



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

ISADORA GOMES VIEIRA

CALAGEM PARA O CULTIVO DA PITAIA VERMELHA EM REGIÃO TROPICAL

FORTALEZA
2021

ISADORA GOMES VIEIRA

CALAGEM PARA O CULTIVO DA PITAIA VERMELHA EM REGIÃO TROPICAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Ciência do Solo. Área de concentração: Química, fertilidade e biologia do solo.

Orientador: Prof. Dr. William Natale.
Coorientador: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

V715c Vieira, Isadora Gomes.

Calagem para o cultivo da pitaia vermelha em região tropical / Isadora Gomes Vieira. – 2021.
65 f.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. William Natale.

Coorientação: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.

1. Acidez do solo. 2. Calcário. 3. *Hylocereus monacanthus*. 4. Nutrição. 5. Produção. I. Título.

CDD 631.4

ISADORA GOMES VIEIRA

CALAGEM PARA O CULTIVO DA PITAIA VERMELHA EM REGIÃO TROPICAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Ciência do Solo. Área de concentração: Química, fertilidade e biologia do Solo.

Aprovada em: 15/01/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. William Natale (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi
Embrapa Agroindústria Tropical (CNPAT)

À Deus.

Aos meus pais, Vieira e Ariadna.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro mantido com a bolsa de auxílio.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS) da Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de aprofundamento acadêmico na área escolhida.

À Embrapa Agroindústria Tropical em especial ao pesquisador Dr. Carlos Alberto Taniguchi, pelo constante apoio e parceria durante o desenvolvimento das análises necessárias e os esclarecimentos prestados para o andamento e a conclusão do trabalho.

Tive a sorte de conduzir esse estudo sob orientação do Prof. Dr. William Natale. Sou grata aos ensinamentos, às sugestões, às contribuições, à paciência, à tranquilidade e à parceria constantes. Agradeço à confiança depositada e, ao acompanhamento em todas as etapas e dificuldades encontradas. Não vejo outro pesquisador que poderia tornar tão prazerosa a minha adequação à mudança de área de estudo.

Ao coorientador Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa pela parceria, pelas observações construtivas e pelo acompanhamento em todas as etapas da pesquisa. Ao Dr. Antonio João de Lima Neto pelo constante acompanhamento, pelos esclarecimentos, pelas contribuições ao longo de toda a pesquisa e pela paciência. Vocês contribuíram muito para o meu crescimento científico.

Ao Prof. Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias pelas contribuições e pelos esclarecimentos na análise dos dados. Aos participantes da banca examinadora pela disponibilidade e pelas valiosas contribuições.

Ao Francisco Lopes que em pouco tempo de convivência demonstrou amizade, parceria, confiança e solidariedade nos momentos que estive fora do experimento e sempre podia contar com a sua ajuda. Sem a sua contribuição esse experimento não seria concluído da melhor forma possível.

À Hosana e ao João Marcos pela parceria nas análises laboratoriais em tempos de pandemia. A contribuição de ambos foi essencial para a conclusão das análises na ausência física dos técnicos do Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical.

Grata aos meus colegas que tive a felicidade de conhecer no Ceará, em especial, Analya, Iana e Luilson, que foram generosos com a amizade e disposição aos finais de semana e feriados no acompanhamento do experimento. Ao meu grande amigo Wenner Vinícius que me acompanha desde a graduação em todos os momentos.

Aos amigos Gabriel, Max, Carlos Galo, Josué, Jocilene, Lucas, Liliane e Wendson que tornaram esses dois anos mais alegres.

Por fim, minha gratidão profunda à minha família, especialmente, aos meus pais Helvécio Lopes Vieira Filho e Ariadna Sousa Gomes e, à minha irmã Izabela Gomes Vieira que me ajudaram e ampararam nos momentos difíceis longe deles.

E, ao meu namorado, Wenderson Asevedo Almeida, cujo apoio, incentivo, cuidado e amizade me deram forças para continuar.

RESUMO

O cultivo da pitiaia tem atraído produtores brasileiros devido ao seu alto valor de mercado e a sua rusticidade. Solos tropicais apresentam elevada acidez e podem limitar a produção de frutas. Assim, avaliou-se os efeitos da calagem no crescimento e na produtividade da pitiaia vermelha, no primeiro ano de cultivo em vaso, sob condições tropicais. O experimento foi conduzido parte em casa de vegetação e parte em céu aberto, em delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos (doses de calcário) e quatro repetições. As doses de corretivo foram estabelecidas para atingir a faixa de saturação por bases de 20 a 70% empregando-se, em t ha⁻¹: 0; 0,61; 1,23; 1,84; e, 2,46. O solo utilizado foi um Argissolo Vermelho-Amarelo de baixa fertilidade que foi homogeneizado com as doses de calcário e incubado por 90 dias. Os vasos foram adubados com ureia, superfosfato simples, cloreto de potássio e FTE-BR12. A calagem elevou o pH, o Ca, o Mg, a soma de bases e a saturação por bases, enquanto que a acidez potencial diminuiu com o aumento das doses do corretivo. A maior dose resultou em maior valor de pH (6,7) e de V (73%) e, em menor H+Al (15,4 mmol_c dm⁻³) neutralizando eficientemente a acidez trocável. A calagem não afetou os parâmetros de crescimento (número, somatório do comprimento, diâmetro e espessura dos cladódios) aos 180 dias. Aos 360 dias houve efeito das doses no número de cladódios. O maior número de cladódios (14,4 unidades planta⁻¹) correspondeu à dose estimada de 1,3 t ha⁻¹ de calcário com V de 49%. Os teores nutricionais dos cladódios foram satisfatórios para a fase vegetativa. Não houve efeito da calagem nos parâmetros de produção no 1º ciclo da pitiaia vermelha.

Palavras-chave: Acidez do solo. Calcário. *Hylocereus monacanthus*. Nutrição. Produção.

ABSTRACT

The cultivation of pitaia has attracted Brazilian producers due to its high market value and its rusticity. Tropical soils have high acidity and can limit fruit production. Thus, it was evaluated the effects of liming on the growth and productivity of red pitaia, in the first year of cultivation in pot, under tropical conditions. The experiment was conducted a part in a greenhouse and a part in the open sky, in a randomized block design, with five treatments (limestone doses) and four replications. Limestone doses were defined to reach a base saturation range of 20 to 70% using, in $t\ ha^{-1}$: 0; 0.61; 1.23; 1.84; and, 2.46. Soil used was a low-fertility Red-Yellow Argisol that was homogenized with the limestone doses and incubated for 90 days. Pots were fertilized with urea, simple superphosphate, potassium chloride and FTE-BR 12. Liming at high pH, Ca, Mg, sum of bases and base saturation, while potential acidity decreases with increasing doses of the limestone. The highest dose resulted in a higher pH (6.7) and V (73%) and, in a lower $H+Al$ ($15.4\ mmol\ dm^{-3}$), effectively neutralizing the exchangeable acidity. Liming did not affect growth parameters (number, sum of length, diameter and cladodes thickness) at 180 days. At 360 days, there was effect of doses in number of cladodes. Highest number of cladodes ($14.4\ units\ plant^{-1}$) corresponded to the estimated dose of $1.3\ t\ ha^{-1}$ of limestone with V 49%. The nutritional contents of the cladodes were satisfactory for the vegetative phase. Without effect of liming on the production parameters in the 1st cycle of the red pitaia.

Keywords: *Hylocereus monacanthus*. Limestone. Nutrition. Production. Soil acidity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Valores médios de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e radiação, durante a condução do experimento em céu aberto, em Fortaleza – CE	29
Figura 2 –	Concentração de manganês de um Argissolo Vermelho-Amarelo contido nos vasos, em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições	38
Figura 3 –	Valores da capacidade de troca catiônica de um Argissolo Vermelho-Amarelo contido nos vasos, em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições	39
Figura 4 –	Valores de pH (A), acidez potencial (B), Ca^{2+} (C), Mg^{2+} (D), soma de bases (E) e saturação por bases (F) de um Argissolo Vermelho-Amarelo contido nos vasos, em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições	40
Figura 5 –	Valores de Al^{3+} (A) e m (B) de um Argissolo Vermelho-Amarelo contido nos vasos, em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições	41
Figura 6 –	Número de cladódios por planta (NC), em resposta às doses de calcário, aos 360 dias do transplântio das estacas de pitaia vermelha. Os pontos são médias de quatro repetições	46
Figura 7 –	Teores de N (A), P (B), Ca (C) e S (D) dos cladódios da pitaia vermelha ao final do 1º ciclo produtivo (março de 2020), em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições	48
Figura 8 –	Teor de P na casca do fruto da pitaia vermelha durante o 1º ciclo produtivo (setembro de 2019 a fevereiro de 2020), em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições	52

- Figura 9 – Teores de Fe na casca (A) e na polpa (B) do fruto da pitaia vermelha durante o 1º ciclo produtivo (setembro de 2019 a fevereiro de 2020), em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições. 53
- Figura 10 – Teores de B na casca (A) e na polpa (B) do fruto da pitaia vermelha durante o 1º ciclo produtivo (setembro de 2019 a fevereiro de 2020), em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições. 53
- Figura 11 – Teor de Zn na polpa do fruto da pitaia vermelha durante o 1º ciclo produtivo (setembro de 2019 a fevereiro de 2020), em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Propriedades químicas do solo, antes da calagem, na camada de 0-20 cm ..	30
Tabela 2 –	Parâmetros químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo contido nos vasos, em resposta a doses de calcário	37
Tabela 3 –	Número de cladódios por planta (NC), número de aréolas por planta (NA), somatório do comprimento dos cladódios (SCC), diâmetro médio dos cladódios (DC), espessura média dos cladódios (EC), aos 180 dias do transplântio das estacas de pitaia vermelha	42
Tabela 4 –	Número de cladódios por planta (NC), aréolas transformadas em botões florais (ArBF), somatório do comprimento dos cladódios (SCC), diâmetro médio dos cladódios (DC), espessura média dos cladódios (EC), aos 360 dias após o transplântio das estacas de pitaia vermelha	44
Tabela 5 –	Teores nutricionais do cladódio e da flor da pitaia vermelha em resposta às doses de calcário. Valores médios para cladódio e flor ao final do 1º ciclo produtivo (março de 2020)	47
Tabela 6 –	Teores nutricionais do fruto (casca e polpa) da pitaia vermelha em resposta às doses de calcário. Valores médios para casca e polpa durante o 1º ciclo produtivo (setembro de 2019 a fevereiro de 2020)	51
Tabela 7 –	Número de botões florais por planta (NBF), taxa de abortamento de botões e flores por planta (ABF), número de frutos por planta (NF), frutificação efetiva (FE), massa fresca total do fruto (MFF) e, produtividade (PRODT), dos 180 aos 360 dias de transplântio das estacas de pitaia vermelha	55
Tabela 8 –	Diâmetro (DF), comprimento (CF), espessura média da casca (ECF), espessura da polpa (EPF), Massa fresca da polpa (MFP), massa fresca da casca (MFC) e, rendimento da polpa (RP) dos frutos do 1º ciclo produtivo da pitaia vermelha	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABF	Taxa de Abortamento de Botões e Flores
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ArBF	Aréolas Transformadas em Botões Florais
CAM	Metabolismo Ácido das Crassuláceas
CF	Comprimento dos Frutos
DC	Diâmetro médio dos Cladódios
DF	Diâmetro dos Frutos
EC	Espessura média dos Cladódios
ECF	Espessura média da Casca dos Frutos
EPF	Espessura da Polpa dos Frutos
FE	Frutificação Efetiva
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MFF	Massa Fresca total dos Frutos
MFC	Massa Fresca da Casca
MFP	Massa Fresca da Polpa
NA	Número de Aréolas
NBF	Número de Botões Florais
NC	Número de Cladódios
NF	Número de Frutos
PRODT	Produtividade
RP	Rendimento de Polpa
SCC	Somatório do Comprimento dos Cladódios

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	HIPÓTESE	17
3	OBJETIVOS	18
4	REVISÃO DE LITERATURA	19
4.1	Importância econômica	19
4.2	Aspectos gerais da cultura da pitaia	20
4.3	Nutrição e adubação da pitaia	22
4.4	Acidez do solo em sistemas agrícolas	25
4.5	Calcário como corretivo da acidez do solo	26
4.6	Calagem em pomar de frutíferas	28
5	MATERIAL E MÉTODOS	30
5.1	Localização e caracterização da área experimental	30
5.2	Condução em casa de vegetação	30
5.2.1	<i>Material propagativo</i>	31
5.2.2	<i>Solo empregado no experimento</i>	31
5.2.3	<i>Tratamentos</i>	32
5.2.4	<i>Análise do solo</i>	32
5.2.5	<i>Delineamento experimental</i>	33
5.2.6	<i>Adubação e manejo</i>	33
5.3	Condução em céu aberto	34
5.3.1	<i>Condução da pitaia</i>	34
5.3.2	<i>Irrigação e tratos culturais</i>	34
5.4	Variáveis analisadas	35
5.4.1	<i>Crescimento da planta</i>	35
5.4.2	<i>Produção e características físicas dos frutos</i>	35
5.4.3	<i>Secagem do material vegetal para diagnose nutricional</i>	36
5.4.4	<i>Teor de nutrientes no material vegetal</i>	37
5.5	Análises estatísticas	37
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6.1	Atributos químicos do solo	38
6.2	Crescimento da planta	44

6.3	Nutrição da planta e dos frutos	50
6.4	Produção e característica física dos frutos	59
7	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

A pitiaia é uma cactácea que vem ganhando espaço na região tropical, devido a boa aceitação de seus frutos pelos consumidores e pelo seu alto valor de mercado. Apesar da sua elevada rusticidade, com menor dependência de irrigação e baixa exigência em fertilidade do solo, essa frutífera necessita de nutrição adequada para elevar a produtividade.

A expansão da produção agrícola nas regiões tropicais pode ser limitada pela baixa disponibilidade de nutrientes nos solos, provocada pela acidez elevada. A intensa precipitação que ocorre nessas regiões é um dos principais agentes que contribuem para a pedogênese, resultando em grande quantidade de H^+ no complexo de troca. Esse processo contribui para a acidificação desses solos, podendo ser agravada com a intensa produção agrícola sem o manejo da acidez.

A crescente demanda por alimentos tem incentivado o avanço nas pesquisas para o aumento da produção agrícola em solos ácidos e, a utilização de corretivos de acidez tem viabilizado a elevação da produtividade nesses solos de fertilidade limitada.

O calcário tem sido muito utilizado na agricultura, pois, além de neutralizar a acidez melhorando as condições químicas e físicas do solo, é a fonte mais barata de cálcio e de magnésio para as culturas. A reação do calcário resulta em precipitação do Al^{3+} e na substituição do H^+ no complexo de troca por Ca^{2+} e Mg^{2+} – nutrientes com funções fundamentais na planta, e que contribuem para o crescimento radicular, aumentando a eficiência de uso de nutrientes e água – além de favorecer a disponibilidade de outros elementos essenciais para as plantas.

A saturação por bases é um parâmetro químico que traduz a porcentagem das cargas negativas do solo ocupadas por bases e, por isso, é um indicativo importante para o manejo dos solos com a finalidade de satisfazer a exigência nutricional das culturas agrícolas. Dessa forma, devido à crescente expansão no cultivo da pitiaia no mercado brasileiro, são necessários estudos direcionados ao manejo da acidez nos solos tropicais, indicando a saturação por bases adequada ao crescimento e a produção dessa frutífera.

2 HIPÓTESE

A correção da acidez do solo, por meio da calagem, beneficia o crescimento e o desenvolvimento da pitaia, refletindo em incremento da produtividade.

3 OBJETIVOS

Avaliar os efeitos da calagem na correção da acidez do solo, no crescimento, na nutrição e na produção da pitiaia vermelha, no primeiro ano de cultivo, em vaso, sob condições tropicais.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Importância econômica

A exploração comercial de frutas exóticas no mundo tem crescido e, atualmente, a pitaia tem se destacado. Essa cactácea é originária das florestas tropicais das Américas e se encontra distribuída na Costa Rica, Venezuela, Colômbia, México, Israel e Brasil (MIZRAHI; NERD, 1996; DONADIO, 2009).

Com o avanço do cultivo comercial da pitaia pelo mundo, em 2014, Vietnã, China, Indonésia, Taiwan, Malásia, Nicarágua, México, Myanmar e Brasil foram os principais países produtores da fruta. O Vietnã produziu cerca de 600 mil, a China 200 mil e, os demais países, menos de 50 mil toneladas de pitaia. O Brasil contribuiu com cerca de 1.400 toneladas para a produção mundial (MERCADO-SILVA, 2018; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019).

Com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017, as regiões mais representativas no cultivo da pitaia são a Sudeste, a Sul e a Norte do Brasil, com as seguintes produções aproximadas: 812 toneladas (cerca de 50% da produção nacional), 502 toneladas (aproximadamente 30% da produção) e 157 toneladas (responsável por cerca de 10% da produção nacional) respectivamente (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019).

A fruta do dragão, como é conhecida mundialmente, vem ganhando espaço no Brasil por vários motivos: rápido retorno econômico, rusticidade, boa aceitação pelos consumidores e alto valor de mercado (DUARTE, 2013; SILVA, 2014). Apesar de o Sudeste brasileiro ser a principal região produtora de pitaia no País, o plantio comercial da cultura vem se expandindo para outros locais, com destaque para a região Nordeste, em especial no estado do Ceará, onde as plantas produzem frutos durante parte do ano, sendo os frutos comercializados a preços elevados em meses de menor produção (NUNES *et al.*, 2014).

A pitaia está entre as frutíferas tropicais pouco estudadas, porém, com elevado potencial econômico, especialmente no estado do Ceará, cujos plantios comerciais vêm se expandindo ao longo dos anos.

