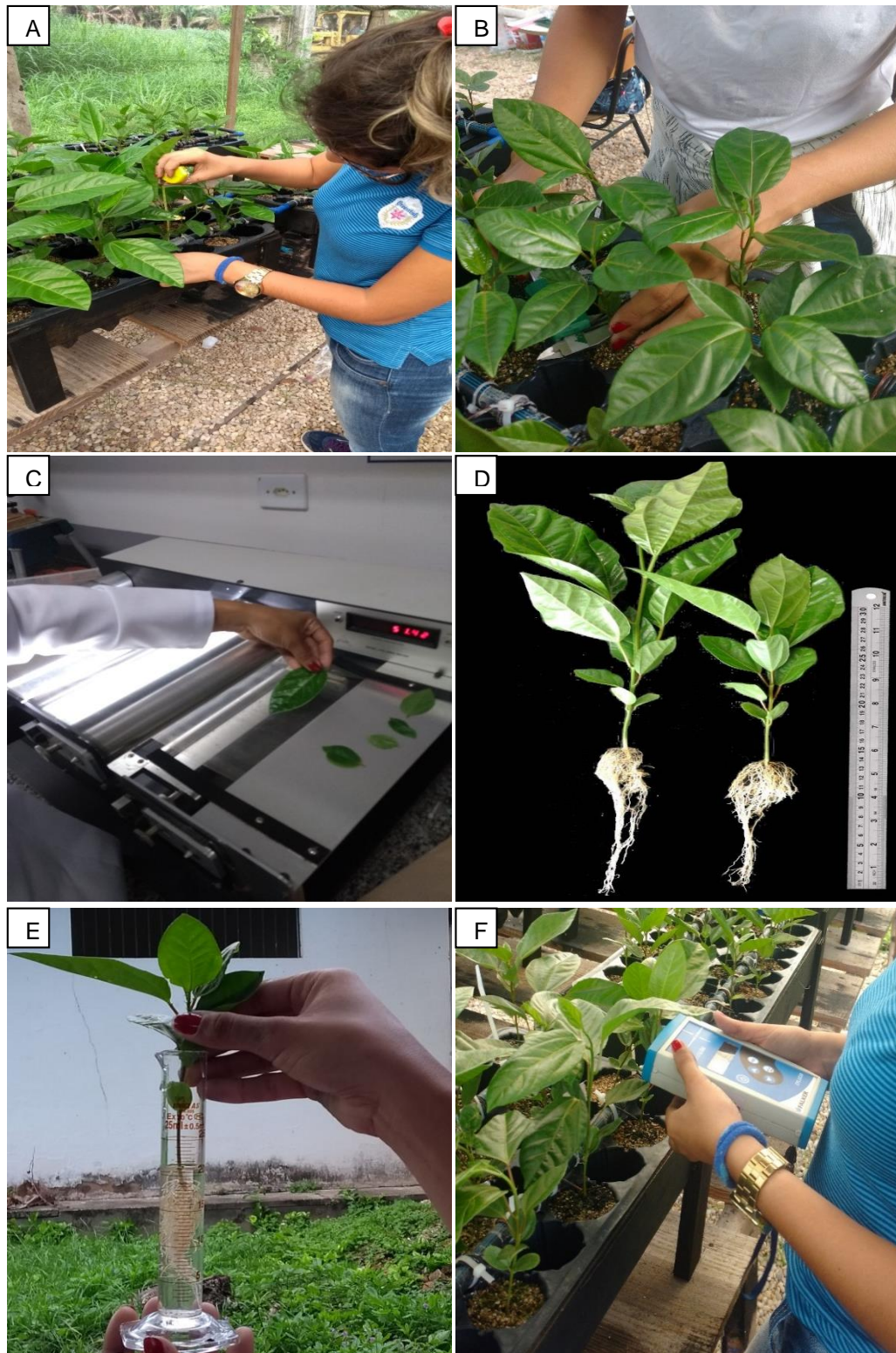
27

28

29

30

31



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19

20 **Figura 5.** Avaliação de altura de plantas (A), diâmetro do caule (B), área foliar (C),
21 comprimento de raiz (D), volume de raiz (E) e índice de clorofila foliar (F) de mudas
22 de maracujazeiro-amarelo. Teresina, 2018.

23 3.7 Análises estatísticas

24 Em ambos os experimentos, os dados foram submetidos à análise de variância,
25 pelo teste F ($P \leq 0,05$). Para o fator qualitativo, proporções de amônio/nitrato, as

1 médias foram comparadas pelo teste Tukey ($P < 0,05$) enquanto que, para os fatores
 2 quantitativos, concentrações de Ca (experimento I) e concentrações de K
 3 (Experimento II) aplicou-se a análise de regressão polinomial utilizando-se do
 4 Software Assistat 7.6 beta (SILVA; AZEVEDO, 2006). Todos os gráficos foram obtidos
 5 com o uso do software SigmaPlot 11.0.

6 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7 Experimento I: Proporções de amônio e nitrato e concentrações de Ca na 8 mitigação da toxicidade amoniacal no crescimento de mudas de maracujazeiro- 9 amarelo.

10 4.1 Acúmulo de N, K, Ca, Mg

11 As proporções de N e concentrações de Ca influenciaram no acúmulo dos
 12 nutrientes nas plantas. Houve interação entre as concentrações de Ca e as
 13 proporções de NH_4^+ e NO_3^- na solução nutritiva para acúmulo de N na raiz e parte
 14 aérea para K na raiz, Mg parte aérea (Tabela 3).

15 **Tabela 3** Resumo da análise de variância e resultados médios do acúmulo de N, K,
 16 Ca, Mg na raiz e parte aérea de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de
 17 concentrações de Ca e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva

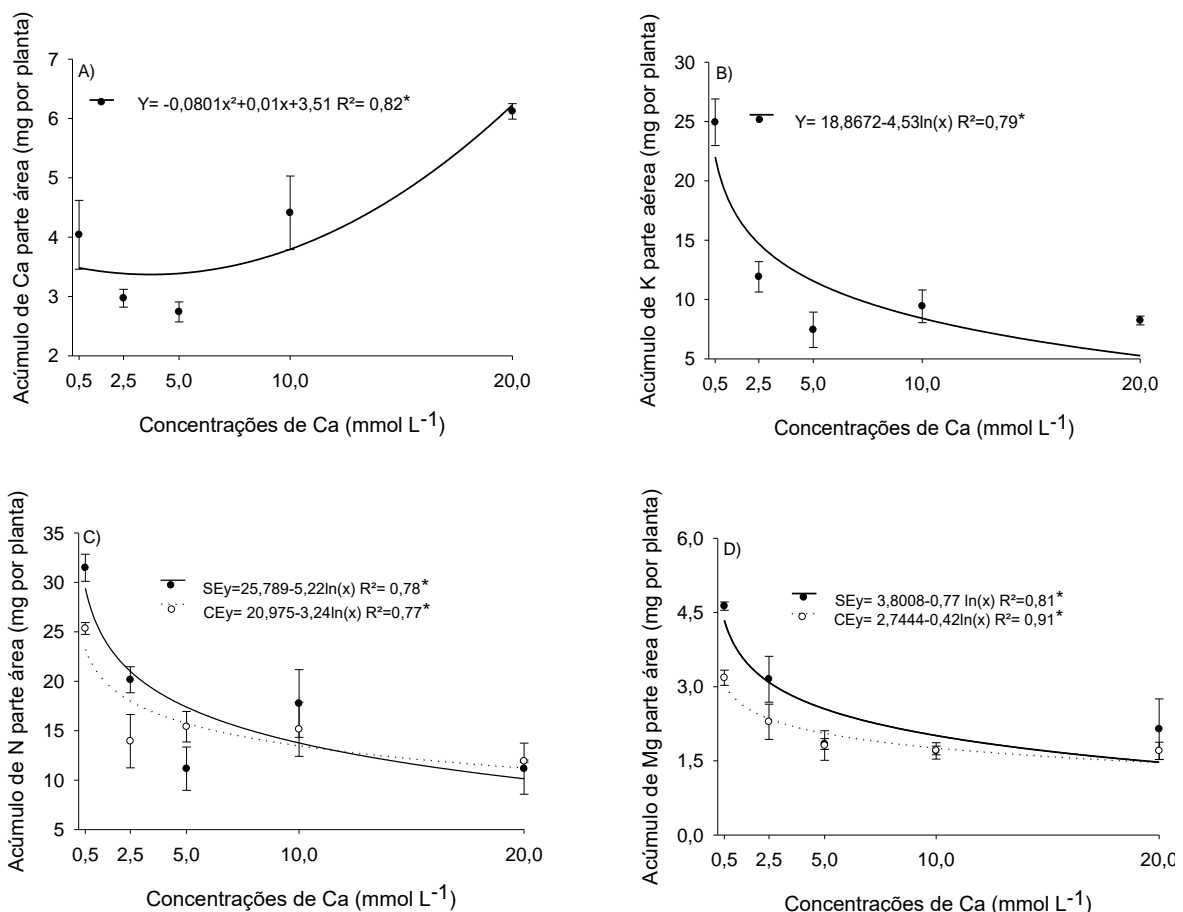
Concentração de Ca mmol L ⁻¹	N		K		Ca		Mg	
	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea
-----mg por planta-----								
0,5	1,65	28,41	1,97	24,94	0,26	4,04	0,75	3,90
2,5	1,39	17,05	1,54	11,92	0,19	2,97	1,14	2,75
5,0	1,13	13,28	1,11	7,45	0,21	2,74	0,99	1,82
10	1,23	16,44	1,17	9,43	0,28	4,41	0,58	1,70
20	1,42	11,94	1,55	8,23	0,47	6,12	0,90	1,92
Proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$								
35/65	1,41a	18,50a	1,54a	13,41a	0,27a	4,14a	0,99a	2,69a
75/25	1,32a	16,35b	1,40a	11,38b	0,29a	3,98a	0,75b	2,14b
DMS	0,11	1,36	0,14	1,10	0,03	0,40	0,07	0,19
-----Teste F-----								
Ca	26,54**	55,04**	51,10**	178,12**	58,06**	80,03**	5,78*	79,57*
$P(\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-)$	2,30 ^{ns}	10,43**	4,15 ^{ns}	14,15**	0,91 ^{ns}	0,69 ^{ns}	39,31**	33,74**
Ca x P	10,0**	8,80**	5,30**	2,5 ^{ns}	2,17**	2,53 ^{ns}	12,33**	8,20**
C. V. (%)	16,07	12,07	15,11	13,75	19,97	15,53	13,64	12,51

18 C.V.= coeficiente de variação; *, ** e ns = significativo ao nível de $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ e não significativo, P
 19 \leq respectivamente, pelo teste F.

20

1 Verificou-se efeito individual de Ca na raiz e parte aérea, não houve ajustes
 2 matemáticos de regressão que explicasse os fenômenos econômicos para Mg raiz,
 3 observa-se que houve um maior acúmulo dos nutrientes na proporção sem excesso
 4 de amônio estando isso relacionado ao fato de que o nitrato não causa toxicidade às
 5 plantas em quantidades elevadas (LASA et al., 2002) (Tabela 3).

6 Observou um aumento no acúmulo de Ca nas mudas tanto no ambiente com
 7 excesso quanto no ambiente sem excesso podendo este resultado ter ocorrido em
 8 consequência desse nutriente está presente na sua fração principal nas paredes
 9 celulares formando os pectatos de cálcio protegendo a membrana celular da planta
 10 de efeitos adversos causados a célula o mesmo atingiu um valor máximo para
 11 acúmulo na parte aérea de 3,51 mmol L⁻¹ Figura (6A), percebeu-se para os demais
 12 nutrientes que a medida que se aumentou a concentração de Ca tanto na solução
 13 com excesso quanto sem excesso houve uma diminuição no acúmulo dos nutrientes
 14 K, Mg, N na parte aérea das mudas (Figura 6).



32 **Figura 6** Acúmulo de Ca, K, N, Mg na parte aérea de mudas de maracujazeiro -
 33 amarelo, em função de concentrações de Ca e proporções de NH₄⁺ e NO₃⁻ em solução
 34 nutritiva sem excesso e com excesso de amônio.

