



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

FRANCISCO LOPES EVANGELISTA

EFEITO DA CALAGEM NO DESENVOLVIMENTO DA PITAIA AMARELA
(*Hylocereus megalanthus*) CULTIVADA EM VASO

FORTALEZA

2022

FRANCISCO LOPES EVANGELISTA

EFEITO DA CALAGEM NO DESENVOLVIMENTO DE PITAIA AMARELA (*Hylocereus
megalanthus*) CULTIVADA EM VASO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência do Solo. Área de Química, Fertilidade e Biologia do Solo.

Orientadora: Profa. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita.

FORTALEZA

2022

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)

E92e Evangelista, Francisco Lopes.
Efeito da calagem no desenvolvimento de pitaia amarela (*Hylocereus megalanthus*) cultivada em vaso /
Francisco Lopes Evangelista. – 2022.
56 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2022.
Orientação: Profa. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita.

1. Corretivo de acidez. 2. Saturação por bases. 3. Fruta do dragão. I. Título.

CDD 631.4

FRANCISCO LOPES EVANGELISTA

EFEITO DA CALAGEM NO DESENVOLVIMENTO DE PITAIA AMARELA (*Hylocereus
megalanthus*) CULTIVADA EM VASO

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

Aprovada em: 06/01/2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

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

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

Dra. Marilena de Melo Braga
Instituto Federal do Maranhão (IFMA)

À Deus.

Aos meus pais, Valdir e Suzana.

À minha avó, Loudes.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo auxílio financeiro durante o período do mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS) da Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de ingresso na Pós-graduação.

Ao Departamento de Fitotecnia, pelo apoio e disponibilidade das dependências como laboratório e casa de vegetação.

À prof. Dr(a). Rosilene, pela orientação, pelos ensinamentos durante a caminhada até aqui na Pós-Graduação e por ter me apresentado a cultura da pitaia.

Ao professor Prof. Dr. William Natale, pelas valiosas contribuições na metodologia do trabalho e por sempre estar à disposição para sanar dúvidas que surgiram ao longo do experimento.

Ao professor Marcio Cleber, por ter disponibilizado espaço e material para a realização do experimento, além de sempre estar acompanhando e ajudando no andamento do projeto.

Ao Dr. Antônio João Lima Neto, por sempre se mostrar disposto a ajudar no andamento do experimento, com esclarecimentos de dúvidas.

À Embrapa Agroindústria Tropical e ao Dr. Carlos, por possibilitarem a realização de análises químicas do experimento no Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical.

À Isadora, pela parceria e pela contribuição em todo o andamento do projeto, tanto ajudando em campo quando possível, quanto no esclarecimento de dúvidas, principalmente no que se refere à metodologia do trabalho.

À Beatriz e ao Josué, por se disponibilizarem para realizar as análises nutricionais de tecido vegetal das pitais no Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical, análise muito importante para a pesquisa.

Aos amigos, Juvenaldo, Gabriel, Lucas Martins, Carlos Galo, Josilene, Iana, Jhony e Flenna pela ajuda em diferentes fases do experimento.

Aos meus pais Valdir e Suzana e, aos meus irmãos Genilson, Paulo Nicarcio, Dayane e Vitória, pelo incentivo. Agradeço também a minha tia Suzete e ao meu primo Bruno Eduardo pelo apoio nesse período de mais de dois anos.

RESUMO

A correção da acidez tem como objetivo principal estabelecer o equilíbrio entre cátions ácidos e básicos no solo para que as plantas se desenvolvam adequadamente. Nesse sentido, existem estudos indicando a necessidade de calagem para algumas frutíferas, mas, no caso da pitaia, esse tipo de pesquisa ainda é incipiente. Assim, avaliou-se o efeito de doses crescentes de calcário sobre o crescimento e a nutrição da pitaia amarela. O experimento foi realizado parte em casa de vegetação, parte em campo a céu aberto. Foram utilizados vasos com capacidade para 25 L, preenchidos com um Argissolo Amarelo Distrófico ($V = 35\%$). Os tratamentos foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. As doses de calcário foram: 0; 0,48; 0,96; 1,44 e 1,92 t ha⁻¹. A adubação do solo foi realizada com ureia, superfosfato simples, cloreto de potássio e FTE-BR12. A calagem promoveu aumento nas concentrações de Ca e Mg no solo, elevou o pH, a soma de bases e a saturação por bases, ao mesmo tempo que ocasionou redução na acidez potencial. A dose de 1,92 t ha⁻¹ promoveu os maiores valores de pH (6,6), SB (38,8 mmol_c dm⁻³) e V (82,9%), resultando na maior diminuição do H⁺Al (8 mmol_c dm⁻³), reduzindo também a acidez trocável. A calagem não influenciou nos parâmetros de crescimento (número de cladódios, número de aréolas, comprimento de cladódios, diâmetro e espessura dos cladódios da pitaia) aos 180, 270 e 360 dias. Aos 360 dias houve influência da calagem na taxa de crescimento absoluto do número de cladódios, cuja dose de 1,92 t ha⁻¹ resultou no maior valor. A calagem não influenciou nos parâmetros de fluorescência de clorofila *a* analisados. Os teores nutricionais foram satisfatórios para o crescimento no primeiro ano de cultivo da pitaia. A dose de 1,92 t ha⁻¹ promoveu os maiores teores de Ca, enquanto as doses de 0,44 e 1,92 t ha⁻¹ promoveram teores considerados satisfatórios de Fe.

Palavras-chave: corretivo de acidez; saturação por bases; fruta do dragão.

ABSTRACT

Correction of soil acidity has as main objective to establish the balance between acidic and basic cations in the soil so that plants can develop properly. In this sense, there are studies indicating the need for liming for some fruit trees, in the case of pitaya, this type of study is still insufficient. Thus, the effect of increasing doses of lime on the growth and nutrition of yellow pitaya was evaluated. The experiment was carried out partly in a greenhouse, partly in open air. Vases with a capacity of 25 L, filled with a Dystrophic Yellow Argisol (V = 35%) were used. The treatments were distributed in a randomized block design, with five treatments and four replications. Limestone doses were: 0; 0.48; 0.96; 1.44 and 1.92 t ha⁻¹. The soil Fertilization was carried out with urea, simple superphosphate, potassium chloride and FTE-BR12. The liming promoted an increase in the concentrations of Ca and Mg in the soil, increased the pH, the sum of bases, the base saturation, while causing a reduction in the potential acidity. The dose of 1.92 t ha⁻¹ promoted the highest values of pH(6.6), SB(38.8), V(82.9%) and resulted in the greatest reduction of H⁺Al (8 mmolc dm⁻³), also reducing acidity exchangeable. Liming did not influence growth parameters (number of cladodes, number of areolas, length of cladodes, diameter and thickness of cladodes) at 180, 270 and 360 days. At 360 days there was influence of liming on the absolute growth rate of the number of decladodes, the dose of 1.92 t ha⁻¹ resulted in the highest value. Liming did not influence the analyzed chlorophyll fluorescence parameters. The nutritional contents were satisfactory for growth in the first year of cultivation. The dose of 1.92 t ha⁻¹ promoted the highest contents of Ca, while the doses of 0.44 and 1.92 t ha⁻¹ promoted contents considered satisfactory for Fe.