4.2 Aspectos gerais da cultura da pitaia

A pitaia pertence à família Cactaceae que, no Brasil, possui cerca de 40 gêneros e de 270 espécies, e ao gênero *Hylocereus* – que possui 16 espécies endêmicas da América Latina –

e, que se encontra amplamente distribuído em todo o mundo (especialmente em regiões tropicais e subtropicais) (PERWEEN; MANDAL; HASAN, 2018; ZAPPI; TAYLOR, 2020). As espécies de pitiaia mais comuns, do ponto de vista comercial, são a *Selenicereus megalanthus*, que atualmente é classificada com o gênero *Hylocereus* com base em estudo mais detalhado (MIZRAHI, 2014), casca amarela de polpa branca; *Hylocereus polyrhzius*, casca rosa e polpa vermelha, e *H. undatus*, casca rosa de polpa branca (FERNANDES *et al.*, 2010).

A pitiaia é oriunda de florestas úmidas da América tropical e subtropical (SILVA; MARTINS; CAVALLARI, 2011), mas, devido à sua plasticidade, pode adaptar-se a diferentes climas. No entanto, por ser uma planta semi-epífita desenvolve-se melhor em condições de meia sombra, mesmo que o cultivo em pleno sol seja possível em algumas espécies (ALMEIDA *et al.*, 2016a; PERWEEN; MANDAL; HASAN, 2018).

Essa cactácea é uma planta xerófita, capaz de sobreviver em condições climáticas adversas de regiões áridas e semiáridas, sendo uma frutífera reconhecida pela sua rusticidade, com cultivo comercial viável também em solos pedregosos, arenosos e maciços rochosos (JUNQUEIRA *et al.*, 2002; PERWEEN; MANDAL; HASAN, 2018). Em substituição às folhas, a pitiaia possui caules modificados (cladódios) que são alterações morfológicas que diminuem a perda excessiva de água, armazenando-a em seu interior e, também realizam funções vitais como: fotossíntese e trocas gasosas (NUNES *et al.*, 2014).

Como mecanismo para a economia de água, as plantas suculentas adaptaram-se às condições áridas através do metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), caracterizado pela abertura estomática noturna para a absorção de dióxido de carbono (CO₂), o qual é estocado na forma de ácido málico que, durante o dia, com o fechamento estomático, é descarboxilado produzindo piruvato e CO₂; o primeiro pode ser convertido em açúcar e amido e, o segundo, é fixado como carboidrato no ciclo de Calvin (MARENCO; LOPES, 2009; TAIZ; ZEIGER, 2013).

A pitiaia possui sistema radicular volumoso, o que se torna vantajoso para a absorção de nutrientes, além de numerosas raízes adventícias (basais e aéreas) em toda sua extensão (inclusive nos cladódios), cuja função principal é a fixação da planta. Os caules modificados (cladódios) são de coloração verde, triangulares (com número de costilhas variável), suculentos e apresentam espinhos com 2 a 4 mm de largura; a flor é hermafrodita, de coloração branca, grande (20 a 30 cm de comprimento) e de abertura noturna. A coloração e o tamanho dos frutos variam de acordo com a espécie, sendo que a pitiaia vermelha possui essa tonalidade tanto na casca quanto na polpa, onde é mais intensa; apresenta sabor levemente adocicado, com numerosas sementes minúsculas de coloração preta (CANTO, 1993; DONADIO, 2009; SILVA, 2014).

O florescimento da pitáia vermelha e o desenvolvimento dos frutos ocorrem de forma simultânea na mesma planta (SILVA, 2014; ALMEIDA *et al.*, 2016a). O período de frutificação é influenciado pela temperatura, podendo variar de 36 a 43 dias após a antese, estendendo a época de colheita em meses de maior pluviosidade (SILVA; MARTINS; CAVALLARI, 2011).

Da pitáia, toda a planta pode ser consumida, desde os frutos com alto valor nutricional, até os cladódios e brotos florais. A fruta tem grande importância econômica na indústria, sendo processada na forma de geleias, doces, sorvetes e corantes alimentícios. A planta tem uso ornamental, devido à sua beleza exótica (DONADIO, 2009; SILVA, 2014).

A propagação mais utilizada comercialmente dessa frutífera é por estacas, método que reduz a variabilidade genética e antecipa o ciclo reprodutivo. Dessa forma, a estaquia de cladódios inteiros ou segmentados proporciona uniformidade, manutenção do genótipo e redução do ciclo, com frutificação entre 1 e 2 anos de idade das plantas, após o transplante das estacas (Le BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006; SILVA, 2014). Por outro lado, a propagação via sementes retarda o ciclo da planta, sendo mais utilizada em programas de melhoramento para a obtenção de variabilidade genética da espécie (ANDRADE *et al.*, 2008; SILVA, 2014), sendo pouco atrativa aos produtores.

Apesar de se tratar de uma planta rústica, que se adapta a solos de baixa fertilidade, a pitáia requer quantidades suficientes de elementos essenciais para suprir sua exigência nutricional (CORRÊA *et al.*, 2014) e aumentar a produtividade. Estudos com adubação mineral (ALMEIDA *et al.*, 2014; CORRÊA *et al.*, 2014; FERNANDES *et al.*, 2018), orgânica (MARQUES *et al.*, 2012) e nutrição da pitáia (ALMEIDA *et al.*, 2016b) vêm sendo realizados. No entanto, investigações científicas sobre a utilização de calcário para o cultivo da pitáia são incipientes (REIS *et al.*, 2020).

Os solos tropicais, em geral, apresentam acidez elevada, o que prejudica o desenvolvimento radicular, além de indisponibilizar nutrientes às plantas. Sabe-se que a fruticultura é importante nas regiões tropicais, devido ao retorno econômico que proporciona; portanto, a correção da acidez do solo para alcançar maiores produtividades é imprescindível.

4.3 Nutrição e adubação da pitáia

Devido ao importante papel que desempenham no crescimento e no desenvolvimento da pitáia, a utilização dos nutrientes em quantidades adequadas é fundamental para o sucesso no cultivo dessa frutífera. O nitrogênio é requerido em maior quantidade durante o crescimento (estágio vegetativo), mas, tem sua exigência diminuída a partir do início do estágio reprodutivo (LUDERS; Mc MAHON, 2006).

O fósforo atua no armazenamento de energia, tendo papel fundamental em reações que envolvem o ATP (trifosfato de adenosina), além de ser componente de açúcares-fosfato, ácidos-nucleicos, coenzimas, entre outros (TAIZ *et al.*, 2017). A deficiência de P na pitiaia pode reduzir o crescimento de raízes e de brotações (MOREIRA *et al.*, 2016), mas, em doses elevadas, compromete o sistema radicular (CORRÊA *et al.*, 2014).

O potássio é um nutriente que participa de muitos processos bioquímicos no decorrer do ciclo da cultura, atuando no armazenamento e assimilação de fotoassimilados, refletindo em incremento da produção e da qualidade dos frutos (MARSCHNER, 2012; THEN, 2013; FERNANDES *et al.*, 2018). Em estudo conduzido por Fernandes *et al.* (2018) com a aplicação de doses crescentes de K₂O em três ciclos de produção de duas espécies de pitiaia (*H. undatus* e *H. polyrhizus*), foi verificado que a fertilização com 200 g planta⁻¹ de K₂O aumentou em 54,2% a produção (kg planta⁻¹) de *H. undatus* no terceiro ciclo, por outro lado, em *H. polyrhizus* não houve efeito do aumento das doses de K₂O, para o mesmo parâmetro.

Adicionalmente, segundo os mesmos autores, a aplicação do fertilizante também melhorou a qualidade dos frutos, com expressivos aumentos da massa e do tamanho, especialmente no primeiro ciclo, das duas espécies estudadas. Essa resposta foi relacionada ao aumento dos níveis de K nos cladódios em função das doses de K₂O aplicadas ao solo que na situação inicial apresentava baixas concentrações desse cátion. A recomendação da adubação potássica para a cultura da pitiaia, segundo esses mesmos autores, deve ser de 106,0 a 133,3 g planta⁻¹ de K₂O no primeiro ano e, 200,0 g planta⁻¹ de K₂O no segundo e no terceiro anos após o plantio.

O cálcio é um elemento que atua na estrutura das paredes celulares, na regulação de enzimas e na transmissão das mensagens sinalizadoras. O Ca participa de processos de divisão celular, movimentos citoplasmáticos e controle do volume celular, além de contribuir para o alongamento de tubos polínicos e pelos radiculares (MARSCHNER, 2012). O magnésio é constituinte da molécula de clorofila, atua na síntese de proteínas, ativa enzimas envolvidas na respiração, na fotossíntese e, principalmente, na transferência de grupos fosfatos, fosfatases e ATPases (TAIZ *et al.*, 2017).

O conhecimento da marcha de absorção dos nutrientes para a produção agrícola é primordial para melhorar a eficiência de utilização dos fertilizantes aplicados. A determinação da exigência nutricional em termos quantitativos e, a identificação do momento de maior exigência do nutriente no decorrer do ciclo da cultura permite o manejo racional da adubação (MARSCHNER, 2012). Em trabalho avaliando a marcha de absorção de nutrientes em pitiaia vermelha durante o crescimento inicial foi verificado que o acúmulo de nutrientes ocorreu na seguinte ordem decrescente: K>Ca>N>Mg=P>S>Zn>Mn>Fe>B>Cu (LIMA *et al.*, 2019).

Lima *et al.* (2019) observaram acúmulo máximo de K (7,79 g planta⁻¹), Ca (6,78 g planta⁻¹) e N (4,77 g planta⁻¹) na parte aérea da planta após 360 dias de estudo, sendo os primeiros nutrientes mais demandados na fase reprodutiva e o último mais exigido para o crescimento dos cladódios e pré-floração. Segundo os autores, a pitiaia inicia sua fase reprodutiva concomitante ao desenvolvimento vegetativo, por isso, altas quantidades de nutrientes foram demandadas para a formação de novos tecidos (parte aérea, flores e frutos).

O entendimento sobre o antagonismo e o sinergismo dos elementos em nutrição de plantas é de fundamental importância para o correto manejo da adubação. Em estudo realizado com adubação nitrogenada e potássica, Almeida *et al.* (2014) observaram a interação nitrogênio-potássio no crescimento de mudas de pitiaia, evidenciando que a disponibilidade de K aumenta a eficiência do uso de N pela planta e, o emprego de quantidades adequadas desses nutrientes aponta vantagens, também, sobre o desenvolvimento do sistema radicular.

Outros nutrientes apresentam, eventualmente, antagonismo; isso ocorre quando o excesso de um elemento diminui a absorção do outro, como é o caso do fósforo e do zinco. A combinação de doses elevadas de P (225 - 300 mg dm⁻³) com doses baixas de Zn (0 - 4 mg dm⁻³) reduziu a disponibilidade do micronutriente para plantas de pitiaia em crescimento inicial, devido a possibilidade do P, em doses elevadas, precipitar o Zn na forma de Zn₃(PO₄)₂ (CORRÊA *et al.*, 2014).

A utilização de fontes alternativas de nutrientes na cultura da pitiaia pode contribuir para reduzir os custos de produção com boas perspectivas de produtividade (MARQUES *et al.*, 2012). No entanto, em trabalho realizado por Costa *et al.* (2015), comparando diferentes compostos orgânicos associados, ou não, ao corretivo de acidez (*Lithothamnium*) no cultivo da pitiaia, não observaram interferência da fonte orgânica e do corretivo nas características de qualidade dos frutos (teores de sólidos solúveis, acidez titulável, pH e relação SS/AT).

A aplicação de corretivo da acidez deve ser conjugada com o manejo adequado dos nutrientes para que, com a elevação do pH, haja disponibilidade dos elementos para as plantas.

4.4 Acidez do solo em sistemas agrícolas

Os solos podem ser naturalmente ácidos, devido a pobreza do material de origem, ou podem se tornar ácidos, como os solos agrícolas quando manejados de forma intensiva sem os cuidados com a manutenção da fertilidade. O processo de acidificação dos solos é provocado, nesses dois casos, pela lixiviação de cátions do complexo de troca dos solos e pela decomposição dos minerais de argila – e solubilização de metais que provocam acidez –, e da

matéria orgânica, sendo acelerado em regiões em que o intemperismo químico é acentuado (BOLAN; ADRIANO; CURTIN, 2003; ROZANE; BRUNETTO; NATALE, 2017). Para Rozane, Brunetto e Natale (2017) em áreas de produção agrícola o processo de acidificação é continuado através da adição de fertilizantes nitrogenados (amoniacais e amídicos) e, também, pela resposta fisiológica da cultura de liberação radicular de íons H^+ para a manutenção do equilíbrio iônico, quando cátions básicos são absorvidos.

A acidez do solo influencia fatores que podem comprometer a fertilidade em solos agricultáveis, como: diminuição da atividade de microrganismos, capacidade de troca de cátions reduzida, limitação na disponibilidade de grande parte dos nutrientes e, crescimento radicular reduzido pela solubilização do alumínio (Al^{3+}) e/ou pela deficiência, em especial, de cálcio (FAGERIA; BALIGAR, 2003). O comprometimento do crescimento radicular ocasionado por essa condição afeta diretamente a produção das culturas, causando prejuízo ao desenvolvimento das plantas e, por isso, têm sido o impedimento mais preocupante para a atividade agrícola (NATALE *et al.*, 2012).

A extensão limitada do sistema radicular das plantas é resultado de uma alteração bioquímica relacionada à absorção demasiada de alumínio presente na solução do solo. A fitotoxidez por Al^{3+} provoca prejuízos na evolução do ciclo e na diferenciação celular, rompe a estabilidade da membrana pela deficiência de Ca^{2+} e, adicionalmente, a falta desse cátion aumenta a produção de etileno devido a atividade de enzimas específicas (MATTIELLO *et al.*, 2010).

O manejo da adubação, especialmente utilizando adubos nitrogenados na forma amoniacal e/ou amídica, deve ser realizado cuidadosamente, pois, o uso de quantidades elevadas pode trazer consequências negativas para a fertilidade do solo. A reação de acidificação do solo provocada por fertilizantes amoniacais pode ser exemplificada a seguir:



O processo de oxidação do amônio (NH_4^+) é realizado pela atividade da microbiota presente nos solos, que para transformação do nitrogênio na forma preferencialmente absorvível pelas plantas (NO_3^-) libera H^+ na solução. De fato, apenas a transformação do amônio e/ou da amida não são os únicos responsáveis pela liberação de hidrogênio via adubação; a transformação e a ciclagem do carbono e do enxofre contidos nos fertilizantes também contribuem para a acidificação (FAGERIA; BALIGAR, 2008).

Outros processos que contribuem para a acidificação dos solos são: a mineralização realizada pelos microrganismos e a liberação de exsudatos pelas raízes das plantas. Essas

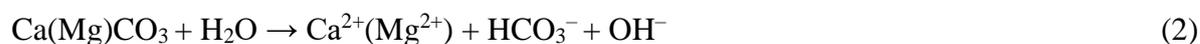
atividades, que ocorrem constantemente, resultam em reações que convergem na síntese e na dissociação de CO₂ para a formação de H₂CO₃, que é liberado na solução do solo (BOLAN; ADRIANO; CURTIN, 2003).

4.5 Calcário como corretivo da acidez do solo

Solos ácidos apresentam baixa fertilidade por serem pobres em cátions básicos e por terem excesso de alumínio solubilizado, oriundo dos minerais de argila e dos óxidos de alumínio e, de outros íons que provocam acidez (RAIJ, 1987). No entanto, a produção agrícola nesses solos é viabilizada pela neutralização da acidez com a aplicação de variados compostos que são capazes de liberar OH⁻ e/ou HCO₃⁻ (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007), como a cal virgem ou hidratada agrícola, as escórias siderúrgicas, os carbonatos de cálcio e o calcário.

A alta disponibilidade, o preço relativamente baixo e a presença de nutrientes na sua composição (Ca e Mg) contribuem para que o calcário seja a fonte mais utilizada para a correção da acidez do solo em sistemas agrícolas (NATALE *et al.*, 2012). Adicionalmente, o calcário proporciona mudanças químicas e biológicas no solo, refletindo em maiores rendimentos de produção (FAGERIA; BALIGAR, 2008).

Constituído de carbonato de cálcio (CaCO₃) e de magnésio (MgCO₃) a rocha calcária moída (o calcário) inicia a reação de neutralização com a dissociação dos carbonatos na presença de água, em que Ca²⁺ e Mg²⁺ são liberados na solução do solo, ficando disponíveis ou são adsorvidos pelo complexo de troca; o bicarbonato (HCO₃⁻) formado, bem como as hidroxilas (OH⁻) são liberados na solução do solo, neutralizando o H⁺ e o Al³⁺ formando H₂O e Al(OH)₃ respectivamente; o bicarbonato formado também reage com o H⁺ da solução do solo, sendo em seguida dissociado em água (H₂O) e gás carbônico (CO₂), de acordo com as reações abaixo (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007):



Os benefícios que a calagem proporciona no solo são amplamente conhecidos, como: precipitação do alumínio e como consequência, aumento do desenvolvimento das raízes e eficiência do uso dos nutrientes e da água disponível (RAIJ, 2011), contribuição na física do solo, no efeito de agregação ou desagregação (BOLAN; ADRIANO; CURTIN, 2003), além da

proliferação do sistema radicular (ROZANE; BRUNETTO; NATALE, 2017) que afeta diretamente a produção.

As vantagens atribuídas à física do solo proporcionadas pela calagem estão relacionadas à atuação catiônica no processo de agregação das partículas do solo. O Al^{3+} e o Ca^{2+} estão direta ou indiretamente relacionados à estruturação do solo, pois podem formar pontes catiônicas entre os organominerais e os argilominerais, sendo, dessa forma, importantes agentes de agregação (BRONICK; LAL, 2005). As contribuições dos corretivos de acidez nos atributos físicos do solo têm sido discutidas na literatura: (NUNES *et al.*, 2017; AULER; PIRES; CAIRES, 2017; MIRANDA *et al.*, 2018).

Em solos ácidos, a presença de óxidos de ferro e/ou de alumínio pode favorecer a fixação de fósforo, através da ligação aniônica favorecida nessas condições. Trabalho relacionando a redução na imobilização de P, em decorrência da correção da acidez pela calagem em quatro tipos de solos tropicais, Latossolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Quartzarênico, Cambissolo Háplico e Argissolo Vermelho-Amarelo, foi conduzido por Bezerra *et al.* (2013), em que concluiu-se que a calagem aumentou a concentração de P na solução, reduzindo sua adsorção nesses solos.