1 Esses resultados estão relacionados tanto ao excesso de amônio que influencia
 2 no sistema radicular das plantas diminuindo assim a absorção dos nutrientes, assim
 3 como uma interação antagônica ocorrida desse íon como foi observado por Santos et
 4 al., (2017) trabalhando com tomate cereja em solução salina observou que à medida
 5 que a concentração de Ca aumentou a de Mg reduziu e o inverso ocorria quando a
 6 concentração de Ca reduziu e a de Mg aumentou.

7 Existem alguns trabalhos que demonstram a diminuição do acúmulo dos
 8 macronutrientes K, N, Mg quando do fornecimento de amônio em quantidade tóxica a
 9 planta como o trabalho de Barreto et al., 2018 trabalhando com tomate em solução
 10 nutritiva com fonte de N verificou que o NH_4^+ , independentemente da sua fonte, foi
 11 prejudicial para a absorção dos nutrientes Ca, K, Mg, resultados semelhantes também
 12 foram encontrados por Guimarães et al., 2014 em estudo com eucalipto onde na
 13 proporção 75/25 ocorreu uma queda no acúmulo dos macro nutrientes Mg e K na parte
 14 aérea, diferente do que se observou para o Ca que obteve um acúmulo adequado
 15 para a espécie em estudo.

16 Para o acúmulo dos nutrientes na raiz ocorreu ajuste de regressão apenas para
 17 os cátions Ca e N, possivelmente devido ao efeito tóxico do amônio nas plantas,
 18 causando danos ao sistema radicular, prejudicando absorção dos nutrientes (LI et al.,
 19 2014).

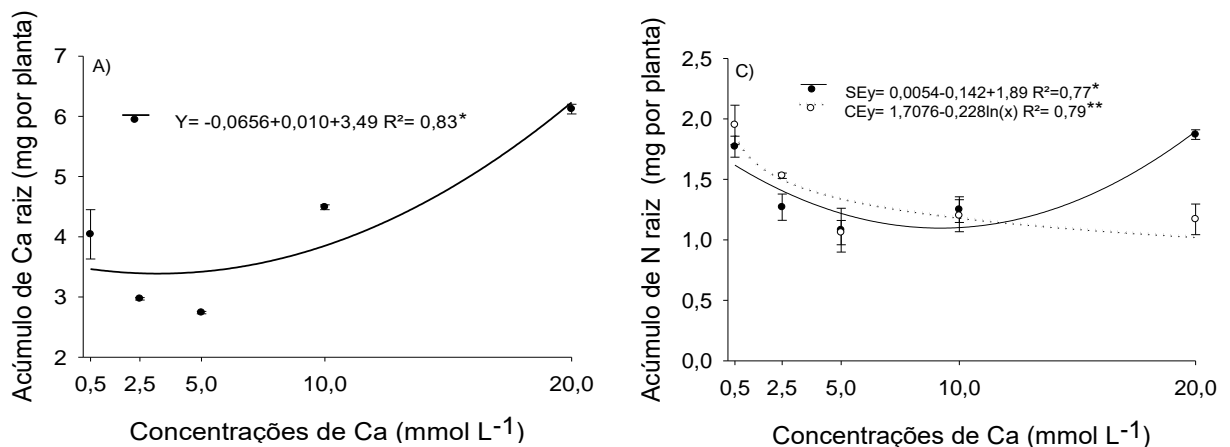


Figura 7 Acúmulo de Ca, N na raiz de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de concentrações de Ca e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.

Independentemente das duas soluções sem excesso e com excesso de amônio a medida que foram aumentando as concentrações de cálcio ao sistema houve

1 aumento no acúmulo do nutriente (Figura 7A), fato este que está relacionado ao papel
2 do cálcio na proteção da membrana celular quando essas estão sob estresse,
3 resultados diferente ao encontrado por Silva Junior (2015) em seu trabalho com
4 maracujazeiro-amarelo que o fornecimento de proporções de amônio e nitrato de
5 75/25, foi prejudicial ao acúmulo desse nutriente.

6 Para o acúmulo de N na raiz (Figura 7B) observa-se que as concentrações de
7 Ca promoveram acúmulo de N no ambiente sem excesso de amônio, em decorrência
8 que o aumento de amônio nessa proporção 35/25 no citoplasma da célula não foi
9 prejudicial as mudas de maracujazeiro, isso dá-se ao fato da planta ter desenvolvido
10 mecanismo para manter a homeostase desses íons na célula não prejudicando o
11 desenvolvimento da planta. No ambiente com excesso houve diminuição do acúmulo
12 desse cátion em virtude da competição que este nutriente tem com o Ca pelos
13 mesmos sítios de absorção e cálcio em concentrações elevada proporcionou a
14 diminuição dos efeitos tóxicos causado pelo NH_4^+ em excesso resultado semelhantes
15 ao encontrados por Campos et al., 2013 trabalhando com proporções de N na cultura
16 do pepino.

18 **4.2 Crescimento e produção de matéria seca das plantas.**

19 Houve interação entre as concentrações de Ca e proporções de amônio sobre
20 índice de clorofila, altura de planta, área foliar e índice de Clorofila, comprimento de
21 raiz. Verifica-se efeito individual de proporções de amônio e de concentrações de Ca
22 apenas para o número de folhas, esses resultados podem estar relacionados ao
23 prejuízo causado pelo amônio nas raízes pois está variável nesse estudo teve seu
24 desenvolvimento prejudicado o que levou uma diminuição na absorção de nutrientes
25 (Tabela 4).

26 Altura de planta, área foliar ajustaram-se ao modelo logaritmo decrescente
27 quanto que o comprimento de raiz ajustou-se ao modelo de regressão linear
28 decrescente, com tendência de diminuição destas variáveis em função do aumento
29 das concentrações de Ca no meio de cultivo. Para estas variáveis estudadas o
30 excesso de amônio na solução nutritiva provocou diminuição independente da
31 concentração de Ca isso deve-se ao efeito tóxico do NH_4^+ às plantas de
32 maracujazeiro (Figura 8).

1 **Tabela 4.** Resumo da análise de variância e resultados médios índice de clorofila,
 2 altura de plantas, número de folhas, área foliar, comprimento de raiz de mudas de
 3 maracujazeiro, em função de concentrações de Ca e de proporções de NH_4^+ em
 4 relação ao NO_3^- na solução nutritiva

Concentrações de Ca mmol L ⁻¹	Índice de clorofila foliar	Altura de Plantas (cm)	Número de folhas (unid)	Área foliar (cm ²)	Comprimento de Raiz (cm)
0,5	43,97	18,86	8,09	238,63	3,36
2,5	48,50	12,30	6,59	144,59	3,54
5,0	51,14	10,52	5,90	78,72	3,36
10,0	53,71	10,95	6,15	94,03	3,42
20,0	51,78	10,54	5,78	79,14	3,58
Proporções de $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$					
35/65	50,31a	12,79a	6,28b	131,29a	3,47 ^a
75/25	49,33a	12,47a	6,72a	122,75a	3,44 ^a
DMS	1,44	0,58	0,32	10,88	0,08
-----Teste F-----					
Ca	113,58 ^{**}	145,19 ^{**}	23,46 ^{**}	115,45 ^{**}	4,90 [*]
P($\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$)	9,60 ^{ns}	1,25 ^{ns}	7,73 ^{**}	2,56 ^{ns}	0,60 ^{ns}
Ca x P	8,25 ^{**}	9,79 ^{**}	1,45 ^{ns}	3,81 [*]	6,42 ^{**}
C.V.(%)	4,48	7,19	7,64	18,28	3,62

5 C.V.= coeficiente de variação; *, ** e ns = significativo ao nível de $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ e não significativo, $P \leq$ respectivamente,
 6 pelo teste F.

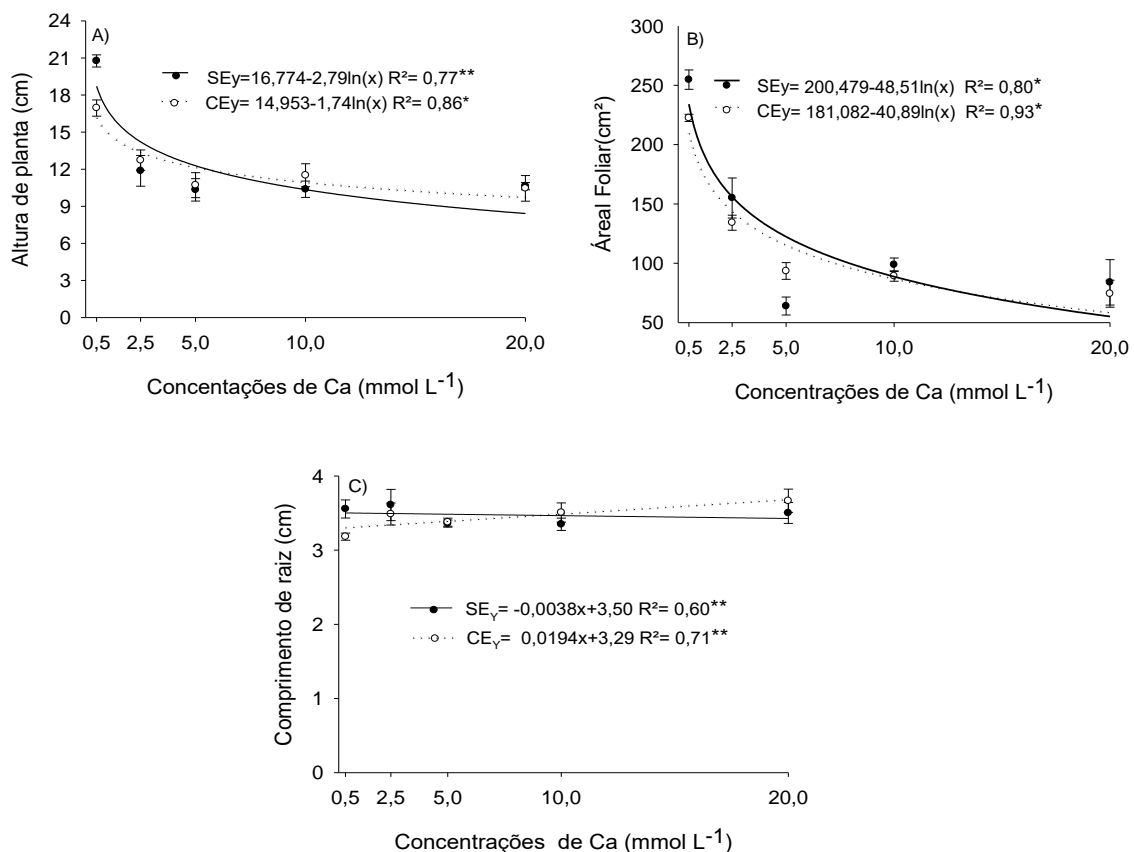
7 Este efeito tóxico do amônio, causando prejuízo sobre as variáveis de
 8 crescimento de planta foi observado em plantas de *Raphanus sativus* L. (VICIEDO
 9 et al., 2017); de *Lactuca sativa* L. (OHSE et al., 2017) e *Cucumis sativus* (CAMPOS
 10 et al., 2016), isto porque esse íon em excesso a planta não consegue manter a
 11 homeostase na célula resultando em prejuízos para as células das plantas.

12 Para os parâmetros altura de planta e área foliar verifica-se efeito benéfico do
 13 cálcio na mitigação da toxicidade amoniacal até a concentração de 5 mmol L⁻¹ de Ca,
 14 ou seja, a partir desta concentração, os valores de altura de plantas foram maiores
 15 nas plantas cultivadas com excesso de amônio, inferindo que o Ca cálcio atenuou os
 16 efeitos tóxicos do amônio. Este efeito do Ca está relacionado com a manutenção da
 17 integridade física da membrana celular e pelo controle da seletividade da captação e
 18 transporte de íons (MARSCHNER, 2012).

19 Nos tecidos vegetais, o Ca está presente na forma de pectatos de Ca, na
 20 lamela média das células, tornando a parede celular mais rígida e espessa, atuando
 21 como uma barreira física de proteção das células. Em complemento, o Ca^{2+} , cátion

1 bivalente, compartilha muitos transportadores de íons e canais de transporte e sítios
 2 de ligação com o amônio e, desse modo, pode suprimir ou controlar a translocação
 3 de amônio nas plantas (RODRIGUEZ-HERNANDEZ et al., 2015).