Keywords: acidity corrector; bases saturation; dragon Fruit.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Concentrações de Ca^{+2} (A) e Mg^{+2} (B), do Argissolo Vermelho-Amarelo em função das doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições..... 32
- Figura 2 – Valores de pH (A), acidez potencial (B), soma de bases (C) e saturação por bases (D) do Argissolo Vermelho-Amarelo em função das doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições..... 34
- Figura 3 – Valores de alumínio trocável (A) e saturação por alumínio (B) do Argissolo Vermelho-Amarelo em função das doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições..... 35
- Figura 4 – Taxa de Crescimento Absoluto do Número de Cladódios (TCA NC), em função das doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições..... 40
- Figura 5 – Teores de Ca (A) e Fe (B) nos cladódios da pitaia amarela ao final do 1º ano de cultivo (Outubro de 2020), em função doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições..... 48

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------------|---|----|
| Tabela 1 – | Análise química do solo para fins de fertilidade antes da aplicação da calagem..... | 23 |
| Tabela 2 – | Análise química do Argissolo Vermelho-Amarelo após a realização da calagem..... | 31 |
| 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 transplantio das mudas..... | 36 |
| Tabela 4 – | 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 270 dias do transplantio das mudas..... | 38 |
| Tabela 5 – | 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 360 dias do transplantio das mudas..... | 39 |
| Tabela 6 – | Dados de Fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), Razão F_v/F_0 , eficiência quântica potencial do PSII (F_v/F_m), eficiência quântica efetiva do PSII (Y), Quenching fotoquímico (Q_p), coeficientes dos “quenching” não fotoquímico (q_N e NPQ) e Taxa de Transporte de Elétrons (ETR)..... | 42 |
| Tabela 7 – | Teores nutricionais no cladódio maduro da pitaia amarela em função das doses de calcário..... | 46 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-----------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| CTC | Capacidade de Troca de Cátions |
| CV | Coefficiente de Variação |
| DC | Diâmetro dos Cladódios |
| EC | Espessura dos Cladódios |
| ETR | Taxa de Transporte de Elétrons |
| F_0 | Fluorescência inicial |
| Fm | Fluorescência máxima |
| F_v/F_0 | Razão F_v/F_0 |
| F_v/F_m | Eficiência quântica potencial do PSII |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| MO | Matéria Orgânica |
| NC | Número de Cladódios |
| NA | Número de Aréolas |
| NPQ | Coefficiente do “quenching” não fotoquímico |
| pH | Potencial Hidrogeniônico |
| PN | Poder de Neutralização |
| PRNT | Poder Relativo de Neutralização Total |
| qN | Quenching não fotoquímico |
| qP | Quenching fotoquímico |
| RE | Reatividade |
| SB | Soma de Bases |
| SCC | Somatório do Comprimento de Cladódios |
| TCA NC | Taxa de Crescimento Absoluto do Número de Cladódios |
| TCA SCC | Taxa de Crescimento Absoluto do Somatório do Comprimento dos Cladódios |
| TCR NC | Taxa de Crescimento Relativo do Número de Cladódios |
| TCR SCC | Taxa de crescimento Relativo do Somatório do Comprimento dos Cladódios |
| V% | Saturação por bases |
| Y | Eficiência quântica efetiva do PSII |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | HIPÓTESE | 15 |
| 3 | OBJETIVOS | 16 |
| 4 | REVISÃO DE LITERATURA | 17 |
| 4.1 | Fruticultura no Brasil | 17 |
| 4.2 | Aspectos gerais da pitaia | 17 |
| 4.3 | Acidez do solo | 20 |
| 4.4 | Calagem | 21 |
| 5 | MATERIAL E MÉTODOS | 22 |
| 5.1 | Localização da área experimental | 22 |
| 5.2 | Delineamento experimental | 23 |
| 5.3 | Etapa de casa de vegetação | 23 |
| 5.3.1 | <i>Solo</i> | 23 |
| 5.3.2 | <i>Produção de mudas de pitaia amarela</i> | 23 |
| 5.3.3 | <i>Aplicação dos tratamentos – calagem</i> | 24 |
| 5.3.4 | <i>Condução do experimento dentro da casa de vegetação</i> | 25 |
| 5.3.5 | <i>Adubação</i> | 25 |
| 5.4 | Etapa de campo | 26 |
| 5.5 | Avaliações | 26 |
| 5.5.1 | <i>Atributos químicos do solo</i> | 26 |
| 5.5.2 | <i>Crescimento das plantas</i> | 27 |
| 5.5.3 | Fluorescência de clorofila a | 28 |
| 5.5.4 | <i>Teor nutricionais nos cladódios</i> | 29 |
| 5.6 | Análises estatísticas | 29 |
| 6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 30 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 6.1 | Atributos químicos do solo..... | 30 |
| 6.2 | Crescimento das plantas..... | 35 |
| 6.3 | Análise de fluorescência de clorofila <i>a</i>..... | 41 |
| 6.4 | Nutrição das plantas..... | 45 |
| 7 | CONCLUSÃO..... | 51 |
| | REFERÊNCIAS..... | 52 |

1 INTRODUÇÃO

No cenário mundial, o Brasil se destaca como um dos países de maior produção agrícola, sendo o agronegócio um dos principais responsáveis pela economia do País; nesse cenário, a fruticultura tem grande contribuição.

Ao longo dos anos, o Brasil tem aumentado consideravelmente a área plantada com frutíferas, com incremento também no número de pesquisas que buscam aperfeiçoar os conhecimentos acerca das culturas, o que tem refletido no aumento de produtividade.

As condições favoráveis para a produção de frutíferas no País abre espaço para o cultivo de frutas exóticas. Nesse sentido, nos últimos anos, a cultura da pitiaia vem ganhando notoriedade, com aumento da área de produção, devido a cultura apresentar características interessantes inerentes à facilidade de adaptação às condições edafoclimáticas, ao aspecto visual, ao sabor, as propriedades nutricionais e aos preços de venda elevados.

Mesmo com a maior notoriedade e valorização, a pitiaia ainda é uma fruta pouco conhecida e, por ser uma cultura nova, existem poucos estudos científicos que indiquem melhores formas de produção. Ainda são poucas as informações para os produtores de pitiaia, relacionadas a fatores importantes como adubação, nutrição e calagem, diferentemente de frutíferas conhecidas, como banana, goiaba, manga, mamão, maracujá, dentre outras, que já possuem elevada gama de informações, as quais os produtores têm acesso.

Para que os melhores rendimentos e qualidade de pitiaia sejam alcançados, é de extrema importância considerar fatores edáficos. Nesse sentido, o solo em que o cultivo é realizado merece atenção especial, pois, o solo é a base do suporte das plantas e de onde as culturas retiram água e elementos essenciais para seu perfeito desenvolvimento.

Um dos fatores edáficos que pode prejudicar o desenvolvimento da pitiaia, assim como de outras frutíferas, é a acidez do solo, que afeta diretamente a disponibilidade de nutrientes. A maioria dos solos brasileiros apresenta reação ácida (NATALE; ROZANE, 2018), necessitando da prática da calagem que, além de corrigir a acidez, fornece elementos essenciais como cálcio e magnésio às plantas. Um dos métodos mais utilizados para aplicação de calcário é o da elevação da saturação por bases (V%), em que cada cultura possui um percentual de saturação por bases ideal para seu melhor desenvolvimento.

Nesse sentido, já existem estudos com indicação da saturação por bases ideal para algumas frutíferas. Porém, no caso da pitiaia esse tipo de estudo ainda não foi realizado ou o foi para variedades específicas, devendo-se considerar que entre as variedades de pitiaia pode haver variação nos valores ótimos de aplicação de calcário para que a cultura expresse todo

seu potencial de rendimento. No caso da pitaia amarela (*Hylocereus megalanthus*), esse tipo de estudo ainda não foi relatado na literatura.

2 HIPÓTESE

A correção da acidez do solo, quando realizada de forma adequada, promove melhor crescimento e nutrição da pitaia amarela.

3 OBJETIVOS

Avaliar o efeito de doses crescentes de calcário sobre o crescimento inicial e a nutrição da pitaia amarela, cultivada em vaso.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Fruticultura no Brasil e no Nordeste

O Brasil dispõe de recursos naturais e condições climáticas que lhe permitem a produção de vários produtos agrícolas. No caso das frutas, o País é um dos maiores produtores mundiais, tendo se tornado referência em produtividade e qualidade (KIST *et al.*, 2019).

O cultivo de frutíferas permite a utilização de solos que são considerados inadequados para o cultivo agrícola convencional, contribuindo para um sistema de manejo do solo mais conservador (NATALE *et al.*, 2012).