O emprego do calcário, em doses adequadas, proporciona muitos benefícios à produção agrícola; no entanto, o excesso de corretivo reduz drasticamente a absorção de vários nutrientes pelas plantas (RAIJ, 2011; BAMBOLIM *et al.*, 2015), especialmente Fe, Cu, Mn e Zn, uma vez que a disponibilidade desses elementos é reduzida com a elevação do pH do solo (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007), além de favorecer a precipitação do P na forma de $Ca_3(PO_4)_2$ (FAGERIA; BALIGAR, 2008).

4.6 Calagem em pomar de frutíferas

Existe clara diferença no manejo da calagem entre os plantios anuais e perenes, como é o caso dos pomares de frutíferas. Ao contrário das culturas anuais, as frutíferas têm o sistema radicular bem desenvolvido e, por isso, considerável volume de solo é explorado em busca de água e nutrientes, ano após ano. De fato, para que não haja perdas de produção, os pomares requerem aplicações constantes de fertilizantes na projeção da copa, acentuando a acidificação; assim, a correção periódica da acidez nas linhas e entrelinhas do pomar não deve ser negligenciada (ROZANE; BRUNETTO; NATALE, 2017).

Para o manejo satisfatório da calagem, a granulometria do corretivo deve ser adequada à fase de desenvolvimento do pomar, devido à baixa solubilidade que o calcário apresenta. O uso de maquinário para a homogeneização de calcário mais grosseiro, em área total, melhora a

reação do corretivo no solo, prática viável antes da implantação do pomar. Isso reflete na precocidade da produção e prolonga os efeitos da correção a longo prazo, devido ao efeito residual. O tamanho das partículas influencia diretamente na eficácia do corretivo, por isso, o calcário mais grosseiro tem reação mais lenta e perdura por vários anos (ROZANE; NATALE, 2014; GOULDING, 2016).

Em pomares implantados, a mistura do corretivo com o solo na projeção da copa das árvores, que concentra a maior parcela do sistema radicular, é inviável, sendo necessário, nesse caso, optar por corretivos de granulometria mais fina para que haja correção da subsuperfície sem provocar danos às raízes. A maior superfície de contato acelera o tempo de reação e a correção da acidez; contudo, o efeito residual é diminuído, sendo necessárias novas aplicações em períodos de tempo mais curtos (NATALE *et al.*, 2007).

Apenas a granulometria não é suficiente para garantir a duração do efeito de neutralização do calcário no solo. Para Quaggio (2000), as condições edafoclimáticas do local de cultivo, a cultura e o manejo da área influenciam, também, no tempo de duração do efeito do corretivo no solo.

No manejo de pomares de frutíferas é necessário estender a correção da acidez para as camadas subsuperficiais, devido à extensão do sistema radicular dessas plantas. Quando os efeitos da acidez chegam à subsuperfície, o processo de reversão desse problema é de difícil solução (GOULDING, 2016); dessa forma, é necessário que a calagem seja bem feita para que os seus efeitos benéficos, especialmente o neutralizante, abranja a camada superficial e, posteriormente, as camadas mais profundas do solo, melhorando o ambiente radicular para as plantas (ROZANE; BRUNETTO; NATALE, 2017; CORRÊA *et al.*, 2018).

A solubilização do corretivo no solo e seu deslocamento/movimentação no perfil para as camadas mais profundas pode ser realizado por meio: do espaço deixado após a decomposição das raízes (PEARSON; ABRUNA; VICE-CHANCES, 1962); da formação de pares entre as bases Ca^{2+} e Mg^{2+} do corretivo e os grupos funcionais da MOS (matéria orgânica do solo), como os carboxílicos e/ou fenólicos (AOYAMA, 1996); além da formação de sais solúveis formados pela adubação nitrogenada (BLEVINS; THOMAS; CORNELUIS, 1977).

De fato, a calagem é considerada um investimento, pois seu efeito, se bem manejada, permanece ao longo dos anos; o oposto ocorre com a negligência do manejo dessa prática antes da implantação do pomar, o que compromete a produtividade por muito tempo (RAIJ *et al.*, 1997). É perceptível a realização de poucos estudos com calagem em pomares de frutíferas; isso tem relação com a necessidade da longa duração dos experimentos, resultando em altos custos, pois, é preciso acompanhar seus efeitos na produção da cultura ao longo de vários anos.

Em estudo com calagem para o crescimento inicial de duas espécies de pitaia (*H. polyrhizus* e *H. undatus*), conduzido durante 240 dias, Reis *et al.* (2020) observaram que a faixa de saturação por bases de 55 a 70% proporcionou o maior crescimento das espécies em solo originalmente ácido.

Os benefícios obtidos pela prática da calagem são conhecidos para a produção de frutíferas, especialmente na região tropical (NATALE *et al.*, 2012); dessa forma, trabalhos que indiquem a saturação por bases exigida para o crescimento e a produção satisfatória da pitaia são primordiais.

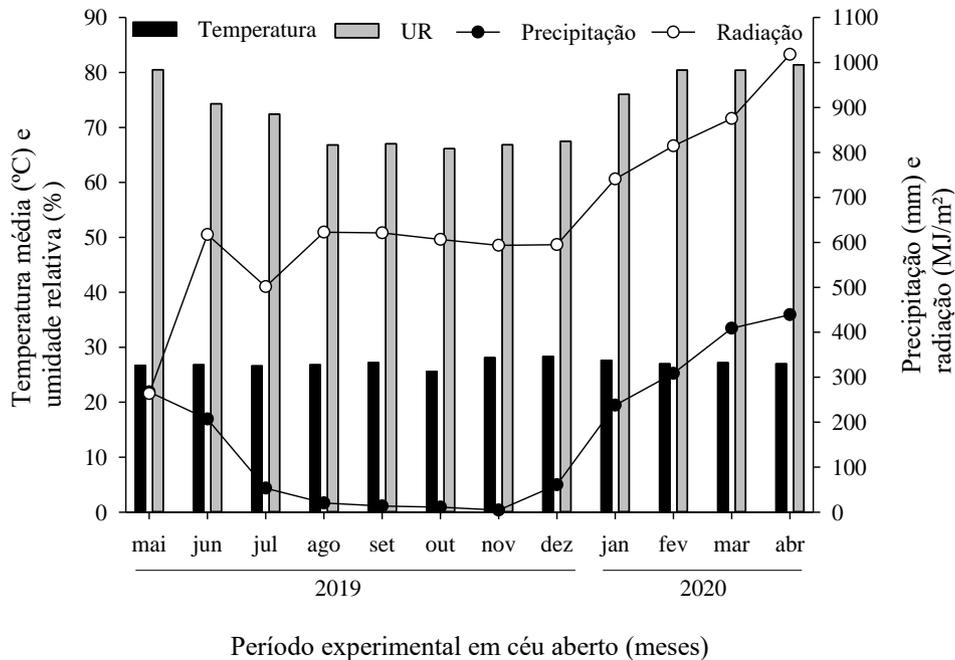
Pesquisas sobre os efeitos da calagem para o cultivo da pitaia em solos ácidos são incipientes (REIS *et al.*, 2020); entretanto, trabalhos realizados com outras frutíferas indicam aumentos na produção, no desenvolvimento radicular e na disponibilidade de nutrientes, como em: caramboleira (NATALE *et al.*, 2011), goiabeira (SOUZA *et al.*, 2009; CORRÊA *et al.*, 2018), mudas de maracujazeiro (PRADO; NATALE, 2005) e citros (SILVA *et al.*, 2007).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização da área experimental

O ensaio foi conduzido em vasos em casa de vegetação (150 dias) e subsequente cultivo em céu aberto (360 dias), no período de dezembro de 2018 a março de 2020. A pesquisa foi realizada em área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil (03°43'02" S, 38°32'35" W; altitude de 19,6 m). O clima da região é Aw (tropical e com chuvas de verão) de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26,5 °C e índice pluviométrico médio anual correspondendo a 1.390 mm. Os dados climatológicos durante a condução do experimento em céu aberto estão representados abaixo (FIGURA 1).

Figura 1 – Valores médios de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e radiação, durante a condução do experimento em céu aberto, em Fortaleza – CE



Fonte: INMET.

Nota: dados trabalhados pela autora.

5.2 Condução em casa de vegetação

5.2.1 Material propagativo

Foram utilizadas estacas sadias e vigorosas de pitaia vermelha de polpa vermelha (*Hylocereus sp.*), provenientes de plantas matrizes de um pomar comercial localizado no município de Quixeré-CE. O plantio das estacas foi realizado em sacos de polietileno com 8 dm³ de capacidade. Utilizou-se substrato orgânico obtido através do processo de compostagem (por cerca de sete meses) da mistura de bagana de carnaúba triturada e esterco de galinha poedeira puro, na proporção de 3:1 (v:v) + 50 kg de gesso m⁻³ (para reduzir a volatilização do nitrogênio presente no esterco). O substrato apresentou a seguinte composição química: pH (H₂O) de 6,4; CTC mmol_c kg⁻¹ de 225 e N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, P, K, Ca, Mg, S, Na, respectivamente, 24; 53; 52; 162; 2469; 517; 1777; 81 mg L⁻¹; Zn, Fe, Mn, Cu, Al, respectivamente, 0; 0,20; 2,35; 0,10; 1,10 mg L⁻¹. As estacas foram plantadas a 5 cm de profundidade para que permanecessem firmes. Para o enraizamento, as estacas foram mantidas durante 120 dias em ambiente protegido; durante esse período, eventuais brotações foram eliminadas à medida do surgimento, de modo a manter apenas o cladódio utilizado como estaca, priorizando o desenvolvimento do sistema radicular.

A irrigação (100 mL saco⁻¹) foi realizada com frequência de três vezes por semana para a manutenção da umidade e, a cada quinze dias, os sacos foram irrigados com 300 mL (causando vazamento) para igualar a umidade de todos com a finalidade de não haver diferenças na qualidade das estacas, para posterior transplântio em vasos de polietileno.

5.2.2 Solo empregado no experimento

Os vasos com capacidade de 25 dm³ foram preenchidos com solo da camada superficial (0 – 20 cm) de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, de acordo com Santos *et al.* (2013), proveniente da Fazenda Experimental Raposa (UFC), localizada em Maracanaú-CE, com as seguintes coordenadas geográficas 3°50'53,5" de latitude S e 38°38'06,2" de longitude W, cuja análise química para fins de fertilidade do solo, segundo metodologia descrita por Silva *et al.* (1998), é apresentada na Tabela 1. Os resultados indicam tratar-se de um solo com acidez elevada, baixa concentração de bases (Ca²⁺ e Mg²⁺), baixos valores de soma de bases e, conseqüentemente, de saturação por bases, sendo, pois, ideal para a realização de um ensaio de calagem.

Tabela 1 – Propriedades químicas do solo, antes da calagem, na camada de 0-20 cm

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Na	(H+Al)	Al	SB	T	V	Cu	Fe	Zn	Mn	
	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----mmolc dm ⁻³ -----									%	-----mg dm ⁻³ -----			
4,7	10,6	3,5	2,3	5	3	0	40	3	10,3	50,3	20	0,1	99	1,3	5,8	

MO = matéria orgânica; pH em água; P, Na e K, extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al, extrator KCl; H+Al, extrator acetato de cálcio; SB = soma de bases trocáveis; T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = saturação por bases; Zn, Cu, Fe e Mn, extrator Mehlich 1.

Fonte: elaborada pela autora.

5.2.3 Tratamentos

Devido à falta de informação e recomendação para a pitáia, os tratamentos foram calculados para a faixa de saturação por bases variando de 20 a 70% (valor referencial) (PRADO; NATALE; ROZANE, 2007). As doses de calcário foram determinadas considerando-se os resultados da análise química do solo da camada 0-20 cm (TABELA 1), sendo utilizadas as seguintes doses em t ha⁻¹: D₀ = zero de calcário; D₁ = 0,61; D₂ = 1,23; D₃ = 1,84; e, D₄ = 2,46. Essas doses equivalem a: 0 (zero); 7,67; 15,33; 23; 30,66 g vaso⁻¹. O calcário utilizado apresenta as seguintes características: PRNT (poder relativo de neutralização total) = 91%; CaO = 320 g kg⁻¹; MgO = 150 g kg⁻¹; PN (poder de neutralização) = 94,5%.

Granulometria: 0%, 2% e 5% de material retido nas peneiras ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) n° 10, 20 e 50, respectivamente, e 93% passante pela peneira ABNT n° 50; reatividade (RE) = 96,4%.

A aplicação das doses de calcário para a incubação ocorreu 90 dias antes do transplântio das estacas para os vasos. As doses de calcário foram misturadas ao solo peneirado (2 mm), sendo o revolvimento e a homogeneização feitos em betoneira. Posteriormente, os respectivos tratamentos foram transferidos separadamente para os vasos, sendo irrigados até a capacidade de campo e, então, incubados em sacos de polietileno (dentro dos vasos) para posterior transplântio das estacas.

5.2.4 *Análise do solo*

Decorridos 90 dias da incubação, no momento do transplântio das estacas de pitaias para os vasos, foi realizada amostragem de solo retirando-se cinco pontos na vertical com trado tipo sonda, a partir do topo de cada vaso, com a finalidade de analisar o efeito da calagem sobre a fertilidade do solo. As determinações químicas nas amostras de solo seguiram os métodos descritos por Silva *et al.* (1998).

5.2.5 *Delineamento experimental*

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos (doses de calcário) e quatro repetições. Para evitar o favorecimento de alguns tratamentos e/ou blocos em detrimento dos demais, as estacas enraizadas foram distribuídas nos blocos de acordo com a diferença de comprimento, da seguinte forma: pequeno (19–31 cm), médio (32–43 cm) e grande (44–60 cm). Assim, transplantou-se as mudas para os vasos com a seguinte distribuição, para evitar o efeito do tamanho das estacas entre os tratamentos: bloco 1 com estacas pequenas, blocos 2 e 3 com médias, e bloco 4 com grandes. Para cada repetição foram utilizadas duas plantas individualizadas, uma em cada vaso, sendo considerada a média das duas plantas, totalizando quarenta vasos.

Adotou-se o espaçamento de 3×2 m entre parcelas, equivalente a 3.334 plantas ha⁻¹. Cada parcela foi constituída por duas plantas (dois vasos e uma planta por vaso) apoiadas no mesmo tutor (mourão), uma de cada lado. Assim, vinte parcelas experimentais, com 40 plantas, foram distribuídas nas linhas de plantio em área de 120 m².

5.2.6 Adubação e manejo

No transplântio para os vasos, o sistema radicular das estacas enraizadas foi lavado com água para a remoção do substrato, a fim de não haver influência deste nos tratamentos; em seguida, foi realizada a adubação misturando-se os fertilizantes com os 2/3 superiores do solo do vaso. Independente do tratamento, todos os vasos receberam adubação conforme a recomendação de Almeida *et al.* (2014) e Corrêa *et al.* (2014), com as seguintes doses em mg dm^{-3} : 750 de N; 375 de P; 375 de K e 10 de Zn. As fontes utilizadas foram: a ureia (46% de N), o superfosfato simples (18% P_2O_5 , 25% de CaO e 12% S), o cloreto de potássio (62% de K_2O) e o FTE BR-12 (9,0% de Zn; 1,8% de B; 0,8% de Cu; 2,0% de Mn; 3,0% de Fe e 0,1 % de Mo). O cálculo das quantidades de micronutrientes foi feito com base na dose de Zn do FTE.

Para a adubação de plantio, foi empregado o superfosfato simples, em dose única, 120 g vaso^{-1} e, metade da dose de FTE BR-12, 1,4 g vaso^{-1} , totalizando ao final, a dose de 2,8 g vaso^{-1} . O restante da dose da fonte de micronutrientes foi adicionada 180 dias após o transplântio das estacas de pitáia.

A fim de amenizar as perdas e/ou salinização do solo, a adubação de cobertura com as fontes de nitrogênio e de potássio foi parcelada semanalmente, durante o experimento; os adubos foram solubilizados em água (50 mL) e a aplicação foi feita em superfície a uma distância de 5 cm do colo da planta, com as seguintes doses de ureia e de cloreto de potássio em g vaso^{-1} : 0,8 e 0,4 respectivamente.

Após o transplântio das estacas para os vasos definitivos e feitas a adubação de fundação e a primeira parcela da adubação de cobertura, os vasos foram mantidos em casa de vegetação por cerca de 60 dias para permitir sua adaptação/estabelecimento e permitir o crescimento inicial sob o efeito dos respectivos tratamentos.

A irrigação foi realizada a cada três dias na semana e, em seguida, os vasos foram transferidos para o céu aberto em área pertencente ao Setor de Agricultura da Universidade Federal do Ceará.

5.3 Condução em céu aberto

5.3.1 Condução da pitáia

Após a transferência para o campo, as mudas foram tutoradas quando atingiram altura de 1,5 m em mourões de eucalipto de 1,8 m fixados perpendiculares ao solo. A condução foi feita através de desbrotas, deixando a planta em haste única até atingir o suporte de sucatas de

pneu de automóvel, sustentado por segmentos de vergalhão de 1/2" em forma de cruz, próximo ao topo do mourão para apoio dos cladódios no momento da abertura da copa.

5.3.2 Irrigação e tratos culturais

Com os vasos em céu aberto, a irrigação foi realizada diariamente com 1500 mL vaso⁻¹, de forma manual, no período de abril de 2019 a dezembro de 2019 (caracterizado pela quase ausência de chuvas). Para a manutenção da umidade do solo foram utilizados recipientes graduados, contendo as quantidades de água medida previamente em proveta.

A água utilizada para a irrigação do experimento analisada em agosto de 2019, segundo classificação da água para irrigação (HOLANDA *et al.*, 2016) tinha baixa salinidade (C1) e baixo conteúdo de sódio (S1). As concentrações químicas, em mmol_c L⁻¹, foram as seguintes: 0,35; 0,72; 1,62 e 0,14 de Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ respectivamente. E de Cl⁻, em mmol_c L⁻¹ foi de 2,3. SO₄²⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻ não foram contabilizados, devido à baixa concentração desses ânions. No momento da coleta, a condutividade elétrica da água foi de 0,34 dS m⁻¹ e o pH de 6,48.

Foram realizadas, periodicamente, capinas manuais com o intuito de controlar as plantas daninhas. Em caso de aparecimento de pragas ou patógenos foi realizado o controle.