4 O efeito mitigador do Ca em condições de estresse abiótico também foi
 5 relatado por Li et al. (2015) em estudo observando o efeito do cálcio sobre o estresse
 6 por cádmio nas raízes de *Arabidopsis* onde os autores observaram que a
 7 suplementação de Ca no meio de cultivo restaurou o transporte e distribuição normal
 8 das auxinas nas plantas e, com isso, diminui o efeito deletério do cádmio sobre o
 9 crescimento e desenvolvimento das plantas. Estes mesmos autores também relatam
 10 que o fornecimento de Ca em concentrações equilibradas em solução nutritiva
 11 contribui para um aumento da absorção de outros nutrientes, especialmente os
 12 catiônicos, devido ao equilíbrio do fluxo de íons na célula com incrementos no
 13 crescimento e desenvolvimento das plantas, porém, quando em concentrações
 14 elevadas, pode haver competição iônica entres estes cátions.



15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24 **Figura 8.** Altura de plantas (A), área foliar (B) e comprimento de raiz (C) de mudas
 25 de maracujazeiro-amarelo, em função de concentrações de Ca e proporções de NH₄⁺/
 26 NO₃⁻ em solução nutritiva.

1 Por outro lado, em baixas concentrações de cálcio ($> 5 \text{ mmol L}^{-1}$), o excesso
2 de NH_4^+ causou diminuição da altura de plantas e área foliar das mudas. Estes
3 resultados estão relacionados ao fato de que a absorção de Ca ocorre unicamente
4 nas raízes jovens, especificamente nas zonas meristemáticas, onde as células da
5 endoderme ainda não estão suberizadas (PRADO, 2008; MARSCHNER, 2012;), e o
6 excesso de NH_4^+ causa injúrias a essas estruturas radiculares, diminuindo seu
7 desenvolvimento e conseqüentemente a absorção de nutrientes (BRITTO;
8 KRONZUCKER, 2002; LIU et al., 2013). De modo geral e para toda as culturas,
9 Hongland e Arnon (1950) recomendam que a concentração de Ca na solução nutritiva
10 padrão é de 5 mmol L^{-1} . Entretanto, nas condições que foram submetidas este estudo
11 foi observado que a melhor concentração de Ca para as variáveis estudadas foi de
12 $0,5 \text{ mmol L}^{-1}$, menor concentração, (Figura 8). A diminuição das variáveis altura de
13 planta e área foliar para concentrações acima $0,5 \text{ mmol L}^{-1}$ de Ca, pode estar
14 relacionado às competições iônicas com outros elementos, como K e Mg, o que pode
15 ter causado diminuição na absorção e acúmulo desses nutrientes contribuindo para
16 um decréscimo nos parâmetros de crescimento da planta.

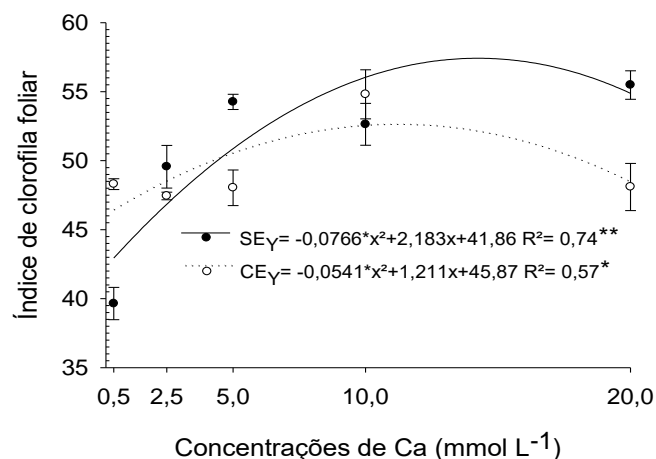
17 Observa-se que para este estudo as raízes tiveram o seu crescimento ajustado
18 pela regressão linear, verificando-se diminuição no crescimento das raízes
19 influenciadas pelas proporções de N (Figura 8C). O aumento da concentração de
20 amônio no meio de cultivo, relacionado com a diminuição do crescimento das raízes
21 já foi relatado por vários autores (SILVA JÚNIOR, 2015; BARRETO, 2015; SILVA et
22 al., 2016). Isto pode estar relacionado ao gasto energético exercido pela planta para
23 assimilar o nitrato onde este poderia ser utilizado para o seu desenvolvimento. Os
24 resultados da presente pesquisa são semelhantes ao realizados em trabalhos com
25 *Arabidopsis thaliana* onde verificou que o comprimento das raízes primárias foi
26 significativamente diminuído quando o amônio foi fornecido como fonte de N (AAYA
27 et al., 2016).

28 O cálcio possui uma importante função que contribui para o crescimento
29 radicular, faz parte da pectina por meio dos pectatos de cálcio sendo requerido para
30 a alongação e divisão mitótica celular; isto se reflete no crescimento radicular
31 (PRADO, 2008). No presente estudo foi observado sintomas visuais que demonstram
32 à ação do amônio sobre o sistema radicular e área foliar sintomas semelhantes aos

1 encontrado em orquídeas epífitas Matovani (2017), Tomate (BARRETO et al., 2016),
2 e *Cucumis sativus* L (ROOSTA;SCHJOERRING, 2008).

3 Para a variável índice de clorofila foliar, o cálcio proporcionou um incremento
4 da mesma atingindo valores máximos de 57,42 correspondendo a concentração de
5 14,24 mmol L⁻¹ para as plantas cultivadas em solução nutritiva sem excesso de amônio
6 e 52,65 com a concentração de 11,19 mmol L⁻¹ para com excesso de amônio (Figura
7 9).

8 O incremento da cor verde das folhas proporcionado pelo aumento de Ca é
9 devido á maior formação de pigmentos de clorofila, em virtude de o cálcio
10 desempenhar um papel importante na regulação da fotossíntese de plantas, incluindo
11 o fluxo de elétrons fotossintéticos e as reações de metabolismo dependentes da luz
12 (HOCHMAL et al., 2015). Este cátion como se apresenta em altas concentrações nos
13 cloroplastos e é nesta organela onde estão armazenados os pigmentos
14 fotossintetizantes, e desta forma, aumenta o índice de cor de verde das folhas. Em
15 estudo sobre os efeitos da deficiência de Ca na fotossíntese de *Coffea arabica*,
16 Ramalho et al., (1994) confirmaram que o Ca desempenhou um papel fundamental na
17 manutenção da eficiência fotoquímica do fotossistema II, PSII e na estabilização da
18 clorofila, maior índice de clorofila foliar nas plantas.



29
30 **Figura 9** Índice de clorofila foliar de mudas de maracujazeiro-amarelo em função de
31 concentrações de Ca e proporções de NH₄⁺/NO₃⁻ em solução nutritiva.

32 Não houve efeito de interação entre as proporções de amônio e doses de cálcio
33 para a variável volume de raiz, matéria seca da parte aérea e raiz. As matérias secas

1 da raiz e da parte aérea e das mudas foram influenciadas pelo efeito individual das
2 proporções de amônio e das concentrações de cálcio (Tabela 5).

3 **Tabela 5.** Resumo da análise de variância e resultados médios do volume de raiz e
4 da matéria seca da raiz e da parte aérea de mudas de maracujazeiro, em função de
5 concentrações de Ca e de proporções de NH_4^+ em relação ao NO_3^- na solução nutritiva

Concentrações de (Ca) (mmol L ⁻¹)	Volume cm ³	Matéria Seca	
		Parte Aérea	Raiz
		-----g por planta -----	
0,5	1,48	0,75	0,08
3,5	1,44	0,48	0,07
6,0	1,17	0,34	0,06
11,0	1,51	0,42	0,06
21,0	1,18	0,41	0,05
Proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (P)			
35/65	1,33a	0,51a	0,07a
75/25	1,38a	0,45b	0,06b
DMS	0,18	0,05	0,006
----- Teste F -----			
Ca	2,67 ^{ns}	41,47 ^{**}	9,89 ^{**}
$\text{P}(\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-)$	0,32 ^{ns}	4,88 [*]	5,17 ^{**}
Ca x P	1,51 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,33 ^{ns}
C.V.(%)	21,11	17,92	14,06

6 C.V.= coeficiente de variação; *, ** e ns = significativo ao nível de $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ e não significativo respectivamente, pelo
7 teste F.

8 Houve diminuição na matéria seca das raízes e da parte aérea das plantas
9 cultivadas com excesso de amônio devido ao efeito tóxico do NH_4^+ sobre estas
10 variáveis de crescimento (Figura 10), a melhor dose de Ca para estas variáveis de
11 matéria seca foi observada na dose 0,5 mmol L⁻¹ onde promoveu as maiores medias
12 embora a partir dessa dose houve diminuição de todos os parâmetros avaliados
13 (Figura 10).

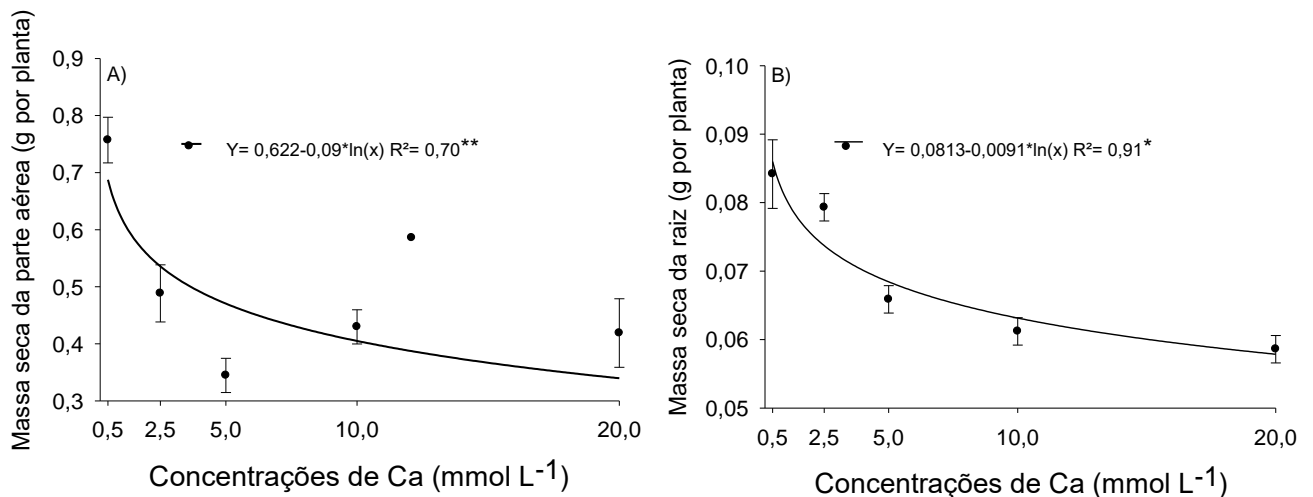
14 Resultado semelhante também foi observado em plantas de *Solanum*
15 *lycopersicum* cultivadas em estufas estudando concentrações de amônio com uso de
16 solução nutritiva onde verificou-se um decréscimo linear da matéria seca com o uso
17 de concentrações superiores a 1 mmol L⁻¹ (BARRETO et al., 2016).

18 Em estudos recentes com *Raphanus sativus* L foi observado que a dose tóxica
19 de 30mmol L⁻¹ reduziu em 10% o rendimento máximo de massa seca da parte aérea
20 (VICIEDO et al., 2017). Entretanto alguns trabalhos mostram que a combinações

1 equilibradas das duas fontes de N (NH_4^+ e NO_3^-) tendem a promover maior
2 crescimento das plantas independentemente da fase fenológica das culturas.

3 Em estudo sobre concentrações de nitrogênio e toxicidade amoniacal em
4 mudas de maracujazeiro, Silva Júnior (2015) afirma que para a formação de mudas,
5 a solução nutritiva deve ter 13 mmol L^{-1} de N, com 35% deste nutriente na forma de
6 amônio. Este autor infere que o maracujazeiro é uma planta tolerante ao amônio, no
7 entanto, concentração crítica acima de $4,5 \text{ mmol L}^{-1}$ de NH_4^+ na solução nutritiva
8 diminui a produção de matéria seca das mudas, podendo causando necrose foliar e
9 até mesmo morte das plantas.