O último Censo Agropecuário do IBGE, realizado em 2017, demonstrou que a área com o cultivo de frutíferas no Brasil, incluindo a pitaia, totaliza 2,6 milhões de hectares. No mesmo ano do Censo, o valor da produção das frutas e de 20 outros plantios permanentes totalizou R\$ 38,9 bilhões (IBGE, 2019).

No Nordeste, a fruticultura também possui grande importância econômica e social, apesar das restrições em termos de disponibilidade de água e qualidade dos solos. No cenário nacional, a região é responsável por 27% da produção de frutas, atrás apenas da região Sudeste que responde por 50% (GERUM *et al.*, 2019). As características de luminosidade, temperatura e umidade possibilitam que no Nordeste se produza variadas frutas (VIDAL; XIMENES, 2016).

4.2 Aspectos gerais da Pitaia

Algumas cactáceas possuem potencial para a produção de frutas, principalmente as que pertencem aos gêneros *Hylocereus*, *Selenicereus*, *Cereus*, *Leptocereus*, *Escontria*, *Myrtilloacos*, *Stenocereus* e *Opunia* (CRUZ *et al.*, 2015).

No caso das pitaias, os diversos tipos são agrupados em quatro gêneros: *Stenocereus*, *Cereus*, *Selenicereus* e *Hylocereus*, sendo as mais conhecidas a pitaia amarela (*Selenicereus megalanthus*), que tem casca amarela e polpa branca e a pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.), com a casca vermelha e a polpa branca ou vermelha, dependendo da espécie (MOREIRA *et al.*, 2012). Atualmente, no caso da pitaia amarela, ao invés da denominação *Selenicereus megalanthus* tem-se utilizado *Hylocereus megalanthus* (PIO *et al.*, 2020).

As pitaias pertencem às dicotiledônias, ordem Caryophyllales, família Cactaceae e subfamília Cactoideae (PIO *et al.*, 2020). Trata-se de uma planta semi-epífita (ALMEIDA *et al.*, 2016), originária da América, com o gênero *Selenicereus* possivelmente oriundo da Colômbia ou Equador e o gênero *Hylocereus*, provavelmente originário do México, Guatemala, Costa Rica ou El Salvador (DONADIO, 2009).

A pitaita vem ganhando cada vez mais aceitação no mercado nacional e internacional pela facilidade de propagação, adaptação, benefícios nutricionais, sabor e elevados valores de mercado (DONADIO, 2009). Outras características da fruta que chamam a atenção dos consumidores são o exotismo de sua aparência, como também suas características organolépticas (TOSTES *et al.*, 2019).

O fruto da pitaita é caracterizado por apresentar casca com cores que podem variar de vermelho a amarelo a depender da variedade, cobrindo a polpa suculenta com grande número de sementes pretas e pequenas. A casca é coberta por estruturas que lembram as escamas de um dragão, por isso a fruta também é conhecida como fruta do dragão (MELLO, 2014).

Em relação à anatomia da planta, os cladódios (caules) são suculentos e reguladores de água, com coloração verde, o que lhes possibilita realizar fotossíntese. No caso da pitaita amarela, os cladódios são mais finos em relação às demais espécies e apresentam três arestas perpendiculares com aréolas nos bordos, que são consideradas folhas modificadas, cujo tamanho varia de 2 a 4 mm, de onde se originam as ramificações e as flores (CRUZ *et al.*, 2015; PIO *et al.*, 2020).

Os cladódios possuem epiderme recoberta por cutícula espessa, hipoderme colenquimática, parênquima aquífero, estruturas secretoras de mucilagem e trocas gasosas noturnas de CO₂ (metabolismo CAM), possibilitando alta eficiência no uso de água, revelando que a cultura apresenta xeromorfismo (ALMEIDA *et al.*, 2018), que está relacionado a proteção das plantas a locais sujeitos a seca.

Outra vantagem desses vegetais está relacionada aos cladódios (caules achatados), que conseguem sobreviver por vários meses sem água após a separação da planta-mãe (TAIZ *et al.*, 2017).

O sistema radicular da planta é constituído por uma raiz principal, não muito profunda, e por raízes secundárias, sendo ramificadas e superficiais. A planta possui, ainda, raízes adventícias que são produzidas nos lados dos cladódios (MORA, 2012) e servem como sustentação ao tutor (epífita). Para a produção comercial da pitaita, se utilizam tutores como suporte já que, a planta é uma trepadeira e sua arquitetura não permite sustentar-se a si

mesma.

A propagação da pitaia pode ser realizada de duas formas: sexuada e assexuada (vegetativa). A forma de propagação vegetativa é a mais comum para o cultivo comercial; os cladódios são obtidos a partir de matrizes adultas para realizar o plantio; Essa é uma alternativa viável para poder ganhar tempo (pela precocidade de produção) e se obter pomares saudios (ALVA *et al.*, 2018). Esse método apresenta elevado potencial de enraizamento das estacas e sobrevivência com as características desejáveis (PIO *et al.*, 2020).

A outra forma de propagação é a sexuada, porém, para cultivos comerciais é inviável, pelo fato de as sementes gerarem plantas desuniformes, com crescimento inicial lento e, necessidade de tempo maior entre o plantio e a frutificação (PIO *et al.*, 2020).

No que se refere ao uso da fruta, a pitaia pode ser consumida *in natura* ou utilizada na produção de sucos, polpas, sorvetes, mousses, corantes para doces e ainda na fabricação de xampus ou na indústria têxtil para a coloração de tecidos (LÓPEZ; GUIDO, 2002; DONADIO, 2009).

A pitaia possui propriedades medicinais, podendo ter efeito positivo contra a dor de cabeça, pela presença de captina, uma substância considerada tônico cardíaco. Já o óleo da pitaia possui efeito laxante, que pode ajudar no controle de gastrite e infecções nos rins. Um aspecto importante para a indústria farmacêutica é a alta concentração de antocianina que a fruta possui (LÓPEZ; GUIDO, 2002; DONADIO, 2009). Outro benefício da pitaia está relacionado à redução do risco de enfermidades degenerativas e de câncer (PRO ECUADOR, 2016).

Apesar do sabor doce, a fruta contém baixo nível de calorias e alta concentração de vitamina C (PRO ECUADOR, 2016). Possui muita umidade, poucos lipídios e, juntamente com outros alimentos, pode auxiliar em dietas equilibradas nutricionalmente; mas, o que chama a atenção para inúmeros estudos é a quantidade de compostos bioativos, principalmente pigmentos e compostos fenólicos, geralmente relacionados com a defesa do vegetal (NUNES *et al.*, 2014).

As características positivas da pitaia têm atraído olhares de várias partes do mundo, resultando na maior valorização do produto. No Brasil, não é diferente; o Censo Agropecuário de 2017 demonstrou que o País possui 640 estabelecimentos com mais de 50 pés dessa frutífera, com área total de 1.168 ha cultivados. A produção total no mesmo ano foi de 1.459 toneladas, cuja área colhida foi de 536 ha (IBGE, 2019).

No Ceará, os cultivos são recentes, com cerca de dez anos; as maiores áreas cultivadas com pitaia estão situadas na Chapada do Apodi, principalmente nos municípios de

Limoeiro do Norte e Quixeré (NUNES *et al.*, 2014) com cerca de 40 ha. Nessa região, a pitaiá vermelha tem produtividade de 5 t ha⁻¹ no primeiro ano, 10 t ha⁻¹ no segundo, 20 t ha⁻¹ no terceiro, 25 t ha⁻¹ no quarto e, a partir daí, pode variar de 25 a 30 t ha⁻¹.

4.3 Acidez do solo

Os solos brasileiros são predominantemente ácidos, apresentando toxidez para a maioria das plantas (CAMPOS, 2013). A acidez do solo e a insuficiência do adequado balanço de nutrientes são fatores que interferem de forma direta na produtividade agrícola, especialmente nas regiões tropicais do globo (ROZANE *et al.*, 2017).