5.4 Variáveis analisadas

5.4.1 Crescimento da planta

As variáveis de crescimento foram analisadas em dois momentos: aos 180 e aos 360 dias após o transplântio das estacas enraizadas. Para a determinação do crescimento foram avaliadas as seguintes características:

a) Número de Cladódios (NC): contagem do número de cladódios emitidos pelas plantas, sendo o resultado expresso em unidades de cladódios planta⁻¹;

b) Somatório do Comprimento dos Cladódios (SCC): somatório do cladódio principal com os laterais. O comprimento do cladódio principal foi medido pela distância entre a extremidade apical terminal do cladódio enraizado até a extremidade apical terminal do último cladódio do eixo principal (de crescimento vertical). O comprimento dos cladódios laterais (da copa) foi determinado pela distância entre a inserção da brotação lateral e a extremidade apical terminal desta ramificação, incluindo os cladódios laterais primários. A medição foi realizada com fita métrica e os resultados expressos em cm planta⁻¹;

c) Diâmetro médio dos Cladódios (DC): calculado pela média do diâmetro dos cladódios. O diâmetro foi mensurado com o auxílio de um paquímetro digital, medindo-se a parte mediana dos cladódios principal e laterais e os resultados expressos em mm planta^{-1} ;

d) Espessura média dos Cladódios (EC): calculado pela média da espessura dos cladódios, medindo-se a parte mediana dos cladódios principal e laterais até a axila das estruturas da planta. Foi realizado com paquímetro digital e os resultados expressos em mm planta^{-1} ;

e) Número de Aréolas (NA): por estimativa. As aréolas de uma das laterais dos cladódios foram contadas e esse valor foi multiplicado pela quantidade de laterais que os cladódios possuíam. Os resultados foram expressos em aréolas planta^{-1} ;

f) Aréolas transformadas em botões florais (ArBF): foi determinada a quantidade de aréolas dos cladódios laterais (produtivos) por estimativa. Depois, foi calculada a porcentagem de aréolas que foram transformadas em botões florais (utilizando a quantidade de botões florais por planta). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

5.4.2 Produção e característica física dos frutos

A produção foi avaliada no 1º ciclo produtivo que compreendeu o período entre os meses de setembro de 2019 e abril de 2020, analisando-se as seguintes variáveis:

a) Número de Botões Florais (NBF): contagem do número de botões florais emitidos pela planta, cujo resultado foi expresso em unidades de botões florais e de flores planta^{-1} ;

b) Taxa de Abortamento de Botões e Flores (ABF): através da relação entre botões e flores abortados pelo total de botões florais emitidos, cujos resultados foram expressos em porcentagem (%);

c) Frutificação Efetiva (FE): calculada com base no número total de frutos produzidos em relação ao número total de botões florais emitidos, expressa em porcentagem (%);

d) Produtividade (PRODT): calculada a partir do somatório da massa dos frutos por unidade de área ao longo do 1º ciclo produtivo e estimada para um hectare, expressa em t ha^{-1} ;

e) Número de Frutos (NF): somatório dos frutos colhidos em cada planta, cujo resultado foi expresso em unidades de frutos planta^{-1} ;

f) Comprimento (CF) e Diâmetro dos Frutos (DF): contabilizados individualmente nos frutos colhidos com o auxílio de um paquímetro digital, cujo resultado foi expresso em mm fruto^{-1} ;

g) Espessura média da Casca dos Frutos (ECF): calculada pela média das espessuras das duas partes da casca dos frutos cortados ao meio. Medidas feitas com paquímetro digital, cujo resultado foi expresso em mm fruto^{-1} ;

- h) Espessura da Polpa dos Frutos (EPF): determinada por diferença entre o diâmetro transversal do fruto e a espessura da casca, sendo o resultado expresso em mm fruto^{-1} ;
- i) Massa Fresca total dos Frutos (MFF), da Polpa (MFP) e da Casca (MFC): determinação separadamente do total e da polpa, média de quatro frutos de cada parcela experimental, empregando balança analítica, cujo resultado foi expresso em g fruto^{-1} ;
- j) Rendimento de Polpa (RP): as partes dos frutos (polpa e casca) foram pesadas separadamente em balança analítica, sendo o resultado expresso em porcentagem (%).

5.4.3 Secagem do material vegetal para diagnose nutricional

Após 360 dias do transplântio das estacas coletou-se a porção mediana (terço médio) de cladódios desenvolvidos apresentando uma ou mais flores totalmente expandidas na extremidade do cladódio (SANTANA, 2019). Não há informações na literatura sobre o cladódio indicado para a diagnose do estado nutricional da pitáia, portanto, tomou-se como base indicações de outras frutíferas, em que normalmente as folhas dos ramos em pleno florescimento ou frutificação traduzem melhor o seu conteúdo nutricional (RAIJ *et al.*, 1997; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A flor totalmente aberta na extremidade dos cladódios também foi coletada. Os cladódios e as flores foram coletados no período de maior floração das pitáias (de fevereiro a março de 2020), identificados e transferidos para a preparação do material no Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical para posterior análise. Após a coleta, os cladódios e as flores foram lavados com água e solução de ácido clorídrico (3 %) e secos a sombra durante uma hora. Em seguida, os cladódios foram cortados em pequenos pedaços e acondicionados em sacos de papel poroso previamente identificados. As flores foram postas inteiras nos sacos de papel poroso.

Os frutos foram coletados a partir dos 180 dias da instalação do experimento (início da frutificação) até totalizar a quantidade necessária por tratamento.

O material foi encaminhado ao Laboratório de Fisiologia da Produção da Universidade Federal do Ceará para ser acondicionado em estufa com circulação forçada de ar ($65\text{ }^{\circ}\text{C}$), até atingir massa constante.

5.4.4 Teor de nutrientes no material vegetal

Após a secagem, o material foi moído em moinho tipo Willey, com malha de 1 mm de abertura e, em seguida, transferido para potes de polietileno identificados, reduzindo-se assim, o contato com o ar. Posteriormente, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical para a determinação dos teores de macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e de micronutrientes (Cu, Fe, Zn, Mn e B).

A determinação dos teores dos nutrientes no material vegetal (cladódios, flores, cascas e polpas dos frutos), foi realizada conforme metodologia descrita por Miyazawa *et al.* (2009).

5.5 Análises estatísticas

Com base nos resultados obtidos foi realizada a análise de variância ($p \leq 0,05$) pelo teste F para as diversas variáveis estudadas; havendo significância, foi realizada a análise de regressão. As análises de variância e regressão foram realizadas com o auxílio do *software* Sisvar (FERREIRA, 2010), versão 5.3, e a confecção dos gráficos com o programa SigmaPlot versão 12.5.

Para a análise nutricional do cladódio e da flor, devido à ausência de florescimento em determinadas repetições em dois blocos, utilizou-se o método de imputação de dados estatísticos para o preenchimento dos dados faltantes através do Proc MI (Procedure Multiple Imputation) com o método MCMC (Monte Carlo via cadeias de Markov) do *software* SAS® (SAS Institute Inc., 2012).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Atributos químicos do solo

As doses de calcário aplicadas ao Argissolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento não influenciaram as concentrações de fósforo (P), de potássio (K), de matéria orgânica (MO) e de sódio (Na) no solo (TABELA 2).

Tabela 2 – Parâmetros químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo contido nos vasos, em resposta a doses de calcário

Doses	P	MO	pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H+Al	Al ³⁺	SB	T	V	m	Zn	Cu	Fe	Mn
t ha ⁻¹	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹	H ₂ O	----- mmolc dm ⁻³ -----				-----					%	%	----- mg dm ⁻³ -----		
0,0	1,5	8,6	4,2	1,7	4,1	3,4	0,3	36,5	2,6	9,4	45,9	20	5,7	1,3	0,2	86,4	5,1
0,6	1,0	7,7	5,2	1,6	9,6	7,8	0,2	35,7	0,5	19,2	54,8	35	0,9	1,2	0,2	90,1	5,1
1,2	1,2	8,6	5,8	1,7	13,8	11,3	0,3	24,2	0,0	27,0	51,3	53	0,0	1,2	0,2	83,5	5,1
1,8	1,2	9,0	6,1	1,7	16,1	13,5	0,3	20,2	0,0	31,6	51,7	61	0,0	1,1	0,2	84,0	4,7
2,5	1,4	8,7	6,5	1,7	19,2	15,7	0,3	16,9	0,0	36,9	53,8	68	0,0	1,1	0,1	80,2	4,7
F	1,2 ^{ns}	0,8 ^{ns}	169,5 ^{**}	0,9 ^{ns}	120,1 ^{**}	134,2 ^{**}	0,4 ^{ns}	103,7 ^{**}	693,8 ^{**}	134,0 ^{**}	12,7 ^{**}	259,7 ^{**}	1022,5 ^{**}	2,5 ^{ns}	2,8 ^{ns}	2,1 ^{ns}	5,0 [*]
CV (%)	25,4	12,0	2,5	6,4	8,6	8,1	64,1	6,6	13,8	7,5	3,8	5,1	11,7	8,7	13,8	5,9	4,1

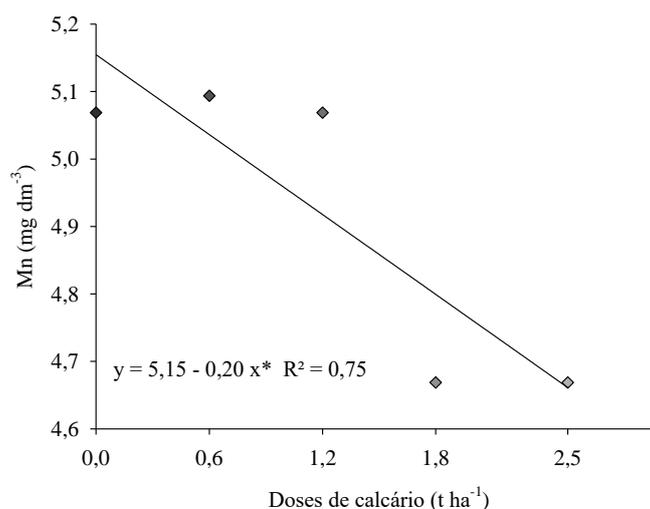
MO = matéria orgânica; P, Na e K, extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al, extrator KCl; H+Al, extrator acetato de cálcio; SB = soma de bases trocáveis; T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio; Zn, Cu, Fe e Mn, extrator Mehlich 1. ** indica nível de significância a 1 %, * indica nível de significância a 5 % e, ^{ns} indica não significativo.

Fonte: elaborada pela autora.

A calagem, além dos nutrientes (cálcio e magnésio) que fazem parte da composição do calcário, não aumenta a concentração de atributos que originalmente estavam em baixas quantidades. Os solos da região tropical, devido à elevada pluviosidade, apresentam baixa fertilidade em função da lixiviação de nutrientes (NATALE *et al.*, 2012).

As concentrações de Cu, Zn e Fe não foram influenciadas pelo aumento das doses de corretivo aplicadas (TABELA 2). No entanto, houve redução em mais de 9 % da concentração de Mn, variando de 5,15 a 4,65 mg dm⁻³ na menor e na maior dose de calcário respectivamente (FIGURA 2). Isso se deveu à alta concentração de Mn na condição inicial do solo estudado (RAIJ *et al.*, 1997) que decresceu após a calagem, devido ao aumento de hidroxilas com a utilização do corretivo, causando diminuição da solubilidade de micronutrientes catiônicos como o Mn, tornando-o menos disponível (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007).

Figura 2 – Concentração de manganês de um Argissolo Vermelho-Amarelo contido nos vasos, em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições



* indica nível de significância a 5 %.

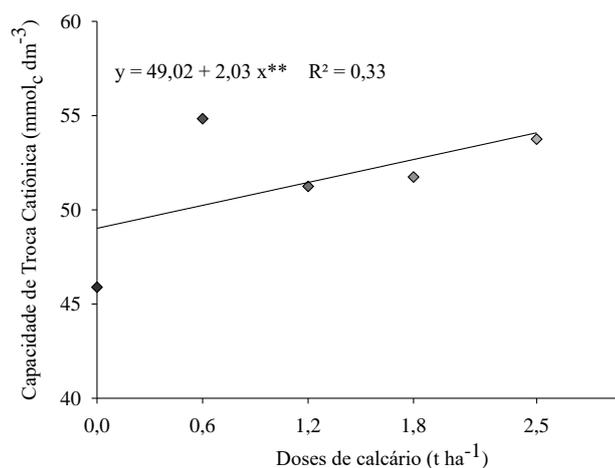
Fonte: elaborada pela autora.

Esses resultados foram semelhantes aos relatados por Sikiric *et al.* (2009) que, estudando a aplicação de calcário nos atributos químicos do solo para a produção de framboesa durante três anos em vaso, observaram que a utilização de 9 t ha⁻¹ de calcário diminuiu a concentração de Mn no solo em 50 %.

Com a elevação das doses de calcário houve aumento (8 %) da capacidade de troca catiônica de 49 a 53 mmol_c dm⁻³, da menor para a maior dose de corretivo utilizada, apesar do baixo valor do coeficiente de determinação (R² = 0,33) da equação linear (FIGURA 3). O calcário disponibiliza Ca e Mg (presentes na constituição do corretivo) no solo, aumentando a

CTC efetiva em solos originalmente ácidos. Resultado similar do aumento da CTC com a alteração do pH proporcionada pela calagem foi encontrado por Caires, Joris e Churka (2011). Os autores também justificaram essa variação pela contribuição do Ca^{2+} e do Mg^{2+} no complexo de troca com a utilização do calcário.

Figura 3 – Valores da capacidade de troca catiônica de um Argissolo Vermelho-Amarelo contido nos vasos, em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições



** indica nível de significância a 1 %.

Fonte: elaborada pela autora.

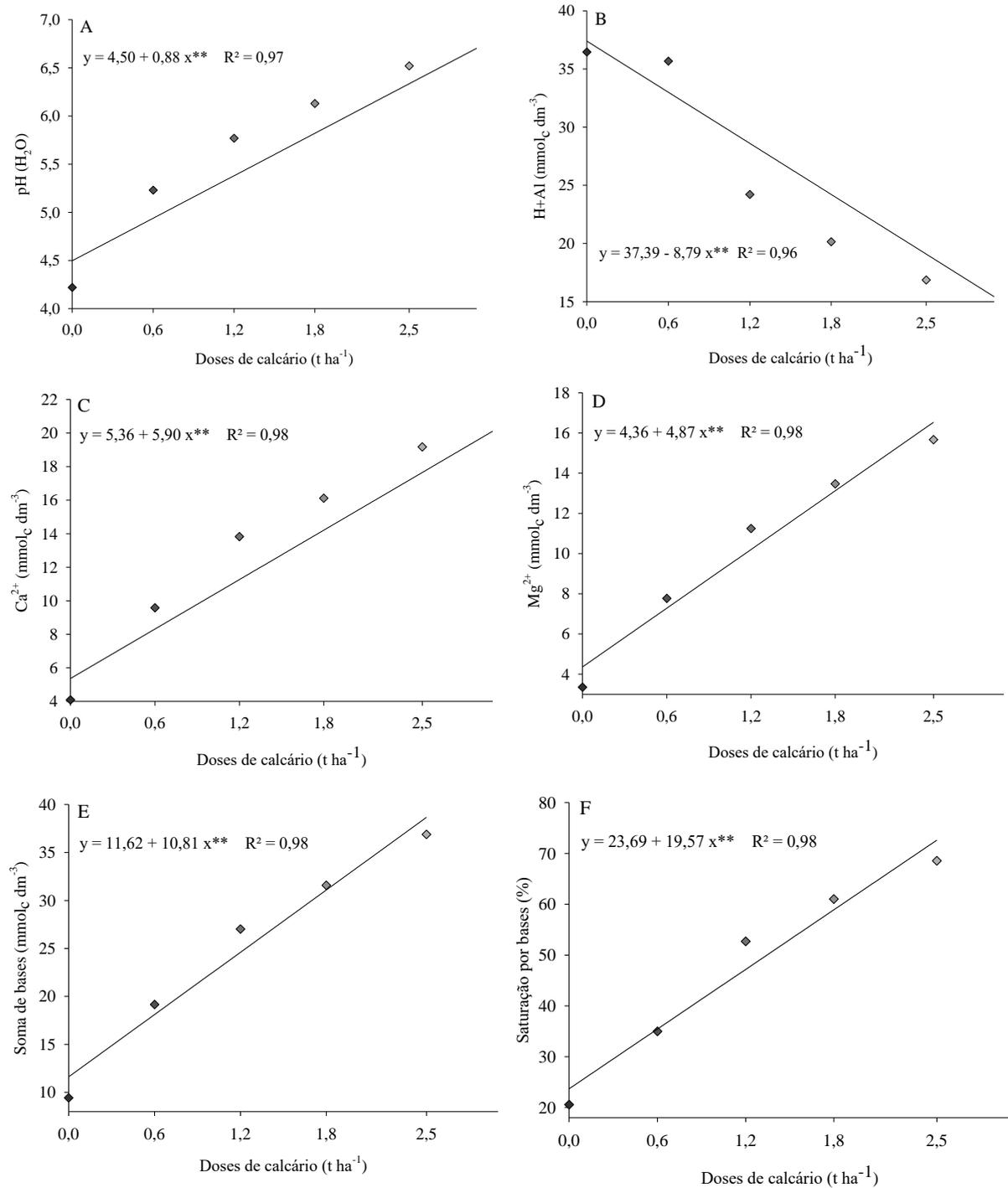
A calagem alterou várias características químicas do solo: elevou significativamente o pH, o Ca e o Mg, a soma de bases (SB) e a saturação por bases (V%), enquanto a acidez potencial (H+Al) diminuiu significativamente com o aumento das doses de corretivo aplicadas, após 90 dias de incubação (FIGURA 4). Houve ajuste linear positivo do pH, Ca, Mg, SB e V % e redução linear de (H+Al), em função do incremento das doses de calcário nos vasos.

A diminuição dos atributos químicos relacionados à acidez do solo (FIGURA 4B e FIGURA 5) era esperada, pois, o calcário aplicado ao solo, considerando sua condição inicial (TABELA 1), reagiu eficientemente neutralizando a acidez trocável (Al^{3+}) e a potencial (H+Al).