10 É importante ressaltar que neste trabalho as plantas foram cultivadas por um
11 período de vinte três dias sob a aplicação dos tratamentos (Figura 4) e não foram
12 observados sintomas visuais da toxicidade amoniacal nas folhas, tais como, clorose,
13 necrose, murchamento e senescência das folhas e morte das plantas.



14

15 **Figura 10** Massa seca da parte aérea (A) e massa seca da raiz (B) em função de
16 concentrações de Ca e proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$

17 A não observação destes sintomas clássicos é justificada, provavelmente, pelo
18 tempo de cultivo das mudas, após o transplântio e aplicação dos tratamentos. Este
19 período de cultivo foi baseado de acordo com desenvolvimento ideal para transplântio
20 das mudas no campo, com formação de gavinhas na maioria das plantas, seguindo
21 recomendações de São José (1995).

22 Nos dois experimentos foi possível observar que a temperatura influenciou no
23 acúmulo de graus-dia, no experimento I com as temperatura mais elevadas no início

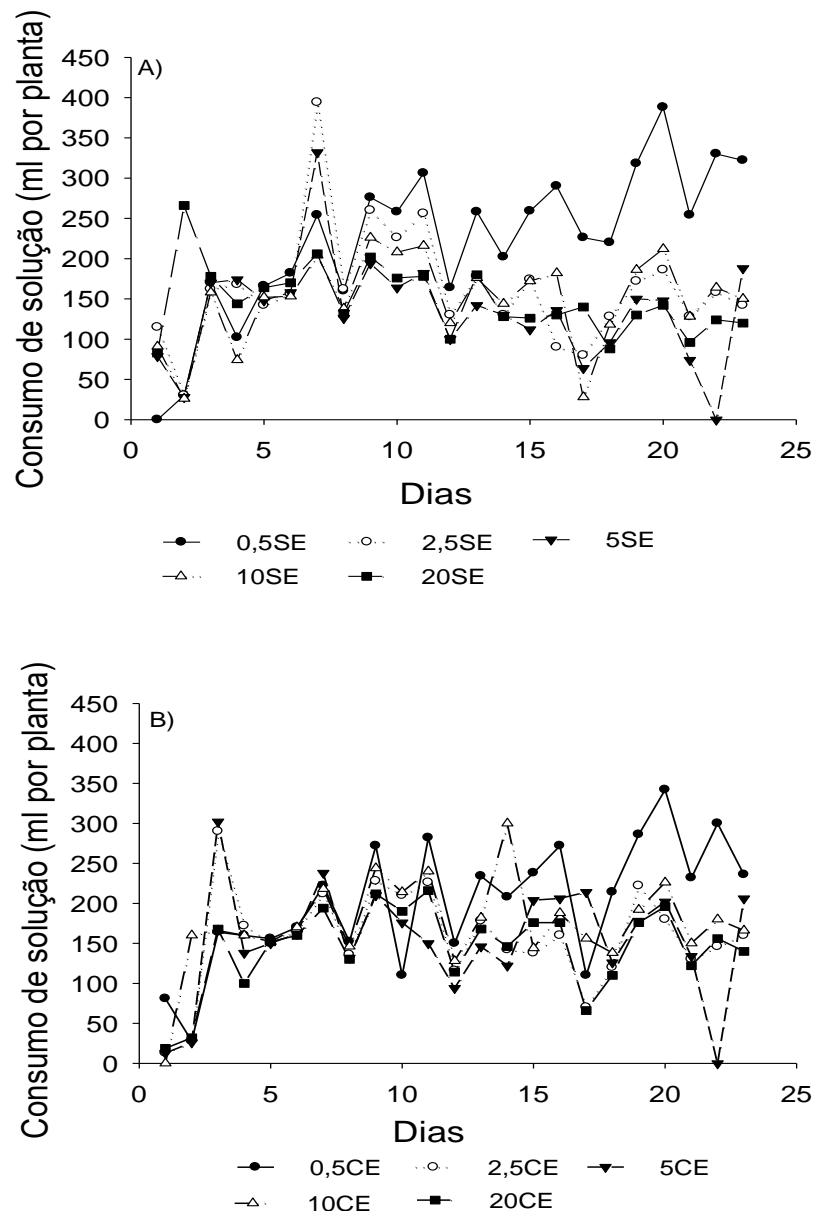
1 do experimento promoveu maiores acúmulos de graus dias, o que pode ter
2 influenciado no tempo de cultivo das mudas no primeiro experimento acumulando ao
3 final dos 23 dias 500 graus-dia, no entanto houve comportamento contrário no
4 experimento II as temperaturas mais baixas no início do experimento contribui para
5 menor acúmulo de graus-dias o que pode ter influenciado o maior tempo de cultivo
6 dessas plantas 43 dias ao final observou-se um acúmulo de 893 graus-dias. O
7 maracujazeiro desenvolve-se melhor em regiões tropicais e subtropicais, com
8 temperatura média mensal de 20 a 32 °C, não suportando geadas e ventos frios
9 (ALMEIDA et al., 2015). Sendo que para este experimento foi observado com relação
10 a temperatura média observada variou entre 24 e 36° C e umidade relativa do ar 75 a
11 100% (Figura 4A e 4B).

12 Estes decréscimos nos parâmetros de crescimento e produção da matéria seca
13 das mudas em função do aumento da concentração de cálcio podem estar
14 relacionados ao fato de maiores quantidades de Ca podem ter reduzido a absorção
15 de outros nutrientes, principalmente magnésio e potássio por meio da competição por
16 esses cátions pelo mesmo sitio de absorção e isto interferiu no crescimento das
17 plantas e conseqüentemente da matéria seca. Resultados semelhantes também
18 foram observados por Pinheiro et al. (2011) na cultura da soja onde observou uma
19 diminuição nos teores de K nas plantas com o aumento do fornecimento de Ca no
20 campo.

21 **4.3 Consumo da solução nutritiva pelas plantas de maracujazeiro-amarelo em** 22 **função de concentrações de Ca e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução** 23 **nutritiva.**

24 Observou-se que com a somatória dos consumos de solução nutritiva o
25 tratamento que obteve o maior consumo hídrico durante o ciclo de produção das
26 mudas foi 0,5 mmol L⁻¹ de Ca sem excesso de amônio, correspondendo a 5.135 mL
27 por planta durante vinte três dias de cultivo (Figura 11A). Este tratamento apresentou
28 os maiores valores para variáveis de crescimento, especialmente a matéria seca, e
29 tendo em vista que o método para controle da irrigação era calculado com base na
30 evapotranspiração das plantas, conseqüentemente com o aumento no crescimento
31 das plantas houve um maior consumo de solução por parte das mudas.

1 É possível observar na Figura 11B, que os consumos de solução nos
 2 tratamentos com excesso de amônio foram menores em relação aos tratamentos sem
 3 excesso deste íon, o que pode estar relacionado aos mecanismos fisiológicos
 4 induzidos pela situação de estresse causado as plantas que diminuíram o consumo
 5 da solução nestas condições. Resultados semelhantes foram observados em tomate
 6 cereja em sistema hidropônico sob estresse por salinização onde foi observado que a
 7 o aumento da salinidade causou diminuição do consumo hídrico (GOMES et al. 2011).



28 **Figura 11** Consumo hídrico de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de
 29 concentrações de Ca e proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ sem excesso de amônio (A) com
 30 excesso de amônio (B)

1 **Experimento II: proporções de Nitrogênio e doses de K na mitigação da**
 2 **toxicidade de amônio no crescimento de mudas de maracujazeiro.**

3 **4.4 Acúmulo de N, K, Ca, Mg**

4 Houve interação entre as proporções de NH_4^+ e NO_3^- e concentrações de
 5 potássio na solução nutritiva para o acúmulo de N, K, Ca e Mg na raiz e parte aérea
 6 no entanto obteve ajuste de regressão apenas para K raiz e parte aérea e para N, Ca,
 7 Mg na parte aérea. É importante ressaltar que as respostas para os mecanismos
 8 envolvidos na absorção e na assimilação das diferentes formas de N pelas plantas,
 9 com reflexo no acúmulo de N nas diversas espécies, ainda necessitam ser mais
 10 elucidadas (LI et al., 2014; SIMONS et al., 2014), (Tabela 6).

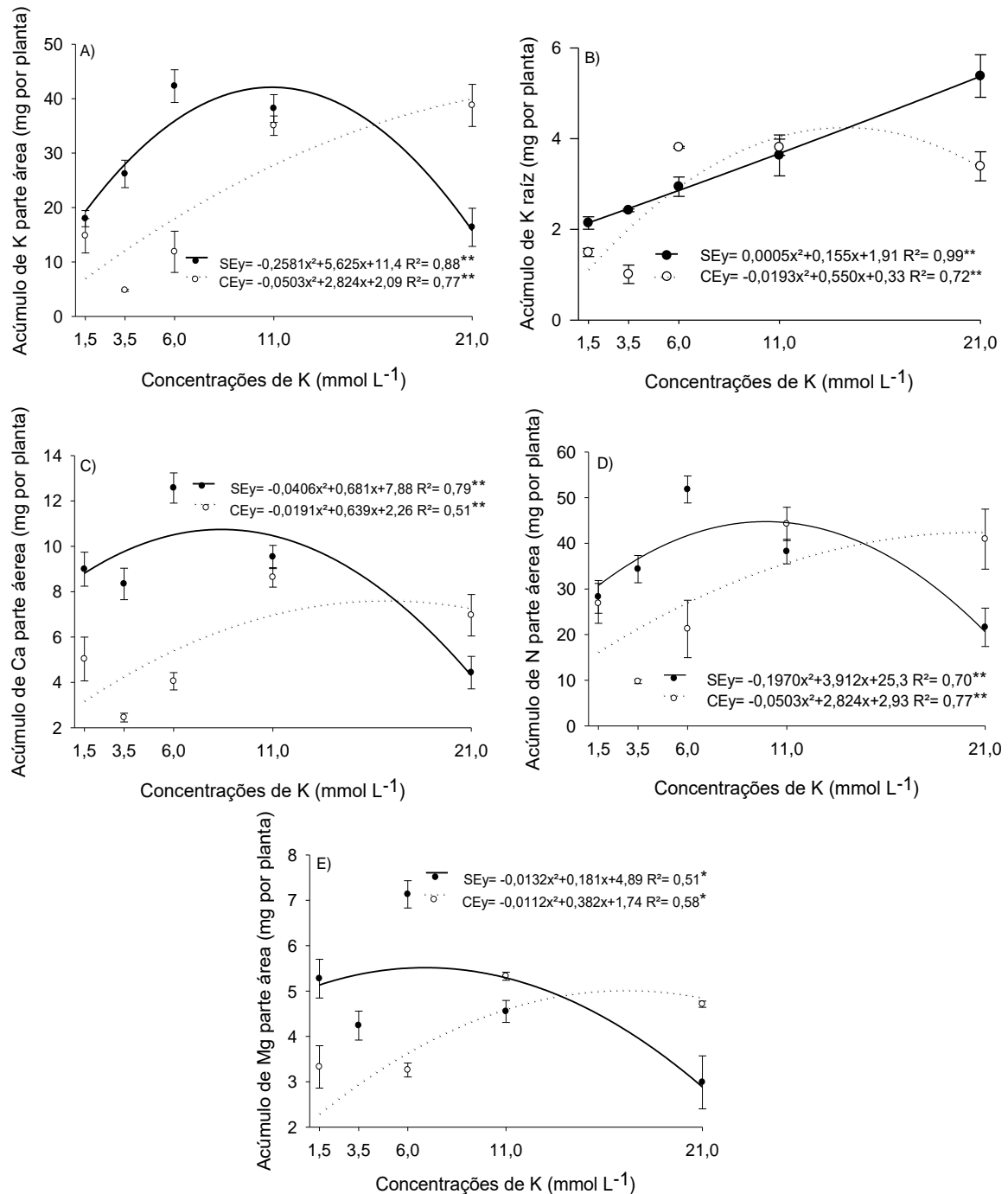
11 **Tabela 6.** Resumo da análise de variância e resultados médios do acúmulo de N, K,
 12 Ca e Mg na raiz e parte aérea de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de
 13 concentrações de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva

Concentração de K mmol L ⁻¹	N		K		Ca		Mg	
	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea
	-----mg por planta-----							
1,5	3,71	27,55	1,82	16,39	0,63	7,01	2,87	4,30
3,5	2,13	22,03	1,71	15,48	0,39	5,39	1,18	2,97
6,0	4,16	36,51	3,37	27,09	0,61	8,31	2,95	5,19
11	2,86	41,21	3,72	36,62	0,48	9,08	1,57	4,93
21	4,84	31,25	4,38	27,57	0,58	5,69	2,58	3,84
Proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$								
35/65	3,97a	34,64a	3,30 ^a	28,20a	0,65 ^a	8,77a	2,52a	4,83 ^a
75/25	3,11b	28,59b	2,70b	21,05b	0,42b	5,42b	1,94b	3,66b
DMS	0,36	2,67	0,34	2,008	0,06	0,60	0,26	0,46
-----Teste F-----								
K	25,22**	42,41**	143,65**	19,97**	5,93*	38,95**	17,60**	4,35*
$P(\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-)$	23,10**	22,85**	12,75**	52,91**	56,12**	128,03**	20,38**	25,96*
Ca x P	16,88**	11,65**	9,42**	85,37**	13,72*	21,07**	63,25**	20,79**
C. V. (%)	16,07	13,03	17,7	12,6	18,1	13,1	18,1	17,07

14 C.V.= coeficiente de variação; *, ** e ns = significativo ao nível de $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ e não significativo, $P \leq$ respectivamente,
 15 pelo teste F.