A acidez é medida pela atividade do H⁺ (hidrogênio) dissociado na solução do solo, expressa como pH (potencial hidrogeniônico) (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013). Um solo é caracterizado como ácido quando possui maiores concentrações de H⁺ na solução do solo e poucas bases como Ca²⁺ (cálcio), Mg²⁺ (magnésio) e K⁺ (potássio) adsorvidos em seu complexo coloidal de troca. Solos pobres e com elevada acidez apresentam baixos valores de pH e, conseqüentemente, são deficientes em vários nutrientes (SILVA *et al.*, 2019; VELOSO, 2020).

O Alumínio tóxico (Al³⁺) é um dos principais problemas em solos ácidos; esse elemento, em altas concentrações, interfere na disponibilidade dos nutrientes, além de ser tóxico para as plantas (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). O Al³⁺ acumula-se preferencialmente nas raízes das plantas (KONRAD *et al.*, 2005), provocando danos ao sistema radicular e interferindo no crescimento das raízes.

Para a maioria das culturas o pH ideal em água deve estar entre 5,5 e 6,5, pois, nesse intervalo, o solo apresenta ausência de Al³⁺ tóxico (que precipita nessa faixa de pH), baixa concentração de H⁺ e boa disponibilidade de nutrientes (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013), possibilitando melhor absorção pelas raízes das plantas.

Alguns solos podem ser naturalmente ácidos, devido à pobreza do material de origem, enquanto outros solos podem ter sofrido processos que ocasionaram a perda de bases como cálcio, potássio e magnésio, provocando acidez. Dentre esses processos podem ser citados a ação da água da chuva que lava as bases, a decomposição de minerais de argila que libera Al-trocável no meio, além da atividade das raízes que liberam H⁺ na solução do solo (NATALE *et al.*, 2012; NATALE; ROZANE, 2018; VELOSO *et al.*, 2020).

A acidificação do solo pode ser ocasionada, ainda, pela interferência antrópica, quando são adicionados fertilizantes, principalmente os amoniacais e amídicos, que liberam

H⁺ na solução do solo (NATALE; ROZANE, 2018).

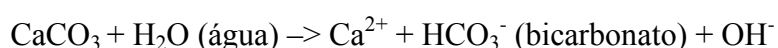
4.4 Calagem

A maioria dos solos brasileiros são naturalmente ácidos, necessitando assim de correção da acidez. Entre os materiais utilizados com essa finalidade, o calcário (rocha carbonatada moída) é o corretivo mais utilizado, graças à frequência e à abundância com que ocorre na natureza (FREIRE, 2013). Entre os recursos minerais brasileiros, o calcário encontra-se em primeiro lugar, ocupando posição privilegiada, cujas reservas medidas são de 53 bilhões de toneladas, bem distribuídas pelo território nacional (NATALE *et al.*, 2012).

A calagem pode ser considerada um investimento em solos com elevada acidez, visto que seus benefícios perduram por mais de uma safra. Isso ocorre devido à baixa solubilidade dos materiais corretivos comuns e pela variabilidade das partículas que compõe os calcários, o que lhes confere diferentes capacidades de neutralizar a acidez do solo ao longo do tempo (ROZANE *et al.*, 2017).

O calcário com partículas mais finas promove a correção da acidez de forma mais rápida, enquanto o calcário com granulometria mais grosseira demora mais para neutralizar a acidez. Logo, o calcário mais eficiente é aquele que possui partículas de variados tamanhos, pois, além de promover a correção de forma rápida, também possibilita o efeito residual no solo (ROZANE *et al.*, 2017).

O calcário, constituído por carbonatos de cálcio e magnésio (CaCO₃ e MgCO₃), quando aplicado ao solo se dissocia em íons de Ca²⁺ Mg²⁺ e CO₃²⁻ (carbonato), fornecendo assim cálcio e magnésio ao solo. O CO₃²⁻ dissociado é o responsável por ocasionar a hidrólise da água formando a OH⁻ (hidroxila) que é responsável pela neutralização do H⁺, elevando assim o pH do solo (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013). Um exemplo da reação é a fórmula:



A hidroxila formada quando se adiciona calcário ao solo pode neutralizar o alumínio e o manganês tóxicos, através da formação de precipitados como Al(OH)₃ (hidróxido de alumínio) e Mn(OH)₂ (hidróxido de manganês) (PREZOTTI; GUARÇONI, 2013).

Dentre os benefícios da calagem podem ser citados o aumento na disponibilidade de nutrientes no solo como nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, magnésio, cálcio, boro, molibdênio; redução na lixiviação de cálcio, magnésio e potássio; redução na adsorção de

fósforo; elevação da atividade microbiológica; e, melhoria no aproveitamento dos fertilizantes aplicados (NATALE; ROZANE, 2018). Ou seja, essa prática proporciona inúmeras mudanças simultâneas nos processos do solo que melhoram a absorção de nutrientes pelas plantas (HOLLAND *et al.*, 2018).

Dentre os métodos de correção de acidez, o da elevação da saturação por bases normalmente é o mais utilizado. Neste método, considera-se a relação entre o pH e a saturação por bases (V%), buscando-se atingir a saturação ideal para a cultura (ALVAREZ; RIBEIRO, 1999).

Reis (2020), avaliando os efeitos de doses de calcário sobre o desenvolvimento de duas espécies de pitaia, *Hylocereus polyrhizus* e *Hylocereus undatus*, constatou que a calagem elevou o pH e a capacidade de troca de cátions (CTC), aumentou as concentrações de K, Ca e Mg, a saturação por Ca, a saturação por Mg e a saturação por bases (V%) nos solos. As duas espécies de pitaia, quando cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, apresentaram maior crescimento com V% entre 55 e 70%. Já em Neossolo Quartzarênico, as duas espécies apresentam maior crescimento com V% de 70%.

Vieira (2020) avaliaram o efeito da calagem no primeiro ciclo produtivo da pitaia vermelha (*Hylocereus monacanthus*); estes autores também observaram melhorias nas características químicas do solo. Porém, a calagem pouco influenciou os parâmetros de crescimento, os aspectos nutricionais e a produção dos frutos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido em duas fases, sendo a primeira em casa de vegetação e a segunda em campo. Ambos os locais estão localizadas no Setor de Agricultura, pertencente ao Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada em Fortaleza-CE. As coordenadas geográficas locais são: 03° 43' 02" S, 38° 32' 35" W, com altitude de média de 21 m acima do nível do mar. O clima do município é considerado tropical chuvoso, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26,5 °C. O período de maior precipitação durante o experimento ocorreu entre os meses de janeiro e junho de 2020 e os meses de fevereiro e março apresentaram as maiores médias mensais, ultrapassando os 400 mm.

5.2 Delineamento experimental

O experimento foi instalado distribuindo-se as plantas conforme o delineamento em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta por duas plantas e, desse modo, o experimento teve 40 plantas de pitaia amarela.

5.3 Etapa em casa de vegetação

5.3.1 Solo

Para se ter melhor controle do espaço em que as plantas foram cultivadas, o experimento foi realizado em vasos com volume de 25 L. O solo utilizado foi escolhido por possuir baixo pH (TABELA 1), o que favorece as respostas à calagem. O solo é representativo da camada de 0 a 20 cm de profundidade, sendo oriundo da Fazenda Raposa, pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada no município de Maracanaú-CE, com as seguintes coordenadas geográficas: 3° 50' 53,5" de latitude S e 38° 38' 06,2" de longitude W. Este solo está classificado como Argissolo Amarelo Distrófico de acordo com Santos *et al.* (2013), possuindo as seguintes características químicas (TABELA 1), conforme metodologia de Silva *et al.* (1998).

Tabela 1: Análise química do solo para fins de fertilidade antes da aplicação da calagem

| pH | MO | P | K | Ca | Mg | Na | (H+Al) | Al | SB | T | V | m | Cu | Fe | Zn | Mn |
|-----|--------------------|---------------------|---|-----|-----|-----|--------|-----|------|------|--------------------------------|----|-----|----|-----|------|
| | g kg ⁻¹ | mg dm ⁻³ | -----mmol _c dm ⁻³ ----- | | | | ----- | | | % | -----mg dm ⁻³ ----- | | | | | |
| 5,0 | - | 2,1 | 1,7 | 5,7 | 4,7 | 0,2 | 22,9 | 1,6 | 12,3 | 35,2 | 35 | 12 | 0,2 | 87 | 1,5 | 12,1 |

MO = matéria orgânica; pH em água (1:2,5); P, K, Na, Zn, Cu, Fe e Mn, 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.