A calagem proporcionou elevação do pH e da saturação por bases, saindo de uma condição indesejável (4,5 e 24%, respectivamente) para uma aproximadamente adequada (pH = 6,7 e V = 72,6%) para a maioria das culturas (AQUINO *et al.*, 1993; PRADO; NATALE; ROZANE, 2007). Para Reis *et al.* (2020) o maior crescimento de duas espécies de pitaia (*Hylocereus polyrhizus* e *Hylocereus undatus*) ocorreu na faixa de pH entre 6,6 e 7,0 e V entre 55 e 70 %, essas condições químicas do solo foram resultado das doses 1,9 t ha⁻¹ (*H. polyrhizus*) e 2,8 t ha⁻¹ (*H. undatus*) de calcário. Portanto, essas evidências sugerem que os resultados

obtidos no presente estudo com a utilização do calcário, proporcionaram condições de pH e V% favoráveis ao crescimento inicial da pitia vermelha.

Figura 4 – Valores de pH (A), acidez potencial (B), Ca^{2+} (C), Mg^{2+} (D), soma de bases (E) e saturação por bases (F) de um Argissolo Vermelho-Amarelo contido nos vasos, em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições



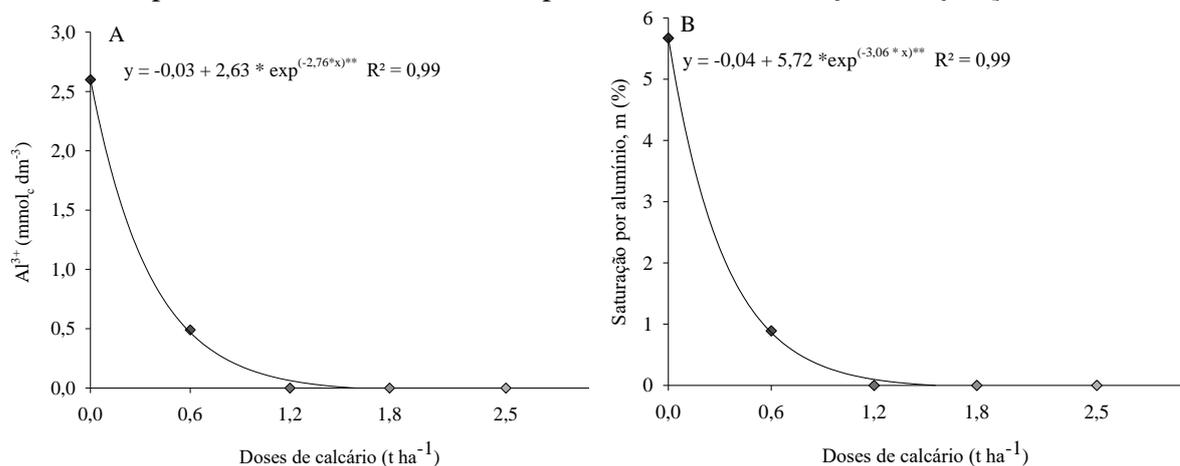
** indica nível de significância a 1 %.

Fonte: elaborada pela autora.

Na maior dose de corretivo utilizada foi observado incremento considerável, de mais de 200%, nas concentrações de Ca^{2+} e de Mg^{2+} no solo em relação à condição inicial (TABELA 2). O calcário neutraliza a acidez do solo e cede Ca e Mg às plantas, ao mesmo tempo (PRADO e NATALE, 2008). As concentrações de Ca^{2+} e de Mg^{2+} de 5,4 e 4,4 (classificadas como baixas para a maioria das culturas) foram incrementadas para 20,1 (média) e 16,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ (alta), respectivamente (AQUINO *et al.*, 1993) de acordo com o incremento das doses de calcário.

Esses resultados corroboram os relatados por Corrêa *et al.* (2018) que, trabalhando com a aplicação superficial de diferentes doses de calcário em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob pomar de goiabeira já estabelecido, obtiveram melhoria dos componentes da fertilidade do solo na camada de 0-20 cm de profundidade.

Figura 5 – Valores de Al^{3+} (A) e m % (B) de um Argissolo Vermelho-Amarelo contido nos vasos, em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições



** indica nível de significância a 1 %.

Fonte: elaborada pela autora.

Adequadas condições no ambiente radicular das plantas proporcionam incremento no desenvolvimento vegetal, visto a melhoria na absorção de água e dos nutrientes que são disponibilizados com a correção da acidez, refletindo na produtividade (RAIJ, 2011).

6.2.Crescimento da planta

A avaliação do crescimento da pitáia, realizada aos 180 dias após o transplântio das estacas, não revelou efeito das doses de calcário sobre o número de cladódios, o número de aréolas, o somatório do comprimento, o diâmetro e a espessura média dos cladódios (TABELA 3).

A ausência de resposta dos parâmetros de crescimento da planta aos tratamentos pode ser justificada pelo curto período para o desenvolvimento da pitaiá, visto que se passaram apenas 180 dias após a aplicação dos tratamentos e o transplântio das mudas da frutífera. Lima *et al.* (2019) estudaram a marcha de absorção de nutrientes em pitaiá vermelha, avaliando o crescimento da planta, e observaram que entre 61 e 240 dias houve maior crescimento dos cladódios. Dessa forma, no presente estudo, é possível que o período de 180 dias não tenha sido suficiente para que fossem obtidos efeitos do tratamento no crescimento da planta.

Tabela 3 – Número de cladódios por planta (NC), número de aréolas por planta (NA), somatório do comprimento dos cladódios (SCC), diâmetro médio dos cladódios (DC), espessura média dos cladódios (EC), aos 180 dias do transplântio das estacas de pitaiá vermelha

Doses t ha ⁻¹	NC	NA	SCC (cm)	DC (mm)	EC (mm)
0,0	5,5	231,0	230,2	54,7	6,4
0,6	8,0	279,0	271,3	45,4	6,1
1,2	5,9	221,6	207,7	46,9	6,5
1,8	7,2	271,1	270,7	48,5	6,6
2,5	6,4	234,0	234,8	47,6	6,0
F	1,5 ^{ns}	1,4 ^{ns}	2,4 ^{ns}	2,2 ^{ns}	0,3 ^{ns}
CV (%)	25,6	17,7	14,8	9,8	12,8

^{ns} indica não significativo.

Fonte: elaborada pela autora.

Apesar da ausência de efeito dos tratamentos no crescimento da pitaiá aos 180 dias após o transplântio, o valor médio do SCC encontrado no presente estudo (243,0 cm) (TABELA 3) foi superior ao encontrado por Almeida *et al.* (2014) e Corrêa *et al.* (2014), estudando os efeitos de adubações químicas sobre o crescimento inicial da pitaiá (*H. undatus*) por igual período, obtendo SCC com variação de 9,0 a 188,7 e de 81,7 a 176,0 respectivamente.

No entanto, o valor médio do presente trabalho foi próximo ao de Lima *et al.* (2019) (cerca de 200 cm) para o mesmo parâmetro de crescimento (SCC), por igual período de avaliação (180 dias), em estudo sobre o crescimento e a marcha de absorção de nutrientes da pitaiá vermelha.

O valor médio para o NC (6,6 unidades planta⁻¹) foi próximo aos de Corrêa *et al.* (2014) (5 a 9 unidades planta⁻¹), enquanto que Almeida *et al.* (2014) encontraram uma faixa mais ampla para o mesmo parâmetro (2 a 11 unidades planta⁻¹), em igual período de observação.

A espessura (6,3 mm) e o diâmetro (48,6 mm) médios dos cladódios encontrados neste estudo (TABELA 3) foram inferiores aos valores observados por Almeida *et al.* (2018) para plantas em pleno sol (6,7 e 62,3 mm, respectivamente), em pesquisa sobre o crescimento de

pitaia vermelha em diferentes níveis de sombreamento aos 180 dias. Vale ressaltar que esses parâmetros, segundo os autores, tiveram diminuição mais acentuada no maior nível de sombreamento (80%) (5,8 e 55,1 mm de espessura e de diâmetro respectivamente).

De acordo com os mesmos autores, as condições ambientais a que as plantas foram expostas contribuíram para o espessamento dos cladódios em pleno sol (mesmas condições do presente estudo), um mecanismo de foto-proteção da planta na tentativa de diminuir os danos causados ao aparelho fotossintético. No entanto, essa condição aumentou as reservas de água e de fotoassimilados, diminuiu a condutância estomática e a transpiração das plantas.

Dessa forma, devido aos valores inferiores aos observados por Almeida *et al.* (2018) a pleno sol, percebe-se que a exposição total da pitaia à luz solar durante os primeiros 180 dias, no presente estudo, pode ter refletido positivamente sobre o espessamento dos cladódios (espessura e diâmetro), em resposta às condições ambientais a que as plantas foram submetidas (FIGURA 1).

Adicionalmente, no estudo de Almeida *et al.* (2018) em pleno sol, o crescimento dos cladódios foi afetado ($178 \text{ cm planta}^{-1}$) em comparação ao maior nível de sombreamento em que as plantas externaram crescimento estiolado ($234,9 \text{ cm planta}^{-1}$). Valor médio superior para o mesmo parâmetro foi encontrado no presente trabalho ($243 \text{ cm planta}^{-1}$) por igual período de avaliação.

A proximidade nos valores do comprimento dos cladódios do presente estudo com o resultado de maior sombreamento dos autores citados pode não ser suficiente para inferir que a planta, aqui, teve prejuízos fisiológicos em comparação com os resultados de Almeida *et al.* (2018). Além dos cladódios em campo não terem apresentado aspecto esbranquiçado e delgado (característico de crescimento estiolado), os valores aqui encontrados para a espessura e o diâmetro (6,3 e 48,6 mm) foram próximos aos desses autores para o melhor tratamento (35% de sombreamento) em que as plantas apresentaram respostas fisiológicas satisfatórias (maiores taxas fotossintéticas, condutância estomática, transpiração, eficiência no uso da água e na carboxilação), com 6,3 e 59,2 mm de espessura e de diâmetro, respectivamente, dando maior embasamento para aquela suposição.

Isso pode indicar que as condições ambientais encontradas no presente estudo (FIGURA 1) foram favoráveis ao crescimento vegetativo (comprimento, espessura e diâmetro dos cladódios), não refletindo em prejuízos fisiológicos significativos para essa espécie de pitaia.

A calagem afetou o número de cladódios por planta aos 360 dias (TABELA 4). Apesar das doses de calcário não terem apresentado efeito sobre as aréolas transformadas em botões florais, sobre o somatório do comprimento, sobre o diâmetro e sobre a espessura dos cladódios

aos 360 dias após o transplântio das estacas de pitaia vermelha, notou-se incremento médio de cerca de 90, 20 e 40 % sobre o SCC, o DC e a EC, respectivamente, quando comparados aos mesmos parâmetros avaliados aos 180 dias (TABELA 3).

Tabela 4 – Número de cladódios por planta (NC), aréolas transformadas em botões florais (ArBF), somatório do comprimento dos cladódios (SCC), diâmetro médio dos cladódios (DC), espessura média dos cladódios (EC), aos 360 dias após o transplântio das estacas de pitaia vermelha

Doses t ha ⁻¹	NC	ArBF (%)	SCC (cm)	DC (mm)	EC (mm)
0,0	10,9	2,7	392,0	57,6	8,6
0,6	14,6	2,1	500,3	54,3	9,2
1,2	12,1	2,3	448,6	55,5	8,9
1,8	15,9	1,5	489,7	54,2	9,1
2,5	11,9	2,6	417,7	54,5	9,6
F	4,8*	1,8 ^{ns}	2,9 ^{ns}	1,5 ^{ns}	1,1 ^{ns}
CV (%)	14,6	44,8	12,0	4,3	7,2

* indica significativo a 5 %; ^{ns} indica não significativo.

Fonte: elaborada pela autora.

O incremento no crescimento das plantas aos 360 dias pode ser atribuído à melhoria dos atributos químicos do solo proporcionados pela calagem, como: neutralização dos elementos tóxicos (Al e H), aumento do pH, incremento da concentração de cálcio e de magnésio e, consequente aumento da soma de bases e da saturação por bases (TABELA 2). Essa hipótese é suportada através do estudo de Reis *et al.* (2020) com calagem para o cultivo da pitaia, em que os benefícios do uso do corretivo no solo aumentaram a produção de matéria seca de duas espécies de pitaia (*H. undatus* e *H. polyrhizus*).

O melhor desenvolvimento das raízes, provavelmente, refletiu no aumento do crescimento da planta aos 360 dias; maior extensão radicular pode ter elevado a absorção de água e nutrientes, incrementando o desenvolvimento da parte aérea da pitaia. Cahyono *et al.* (2019) observaram aumento no crescimento do abacaxizeiro, frutífera do mesmo grupo de metabolismo da pitaia (CAM), no período de até 5 meses após o plantio, nas maiores doses de calcário testadas. Essa resposta foi relacionada ao aumento da massa do sistema radicular, indicando que a correção da acidez, através da calagem, melhorou o ambiente do solo, propiciando crescimento das raízes e, consequentemente, maior eficiência na absorção de água e nutrientes.

O número de aréolas dos cladódios que compõe o dossel das plantas em determinado período é um importante parâmetro para o manejo produtivo em pomares de pitaias, pois, nessas

estruturas se desenvolvem os botões florais. Apesar da porcentagem de aréolas transformadas em botões florais não ter apresentado diferença estatística significativa em função da calagem, neste trabalho o valor médio (2,2%) encontrado foi próximo aos de Jiang, Lin e Lee (2011) (0,2 a 2,5%) em estudo sobre a composição do dossel de pitaia amarela (*S. megalanthus*), em diferentes estações do ano (verão e inverno) em Taiwan. Além disso, esses mesmos autores informaram a existência de uma relação direta entre a quantidade de aréolas nos cladódios produtivos e sua transformação em botões florais, apontando a nutrição adequada dentre os tratamentos culturais que devem receber maior atenção durante o período de formação das aréolas.

Dessa forma, é razoável supor que o adequado manejo da calagem, devido aos vários benefícios conferidos à fertilidade do solo e à nutrição das plantas, reconhecidos na literatura, pode contribuir para o aumento da produção na cultura da pitaia ao longo dos anos.

Em relação aos valores médios, o SCC variou de 392,0 a 500,3 cm planta⁻¹ entre as doses de calcário aos 360 dias. O incremento de cerca de 90%, em relação a avaliação realizada aos 180 dias, aponta para a necessidade de um período mais longo para a pitaia responder à variação das condições ambientais do solo.

O valor médio observado de SCC no presente trabalho (450,0 cm planta⁻¹) foi próximo ao obtido por Lima *et al.* (2019) (455,1 cm planta⁻¹), em estudo sobre o crescimento e o acúmulo de nutrientes em pitaia vermelha por igual período (360 dias).

As hipóteses apontadas no presente estudo foram confirmadas com os resultados de Lima *et al.* (2019) que também observaram incremento no crescimento da planta após 180 dias do transplante, através do aumento no comprimento do cladódio principal e desenvolvimento dos laterais até o período mais longo de avaliação (360 dias).

Apesar das doses de calcário não terem causado efeito no diâmetro e na espessura dos cladódios aos 360 dias, houve acréscimo de cerca de 10 e 40%, respectivamente, nos valores médios dos tratamentos quando comparados à avaliação realizada aos 180 dias (TABELAS 3 e 4).

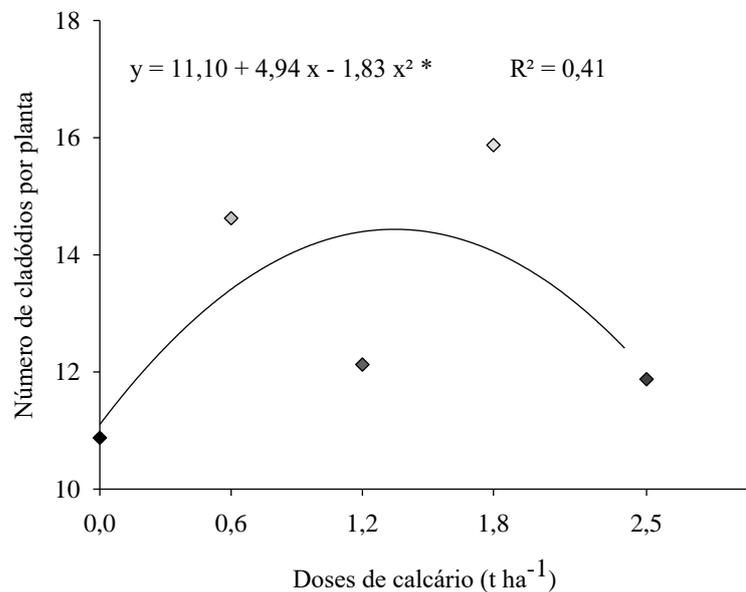
A exposição total da pitaia ao sol pode resultar em espessamento dos cladódios como mecanismo de proteção à radiação solar, refletindo em desvantagens nos processos fisiológicos da planta (ALMEIDA *et al.*, 2018). Dessa forma, é possível que o acréscimo no desenvolvimento dessas estruturas, dos 180 aos 360 dias, tenha sido resultado das condições ambientais em que as plantas foram submetidas (céu aberto) ao longo do tempo.

O número de cladódios por planta aos 360 dias apresentou diferença entre as doses de calcário utilizadas, apesar do baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,41$) (TABELA 4 e

FIGURA 6). O ponto de máxima de cladódios por planta de pitaia vermelha, 14,4 unidades planta⁻¹, ocorreu com a dose estimada de 1,3 t ha⁻¹ de corretivo (FIGURA 6).

Em comparação com o valor médio observado aos 180 dias, houve incremento de cerca de 100% no NC planta⁻¹ da pitaia vermelha aos 360 dias (TABELAS 3 e 4). Esse aumento no número dos cladódios, provavelmente, contribuiu para o maior incremento do comprimento dos cladódios (90%) observados após 12 meses do transplântio das estacas, em relação à primeira avaliação.

Figura 6 – Número de cladódios por planta (NC), em resposta às doses de calcário, aos 360 dias do transplântio das estacas de pitaia vermelha. Os pontos são médias de quatro repetições



* indica nível de significância a 5 %.
Fonte: elaborada pela autora.