16 O acúmulo de Ca na parte aérea atingiu valores máximos de 10,73 e 7,21 mg
 17 por planta, para os tratamentos SE e CE, respectivamente, correspondendo as
 18 concentrações 8,51 e 21,3 mmol L⁻¹ de K na solução nutritiva. Para o potássio na parte
 19 aérea na concentração 10,89 SE e 28,07 mmol L⁻¹ CE atingiu valores de máxima de
 20 42,05 SE e 41,72 CE.

1 O Nitrogênio nas concentração de 9,92 mmol L⁻¹ SE e 28,07 mmol L⁻¹ CE
 2 proporcionaram valores de máxima de 44,72 SE e 42,56 mmol L⁻¹ CE. E o valores de
 3 máxima para o magnésio ocorreram entre 5,51 SE e 5 CE com concentrações de 6,85
 4 mmol L⁻¹ SE e 17,05 mmol L⁻¹ CE. Não houve ajuste matemático que explicasse os
 5 fenômenos agrônômicos para os nutrientes N, Ca, Mg na raiz.



28 **Figura 12.** Acúmulo de K na parte aérea e raiz, e acúmulo de N, Mg, Ca na parte
 29 aérea em mudas de maracujazeiro -amarelo em função de concentrações de K e
 30 proporções de NH₄⁺ e NO₃⁻ em solução nutritiva

1 Os acúmulos de K, Ca Mg na parte aérea aumentaram no tratamento sem
2 excesso de NH_4^+ , no entanto na máxima proporção de NH_4^+ houve diminuição no
3 acúmulo em decorrência do estresse amoniacal em que as plantas foram submetidas
4 (Figura 12). Quando o N é fornecido totalmente na forma de NH_4^+ , os danos causados
5 ao sistema radicular afetam a absorção de nutrientes (LI et al., 2014).

6 Observa-se que houve maior acúmulo no ambiente com excesso apenas para
7 o nitrogênio resultado este diferente aos encontrados por Campos (2013) em cana-
8 de-açúcar onde o maior acúmulo N deu-se quando as plantas estavam com maior
9 concentração de nitrogênio sob N nítrico.

10 Esses resultados podem estar relacionados ao efeito antagônico de NH_4^+ em
11 relação aos outros cátions, por serem íons que competem pelos mesmos sítios de
12 absorção (Marschner, 2012), juntamente com o prejuízo causado pelo amônio as
13 raízes, Outro fato seria a competição que existe na absorção radicular entre o cálcio,
14 potássio e magnésio (Malavolta, 1996). Neste sentido, Barreto et al. (2017), avaliando
15 fontes de N no cultivo de brassicas, também observaram que os cátions Ca, K, Mg,
16 apresentaram maior acúmulo nas plantas com o N fornecido na forma de NO_3^- .

17 **4.5 Crescimento e produção de matéria seca das plantas**

18 Houve diminuição do índice de clorofila foliar, altura de plantas, diâmetro do
19 caule e área foliar quando o amônio foi fornecido em excesso na solução nutritiva,
20 independentemente da concentração de K (Tabela 7), demonstrando o efeito tóxico
21 do NH_4^+ às mudas de maracujazeiro. Houve interação entre as concentrações de K e
22 proporções de amônio sobre índice de clorofila foliar, altura de plantas e área foliar
23 (Tabela 7).

24 É possível perceber uma diminuição nos parâmetros estudados no ambiente
25 com excesso de amônio em virtude do seu efeito tóxico as plantas já demonstrado em
26 alguns experimentos, como em maracujazeiro (Silva Júnior 2015), tomate (Barreto
27 2018), couve-flor e brócolis (Barreto, 2017), rabanete (Do Viciado, 2017), aonde estes
28 autores concluíram que o excesso de amônio na solução nutritiva causou diminuição
29 nas variáveis de crescimento importantes para mudas como a matéria seca, altura de
30 planta, comprimento de raiz.

1 **Tabela 7.** Resumo da análise de variância e resultados médios de índice de
 2 clorofila foliar, altura de plantas, área foliar de mudas de maracujazeiro-amarelo, em
 3 função de concentrações de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva

Concentrações de K mmol L ⁻¹	Índice de área foliar	Altura de planta (cm)	Diâmetro de Caule (mm)	Área foliar (cm ²)
1,5	46,77	14,35	2,12	129,17
3,5	48,81	13,51	1,73	130,58
6,0	49,52	18,50	2,37	229,37
11,0	52,49	18,88	2,16	188,12
21,0	49,21	15,50	2,12	175,01
Proporções de $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$				
35/65	50,80b	18,28a	2,26b	180,41a
75/25	47,92a	14,02b	1,94b	160,48b
DMS	0,97	0,98	0,06	0,98
-----Teste F-----				
K	17,65**	20,38**	14,63**	1706,65**
P($\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$)	36,75**	78,17**	97,83**	7020,59**
K x P	101,95**	41,53**	58,31**	21828,60**
C.V.(%)	3,05	9,42	4,80	4,67

4 C.V.= coeficiente de variação; *, ** e ns = significativo ao nível de $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ e não significativo ≤respectivamente, pelo
 5 teste F.

6 Para as menores concentrações de K, o excesso de NH_4^+ causou menor altura
 7 de plantas (Figura 13A) e área foliar (Figura 13B), em relação ao fornecimento de 35%
 8 de NH_4^+ , sem excesso. O aumento da concentração de K, especialmente entre as
 9 concentrações 15 e 17 mmol L⁻¹ de K, proporcionaram maiores valores destas
 10 variáveis altura de planta e área foliar respectivamente promovendo incrementos das
 11 mesmas até o ponto de máximo para altura de 22,30 cm para sem excesso de amônio
 12 e 16,67 cm com excesso de amônio e área foliar 281,57 cm² sem excesso e 251,97
 13 cm², a partir dessa concentração a tendência foi a diminuição este efeito benéfico do
 14 potássio pode estar relacionado ao efeito antagônico que pode ter ocorrido entre
 15 esses íons na absorção dos mesmo na planta por eles competirem pelo mesmo sitio
 16 de absorção (Figura 13).

17

18

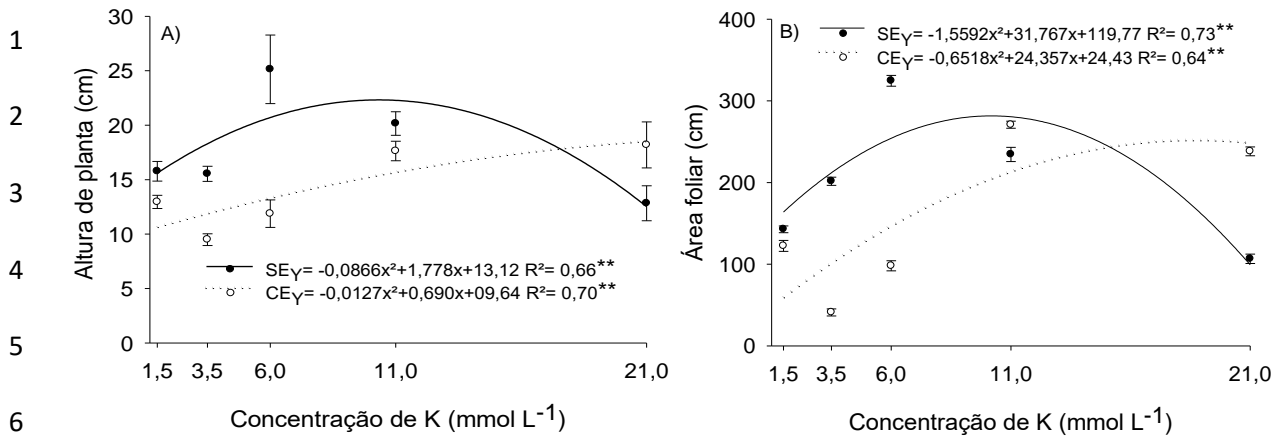


Figura 13 Altura de planta (A) e área foliar (B) de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de concentrações de K e proporções de NH₄⁺ e NO₃⁻ em solução nutritiva.

Na concentração de 21 mmol L⁻¹ de K, proporcionou maiores valores destas variáveis em plantas cultivadas com excesso de NH₄⁺, 75% em relação ao nitrato. Estes resultados relacionados a diminuição de estresse com o uso de potássio são semelhantes aos observado por Abbasi et al. (2015) em híbridos de milho sob estresse salino.

No estudo foi observado efeito benéfico do potássio na altura e área foliar das plantas nas duas situações a que foram submetidas as mudas com excesso e sem excesso estando relacionado esse efeito ao papel fundamental do potássio na translocação de assimilados das folhas para as diversas partes da planta como também sua alta mobilidade na planta tendo em vista que se transloca com maior rapidez o que influi no crescimento da planta.

O potássio é um dos cátions que se encontra mais abundante no citoplasma das células das plantas conforme relatado por Santos Junior (2003) e ainda tem como uma de suas funções estimular o alongamento celular (ZHAO et al., 2003) o que reflete na diminuição nos efeitos tóxicos do amônio, causando efeito de diluição do NH₄⁺ nos tecidos vegetais pois torna a planta mais nutrida e menos sucessível aos danos causados pelo estresse por amônio.

Estes resultados são semelhantes aos encontrado por Wang et al. (2017) com uso de K no estresse por Cádmio que observaram que o crescimento das plantas de tabaco quando em concentrações baixas do cátion K foi limitado em relação a altas concentração. Os efeitos pronunciados de K na melhoria do crescimento sob estresse também podem ser devidos ao papel do K no aumento da absorção de elementos minerais essenciais (WANG et al., 2017) tais como Ca e Mg (Figura 13).

1 O índice de clorofila ajustou-se ao modelo de regressão quadrática em função
 2 das concentrações de K, para ambas as proporções de amônio. Entretanto, sem
 3 excesso de amônio, obteve-se índice máximo para esta variável com 53,33 na
 4 concentração de 5,5 mmol L⁻¹ de K para sem excesso de amônio enquanto que para
 5 as mudas cultivadas em solução nutritiva com excesso de amônio, o valor máximo foi
 6 de 54,56 para a concentração de 10,46 mmol L⁻¹ de K (Figura 14).

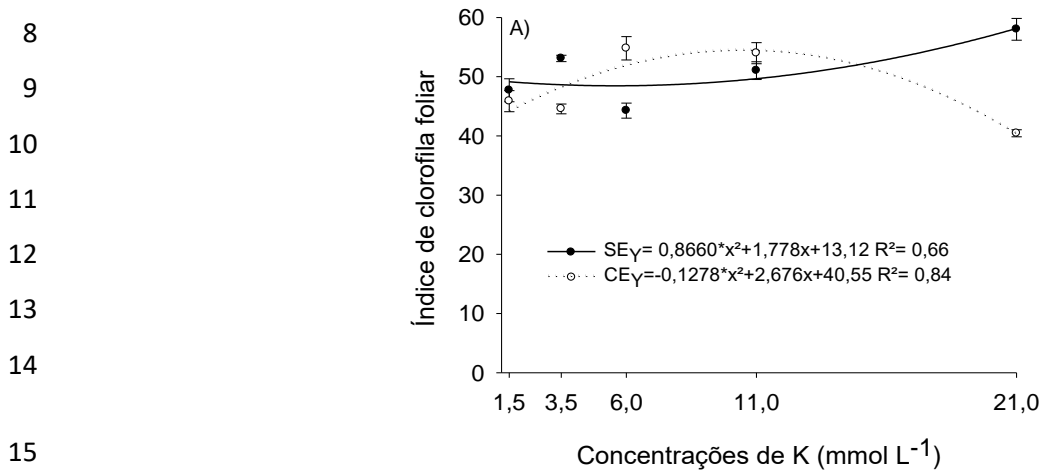


Figura 14 Índice de clorofila foliar de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de concentração de K e proporções de NH₄⁺ NO₃⁻ em solução nutritiva.