5.3.2 Produção de mudas de Pitaia amarela

Para a produção das mudas, foram retirados cladódios com tamanho variando entre 40 a 50 cm que surgiram na base de plantas matrizes, em um pomar comercial localizado no município de Quixeré-CE. As mudas foram preparadas em substrato advindo de compostagem, com base na mistura de bagana de carnaúba triturada e esterco de galinha

poedeira, na proporção de 3:1 (v:v), com a adição de 50 kg de gesso, que teve como objetivo reduzir a volatilização do N (Nitrogênio) presente no esterco.

Como características químicas o substrato possuía: 0,012 g L⁻¹ de N-NH₄⁺, 0,027 g L⁻¹ de N-NO₃⁻, 0,013 g L⁻¹ de P, 0,035 g L⁻¹ de K, 0,521 g L⁻¹ de Ca, 0,112 g L⁻¹ Mg, 0,386 g L⁻¹ de S, 17,18 mg L⁻¹ de Na, 0,03 mg L⁻¹ de Zn, 0,03 mg L⁻¹ de Fe, 0,37 mg L⁻¹ de Mn, 0,04 mg L⁻¹ de Cu e 0,13 mg L⁻¹ de Al.

O composto foi usado para preencher sacos de polietileno com capacidade de 8 dm³, nos quais as estacas foram plantadas. As mudas foram cultivadas em casa de vegetação por 8 meses. Nesse período, os brotos novos (emissão de cladódios) foram retirados à medida que iam surgindo nas mudas, mantendo-se apenas o cladódio plantado para garantir o crescimento em haste única.

As mudas receberam rega manual de 100 mL de água de torneira três vezes por semana até o dia do transplante para os vasos. No dia do transplante, como as mudas apresentaram tamanhos variados, elas foram separadas em pequenas, médias e grandes para que houvesse homogeneização dentro dos blocos.

5.3.3 Aplicação dos tratamentos - calagem

O método utilizado para a realização da calagem foi o da elevação da saturação por bases (RAIJ et al., 1997). Já que não existem estudos indicando a saturação por bases ideal para o cultivo da pitaiá, foi utilizada V% = 60% como padrão.

A calagem foi realizada utilizando calcário agrícola com as seguintes características: CaO = 32%, MgO = 15%, CaO+MgO = 47 %, PN (Poder de neutralização) = 94,5%, PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) = 91%, RE (Reatividade) = 96%. A granulometria do calcário corresponde a 100 % de material passante em malha de 2 mm (peneira ABNT n. 10), 98 % passante em malha de 0,84 mm (peneira ABNT n. 20) e, 94 % do material passante em malha de 0,3 mm (peneira ABNT n. 50).

Foram aplicadas doses crescentes de calcário, correspondendo aos seguintes tratamentos: T₁ = zero de calcário (controle); T₂ = metade da dose necessária para elevar a saturação por bases a 60%; T₃ = a quantidade necessária para elevar a saturação por bases a 60%; T₄ = 1,5 vezes a dose necessária para elevar a saturação por bases a 60%; e, T₅ = duas vezes a dose necessária para elevar a saturação por bases a 60%. Essas doses correspondem a 0; 0,48; 0,96; 1,44 e 1,92 t ha⁻¹ respectivamente. Transformando essas doses para g vaso⁻¹ de 25 L tem-se: T₁ = 0 g vaso⁻¹; T₂ = 6,04 g vaso⁻¹; T₃ = 12,08 g vaso⁻¹; T₄ = 18,12 g vaso⁻¹; e, T₅

= 24,16 g vaso⁻¹.

Antes da aplicação dos tratamentos foram pesados 25 kg de solo para cada vaso de 25 L. Após a pesagem, o solo foi colocado em uma betoneira, sendo misturado e homogeneizado ao calcário de forma separada para cada vaso, por 2 minutos. Em seguida, o solo foi incubado dentro dos vasos, os quais foram envoltos por sacos plásticos para facilitar a reação do calcário, compreendendo um período de 45 dias; esse período de incubação de 45 dias foi possível pelo fato de que o PRNT do calcário era elevado (91%), o que garante a reação em um período mais curto.

5.3.4 Condução do experimento dentro da casa de vegetação

Antes do transplântio das mudas para os vasos, foram retiradas amostras de solo em cada vaso, utilizando-se um trado tipo sonda, sendo coletados cinco pontos em cada vaso a partir do topo até o fundo do mesmo. As amostras foram colocadas em sacos plásticos e, posteriormente foram secas e enviadas ao laboratório da Embrapa Agroindústria Tropical para nova análise química, conforme metodologia de Silva *et al.* (1998).

No momento do transplântio, as mudas foram retiradas dos sacos plásticos e, em seguida, receberam lavagem com água corrente, com o intuito de retirar a maior quantidade possível do substrato aderido às raízes. Para o transplântio, foi feita uma cova no centro de cada vaso, com profundidade aproximada de 15 cm e, após a adubação com a mistura de superfosfato simples e FTE, as mudas foram plantadas.

Após o transplântio das mudas, as plantas permaneceram em casa de vegetação por dois meses para que houvesse melhor adaptação ao novo espaço (vaso). Nesse caso, o ambiente protegido evita que as plantas sofram estresses referentes à luminosidade, ventos, pragas e doenças no período inicial. Durante esses dois meses, a irrigação foi realizada com água de torneira de forma diária, na quantidade de 500 mL vaso⁻¹.

5.3.5 Adubação

A adubação foi realizada tomando como base a recomendação de Almeida *et al.* (2014) para N e K e Corrêa *et al.* (2014) para P e Zn, indicadas para mudas de pitáia. A recomendação é que a pitáia receba 750 mg dm⁻³ de N; 375 mg dm⁻³ de P; 375 mg dm⁻³ de K e 10 mg dm⁻³ de Zn; foram utilizadas as seguintes fontes de adubos: ureia (46 % de N), superfosfato simples (18 % de P₂O₅, 25 % de CaO e 12 % de S), cloreto de potássio (62 % de

K₂O) e FTE BR-12 (9,0 % de Zn; 1,8 % de B; 0,8 % de Cu; 2,0 % de Mn e 0,1 % de Mo).

Todos os tratamentos receberam as mesmas quantidades de adubos, calculados para o período de 12 meses. Na adubação de plantio, as fontes de P e FTE foram misturadas com os 2/3 superiores de solo nos vasos. O fósforo foi aplicado uma única vez, sendo ela no transplântio das mudas e cada vaso recebeu 120 g; já a fonte de Zn e outros micronutrientes (FTE) foi aplicada em duas vezes durante o experimento; cada vaso recebeu o total de 2,8 g dividida em duas parcelas, sendo a primeira aplicada no dia do transplântio das mudas e, a segunda, seis meses após o transplântio (em cobertura nos vasos).

As doses de N e K₂O para 12 meses foram, respectivamente, de 40,8 e 18 g vaso⁻¹. A aplicação foi semanal com 0,85 g vaso⁻¹ de N e 0,4 g vaso⁻¹ de K₂O. A aplicação foi realizada sempre após a rega dos vasos (em cobertura) e, as quantidades de fertilizantes por semana eram diluídas em 50 mL de água para cada vaso. As adubações com as fontes de N e K₂O foram realizadas sempre de forma a evitar o contato dos adubos com o colo da planta.

5.4 Etapa de campo

Após dois meses em casa de vegetação, as plantas nos vasos foram levadas ao campo onde permaneceram pelo período de 10 meses. As pitaias foram colocadas ao lado de mourões, sendo duas em cada mourão. O mourão de 1,8 m de altura teve a função de atuar como tutor, já que a planta é uma semi-epífita. A medida em que as plantas cresciam, iam sendo tutoradas com o auxílio de barbante e, ao completarem a altura de 1,5 m, foram podadas para que pudessem brotar os cladódios laterais e distribuírem-se sobre um suporte de sucata de pneu.