O período mais amplo a que a planta foi submetida às condições ambientais naturais e controladas (temperatura, umidade relativa, radiação, manejo da adubação, correção do solo, irrigação) e o surgimento mais acentuado dos cladódios laterais após a primeira avaliação, contribuíram positivamente para o crescimento vegetativo da pitaia vermelha.

Lima *et al.* (2019) também relacionaram o pico de crescimento vegetativo para a mesma espécie de pitaia, a partir dos 240 dias de avaliação. Da mesma forma, os autores apontaram o crescimento dos cladódios laterais como fator contribuinte para o aumento do comprimento total dessas estruturas.

Trabalhos recentes na literatura apontam efeito favorável da calagem em parâmetros de crescimento da planta. Braga Neto *et al.* (2019) avaliaram a altura da planta, o diâmetro do caule e o peso seco da parte aérea e das raízes de *Physalis peruviana* utilizando calcário em

dois tipos de solos (Neossolo e Latossolo) com características ácidas e, obtiveram aumento do crescimento da planta, apontando a calagem como prática essencial para a cultura em solos ácidos.

A avaliação das características morfométricas pode indicar a seleção de plantas que melhor se adaptam ao conjunto de condições ambientais naturais ou impostas no meio através dos tratamentos testados. Aqui, houve efeito da calagem no número de cladódios por planta ao final do 1º ciclo produtivo, o que contribuiu para o crescimento da pitáia vermelha. Devido à perenidade da cultura é necessário maior período de avaliação para a obtenção de respostas conclusivas do crescimento da cultura quando submetida à calagem.

6.3. Nutrição da planta e dos frutos

As doses crescentes de calcário não influenciaram os teores de K, de Mg e dos micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) nos cladódios ao final do 1º ciclo produtivo da pitáia vermelha (TABELA 5). No entanto, os teores de N, de P, de Ca e de S foram afetados. A aplicação do corretivo no solo diminuiu o teor de N (g kg^{-1}) nos cladódios e aumentou os de P, Ca e S, em g kg^{-1} , com o incremento das doses de calcário. Todos os nutrientes que apresentaram efeito da aplicação do corretivo foram explicados pela regressão linear (FIGURA 7).

Não houve efeito da calagem nos teores nutricionais da flor da pitáia vermelha (TABELA 5) ao final do 1º ciclo produtivo.

O teor de N diminuiu com o aumento das doses do corretivo (FIGURA 7A). Devido à sua importância no desenvolvimento da parte aérea e, por ser, juntamente com o K, o Ca e o P, altamente requerido pela pitáia (HERNÁNDEZ, 2000; LIMA *et al.*, 2019), provavelmente a calagem melhorou o ambiente radicular aumentando a eficiência na absorção dos nutrientes pela planta, com reflexos positivos no crescimento de cladódios.

Essa hipótese é confirmada através do incremento do crescimento da planta e do início da produção de frutos. Aos 360 dias houve aumento do número de cladódios até certo ponto (FIGURA 6) e, incremento de cerca de 100% no comprimento dessas mesmas estruturas em comparação à primeira avaliação aos 180 dias (TABELAS 3 e 4). A fase reprodutiva foi iniciada a partir dos 180 dias do transplântio (TABELA 7), em conjunto com a fase vegetativa.

De fato, estudos indicam que a pitáia vermelha inicia sua fase reprodutiva concomitantemente ao desenvolvimento da parte aérea, a partir de 6 – 8 meses após o

transplântio, apresentando flores e frutos de forma simultânea na mesma planta (SILVA, 2014; ALMEIDA *et al.*, 2016a; LIMA *et al.*, 2019).

Tabela 5 – Teores nutricionais do cladódio e da flor da pitáia vermelha em resposta às doses de calcário. Valores médios para cladódio e flor ao final do 1º ciclo produtivo (março de 2020)

Doses t ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	Cladódio										
0,0	19	2	20	19	5	1,4	41	6	60	139	249
0,6	15	2	21	18	5	1,5	43	5	72	109	209
1,2	16	3	20	25	5	1,9	43	6	61	130	234
1,8	15	3	16	22	5	1,8	24	5	48	124	187
2,5	14	4	16	26	5	2,1	29	5	51	125	197
F	3,4*	4,7*	2,9 ^{ns}	7,2**	0,2 ^{ns}	3,3*	2,6 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,1 ^{ns}	2,7 ^{ns}
CV (%)	15,1	24,0	14,01	11,9	13,2	17,3	29,5	21,0	35,6	16,6	14,3
	Flor										
0,0	20	2,5	34	5	4	1	38	6	40	50	73
0,6	18	2,7	33	3	4	1	45	5	38	25	65
1,2	20	2,7	34	4	4	1	45	6	25	43	85
1,8	20	3,0	33	6	4	1	44	5	18	38	44
2,5	19	3,0	36	5	4	1	46	5	36	44	116
F	3,0 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,7 ^{ns}	1,5 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,3 ^{ns}	2,2 ^{ns}	1,4 ^{ns}	1,1 ^{ns}	1,8 ^{ns}
CV (%)	5,5	13,2	8,1	45,1	10,2	15,6	26,9	16,0	50,7	43,6	51,6

** indica nível de significância a 1 %, * indica nível de significância a 5 % e, ^{ns} indica não significativo.

Fonte: elaborada pela autora.

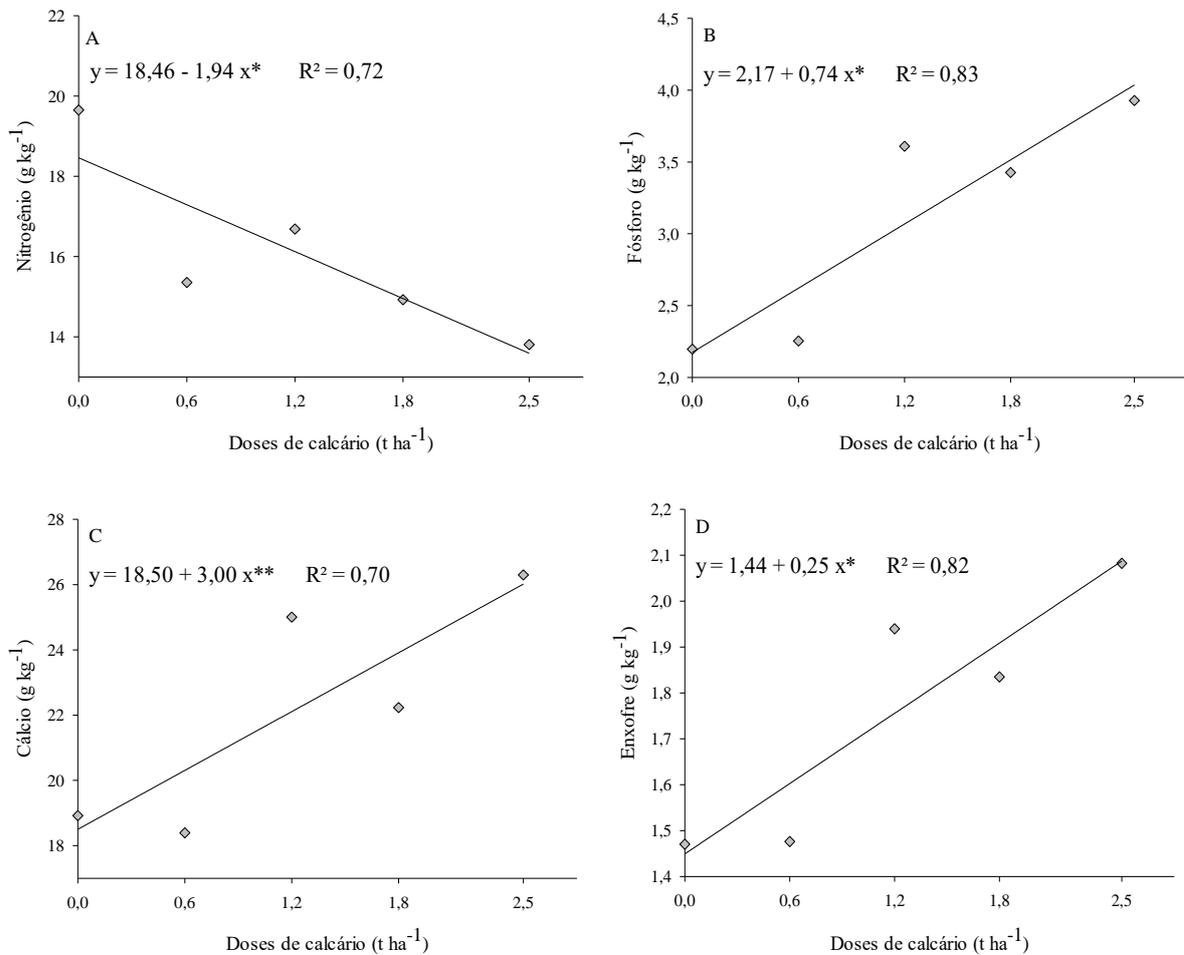
O desenvolvimento da parte aérea pode ter aumentando a translocação do N para a formação de novos tecidos, como flores e frutos (TABELAS 3, 4 e 6), diminuindo o seu teor nos cladódios.

Adicionalmente, o teor médio de K nos cladódios, 18,6 g kg⁻¹, pode ter melhorado a eficiência de utilização do N pela planta (19,0 a 14,0 g kg⁻¹) com investimento em crescimento da parte aérea. Almeida *et al.* (2014), estudando a interação N e K no desenvolvimento inicial da pitáia, apontaram para o efeito sinérgico desses nutrientes, quando disponíveis em concentrações ideais. Os teores para esses nutrientes nos cladódios foram próximos aos relatados por Moreira *et al.* (2020) que consideraram 16,0 g kg⁻¹ de N e 18,71 g kg⁻¹ de K satisfatórios para o crescimento inicial da pitáia vermelha (aos 10 meses após o plantio das estacas).

Os valores encontrados no presente estudo foram inferiores aos observados por Almeida *et al.* (2014) para o crescimento inicial da pitáia. Os autores consideraram teores de 20,0 – 25,0 g kg⁻¹ de N e de 30,0 – 40,0 g kg⁻¹ de K nos cladódios como satisfatórios. A divergência nos

teores encontrados no presente estudo pode ser explicada pela diferença de espécie e pelo período de avaliação dos trabalhos.

Figura 7 – Teores de N (A), P (B), Ca (C) e S (D) dos cladódios da pitaita vermelha ao final do 1º ciclo produtivo (março de 2020), em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições



** indica nível de significância a 1 % e, * indica nível de significância a 5 %.

Fonte: elaborada pela autora.

Outra hipótese que pode ser levantada é a relação inversa entre o N e o P (BERNARDI; CARMELLO; CARVALHO, 2000). O aumento da disponibilidade de um pode afetar consideravelmente a absorção do outro nos tecidos vegetais. A calagem aumenta a eficiência de absorção do adubo fosfatado em solos originalmente ácidos (SOUZA *et al.* 2006), o que pode ter influenciado no teor de N na planta (FIGURA 7A). Prado *et al.* (2009) também observaram que o aumento de P diminuiu o teor de N em laranja em fase de crescimento inicial.

O teor de P aumentou nos cladódios da pitiaia com o aumento das doses de calcário aplicadas (FIGURA 7B). Esse comportamento pode estar relacionado à neutralização do Al (FIGURA 5A) e do Fe trocáveis (TABELA 2) proporcionada pela calagem. A precipitação desses metais diminui a adsorção do PO_4^{3-} no solo, refletindo no aumento da disponibilidade do P para a planta (SOUZA *et al.*, 2006) e, conseqüente incremento na absorção do nutriente.

De acordo com os mesmos autores, nas áreas tropicais, o manejo da acidez do solo através da calagem está entre as práticas essenciais para melhorar as condições de disponibilidade de fósforo para as plantas.

Moreira *et al.* (2020) também observaram ajuste linear no teor de P em cladódios de pitiaia vermelha, com o maior crescimento dessas estruturas, com teores de $1,13 \text{ g kg}^{-1}$ do nutriente. O aumento da absorção do nutriente pela planta proporcionou aumento da matéria seca da parte aérea e das raízes. Esse efeito foi associado à importância do fósforo na fotossíntese e no crescimento radicular, melhorando a absorção de outros nutrientes e refletindo no incremento da biomassa aérea e das raízes.

No presente estudo também foi observado aumento do número de cladódios até certo ponto, atingindo o máximo de $14,4 \text{ unidades planta}^{-1}$ aos 360 dias do transplântio, com o teor de P de $3,1 \text{ g kg}^{-1}$ estimado no ponto máximo da equação (FIGURAS 6 e 7B).

Corrêa *et al.* (2014) associaram níveis satisfatórios de P ($4,5 - 6,0 \text{ g kg}^{-1}$) nos cladódios da pitiaia com o aumento do número dessas estruturas ($> 7 \text{ unidades planta}^{-1}$) aos 180 dias do transplântio. A diferença nos teores desses nutrientes nos cladódios pode ser justificada pelas diferenças de espécie e da fase fenológica da planta no momento da coleta dessas estruturas.

Apesar da absorção do P pela planta ter assumido a tendência crescente, é possível que a eficiência de uso do nutriente pela planta tenha sido afetada negativamente nos maiores teores. Moreira *et al.* (2016) observaram que a eficiência do uso de P no crescimento inicial de pitiaia diminuiu linearmente com o aumento da disponibilidade do nutriente no solo e na planta. Esse comportamento, em conjunto com a diluição do N, pode ter tido relação com o ajuste quadrático no crescimento dos cladódios (FIGURA 6).

Houve incremento de aproximadamente 40% no teor de Ca nos cladódios da pitiaia, da menor para a maior dose de calcário (FIGURA 7C). O aumento do teor desse nutriente era esperado, pois, houve maior disponibilidade de Ca^{2+} no solo com o incremento das doses do corretivo (FIGURA 4C).

Segundo Lima *et al.* (2019) o Ca, em conjunto com o K e o P, é um dos nutrientes mais requeridos pela pitiaia vermelha; de acordo com esses autores, a fase de maior acúmulo é na

fase reprodutiva. No presente estudo, de fato, os teores desses nutrientes na pitaiá, juntamente com o N, estão mais elevados, em comparação aos demais (TABELAS 5 e 6).

O maior teor de Ca nos cladódios na fase reprodutiva pode estar relacionado à maior demanda do nutriente para formação dos frutos, confirmada pelo seu teor na casca dos frutos (TABELA 6), ainda que tenha sido menor em relação ao encontrado no cladódio.

Isso pode estar relacionado à sua baixa mobilidade na planta e à sua funcionalidade estrutural. Segundo Mattiello *et al.* (2010), o Ca é fundamental na manutenção da estabilidade da membrana plasmática.

Além disso, esse nutriente tem sido relatado na fruticultura como imprescindível para a proliferação do sistema radicular (ROZANE; BRUNETTO; NATALE, 2017). Dessa forma, o cálcio contribui para o aumento da eficiência de absorção dos outros nutrientes pela planta, refletindo no maior desenvolvimento da parte aérea.

No presente estudo, o teor de Ca nos cladódios variou de 18,0 – 26,0 g kg⁻¹. Esses valores contemplaram o teor que Moreira *et al.* (2020) consideraram satisfatório (18,0 g kg⁻¹) para o crescimento inicial da pitaiá vermelha.

O teor de S nos cladódios aumentou com o incremento das doses de calcário (FIGURA 7D). Além das suas funcionalidades estruturais, o S é componente de aminoácidos e está ligado ao metabolismo do N (VITTI *et al.* 2008; VITTI *et al.*, 2018). Adicionalmente, segundo Vitti *et al.* (2018), o S pode ser encontrado em maiores teores em ápices caulinares e em frutos (locais de síntese proteica).

Portanto, o aumento do teor de S nos cladódios observado neste estudo pode ter relação com o material vegetal coletado (cladódios com flores abertas) e, o seu teor inversamente proporcional ao do N nessas estruturas pode ser explicado pela sua participação na transformação do N absorvido, aumentando a eficiência de utilização de nitrogênio pela planta.

No entanto, os teores de S (1,4 a 2,1 g kg⁻¹) foram inferiores ao observado por Moreira *et al.* (2020) que foi de 4,6 g kg⁻¹. Isso pode estar relacionado ao maior tempo de condução da presente pesquisa, possibilitando mais tempo para a planta crescer e utilizar o nutriente.

As doses crescentes de calcário utilizadas influenciaram os teores de P, de B e de Fe na casca dos frutos no 1º ciclo produtivo da pitaiá vermelha (TABELA 6). No entanto, efeito do corretivo nos teores dos demais nutrientes não foi observado. O P e o B tiveram ajuste linear, com aumento e diminuição dos seus teores, respectivamente, em função das doses crescentes de calcário (FIGURAS 8 e 10A).

Tabela 6 – Teores nutricionais do fruto (casca e polpa) da pitaia vermelha em resposta às doses de calcário. Valores médios para casca e polpa durante o 1º ciclo produtivo (setembro de 2019 a fevereiro de 2020)

Doses t ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Casca											
0,0	10	1,2	40	6	3	0,7	69	4	78	52	61
0,6	10	1,3	34	6	3	0,7	68	4	45	44	66
1,2	10	1,4	35	5	2	0,7	53	4	36	38	55
1,8	10	1,5	34	5	2	0,7	39	4	33	36	66
2,5	10	1,6	34	6	3	0,8	40	4	35	42	54
F	0,2 ^{ns}	4,0*	3,2 ^{ns}	0,8 ^{ns}	2,1 ^{ns}	2,7 ^{ns}	5,7**	0,2 ^{ns}	13,2**	1,5 ^{ns}	0,3 ^{ns}
CV	7,2	11,4	8,7	22,9	10,3	8,6	22,3	24,1	22,4	23,9	33,8
(%)											
Polpa											
0,0	12	2	18	0,6	2	1	7	4	56	14	46
0,6	10	1	15	0,6	2	1	9	4	28	11	36
1,2	11	2	16	0,6	2	1	14	4	29	12	25
1,8	11	2	17	0,5	2	1	18	4	22	11	33
2,5	10	2	15	0,6	2	1	16	4	22	11	21
F	3,2 ^{ns}	1,6 ^{ns}	2,0 ^{ns}	0,2 ^{ns}	2,7 ^{ns}	0,4 ^{ns}	10,0**	0,1 ^{ns}	6,2**	2,2 ^{ns}	9,9**
CV	12,1	9,6	11,5	37,6	10,8	17,4	21,5	24,4	35,3	14,6	18,6
(%)											

** indica nível de significância a 1 %, * indica nível de significância a 5 % e, ^{ns} indica não significativo.

Fonte: elaborada pela autora.