O potássio contribuiu de forma indireta para os teores relativo de clorofila nas folhas, atuando na eficiência no uso do N, em função do incremento na atividade da enzima redutase do nitrato (VENKATESAN et al., 2004). Nesse sentido, observa-se que no meio com excesso de amônio o potássio conseguiu mitigar o efeito do amônio bem como promover incrementos no índice de clorofila foliar, com melhor resultado para a concentração 10,46 mmol L⁻¹ de K. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Viana et al., (2010) trabalhando com plantas de *Triticum aestivum* L. onde observou que houve um aumento da clorofila com a combinação de doses altas de nitrogênio e potássio 240 e 174 mg dm⁻³ em virtude de ter promovido maior concentração de nitrogênio nos tecidos. Como também em trabalhos com *P. pérsica* Song et al. (2015) concluiu que a aplicação de K em doses altas aumentou o teor de clorofila nessas plantas cultivadas sobre estresse de zinco.

Houve interação entre as concentrações de K e proporções de amônio sobre a matéria seca da parte aérea e da raiz, no entanto não houve ajuste de regressão para massa seca da raiz no ambiente com excesso de amônio. O efeito benéfico do potássio sobre estas variáveis, independe das proporções de amônio, no entanto no

1 ambiente com excesso foi observado menores valores das variáveis estudadas,
2 devido ao efeito tóxico do amônio sobre as plantas (Tabela 8).

3 **Tabela 8** Resumo da análise de variância e resultados médios da matéria seca da raiz
4 e da parte aérea de mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de concentrações
5 de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva

Concentrações de (K) (mmol L ⁻¹)	Matéria Seca	
	Parte Aérea	Raiz
	-----g por planta -----	
1,5	0,65	0,14
3,5	0,52	0,09
6,0	0,88	0,17
11,0	0,95	0,13
21,0	0,75	0,18
Proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$		
35/65	0,86 a	0,16 a
75/25	0,64 b	0,12 b
DMS	0,05	0,007
	-----Teste F-----	
K	15,51**	16,36**
$P_{(\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-)}$	74,12**	109,82**
K x P	79,06**	53,52**
C.V.(%)	10,90	7,81

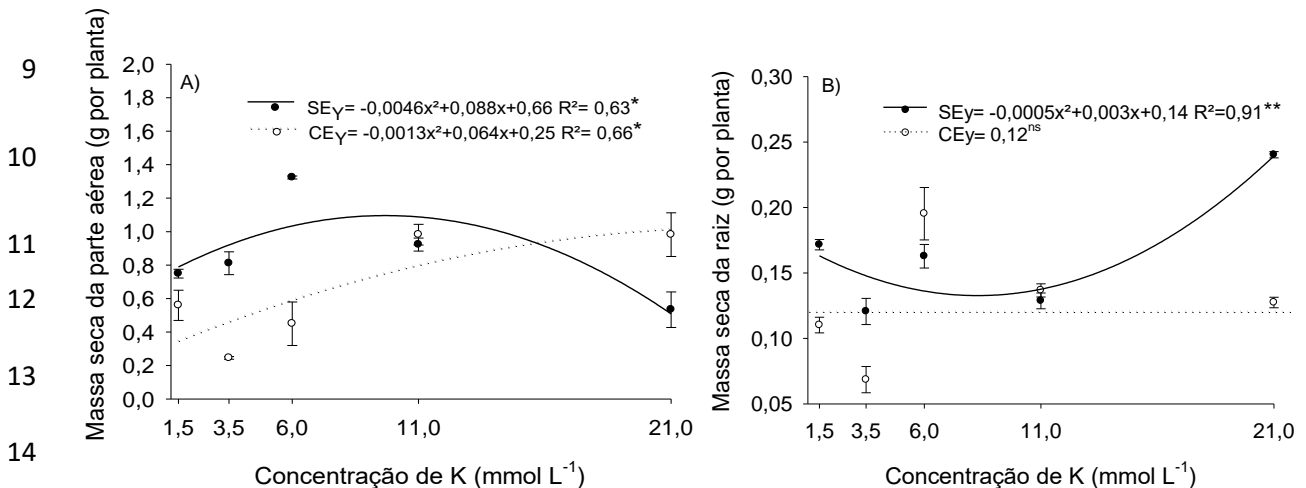
6 C.V.= coeficiente de variação; *, ** e ns = significativo ao nível de $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ e não significativo, $P \leq$ respectivamente,
7 pelo teste F.

8 A produção de massa seca da parte aérea ajustou-se ao modelo de regressão
9 quadrática em função das concentrações de K, para ambas as proporções de amônio
10 enquanto que matéria seca da raiz houve interação entre proporções de amônio e
11 concentrações de K. De acordo com as equações, verificou-se ponto de máximo para
12 MSPA em meio de cultivo sem excesso de 1,08 SE e 1,03 CE para concentrações de
13 K 9,56 mmol L⁻¹ SE e 24, 61 mmol L⁻¹ CE, foi observado que a concentração 15mmol
14 L⁻¹ proporcionou melhor valores de matéria seca da parte aérea nos ambientes CE e
15 SE de amônio. A massa seca da raiz atingiu um ponto de máxima de 0,14 na solução
16 sem excesso de amônio na concentração 3 mmol L⁻¹. É possível inferir ainda que no
17 ambiente com excesso de amônio o potássio promoveu maior matéria seca da parte
18 aérea (Figura 15). Estes resultados são equivalentes aos encontrado por Song et al.
19 (2015) que observaram, um aumento significativo da biomassa seca das plantas de

1 *P. pérsica* quando cultivadas com altas doses de K (10 mmol) em ambiente com
2 estresse causado por Zinco.

3 Pode-se fazer inferência ainda, que o potássio não participa de compostos
4 estruturais nas plantas, porém realiza importantes papéis em vários processos
5 bioquímicos e fisiológicos dos vegetais. No presente estudo verifica-se que mesmo no
6 ambiente com excesso de amônio houve um aumento da massa seca da parte aérea e
7 raiz, demonstrando o efeito mitigador do potássio sobre estas variáveis (Figura 15).

8



15

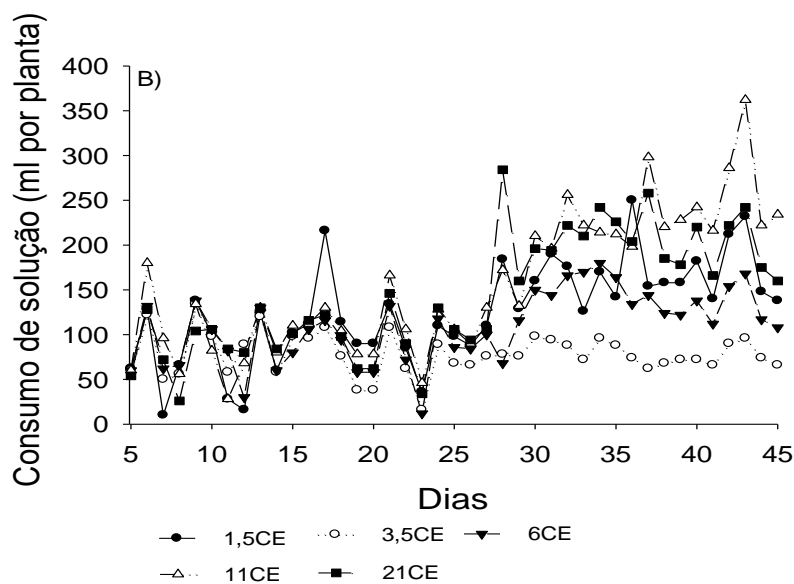
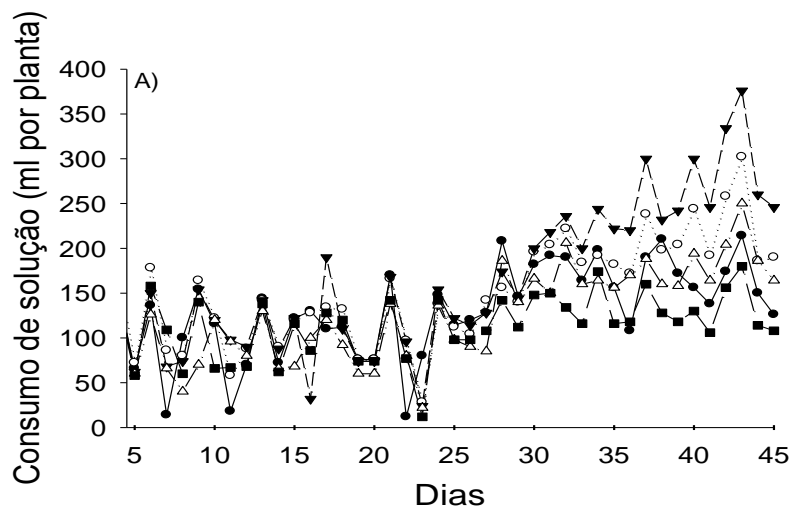
16 **Figura 15** Massa seca da parte aérea (A) e da raiz (B) de mudas de maracujazeiro-
17 amarelo, em função de concentrações de K e proporções de NH₄⁺ e NO₃⁻ em solução
18 nutritiva.

19

20 O K exerce um papel vital na diminuição dos efeitos nocivos do estresse em
21 plantas uma vez que atua como catalizador em diversos processos enzimáticos que
22 são essenciais para crescimento e desenvolvimento das plantas (CAKMAK, 2005). Os
23 resultados obtidos no presente estudo são conforme aos encontrados por Ahmad et
24 al. (2016) que verificou aumento da massa seca da parte aérea e raiz de *Cicer*
25 *arietinum* L. expostas a estresse com cádmio onde observou que estes parâmetros
26 foram aumentados e houve diminuição do efeito desse metal pesado com a
27 suplementação de potássio. Em plantas de jovem pinhão-manso sob estresse salino
28 Rodrigues et al. (2012) observaram também que na ausência do K na solução nutritiva
29 a massa seca das folhas foi reduzida quando comparadas com a presença desse
nutriente, contribuindo para mitigação dos estresses abióticos e bióticos nas plantas.

1 **4.6 Consumo da solução nutritiva pelas plantas de maracujazeiro- amarelo em**
 2 **função de concentrações de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.**

3 Observa-se um baixo consumo no início da aplicação dos tratamentos isso está
 4 relacionado que nesse período as temperaturas eram menores em relação ao final do
 5 experimento, é possível observar ainda que o tratamento 6,5 SE (sem excesso de
 6 amônio) apresentou os maiores índices de crescimentos para as variáveis estudadas,
 7 bem como apresentou incrementos na matéria seca, justificado pelo maior consumo
 8 de solução (Figura 16A).



27 **Figura 16** Consumo hídrico em mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de
 28 concentrações de K e proporções de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ sem excesso de amônio (A) com
 29 excesso de amônio (B).

1 Percebe-se que para a condição com excesso em todos os tratamentos o
2 consumo de solução foi diminuído em relação aos tratamentos SE (sem excesso de
3 amônio), isso pode ser explicado pela resposta fisiológica da planta ao excesso de
4 amônio assim como a dificuldade da célula manter a homeostase dos íons H^+ (Figura
5 16B).

6 **5 CONCLUSÕES**

7 A proporção amônio/nitrato de 35/65 é recomendada para a produção de
8 mudas de maracujazeiro-amarelo, promovendo maiores incrementos na nutrição e no
9 crescimento das plantas.