A rega na etapa de campo foi realizada de forma diária (exceto em dias chuvosos), com a aplicação de 1L vaso⁻¹ de água da torneira, sempre no final da tarde. Já os tratamentos culturais nessa fase foram manuais, como capina da área adjacente aos vasos e retirada de plantas daninhas que foram surgindo na superfície dos vasos.

5.5 Avaliações

5.5.1 Atributos químicos do solo

Conforme descrito no item 5.3.4., após 45 dias da aplicação do calcário, imediatamente antes do transplântio das mudas para os vasos, foi realizada amostragem de

solo em cada unidade experimental, a fim de avaliar a condição de fertilidade conforme metodologia de Silva et al. (1998).

5.5.2 Crescimento das plantas

Aos 6, 9 e 12 meses após o transplantio das mudas para os vasos foram realizadas as seguintes avaliações de crescimento:

- Somatório do Comprimento dos Cladódios (SCC) (cm planta^{-1}): consistiu no somatório do comprimento do cladódio vertical principal (do topo do cladódio enraizado até o ponto de poda), mais o somatório do comprimento dos cladódios laterais (conjunto de cladódios que surgiram abaixo do ponto de poda e acima do suporte de pneu).
- Média da Espessura dos Cladódios (EC) (mm planta^{-1}): foi medida a espessura do cladódio com o auxílio de um paquímetro. A medição foi realizada em uma das arestas perpendiculares, na parte mediana do cladódio, em todos os cladódios que surgiram a partir do cladódio enraizado.
- Média do Número de Cladódios (NC) ($\text{cladódios planta}^{-1}$): foi contado o número de cladódios emitidos pelas plantas (todos que surgiram a partir do cladódio enraizado).
- Número de Aréolas (NA) ($\text{aréolas planta}^{-1}$): foi realizada apenas nos cladódios laterais. Em cada cladódio foi escolhida aleatoriamente uma das hastes e realizada a contagem do número de aréolas, sendo o resultado multiplicado pelo número de hastes do cladódio.
- Taxa de Crescimento Absoluta do Número de Cladódios (TCA NC) e Taxa de Crescimento Relativa do Número de Cladódios (TCR NC): Foram utilizados os dados de número de cladódios para a elaboração, seguindo a equação de Welbank (1962); as fórmulas utilizadas para TCA e TCR estão descritas a seguir:

$$\text{TCA NC} = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1) = \text{cladódio mês}^{-1}$$

em que:

TCA: Taxa de crescimento Absoluto, em cladódio mês^{-1} ;

W_1 e W_2 : Média do número de cladódios, em cladódios por planta, referente aos tempos T_1 e T_2 , respectivamente;

T_1 e T_2 : Intervalo de tempo entre as avaliações, em que, T_1 corresponde aos 6 primeiros meses após o transplântio das mudas; T_2 corresponde aos 12 meses após o transplântio das mudas.

$$\text{TCR NC} = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1) = \text{cladódio cladódio}^{-1} \text{ mês}^{-1}$$

em que:

TCR: Taxa de crescimento relativo, em cladódio cladódio⁻¹ mês⁻¹;

ln - Logaritmo neperiano;

W_1 e W_2 : Média do número de cladódios por planta, em cladódio por planta, referente aos tempos T_1 e T_2 , respectivamente;

T_1 e T_2 : Intervalo de tempo entre as avaliações, em que, T_1 corresponde aos 6 primeiros meses após o transplântio das mudas; T_2 corresponde aos 12 meses após o transplântio das mudas.

- Taxa de Crescimento Absoluto do Somatório do Comprimento dos Cladódios (TCA SSC) e Taxa de Crescimento Relativo do Somatório do Comprimento dos Cladódios (TCR SSC): também foram aplicadas as fórmulas seguindo a equação de Welbank (1962). Sendo utilizados aqui os dados de Somatório do Comprimento de Cladódios. A TCA SSC foi expressa em cm mês⁻¹ e a TCR SSC foi expressa em cm cm⁻¹ mês⁻¹.

5.5.5 Fluorescência da clorofila *a*

A análise de fluorescência da clorofila *a* foi realizada aos 365 dias após o transplântio das mudas, no horário entre 10 e 11 horas, período da manhã. O equipamento utilizado foi um fluorômetro modulado portátil (Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer) de modelo OS5p da Opti-Sciences. As plantas passaram por um período de adaptação ao escuro de 30 minutos e o fluorômetro foi ajustado para operar com intensidade de modulação de 27 e intensidade de flash de saturação de 27.

Para esta análise foi escolhido um cladódio lateral por planta de forma aleatória e, utilizou-se uma das hastes do cladódio para se fazer a leitura. Foram realizadas as leituras dos seguintes parâmetros: fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), razão F_v/F_0 , rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m), eficiência quântica efetiva do PSII (Y), taxa de transporte de elétrons (ETR, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), Quenching fotoquímico (qP) e coeficientes dos “quenching” não fotoquímico (qN e NPQ).

5.5.3 Teor de nutrientes nos cladódios

Em cada planta retirou-se parte de um cladódio lateral maduro (cladódio que já não estava crescendo). A coleta foi realizada na parte mediana do cladódio, sendo cada amostra no tamanho de 15 cm. Após a retirada o material foi lavado em água e depois em solução de ácido clorídrico (3 %); posteriormente, o material foi posto para secar em ambiente sombreado pelo período aproximado de meia hora.

Em seguida, cada cladódio foi cortado em pequenos pedaços, colocados em sacos de papel poroso devidamente identificados e levados para o laboratório de fisiologia da produção vegetal, colocados em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingirem massa constante.

Após seco, o material foi triturado em moinho tipo Willey com malha de 1 mm de abertura e colocado em recipientes de polietileno identificados, sendo enviado para o Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical, para a determinação dos teores de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S; dos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn; e do elemento Na. A determinação desses teores seguiu a metodologia descrita por Miyazawa et al. (2009).

5.6 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste de F a $p \leq 0,05$ e o ajuste da regressão se deu em função de sua significância. O programa estatístico utilizado foi o *software* Sisvar (FERREIRA, 2010), versão 5.3. Os gráficos foram produzidos por meio do programa Sigma Plot versão 13.0.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Atributos químicos do solo

As doses de calcário aplicadas ao Argissolo Vermelho-Amarelo não alteraram as concentrações de Matéria Orgânica (MO), dos macronutrientes Fósforo (P), Potássio (K) e dos micronutrientes Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Manganês (Mn) e, também não houve diferença significativa na CTC do solo (TABELA 2).

Tabela 2 – Análise química do Argissolo Vermelho-Amarelo após a realização da calagem

| 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 | ----- mmol _c dm ⁻³ ----- | | | | ----- | | | | | % | % | ----- mg dm ⁻³ ----- | | |
| 0,00 | 1,2 | 7,2 | 4,5 | 1,8 | 6,5 | 5,0 | 1,0 | 36,0 | 1,4 | 14,35 | 48,2 | 28 | 2,8 | 1,6 | 0,2 | 40,2 | 9,5 |
| 0,48 | 1,0 | 7,2 | 5,2 | 1,8 | 11,2 | 8,7 | 0,7 | 27,2 | 0,2 | 22,6 | 49,9 | 45 | 0,5 | 1,5 | 0,2 | 41,0 | 9,1 |
| 0,96 | 1,2 | 6,2 | 6,1 | 1,8 | 15,7 | 12,7 | 1,0 | 16,2 | 0,0 | 31,3 | 47,6 | 65 | 0,0 | 1,3 | 0,2 | 41,0 | 9,0 |
| 1,44 | 1,5 | 6,5 | 6,4 | 1,8 | 17,0 | 13,7 | 3,0 | 12,7 | 0,0 | 35,6 | 46,3 | 73 | 0,0 | 1,3 | 0,2 | 56,5 | 9,7 |
| 1,92 | 1,7 | 6,2 | 6,6 | 1,8 | 19,2 | 14,7 | 3,0 | 8,0 | 0,0 | 38,8 | 46,0 | 82 | 0,0 | 1,3 | 0,2 | 52,7 | 9,5 |
| F | 2,6 ^{ns} | 0,56 ^{ns} | 198,5** | 0,3 ^{ns} | 210,3** | 303,4** | 105** | 292,4** | 335,3** | 340,5** | 3,0 ^{ns} | 656,2** | 325,9** | 2,2 ^{ns} | 0,6 ^{ns} | 8,3* | 1,3 ^{ns} |
| CV (%) | 26,1 | 20,3 | 2,2 | 6,7 | 5,0 | 4,2 | 12,7 | 6,6 | 18,8 | 3,7 | 3,7 | 2,9 | 20,0 | 10,8 | 15,6 | 11,5 | 5,0 |

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.