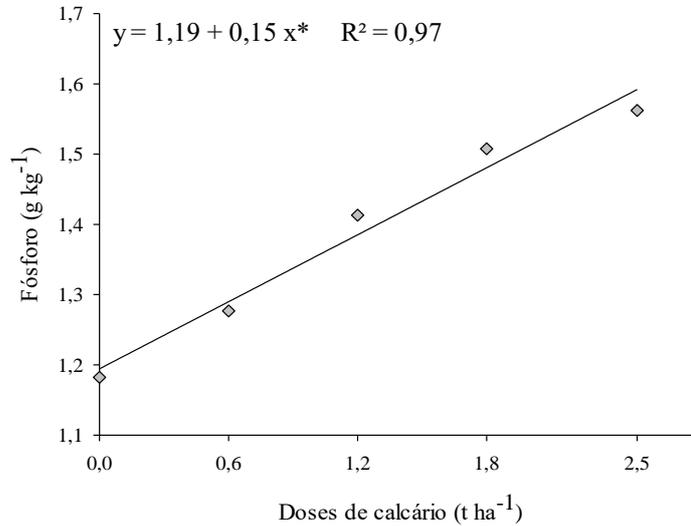
Na polpa dos frutos da pitaia no 1º ciclo produtivo foram observados efeitos da aplicação do calcário apenas nos teores de B, de Fe e de Zn (TABELA 6).

Apesar de não ter havido efeito do corretivo no teor de K na planta, sabe-se que esse macronutriente atua no armazenamento e na captação de fotoassimilados, refletindo em incremento da produção e da qualidade dos frutos (MARSCHNER, 2012; FERNANDES *et al.*, 2018).

Neste estudo, o teor de potássio aumentou do cladódio para a flor (TABELA 5) e, do total de K absorvido pelas diferentes partes da planta, cerca de 50% foi alocado nos frutos (casca e polpa) (TABELA 6), evidenciando sua importância para a produção. No estudo de Lima *et al.* (2019) com pitaia vermelha no 1º ciclo de produção, esse nutriente também foi o mais exportado pelos frutos.

Além da importância do P para o crescimento da planta, teores significativos desse elemento também foram demandados para a produção de frutos (FIGURA 8), confirmando que em quantidades insuficientes, o P pode comprometer desde a fase vegetativa, com reflexos negativos na produção de frutos da pitaia vermelha.

Figura 8 – Teor de P na casca do fruto da pitiaia vermelha durante o 1º ciclo produtivo (setembro de 2019 a fevereiro de 2020), em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições

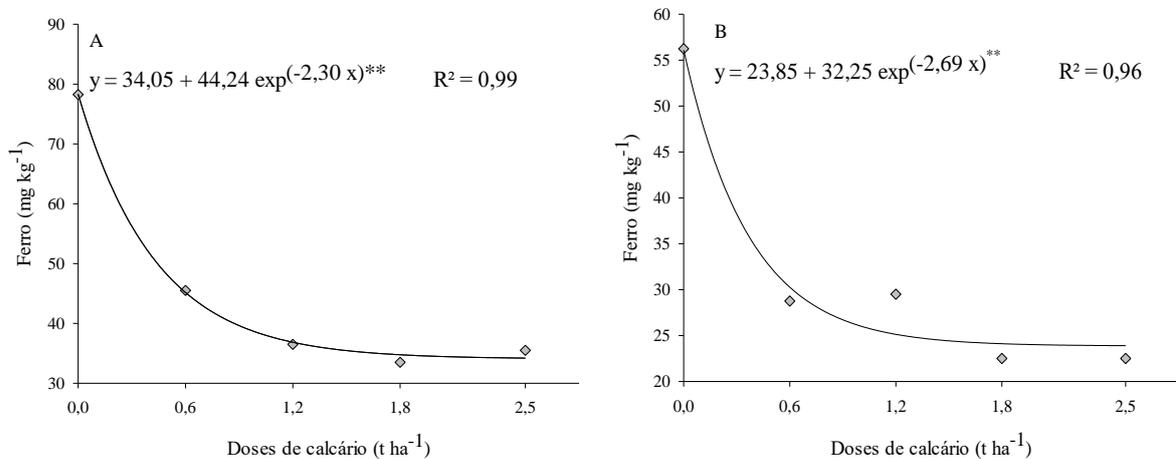


* indica nível de significância a 5 %.

Fonte: elaborada pela autora.

O teor de Fe nos frutos diminuiu com o aumento das doses de calcário aplicado ao solo (FIGURA 9). Solos tropicais apresentam quantidades significativas de oxihidroxidos de ferro, no entanto, a concentração pode ser reduzida com o aumento de hidroxilas no solo liberadas com o uso do calcário.

Figura 9 – Teores de Fe na casca (A) e na polpa (B) do fruto da pitiaia vermelha durante o 1º ciclo produtivo (setembro de 2019 a fevereiro de 2020), em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições

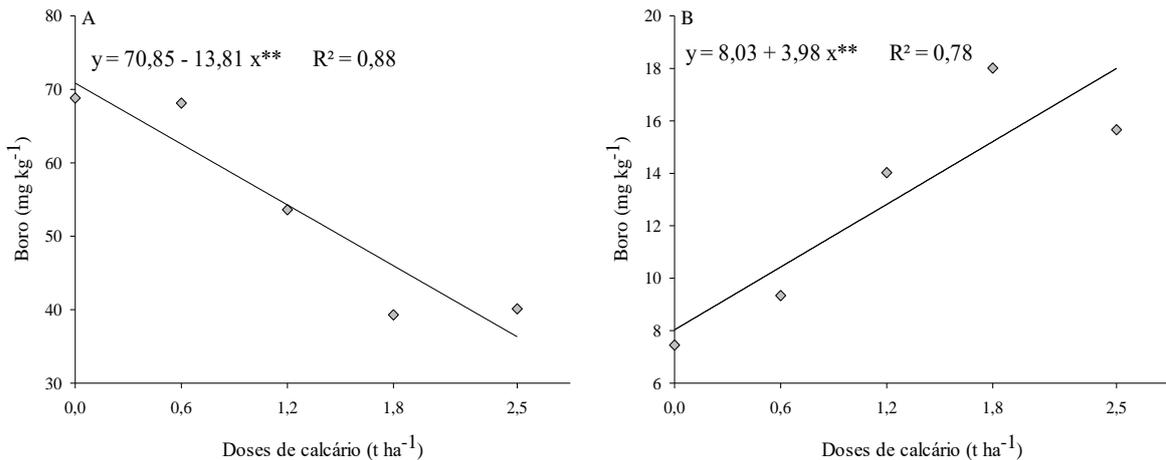


** indica nível de significância a 1 %.

Fonte: elaborada pela autora.

O teor de B diminuiu na casca e aumentou na polpa dos frutos, em função do incremento das doses de calcário (FIGURA 10). Isso, provavelmente, é devido à polpa exigir maior quantidade do nutriente para assegurar melhor qualidade do fruto.

Figura 10 – Teores de B na casca (A) e na polpa (B) do fruto da pitaia vermelha durante o 1º ciclo produtivo (setembro de 2019 a fevereiro de 2020), em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições



** indica nível de significância a 1 %.

Fonte: elaborada pela autora.

O B aumenta as chances de enchimento dos frutos e incrementa a produção de sementes (SHIREEN *et al.*, 2018). Neste estudo, apesar da ausência de efeito no rendimento da polpa, o valor médio desse parâmetro foi 72,5% (TABELA 8). Esse resultado confirma o investimento na formação da polpa em relação à casca do fruto.

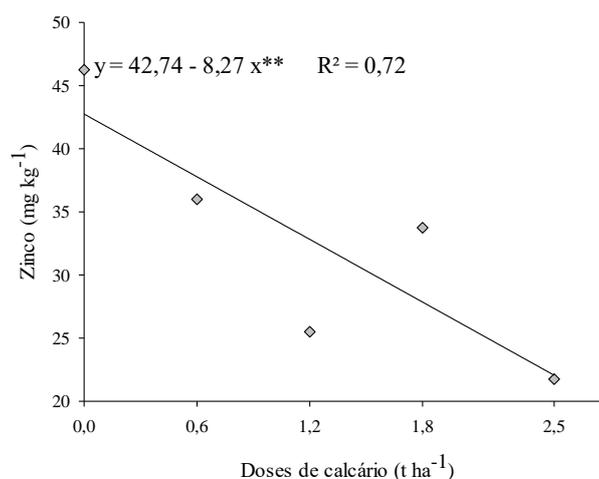
Apesar de não ter apresentado efeito nos teores de B nos cladódios e nas flores, valores elevados desse nutriente foram observados nessas estruturas (TABELA 5). Esse comportamento confirma a importância do boro para a formação dos frutos. O B é imprescindível para a divisão celular, o crescimento meristemático e a formação e o alongamento do tubo polínico, favorecendo a germinação do grão de pólen (MARSCHNER, 2012).

Segundo Marschner (2012), o B também atua na estabilidade da membrana plasmática, auxiliando na diminuição do efluxo de açúcares no interior dessas estruturas. Dessa forma, esse nutriente é muito importante nas diversas funções na planta e, em pitaia, em conjunto com o silício, o B diminui a rachadura dos frutos (SILVA; PIO, 2020).

Apesar dos teores de Zn na polpa dos frutos terem diminuído com a calagem (FIGURA 11), o valor médio desse nutriente nos cladódios (215 mg kg⁻¹) foi superior ao considerado

satisfatório (150 mg kg^{-1}) por Corrêa *et al.* (2014) para o crescimento inicial da pitaiá. Isso pode ter ocorrido devido ao período de avaliação do presente estudo ter coincidido com a formação de estrutura reprodutivas, o que possivelmente contribuiu para maiores teores desse nutriente (imóvel no floema) nas estruturas vegetativas.

Figura 11 – Teor de Zn na polpa do fruto da pitaiá vermelha durante o 1º ciclo produtivo (setembro de 2019 a fevereiro de 2020), em resposta às doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições



** indica nível de significância a 1 %.

Fonte: elaborada pela autora.

Segundo Corrêa *et al.* (2014), o bom suprimento em Zn, devido à importância desse elemento na síntese de hormônios responsáveis pelo crescimento meristemático, aumenta a demanda de P. Dessa forma, a planta com boas condições para a síntese de energia e assimilação de CO_2 para a fotossíntese desempenhadas pelo P (TAIZ *et al.*, 2017) contribuiu, em conjunto com os outros nutrientes, para o crescimento adequado da parte aérea.

6.4. Produção e característica física dos frutos

As doses de calcário não afetaram o número de botões florais, a taxa de abortamento de botões e flores, o número de frutos, a frutificação efetiva, a massa fresca total do fruto e a produtividade; esses parâmetros foram quantificados dos 180 aos 360 dias após o transplântio das estacas (TABELA 7).

Tabela 7 – Número de botões florais por planta (NBF), taxa de abortamento de botões e flores por planta (ABF), número de frutos por planta (NF), frutificação efetiva (FE), massa fresca total do fruto (MFF) e, produtividade (PRODT), dos 180 aos 360 dias de transplantio das estacas de pitaia vermelha

Doses t ha ⁻¹	NBF	ABF (%)	NF	FE (%)	MFF (g)	PRODT (t ha ⁻¹)
0,0	7,2	56,2	3,1	43,8	282,7	2,7
0,6	7,7	53,1	3,6	46,9	273,6	2,3
1,2	7,9	59,5	3,1	40,5	308,8	2,5
1,8	6,2	37,6	3,6	62,4	282,2	3,1
2,5	7,9	60,0	3,1	40,0	301,4	2,7
F	1,1 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,8 ^{ns}
CV (%)	18,1	31,2	29,1	35,6	24,0	26,6

^{ns} indica não significativo.

Fonte: elaborada pela autora.

O corretivo melhorou os parâmetros químicos do solo (FIGURA 4), no entanto, no período de avaliação (1º ciclo) o pomar ainda não estava em sua plenitude produtiva; dessa forma, os nutrientes foram destinados, preferencialmente, para o crescimento vegetativo. Segundo Lima *et al.* (2019), o estágio reprodutivo da pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.) se manifesta entre 180 e 360 dias que, no primeiro ciclo, pode comprometer a produção de frutos, pois, a planta ainda está em fase de formação (emitindo cladódios).

Mesmo não havendo diferença estatística significativa, cada planta produziu em média 3,3 frutos (TABELA 7). Esse valor foi superior ao encontrado, para a mesma espécie, por Costa *et al.* (2015) e Moreira *et al.* (2011), 2,3 e 0,2 frutos planta⁻¹, respectivamente, em ensaio utilizando *Lithothamnium*. Esses autores relacionaram esse fato aos baixos teores de nutrientes encontrados nos cladódios dessas plantas, o que prejudicou o seu desenvolvimento.

Ausência de efeito do calcário na produção de frutos também foi relatada em estudos conduzidos com outras espécies de frutíferas. Corrêa *et al.* (2018) também não observaram efeito da calagem sobre a produção de frutos, dos 14 aos 20 meses da aplicação das doses de calcário, em pomar de goiabeiras em produção. Os autores relacionaram esse fato à ausência de diferença nos teores de nutrientes em folhas e frutos, devido a necessidade de maior tempo para a resposta das plantas perenes às mudanças de manejo.

Apesar da calagem durante o 1º ciclo produtivo da pitaia, neste estudo não ter apresentado efeito sobre a produtividade, os benefícios dessa prática na produção de frutos ao longo dos anos são reconhecidos, como em estudo realizado por Natale *et al.* (2011) em caramboleiras e, por Almeida *et al.* (2015) em mangueiras.

Não houve efeito da calagem nas características físicas dos frutos, como: diâmetro, comprimento, espessura média da casca, espessura da polpa, massa fresca da polpa e da casca e, rendimento da polpa, durante o 1º ciclo produtivo (TABELA 8).

Esse fato pode ter relação com o curto período deste estudo para a planta expressar seu potencial produtivo, o que refletiu na ausência de efeito sobre as características físicas dos frutos. Moreira *et al.* (2011) também não observaram diferença para a massa, o rendimento da polpa, os diâmetros longitudinal e transversal dos frutos da pitaiá vermelha submetidas à adubação orgânica conjugada ou não, ao granulado bioclástico (para correção da acidez). Esses autores relacionaram a falta de efeito nesses parâmetros à baixa produção de frutos após 18 meses do plantio das mudas.

Tabela 8 – Diâmetro (DF), comprimento (CF), espessura média da casca (ECF), espessura da polpa (EPF), Massa fresca da polpa (MFP), massa fresca da casca (MFC) e, rendimento da polpa (RP) dos frutos do 1º ciclo produtivo da pitaiá vermelha

Doses t ha ⁻¹	DF	CF	ECF	EPF	MFP	MFC	RP
	-----mm-----				-----g-----		%
0,0	74,7	85,9	2,7	69,3	209,3	73,0	72,9
0,6	73,4	82,1	2,8	67,9	195,8	74,8	69,0
1,2	78,3	85,3	2,7	73,0	242,9	78,9	74,3
1,8	75,3	84,0	2,5	70,2	211,1	72,6	73,5
2,5	78,1	88,4	2,8	72,4	220,9	79,2	73,0
F	0,4 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,1 ^{ns}
CV (%)	9,2	5,7	8,5	9,8	26,6	16,4	5,3

^{ns} indica não significativo.

Fonte: elaborada pela autora.

Outra hipótese é de que, apesar do calcário ter aumentado a disponibilidade de cálcio no solo (FIGURA 4C), a sua principal função na planta é estrutural, não desempenhando papel na multiplicação celular (PRADO; NATALE; SILVA, 2005), o que pode ter refletido na falta de efeitos da calagem nas características físicas dos frutos. Resultado similar (para a massa total e da polpa, diâmetro, comprimento e rendimento de polpa) foi encontrado pelos mesmos autores avaliando a qualidade dos frutos de goiabeiras de dois anos de idade, durante o primeiro ano de produção, submetidas à calagem.

Apesar da espessura da casca não ter apresentado efeito dos tratamentos, o valor médio de 2,7 mm foi inferior ao observado por Magalhães *et al.* (2019) em pitaiá vermelha de polpa branca. Os autores confirmaram a diminuição dessas estruturas com o avanço da maturação dos frutos (4,9 e 3,4 mm, aos 35 e aos 42 dias após antese respectivamente). Esse parâmetro é de grande importância na comercialização dos frutos, pois, quando coletados tardiamente, a

espessura da casca diminui deixando-os mais suscetíveis aos danos da pós-colheita (SILVA; PIO, 2020).

O rendimento médio de polpa (72,5%) indicou que o presente trabalho proporcionou condições favoráveis para a planta investir maiores esforços na formação da polpa em relação à casca, com frutos de boa qualidade. Esse valor foi próximo ao observado por Magalhães *et al.* (2019) (73,6%) em frutos de pitaita para o mesmo parâmetro aos 42 dias após a antese. Os autores apontaram para o destaque da pitaita no rendimento dos frutos, em relação a outras espécies de cactáceas, enfatizando a sua importância para a indústria.

Aqui, foram encontrados resultados superiores aos de Jiang, Lin e Lee (2011). Os autores trabalharam com a pitaita amarela em duas diferentes estações, em anos consecutivos, em Taiwan e, obtiveram rendimento de polpa de 48,0 e 61,2% no verão e no inverno respectivamente. Esse resultado foi atribuído à maior produção de frutos no verão levando à competição por recursos da planta, condição que diminuiu a qualidade dos frutos.

O valor médio da massa dos frutos (290 g), do presente estudo, acima de 250 g – contemplam a classe I – de maior peso dos frutos comercializáveis no estado do Ceará, de acordo com Santana (2019) (TABELA 7).