10 O Ca mitiga o efeito tóxico do amônio até a concentração 5 mmol L^{-1}
11 promovendo incrementos no índice de clorofila foliar, altura de planta, área foliar,
12 comprimento de raiz, matéria seca da raiz e parte área.

13 O K favorece a mitigação da toxicidade de amônio em maracujazeiro-amarelo
14 a partir da concentração de 17 mmol L^{-1} na solução nutritiva.

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

1 6 REFERÊNCIAS

- 2 ABBASI, G. H.; AKHTAR, J.; AHMAD, R.; JAMIL M, ANWAR-UL-HAQ M, ALI S, IJAZ
3 M. Potassium application mitigates salt stress differentially at different growth stages
4 in tolerant and sensitive maize hybrids. **Plant Growth Regulation**, v.76, n. 1, p.111–
5 125, 2015.
- 6 AHMAD, P; LATEF, A.A; ABD_ALLAH, E.F. HASHEM.A; SARWART.M; ANJUM.N;
7 GUCEL, SALIH. Calcium and Potassium supplementation enhanced growth osmolyte
8 secondary metabolite production, and enzymatic antioxidante machinery in cádmium-
9 exposed chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Frontiers in plant Science**, v. 07, n. 513,
10 2017.
- 11 ALMEIDA, E. V.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; BARBOSA, J.C. Adubação
12 nitrogenada e potássica no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro. **Ciência**
13 **Rural**, v.36, n.4, p.1138-1142, 2006.
- 14 ALMEIDA, G. Q.; DE OLIVEIRA SILVA, J.; CABRAL, L. T. S.; MATOS, G. R.;
15 MENEGUCI, J. L. P. Influência da iluminação artificial no florescimento dos parentais
16 de híbridos de maracujá (*Passiflora edulis*). **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 2, p.
17 117-123, 2015.
- 18 ANDRIOLO, J.L.; LUZ, G.L.; GIRALDI, C.; GODOI, R.S.; BARROS, G.T. Cultivo
19 hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT? **Horticultura**
20 **Brasileira**, Brasília, v.22, n.4, p.794-798, out-dez 2004.
- 21 ARAYA T KUBO T VON WIRÉN N TAKAHASHI H. Statistical modeling of nitrogen-
22 dependent modulation of root system architecture in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of**
23 **Integrative Plant Biology**. v.58, p.254–265, 2016
- 24 BARRETO, R. F., R. M. PRADO, A. J. F. LEAL, M. J. B. TROLEIS, G. B. SILVA
25 JUNIOR, C. C;MONTEIRO, L. C. N. SANTOS & R. F. CARVALHO. Mitigation of
26 ammonium toxicity by silicon in tomato depends on the ammonium concentration,
27 *Acta Agriculturae Scandinavica*, **Section B Soil & Plant Science**, v. 66,n.6, p.483-
28 488, 2016.
- 29
30 BARRETO, R. F; CRUZ, F,J, R; GAION, L, A; PRADO, R,M; Carvalho, R.F;
31 Accompanying ions of ammonium sources and nitrate : ammonium ratios in tomato
32 plants. **Section B Soil & Plant Science**.v. 00,n.13, p.1-6, 2018.
- 33
34 BARRETO, R. F.; Prado, R, de M ; SCHIAVON, J. P. A. ; MAGGIO, M. A. . Silicon
35 alleviates ammonium toxicity in cauliflower and in broccoli. **Scientia Horticulturae**. v.
36 225, p. 743-750, 2017.
- 37
38 BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO,
39 J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico de
40 Campinas, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).
- 41
42 BORGOGNONE, D.; COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; REA, E.;
43 SCHWARZ, D. Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral

- 1 composition of self-grafted and grafted tomatoes. **Scientia Horticulturae**,
2 Amsterdam, v. 149, n. 1, p. 61–69, 2013.
- 3
- 4 BITTSÁNSZKY, A.; PILINSZK, K.; GYULAI, G.; KOMIVES, T. Over coming
5 ammonium toxicity. **Plant Science**, Limerick, v. 231, n. 4, p.184-190, 2015.
- 6
- 7 BRAZ, J. Supplemental Ca²⁺ does not improve growth but it affects nutrient uptake in
8 NaCl-stressed cowpea plants. **Plant Physiol**. Campos dos Goytacazes, v. 24,p n.1
9 2012.
- 10
- 11 BRITTO DT, KRONZUCKER HJ.NH₄⁺ toxicity in higher plants: a critical review.
12 **Journal of Plant Physiology** v. 159, p. 567–584, 2002.
- 13
- 14 BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J. NH₄⁺toxicity in higher plants: a critical review.
15 **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 159, n. 6, p. 567–584, 2002.
- 16
- 17 CAKMAK,I.(2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic
18 stresses in plants.**Journal of Plant Nutrition and Soil Science**. v.168, n. 10 p.521–
19 530, 2005.
- 20 CAMPOS, C. N. S; PRADO, R. DE. M, CAIONE, G; NETO,A. J. DE. L; Mingotte, F.L
21 C. **Silicon and excess ammonium and nitrate in cucumber plants**. **African**
22 **Journal of Agricultural Research**, vol. 11, p. 276-283 ,2016.
- 23
- 24 CAMPOS, C. N. S. **Silício e excesso de amônio e de nitrato em plantas de cana-**
25 **de-açúcar e de pepino**. 2013. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Ciência
26 do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual
27 Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.
- 28
- 29 CAO, Y., A. D. M. GLASS, AND N. M. Crawford.1993. Ammonium inhibition of
30 Arabidopsis root growth can be reversed by potassium and by auxin resistance
31 mutations aux1, axr1, and axr2. **Plant Physiology** v. 102, n. 3 p 983– 989, 1993.
- 32
- 33 CRUZ, C.; DOMÍNGUEZ-VALDIVIA, M. D.; APARICIO-TEJO, P. M.; LAMSFUS, C.;
34 BIO, A.; MARTINS-LOUÇÃO, M. A.; MORAN, J. F. Intra-specific variation in pea
35 responses to ammonium nutrition leads to different degrees of tolerance.
36 **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 70, n. 2-3, p. 233-243.
37 2011.
- 38
- 39 CRUZ, J. L.; ALVES, A. A. C.; LECAIN, D. R.; ELLIS, D. D.; MORGAN, J. A. Effect of
40 elevated CO₂ concentration and nitrate: ammonium ratios on gas exchange and
41 growth of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Plant and Soil**, v. 374, n. 1-2, p. 33-
42 43, 2014.
- 43 CUNHA, A. DE M., G. DE M. CUNHA, R. DE A. SARMENTO, G. DE M. CUNHA & J.
44 F. T DO AMARAL. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de
45 mudas de Acacia sp. **Revista Árvore**. v. 30 n. 2, p. 207-214, 2006.
- 46
- 47 CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C.
48 Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de

- 1 Tabebuia impetiginosa (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, n.29, p.507-516,
2 2005.
- 3
- 4 GUERRA, M. S.; BARBOSA, M. S.; COSTA, E.; VIEIRA, G. H. C. Recipiente
5 biodegradável e substratos para mudas de maracujazeiro. **Revista de Agricultura**
6 **Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 3, p. 50-54, 2017.
- 7 GOMES, J. P., L. M. DE OLIVEIRA, C. S. S FRANÇA, H. M. DACOREGIO & R. L.
8 DA C. BORTULUZZI. Caracterização morfológica de plântulas durante a germinação
9 de sementes de *Psidium cattleianum* e *Acca sellowiana* (Myrtaceae). **Ciência**
10 **Florestal**. v. 25, n. 4, p.1035-1042, 2015.
- 11
- 12 GOMES, J. W. S.; DIAS, N. DA S.; OLIVEIRA, A. M.; BLANCO, F. F.; SOUSA
13 NETO, O. N. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com
14 rejeito de dessalinização. **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, p.850-856, 2011
- 15
- 16 GOMÉZ- HERNÁNDEZ E; VALDEZ-AGUILAR L.A; CARTMILL, D.L; CARTMILL,
17 A.D; ALIA-TAJACAL I. Supplementary calcium ameliorates ammonium toxicity by
18 improving water status in agriculturally important species. **AoB PLANTS** 7. v 7,
19 p.105, 2015
- 20
- 21 GUIMARÃES, M. M. C.; CAIRO, P. A. R.; NEVES, O. S. C. Crescimento de
22 *Eucalyptus urophylla* em meio hidropônico com diferentes proporções de nitrato e
23 amônio. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 1, p. 52-61, 2014.
- 24
- 25 HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants with
26 out soils. Berkeley: **California Agricultural Experimental Station**, p. 347, 1950.
- 27
- 28 HOCHMAL AK, SCHULZE S, TROMPELT K, HIPPLER M. Calcium dependent
29 regulation of photosynthesis. *Biochim Biophys Acta*. v.1847, n. 9 p.993–1003, 2015.
- 30
- 31 HOLZSCHUH, M. J.; BOHNEN, H.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; CAMPOS
32 CARMONA, F. de; VALADÃO, G. de A. C. Resposta do arroz irrigado ao suprimento
33 de amônio e nitrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1323-1331,
34 2009.
- 35
- 36 Huang, D.; Gong, X.; Liu, Y.; Zeng, G.; Lai, C.; Bashir, H.; Zhou, L.; Wang, D.;
37 Xu, P.; Cheng, M. Effects of calcium at toxic concentrations of cadmium in plants.
38 **Planta**. v.245, n.5, p. 863, 2017.
- 39
- 40 KAYA C., AK B.E., HIGGS D. Response of salt-stressed strawberry plants to
41 supplementary calcium nitrate and/or potassium nitrate. **Journal of Plant Nutrition**..
42 v. 26, n. 3, p. 543-560, 2003.
- 43
- 44 LASA, B.; FRECHILLA, S.; APARICIO-TEJO, P. M.; LAMSFUS, C. Role of glutamate
45 dehydrogenase and phosphoenolpyruvate carboxylase activity in ammonium nutrition
46 tolerance in roots. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 40, n. 11, p. 969–
47 976, 2002.
- 48

- 1 LI P, ZHAO C, ZHANG Y, WANG X, WANG J, WANG F, BI Y. Calcium alleviates
2 cadmium-induced inhibition on root growth by maintaining auxin homeostasis in
3 *Arabidopsis* seedlings. *Protoplasma* v.253, p. 185–200, 2015a .
4
- 5 Li, B., Li, G., Kronzucker, H.J., Baluska, F., Shi, W., 2014. Ammonium stress in
6 *Arabidopsis*: signaling, genetic loci, and physiological targets. *Trends Plant Sci.* 19,
7 107–114.
8
- 9 LI, B.; LI, G.; KRONZUCKER, H. J.; BALUSKA, F.; SHI, W. Ammonium stress in
10 *Arabidopsis*: signaling, genetic loci, and physiological targets. **Trends in Plant**
11 **Science**, Kidlington, v. 19, n. 2, p. 107-114, 2014.
12
- 13 LIU, Y.; LAI, N.; GAO, K.; CHEN, F.; YUAN, L.; MI, G. Ammonium inhibits primary
14 root growth by reducing the length of meristem and elongation zone and decreasing
15 elemental expansion rate in the root apex in *Arabidopsis thaliana*. **PlosOne**, v. 8, n.
16 4, p. e-61031, 2013.
17
- 18 LÓPEZ-BUCIO J, CRUZ-RAMÍREZ A, HERRERA-ESTRELLA L. The role of nutrient
19 availability in regulating root architecture. **Current Opinion in Plant Biology** v.6, p.
20 280–287, 2003.
21 LOQUÉ, D.; WIRÉN, N. V. Regulatory levels for the transport of ammonium in plant
22 roots. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 401, 2004.
23
- 24 MALAVOLTA, E. SISAL (AGAVE SISALANA PERR.). In: International Fertilizer
25 Industry Association (IFA) World Fertilizer Use Manual. Paris, 1996. s/p. Disponível
26 em: <http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/sisal.htm>
27
- 28 MANTOVANI, C. **Silício foliar e proporções de nitrato e amônio na nutrição e no**
29 **crescimento de orquídeas epífitas**. 48 p. Dissertação (mestrado) - Universidade
30 Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017.
31
- 32 MANTOVANI, CIBELE; PRADO, RENATO M.; PIVETTA, KATHIA FERNANDES
33 LOPES . Silicon foliar application on nutrition and growth of *Phalaenopsis* and
34 *Dendrobium* orchids. **Scientia Horticulturae**, v. 241, p. 83-92, 2018.
35
- 36 MACIEL, S, K. **Desempenho de híbridos brs de maracujazeiros em diferentes**
37 **altitudes: caracterização agrônômica, ecofisiologia e alelopatia**. 2018.125 f.
38 Tese (doutorado). Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências
39 Agrárias e Engenharia, 2018.
40
- 41 MARSCHNER P, RENGEL Z. Nutrient availability in soils. In: Marschner P, ed.
42 Marschner's mineral nutrition of higher plants, 3rd edn. San Diego: **Academic Press**,
43 315–330, 2012.
44
- 45 MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. **Academic Press**, New York,
46 USA 1995.
47
- 48 MENDONÇA, V.; FERREIRA, E. A.; PAULA, Y. C. M.; BATISTA, T. M. V.; RAMOS,
49 J. D. Crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo influenciado por doses de
50 nitrogênio e de superfosfato simples. **Revista Caatinga**, n.20, p.137-143, 2007.