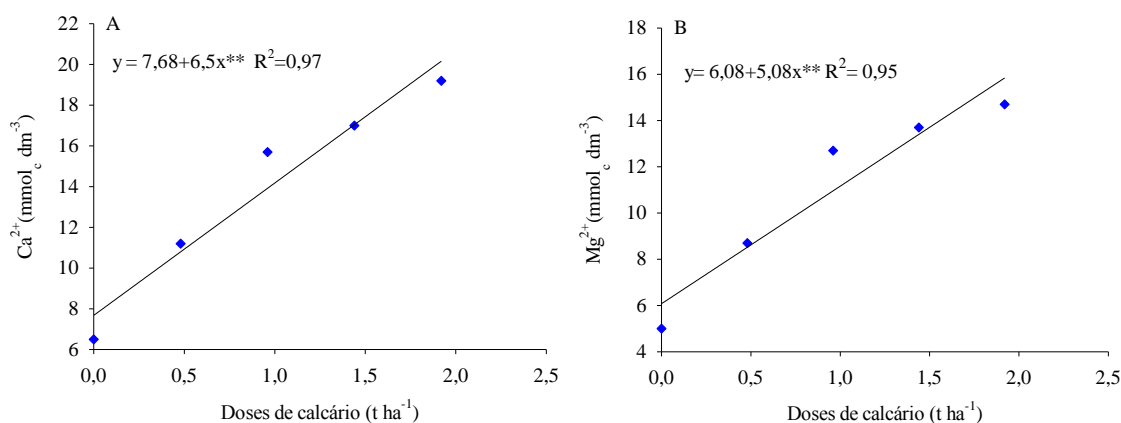
Os coeficientes de variação da análise de solo variaram de 2,2 a 26,1%, indicando boa precisão experimental (TABELA 2). Normalmente, a prática da calagem aumenta a disponibilidade dos macronutrientes no solo, porém, para P e K isso não aconteceu (TABELA 2). Vieira (2020) encontraram resultados semelhantes em experimento com calagem na cultura de pitaia vermelha, em um estudo com o mesmo solo utilizado no presente trabalho. É possível que não tenha ocorrido aumento na disponibilidade desses elementos devido à baixa concentração inicial no solo, antes da aplicação dos tratamentos.

Para CTC, era esperado que não houvesse significância já que, em solos tropicais a calagem pode aumentar a CTC efetiva, mas não aumenta a CTC potencial. Já a não alteração das concentrações de MOS (Matéria Orgânica no Solo) (TABELA 2), independe do calcário aplicado nos tratamentos e, como não houve adição de fontes externas, já era esperado que não houvesse alteração nos valores iniciais.

Para Na e Fe, embora os resultados encontrados não fossem esperados, é preciso considerar que é possível encontrar pequenas variações nos valores encontrados em função do método e da sensibilidade dos equipamentos utilizados na realização da análise.

Com o aumento nas doses de calcário, observou-se crescimento linear das concentrações de Ca e Mg (FIGURA 1). A dose de 1,96 t ha⁻¹ foi a que proporcionou os maiores incrementos desses dois elementos, elevando os valores de Ca de 6,5 mmol_c dm⁻³ para 19,2 mmol_c dm⁻³ e de Mg de 5,0 mmol_c dm⁻³ para 14,7 mmol_c, ambos com aumento próximo aos 200% (FIGURA 1).

Figura 1 – Concentrações de Ca⁺² (A) e Mg⁺² (B) do Argissolo Vermelho-Amarelo, em função das doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições.



Comportamento semelhante foi encontrado por Natale *et al.* (2008), avaliando a resposta da caramboleira a calagem em um Latossolo Vermelho Distrófico, em que encontra-

ram incremento linear de Ca e Mg, tanto nas linhas quanto nas entrelinhas da frutífera.

Isso ocorreu porque a calagem, além de neutralizar a acidez do solo, disponibiliza Ca e Mg (RAIJ, 2011; LI *et al.*, 2019; ALVAREZ; RIBEIRO, 1999; BERNARDI *et al.*, 2003). Quando se adiciona o carbonato de cálcio (CaCO_3) e o magnésio (MgCO_3), acontece uma reação com a água e, os dois elementos são dissociados e adsorvidos aos coloides (VELOSO *et al.*, 2020), aumentando a concentração de ambos no solo e, conseqüentemente, aumentando a disponibilidade para as plantas.

A dose de $1,92 \text{ t ha}^{-1}$ promoveu o maior valor de pH, elevando de uma condição inicial de 4,5 (tratamento controle) para 6,6 (FIGURA 2A). Este resultado já era esperado, pois normalmente, independentemente das condições ambientais ou experimentais, a calagem aumenta significativamente o pH do solo, principalmente em condições de vaso (Li *et al.*, 2019). Esse aumento no pH ocorre porque o calcário, além de fornecer Ca^{2+} e Mg^{2+} , libera também o carbonato (CO_3^{2-}), componente que proporciona a formação de OH^- , que é responsável por neutralizar o H^+ da solução do solo (ALCARDE, 2005).

Reis *et al.* (2020), em estudo que avaliou o efeito da calagem sobre o cultivo das variedades de pitáia *H. undatus* e *H. polyrhizus*, em dois solos, Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, indicaram que em ambos o maior crescimento das duas espécies ocorreu na faixa de pH entre 6,6 e 7,0.