Apesar de neste estudo as doses de calcário não terem apresentado efeito na produção, para Braga Neto *et al.* (2019) essa prática em solos ácidos demonstrou efeito positivo, tanto na produção, quanto no diâmetro dos frutos de *P. peruviana*.

Apesar dos teores nutricionais observados nas diferentes partes da planta não terem traduzido efeitos significativos na produção de frutos, as plantas do presente estudo apresentaram teores nutricionais satisfatórios para o crescimento inicial. Isso pode ter ocorrido devido à planta ainda não ter atingido a sua plena produção que, em pitaita, ocorre geralmente no 5º ano de cultivo (PERWEEN; MANDAL; HASAN, 2018) e, por isso, a planta estava utilizando os nutrientes para a manutenção/crescimento, não investindo na produção.

Outra questão que pode ser levantada é a resistência da cultura da pitaita à solos ácidos. Existem espécies que são tolerantes à toxicidade de alumínio com boa adaptação a solos ácidos (FURTINI NETO *et al.* 1999; SANTIN *et al.* 2013; COSTA *et al.* 2020). Devido à sua rusticidade é possível que a pitaita apresente alguma tolerância ao alumínio, sendo pouco responsiva à calagem durante o 1º ciclo produtivo.

7 CONCLUSÃO

É notável as melhorias químicas que a calagem proporcionou para o cultivo da pitaia (*Hylocereus monacanthus* (Lem.) Britton & Rose) e a negligência dessa prática pode causar prejuízos na produção de frutas em solos tropicais. O maior número de cladódios (14,4 unidades planta⁻¹) correspondeu à saturação por bases estimada de 49%. Os teores de N (15,9 g kg⁻¹), P (3,1 g kg⁻¹), Ca (22,4 g kg⁻¹) e S (1,8 g kg⁻¹) dos cladódios estimados no momento de maior emissão das estruturas fotossintéticas e os valores médios de K (18,6 g kg⁻¹), Mg (5,0 g kg⁻¹), B (36,0 mg kg⁻¹), Cu (5,4 mg kg⁻¹), Fe (58,4 mg kg⁻¹), Mn (125,4 mg kg⁻¹) e Zn (245,2 mg kg⁻¹), foram satisfatórios para a crescimento inicial da pitaia aos 360 dias de transplantio das mudas. A calagem não afetou a produção de frutos no 1º ciclo produtivo da pitaia vermelha. Esses achados são necessários para o início de maiores investigações da calagem para o cultivo comercial da pitaia.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; CAJAZEIRA, J. P.; QUEIROZ, R. F.; BARROSO, M. M. A.; MARQUES, V. B. Cultivo de *Hylocereus* sp. com enfoque na propagação vegetativa, sombreamento e adubação mineral. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 10, p. 65-76, 2016a.
- ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; CRISOSTOMO, L. A.; ARAÚJO, N. A.; SILVA, J. C. V. Nitrogênio e potássio no crescimento de mudas de pitaiá [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p. 1018-1027, 2014.
- ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; MESQUITA, R. O.; QUEIROZ, R. F.; CAJAZEIRA, J. P.; AMORIM, F. F. V. R. Growth and gas exchanges of red pitaya under different shading conditions. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, p. 1-8, 2018.
- ALMEIDA, E. I. B.; DEUS, J. A. L.; CORRÊA, M. C. M.; CRISOSTOMO, L. A.; NEVES, J. C. L. Linha de fronteira e chance matemática na determinação do estado nutricional de pitaiá. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, p. 744-754, 2016b.
- ALMEIDA, E. V.; FERNANDES, F. M.; CAIONE, G.; PRADO, R. M.; BOLIANI, A. C.; CORRÊA, L. S. Liming in Growing Mango Cultivar Keitt in Production. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 46, p. 430-438, 2015.
- ANDRADE, R. A.; OLIVEIRA, I. V. M.; SILVA, M. T. H.; MARTINS, A. B. G. Germinação de pitaya em diferentes substratos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, p. 71-75, 2008.
- AOYAMA, M. Fractionation of water-soluble organic substances formed during plant residue decomposition and high performance size exclusion chromatography of the fractions. **Soil Science Plant Nutrition**, Temuco, v. 42, p. 31-40, 1996.
- AQUINO, A. B.; AQUINO, F. B.; FERREYRA, H. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I.; UCHÔA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: Gráfica do Banco do Nordeste, 1993. 248 p.
- AULER, A. C.; PIRES, L. F.; CAIRES, E. F. Surface and incorporated liming effects on clay dispersion, water availability, and aeration capacity of a Dystrudept soil. **Bragantia**, Campinas, v. 76, p. 433-446, 2017.
- BAMBOLIM, A.; CAIONE, G.; SOUZA, N. F.; SEBEN JUNIOR, G. D. F.; FERBONINK, G. F. Calcário líquido e calcário convencional na correção da acidez do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, p. 34-38, 2015.
- BERNARDI, A. C. C.; CARMELLO, Q. A. C.; CARVALHO, S. A. Macronutrientes em mudas de citros cultivadas em vasos em resposta à adubação NPK. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 761-767, 2000.

- BEZERRA, A. L. L.; LIMA, I. M. A.; NASCIMENTO, B. L. M.; AQUINO, B. F. Influência da calagem na adsorção de fósforo em diferentes solos do estado do Ceará. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 9, p. 1-5, 2013.
- BLEVINS, R. L.; THOMAS, G. W.; CORNELUIS, P. L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, p. 383-386, 1977.
- BOLAN, N. S.; ADRIANO, D. C.; CURTIN, D. Soil acidification and liming interactions with nutrient and heavy metal transformation and bioavailability. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 78, p. 215-272, 2003.
- BRAGA NETO, A. M.; SILVA, E. B.; CRUZ, M. C. M.; LAGE, P.; GONÇALVES, E. D.; SILVA, L. F. O.; LIMA, R. C.; SANTOS, V. K. S. Response of physalis (*Physalis peruviana* L.) to liming in acidic soils. **Australian Journal of Crop Science**, Australia, v. 13, p. 2038-2045, 2019.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, Amsterdam, v. 124, p. 3-22, 2005.
- CAHYONO, P.; LOEKITO, S.; DIDIN, W.; AFANDI; RAHMAT, A.; NISHIMURA, N.; NODA, K.; MASATERU, S. Influence of liming on soil chemical properties and plant growth of pineapple (*Ananas Comusus* L. Merr.) on red acid soil, Lampung, Indonesia. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 50, p. 2797-2803, 2019.
- CAIRES, E. F.; JORIS, H. A. W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 27, p. 45-53, 2011.
- CANTO, A. R. **El cultivo de pitahaya em Yucatán**. 1st ed. Yucatán: Universidad Autónoma Chapingo, 1993. 53 p.
- CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; MARQUES, V. B.; SILVA, J. C. V.; AQUINO, B. F. Crescimento inicial de pitaia em função de combinações de doses de fósforo-zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p. 261-270, 2014.
- CORRÊA, M. C. M.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; BANZATTO, D. A.; QUEIROZ, R. F.; SILVA, M. A. C. Surface application of lime on a guava orchard in production. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 42, p. e0170203, 2018.
- COSTA, A. C.; RAMOS, J. D.; SILVA, F. O. R.; MENEZES, T. P.; MOREIRA, R. A.; DUARTE, M. H. Adubação orgânica e *Lithothamnium* no cultivo da pitaia vermelha. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, p. 77-88, 2015.
- COSTA, A. M.; VENTURIN, N.; VENTURIN, R. P.; SILVA, P. O.; CARLOS, L. Phosphate fertilization and liming promote the growth and development of *Annona crassiflora*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 27, p. e20180311, 2020.

DONADIO, L. C. Pitaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, p. 1-2, 2009.

DUARTE, Mariene Helena. **Armazenamento e qualidade de pitaya *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, submetida à adubação orgânica**. 2013. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Fertility management of tropical acid soil for sustainable crop production. *In: RENGEL, Z. (Ed.). Handbook of soil acidity*. New York: Marcel Dekker, 2003. p. 359-385.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 99, p. 345-431, 2008.

FERNANDES, D. R.; MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. do C. M.; RABELO, J. M.; OLIVEIRA, J. de. Improvement of production and fruit quality of pitayas with potassium fertilization. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 40, p. e35290, 2018.

FERNANDES, L. M. S.; VIEITES, R. L.; CERQUEIRA, R. C.; BRAGA, C. L.; SIRTOLI, L. F.; AMARAL, J. L. Características pós-colheita em frutos de pitaya orgânica submetida a diferentes doses de irradiação. **Revista Biodiversidade**, Rondonópolis, v. 9, p. 15-22, 2010.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**. Versão 5.3, Build 77. Lavras: UFLA, 2010. Software.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, Á. V.; VALE, F. R.; SILVA, I. R. Liming effects on growth of native woody species from brazilian savannah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 829-837, 1999.

GOULDING, K. W. T. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 32, p. 390-399, 2016.

HERNÁNDEZ, Y. D. O. **Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya**. Oaxaca, MEX: IPN-SIBEJCONACYT-FMCN, 2000. 124 p.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. *In: GHEYI, H. R., DIAS, N. S., LACERDA, C. F., GOMES FILHO, E. (Eds.). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. 2ª ed. Fortaleza, CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2016. p. 35-50.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados do Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://censos.ibge.gov.br>. Acesso em: 29 ago. 2019.

JIANG, YI-LU; LIN, TZONG-SHYAN; LEE, CHING-LUNG. Phenology, Canopy Composition, and Fruit Quality of Yellow Pitaya in Tropical Taiwan. **HortScience**, Alexandria, v. 46, p. 1497-1502, 2011.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de pitaya do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 18 p. (Documentos, 62).

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* sp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, Cambridge, v. 61, p. 237-250, 2006.

LIMA, D. C.; MENDES, N. V. B.; CORRÊA, M. C. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; QUEIROZ, R. F.; NATALE, W. Growth and nutrient accumulation in the aerial part of red Pitaya (*Hylocereus* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, p. e-030, 2019.

LUDERS, L.; Mc MAHON, G. **The pitaya or dragon fruit (*Hylocereus undatus*)**. Austrália, 2006. Disponível em: <http://dpir.nt.gov.au>. Acesso em: 22 ago. 2019.

MAGALHÃES, D. S.; RAMOS, J. D.; PIO, L. A. S.; VILAS BOAS, E. V. B.; PASQUAL, M.; RODRIGUES, F. A.; RUFINI, J. C. M.; SANTOS, V. A. Physical and physicochemical modifications of white-fleshed pitaya throughout its development. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 243, p. 537-543, 2019.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. 486 p.

MARQUES, V. B.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A. de; MOREIRA, R. A. Custo de produção e rentabilidade na cultura da pitaya sob efeito de adubação orgânica. **Científica**, Jaboticabal, v. 40, p. 138-149, 2012.

MARSCHNER, H. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. London: Academic Press, 2012. 651 p.

MATTIELLO, L.; KIRST, M.; SILVA, F. R.; JORGE, R. A.; MENOSSI, M. Transcriptional profile of maize roots under acid soil growth. **BMC Plant Biology**, London, v. 10, p. 196, 2010.

MERCADO-SILVA, E. M. Pitaya – *Hylocereus undatus* (haw). In: RODRIGUES, S.; SILVA, E.; BRITO, E. (Eds.). **Exotic Fruits Reference Guide**. 1st ed. London: Academic Press, 2018. p. 339-349.

MIRANDA, M. F. A.; FREIRE, M. B. G. S.; ALMEIDA, B. G.; FREIRE, A. G.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M. Improvement of degraded physical attributes of a saline-sodic soil as influenced by phytoremediation and soil conditioners. **Archives of Agronomy and Soil Science**, Berlin, v. 64, p. 1207-1221, 2018.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELO, W. J. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. de. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 191-234.

MIZRAHI, Y. Vine-cacti pitayas - the new crops of the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p. 124-138, 2014.

MIZRAHI, Y.; NERD, A. New crops as a possible solution for the troubled Israeli export market. *In*: JANICK, J. (Ed.). **Progress in new crops**. Alexandria: ASHS Press, 1996. p. 37-45.

MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. do C. M.; FERNANDES, D. R.; BARROS e SILVA, E.; OLIVEIRA, J. Nutrient accumulation at the initial growth of pitaya plants according to phosphorus fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, p. 230-237, 2016.

MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; FERNANDES, D. R.; OLIVEIRA, J. de. Adubação fosfatada no crescimento e nos teores de nutrientes em cladódios de pitaia vermelha. **Agrarian**, Dourados, v. 13, p. 377-384, 2020.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; MARQUES, V. B. Produção e qualidade de frutos de pitaia-vermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 762-766, 2011.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1475-1485, 2007.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENT, S. E. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, p. 1294-1306, 2012.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A.; HERNANDES, A. Dose de calcário economicamente viável em pomar de caramboleiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 1294-1299, 2011.

NUNES, E. N.; SOUSA, A. S. B.; LUCENA, C. M.; SILVA, S. M.; LUCENA, R. F. P.; ALVES, C. A. B.; ALVES, R. E. Pitaia (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 8, p. 90-98, 2014.

NUNES, M. R.; SILVA, A. P.; DENARDIN, J. E.; GIAROLA, N. F. B.; VAZ, C. M. P.; VAN ES, H. M.; SILVA, A. R. Soil chemical management drives structural degradation of Oxisols under a no-till cropping system. **Soil Research**, Roma, v. 55, p. 819-831, 2017.

PEARSON, R. W.; ABRUNA, F.; VICE-CHANCES, J. Effect of lime and nitrogen applications on downward movements of calcium and magnesium in two humid soils of Puerto Rico. **Soil Science**, Baltimore, v. 93, p. 77-82, 1962.

PERWEEN, T.; MANDAL, K. K.; HASAN, M. A. Dragon fruit: An exotic super future fruit of India. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, New Delhi, v. 7, p. 1022-1026, 2018.

PRADO, R. M.; NATALE, W. Efeito da aplicação de silicato de cálcio no crescimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 185-190, 2005.

PRADO, R. M.; NATALE, W. Effect of liming on the mineral nutrition and yield of growing guava trees in a Typic Hapludox Soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 39, p. 2191-2204, 2008.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROZANE, D. E. Soil-liming effects on the development and nutritional status of the carambola tree and its fruit-yielding capacity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 38, p. 493-511, 2007.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; SILVA, J. A. A. Liming and quality of guava fruit cultivated in Brazil. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 106, p. 91-102, 2005.

PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; CAMAROTTI, G. S.; CORREIA, M. A. R.; NATALE, W.; BARBOSA, J. C. Nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição e no crescimento de mudas de laranjeira valência, enxertadas sobre limoeiro cravo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1560-1568, 2009.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111 p.

RAIJ, B. Van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Potafos, 1987. 142 p.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

REIS, L. A. C.; CRUZ, M. C. M.; SILVA, E. B.; RABELO, J. M.; FIALHO, C. M. T. Effects of liming on the growth and nutrient concentrations of pitaya species in acidic soils. **Australian Journal of Crop Science**, Austrália, v. 14, p. 1756-1763, 2020.

ROZANE, D. E.; BRUNETTO, G.; NATALE, W. **Manejo da fertilidade do solo em pomares de frutíferas**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2017. p. 16-29. (Informações Agrônomicas, 160).

ROZANE, D. E.; NATALE, W. Calagem, adubação e nutrição mineral das anonáceas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p. 166-175, 2014.

SANTANA, Falkner Michael de Sousa. **Adubação nitrogenada e potássica no cultivo irrigado de pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.), sob condições tropicais**. 2019. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; KASEKER, J. F.; BASTOS, M. C.; REISSMANN, C. B.; WENDLING, I.; BARROS, N. F. Nutrição e crescimento da erva-mate submetida à calagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, p. 55-66, 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SAS Institute. SAS/STAT User's Guide. **SAS Institute Inc.**, Cary, USA. 2020. Software.

SHIREEN, F.; NAWAZ, M. A.; CHEN, C.; ZHANG, Q.; ZHENG, Z.; SOHAIL, H.; SUN, J.; CAO, H.; HUANG, Y.; BIE, Z. Boron: functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. **International Journal of Molecular Sciences**, Switzerland, v. 19, p. 1856, 2018.

SIKIRIC, B.; MRVIC, V.; STEVANOVIC, D.; MAKSIMOVIC, S.; STAJKOVIC, O.; BOGDANOVIC, D. The effects of calcification, urea and Al salts on Fe, Mn and Al contents in the soil and raspberry leaves. **Agrochimica**, Pisa, v. 53, p. 250-259, 2009.

SILVA, Adriana de Castro Correia da Silva. **Pitaya: melhoramento e produção de mudas**. 2014. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

SILVA, A. C. C.; MARTINS, A. B. G.; CAVALLARI, L. L. Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 1162-1168, 2011.

SILVA, F. C.; EIRA, P. A.; BARRETO, W. O.; PÉREZ, D. V.; SILVA, C. A. **Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo: métodos usados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1998. 40 p. (Documentos, 3).

SILVA, F. O. R.; PIO, L. A. S. Colheita e pós-colheita. *In*: RODRIGUES, M. A. (Ed.). **O agronegócio da pitaia**. Lavras: AbraPPitaia, 2020. p. 227-264.

SILVA, M. A. C.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; CORRÊA, M. C. M.; STUCHI, E. S.; ANDRIOLI, I. Aplicação superficial de calcário em pomar de laranja pêra em produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, p. 606-612, 2007.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. *In*: NOVAIS, R. F., ALVAREZ V., V. H., BARROS, N. F. de, FONTES, R. L. F., CANTARUTTI, R. B., NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

SOUZA, H. A.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M.; HERNANDES, A. Efeito da calagem sobre o crescimento de goiabeiras. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, p. 336-341, 2009.

SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 975-983, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 952 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

THEN, T. H. The effects of foliar fertilizers on the red pitaya (*Hylocerus polyrhizus*) fruit weight. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 984, p. 227-230, 2013.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C. G. E. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba, SP: GAPE, 2008. 104 p.

VITTI, G. C.; OTTO, R.; SAVIETO, J.; LIMA, E.; SANTOS, L. A. Enxofre. *In*: FERNANDES, M. S., SOUZA, S. R., SANTOS, L. A. (Eds.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. p. 377-400.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N. *Cactaceae*. *In*: **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB70>. Acesso em: 26 Fev. 2020.