- 1
2 MENDOZA-VILLARREAL R, VALDEZ-AGUILAR LA, SANDOVAL-RANGEL A,
3 ROBLEDO-TORRES V, BENAVIDES-MENDOZA A. Tolerance of lisianthus to high
4 ammonium levels in rockwool culture, *J Plant Nutr* v. 38, n. 1, p. 73-82, 2015.
- 5 MENDOZA-VILLARREAL, R.; VALDEZ-AGUILAR, L. A.; SANDOVAL-RANGEL, A.;
6 ROBLEDO-TORRES, V.; BENAVIDES-MENDOZA, A. Tolerance of lisianthus to high
7 ammonium levels in rockwool culture. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 38,
8 n. 1, p. 73-82, 2015.
- 9 MIYAKE, R.T.M; CRESTE, J.E; NARITA, N; GUERRA, W,E,X. Substrato e adubação
10 nitrogenada na produção de mudas de maracujazeiro amarelo em condições
11 protegidas. Presidente Prudente, SP, BRASIL. **Colloquium Agrariae**, v 13, n. 1, p.57-
12 65, 2017.
- 13 MUNIZ, M. A.; BARBOSA, J. G; GROSSI, J. A. S. Produção e qualidade de
14 crisântemos de vaso fertirrigados com diferentes relações
15 nitrato/amonio. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 1, 2009.
- 16 OHSE, S; DOURADO-NETO, D; MANFRON, P.A; OTTO, R.F; GODOY, A.R.
17 Rendimento e acúmulo de nitrato em alface hidropônica sob proporções de nitrato e
18 amônio. Santa Maria, RS, Brasil. **Revista Campo Digit@l**, v. 12, n. 1, p.52-64, 2017.
- 19
20 OLIVEIRA, F, DE ASSIS; RIBEIRO.M.S. S; OLIVEIRA. M.K.T; MARTINS, D.C.M;
21 SOUZA NETA, M.L; MEDEIROS, J.F. Produção de mudas de cultivares de maxixeiro
22 em fibra de coco fertirrigadas com diferentes concentrações de nutrientes.
23 Mossoró, RN, Brasil. **Revista Ceres**. v. 63, n.5, p. 698-705, 2016.
- 24
25 OLIVEIRA, F.A; MEDEIROS, J,F; LINHARES, P.S.F; ALVES, R.C;
26 MEDEIROS, A.M.M; OLIVEIRA, M.K.T. Produção de mudas de pimenta fertirrigadas
27 com diferentes soluções nutritivas. Mossoró, RN, Brasil. **Horticultura brasileira**. v.
28 32, n. 4, 2014
- 29
30 PINHEIRO, J.B; POZZA, E.A; POZZA, A.A.A; MOREIRA, A.S ; ALVES, M.C.
31 Severidade da ferrugem da soja em função do suprimento de potássio e cálcio em
32 solução nutritiva. **Revista Ceres, Viçosa**, v. 58, n.1, p. 43-50, 2011
- 33
34 PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. v. 1.
- 35
36 PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo-SP: UNESP, 2008. 407 p.
- 37
38 PRADO, R. M.; NATALE, W. Efeitos da aplicação da escória de siderurgia
39 ferrocromo no solo, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas
40 de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1, p.140-144, 2004.
- 41
42 RAMALHO JC, REBELO MC, SANTOS ME, ANTUNES ML, NUNES M. Effects of
43 calcium deficiency on Coffea arabica. Nutrient changes and correlation of calcium
44 levels with some photosynthetic parameters. **Plant Soil**. v. 172, n.1, p. 87–96, 1994
- 45
46 RENGEL, Z. The role of calcium in salt toxicity. *Plant, Cell and Environ*. v.15, p.
47 625-632, 1992.

- 1 RODRIGUES, C.R; CORREIA, R.M; FAQUIN, V; RODRIGUES, T.M; SOUSA , J.B;
2 BARBOSA, K. P; TRINDADE,P.R. Relação nitrato: amônia na nutrição mineral,
3 crescimento e produção de óleo essencial da sálvia cultivada em solução nutritiva.
4 **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.09, n.02, p.43 – 53, 2016.
5
- 6 RODRIGUES, F. C., SILVEIRA, J.A.G; SILVA, E.N; DUTRA, A.T.B; VIÉGAS, R.A.
7 Transporte e distribuição de potássio atenuam os efeitos tóxicos do sódio em plantas
8 jovens de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36 n.1, p. 223-
9 232, 2012.
10
- 11 ROOSTA, H. R.; SCHJOERRING, J. K. Root carbon enrichment alleviates
12 ammonium toxicity in cucumber plants. *Journal of Plant Nutrition*, **Philadelphia**, v.
13 31, n. 5, p. 941–958, 2008b.
14
- 15 ROOSTA, H. R; SCHJOERRING, J. K. Effects of Nitrate and Potassium on
16 Ammonium Toxicity in Cucumber Plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 31, p. 1270–
17 1283, 2008
18
- 19 SANTOS, A.N.; SILVA, E.F.F.; SILVA, G.F.; BEZERRA, R.R.; PEDROSA, E.M.R.
20 Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicação da solução
21 nutritiva com água salobra. **Revista Ciência Agrônômica**. v. 48, n.4, p. 576-585,
22 2017b.
23
- 24 SANTOS JUNIOR, L.F.**Estudo das frações obtidas no processo de extração**
25 **alcalina de substância húmicas das turfas**.2003.76 f. Dissertação (mestrado).
26 Universidade Federal do Rio grande do Sul, 2003.
27
- 28 SÃO JOSÉ, A. R. **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista:
29 Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1994. 255 p.
30
- 31 SILVA JÚNIOR, G.B. **Relação Amônio e Nitrato, mitigação da toxicidade**
32 **Amoniacal com sílicio e curva de acúmulo de nutrientes em mudas de**
33 **maracujazeiro**.2015.69 f. Tese(doutorado). Universidade Estadual Paulista,
34 Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2015.
35
- 36 SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C.A.V. de. A new version of the Assistat -Statistical
37 Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN
38 AGRICULTURE, Orlando. *Proceedings...* Reno, **RV: American Society of**
39 **Agricultural and Biological Engineers**,v. 4, p. 393-396, 2006
40
- 41 SILVA, P. C. C.; COUTO, J. L.; SANTOS, A. R. Absorção dos íons amônio e nitrato e
42 seus efeitos no desenvolvimento do girassol em solução nutritiva. **Revista de**
43 **Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.10, n. 2, p. 97-104, 2010.
44
- 45 SILVA, G.P.; PRADO, R. M.; PERRI, R. S. F. Absorption of nutrients, growth and
46 nutritional disorders resulting from ammonium toxicity in rice and spinach plants.
47 *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v. 28, p. 882-889, 2016.

- 1 SONG,Z.Z.,DUAN,C.L.,GUO,S.L.,YANG,Y.,FENG,Y.F.,MA,R.J.,ETAL.Potassium
2 contributes to zinc stress tolerance in peach (*Prunus persica*) seedlings by enhancing
3 photosynthesis and the antioxidant defense system **Genetics and Molecular**
4 **Research.** v. 14, n. 3, p 8338-8351, 2015.
- 5
6 SUN, L; DI, D; LI, G; KRONZUCKER, H.J; SHI, W; Spatio-temporal dynamics in
7 global rice gene expression (*Oryza sativa* L.) in response to high ammonium stress,
8 **Journal Plant Physiology.** v.1, n. 212, p.94–104, 2017.
- 9
10 TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 954p
11
12 TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
13
14 TEN HOOPEN F, CUIN TA, PEDAS P, HEGELUND JN, SHABALA S,
15 SCHJOERRING JK, JAHN TP. Competition between uptake of ammonium and
16 potassium in barley and *Arabidopsis* roots: molecular mechanisms and physiological
17 consequences. **Journal of Experimental Botany.** v 61, p .2303–2315, 2010.
18
19 TUNA, A.L; KAYAB C; ASHRAF M; ALTUNLU H; YOKAS I; YAGMUR, B. The effects
20 of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato
21 plants grown under salt stress. **Environmental and Experimental Botany** v. 59, n.
22 2, p. 173-178,2007.
- 23
24 VENKATESAN, S.; GANAPATHY, M. N. K. Nitrate reductase activity in tea as
25 influenced by various levels of nitrogen and potassium fertilizers. **Communications**
26 **in Soil Science and Plant Analysis,** v. 35, p. 1283-1291, 2004.
- 27 VIANA, M.E; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento de trigo.
28 **Bragantia,** Campina, v. 69, n.4, p. 975-982, 2010.
29
30 VICIEDO, D.O; PRADO, R.M; TOLEDO, R.L; SANTOS, L.C.N; CALZADA, K.P.
31 Response of radish seedlings (*Raphanus sativus* L.) to diferente concentrations of
32 ammoniacal nitrogen in absence and presence of silicone. **Agronomía Colombiana**
33 v. 35, n 2, p. 198-204, 2017.
34
35 WHITE, J. W. AND J. W. MASTALERZ. Soil moisture as related to container
36 capacity. *Scientia Horticulturae.*89:758-765, 1966.
37
38 WANG, C.; SONG, H. Z.; PEI F. W.; WEI, L.; JIE, L. Effects of ammonium on the anti
39 oxidative response in *Hydrilla Verticillata*, L) royle plants. *Ecotoxicology and*
40 *Environmental Safety,* **Maryland Heights,** v. 73, n. 2, p. 189-195, 2010.
41
42 WANG,X; SHI, M; HAO,P; ZHENG, W; CAO, F. Alleviation od cádmium toxicity by
43 potassium supplemenation involves various physiological and biochemical features in
44 *Nicotiana tabacum* L. **Acta Physiol Plant.** p. 39:132, 2017.
45
46 XU, G., S. WOLF, AND U. KAFKAFI. Ammonium on potassium interaction in sweet
47 pepper. **Journal of Plant Nutrition.** v. 25 p. 719-734, 2002.
48

1 ZANIN, R. L.; ZAMBONI, A.; MONTE, R. TOMASI, N. VARANINI, Z.; CESCO, S.;
2 PINTON, R. Transcriptomic analysis highlights reciprocal interactions of urea and
3 nitrate for nitrogen acquisition by maize. **Plant and Cell Physiology**. v. 56, n. 3, p.
4 532-548, 2015.

5 ZHAO,Z.Q.,ZHU,Y.G.,LI,H.Y.,SMITH,S.E.,ANDSMITH,F.A. Effect of potassium
6 uptake by crop species on solubilization of silicate in a soil. **Developments in plant
7 and soil sciences**. v. 92, n. 29, p 570–571, 2003.

8
9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

1 APÊNDICES



2

3 **Apêndice A:** Foto ilustrando a toxicidade de amônio na parte aérea e na raiz de de
 4 mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de concentrações de Ca e proporções
 5 de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.



6

7 **Apêndice B:** Foto ilustrando a toxicidade de amônio na parte aérea e na raiz de mudas
 8 de maracujazeiro-amarelo, em função de concentrações de K e proporções de NH_4^+
 9 e NO_3^- em solução nutritiva.



30

31 **Apêndice C:** Foto ilustrando uma planta sem excesso de amônio na parte e com
32 excesso de amônio em mudas de maracujazeiro-amarelo, em função de
33 concentrações de K e proporções de NH_4^+ e NO_3^- em solução nutritiva.

1