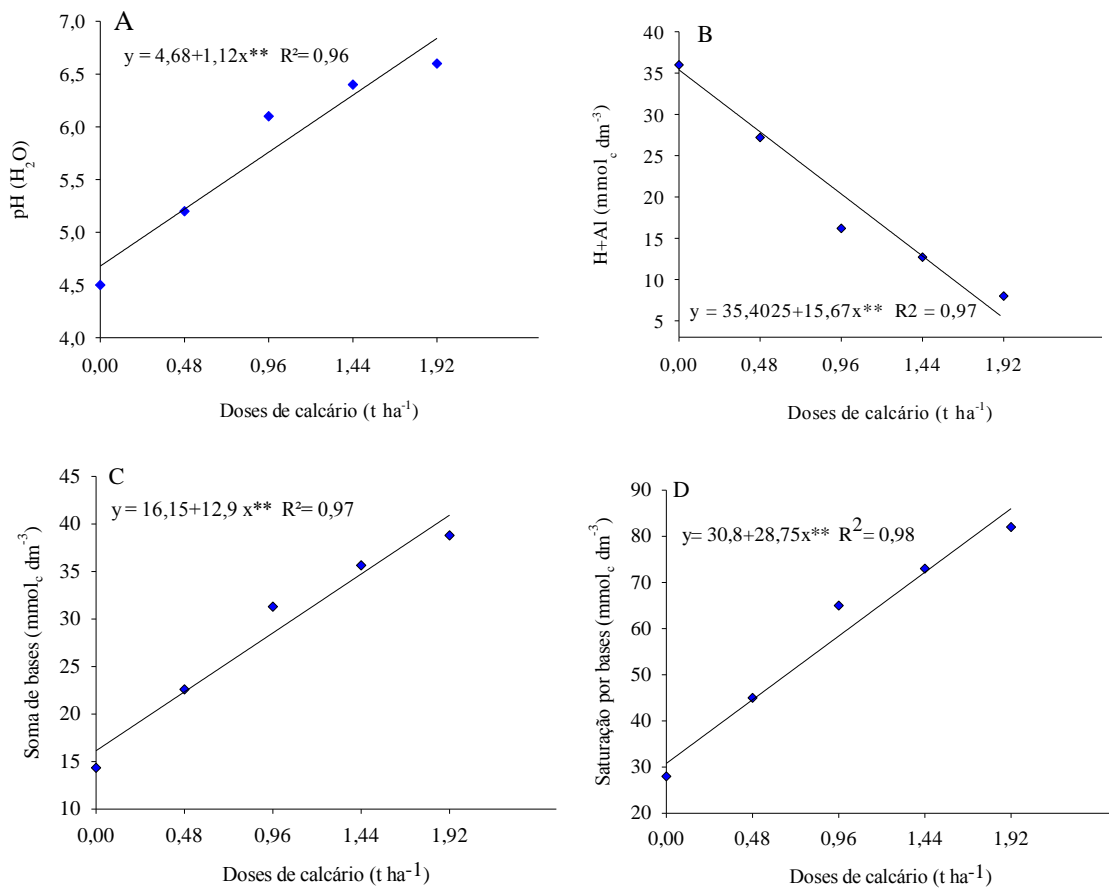
Apesar dos resultados encontrados por Reis *et al.* (2020) para pH do solo, os resultados do presente estudo podem ser considerados satisfatórios, pois apresentam uma ampla faixa de pH, possibilitando a experimentação com calagem para o cultivo da pitáia amarela (FIGURA 2A), para maioria das culturas, o melhor desenvolvimento se dá quando o pH em água encontra-se entre 5,5 e 6,5 (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007; VELOSO *et al.*, 2020).

A dose de $1,92 \text{ t ha}^{-1}$ promoveu, também, o maior aumento da soma de bases (SB), com acréscimo superior a 150% em relação ao tratamento testemunha (FIGURA 2C); conseqüentemente, afetou de forma positiva a saturação por bases (V%) elevando-a de 27 para 82 % (FIGURA 2D). Esses resultados corroboram os encontrados por Natale *et al.* (2008), que observaram aumentos no pH, queda na acidez potencial, aumento na soma de bases e na saturação por bases do solo. Corrêa *et al.* (2018) realizaram calagem em um pomar de goiabeiras em produção e também constataram aumento no pH, Ca, Mg, SB e V%, além de diminuição na acidez potencial.

A calagem provocou queda significativa na acidez potencial, com redução de 77,8% na dose de $1,92 \text{ t ha}^{-1}$ em relação ao tratamento controle (FIGURA 2B). Na prática, a

acidez potencial tem relação direta com a acidez trocável, que é representada pela concentração de Al^{3+} (VELOSO *et al.*, 2020). Quando se reduz a acidez potencial, está se reduzindo também a concentração do alumínio tóxico.

Figura 2 – Valores de pH (A), acidez potencial (B), soma de bases (C) e saturação por bases (D) do Argissolo Vermelho-Amarelo, em função das doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições.



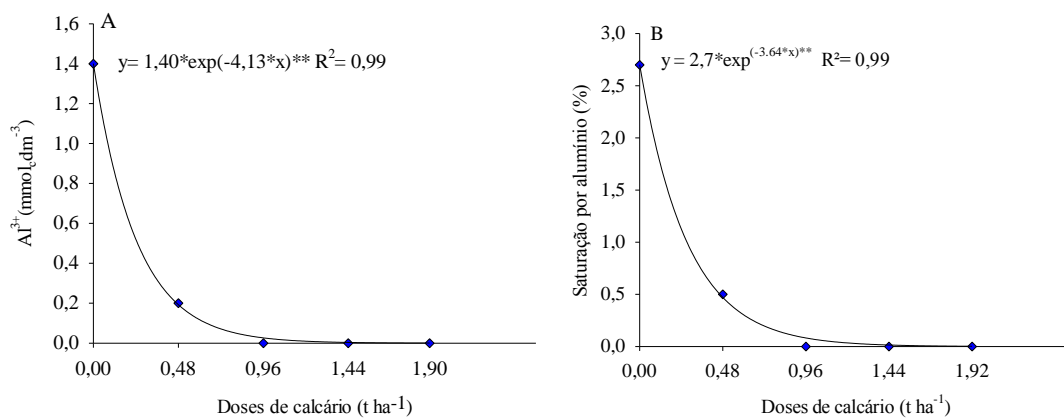
A acidez trocável (Al^{3+}) apresenta reação inversa àquela do pH do solo quando a calagem é realizada, uma vez que a acidez tende a diminuir com a elevação do pH (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). Na dose de 0,48 t ha⁻¹ já foi possível notar diminuição considerável na concentração de alumínio, passando de 1,4 mmol_c dm⁻³ na dose 0 para 0,2 mmol_c dm⁻³. Nas doses de 0,96, 1,44 e 1,92 t ha⁻¹ o Al^{3+} já havia sido totalmente neutralizado (FIGURA 3A). Isso já era esperado, pois, de forma geral, a partir de pH 5,5 em água, todo o Al trocável já estará hidrolisado e esses valores de tendem a zero (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007).

Com a redução na concentração de alumínio, houve correspondente redução na

saturação por Al^{3+} , com comportamento semelhante, visto que na dose de $0,48 \text{ t ha}^{-1}$ já foi possível observar queda considerável em relação ao tratamento testemunha e, nas doses seguintes, a saturação por alumínio tendeu a zero (FIGURA 3B).

Isso aconteceu porque a saturação por Al é um indicador do grau de toxidez por Al^{3+} ; além da neutralização pela reação do calcário, o aumento da saturação por bases proporcionado pela adição de Ca e Mg, também influencia na redução da saturação por Al (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). A redução na solubilidade do Al evita problemas de toxidez do elemento na camada superficial e pode promover maior desenvolvimento do sistema radicular (Natale *et al.*, 2009), melhorando a absorção de água e nutrientes.

Figura 3 – Valores de alumínio trocável (A) e saturação por alumínio (B) do Argissolo Vermelho-Amarelo, em função das doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições.



6.2 Crescimento das plantas

Não houve diferença significativa em qualquer das variáveis de crescimento avaliadas: número de cladódios por planta, número de aréolas por planta, somatório do comprimento dos cladódios, diâmetro médio dos cladódios e espessura média dos cladódios, aos 180 dias após o transplântio das mudas de pitaia amarela (TABELA 3).

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 mudas

| Doses t ha ⁻¹ | NC | NA | SCC (cm) | DC (mm) | EC (mm) |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0,0 | 5,2 | 231,3 | 343,7 | 34,3 | 4,0 |
| 0,48 | 3,2 | 138,7 | 216,1 | 29,9 | 4,1 |
| 0,96 | 3,5 | 185,6 | 298,5 | 28,3 | 3,8 |
| 1,44 | 3,7 | 157,8 | 275,5 | 30,2 | 3,9 |
| 1,92 | 3,8 | 131,2 | 347,3 | 35,4 | 5,3 |
| F | 2,9 ^{ns} | 2,6 ^{ns} | 2,8 ^{ns} | 1,6 ^{ns} | 0,8 ^{ns} |
| CV (%) | 23,0 | 29,3 | 21,7 | 15,0 | 32,1 |

A ausência de diferença significativa entre os tratamentos para os parâmetros de crescimento (TABELA 3) pode ser consequência da rusticidade da pitaia amarela, indicando sua capacidade de investir em crescimento, utilizando eficientemente os recursos disponíveis no solo.

Há que se considerar que, 180 dias após o transplântio das mudas, pode ter sido um período curto para que houvesse diferenciação em função da calagem. Talvez seja preciso mais tempo para que as plantas expressem diferenças em função das doses de calcário, sendo que, em frutíferas é comum o calcário trazer resultados em maior prazo, podendo o efeito máximo do corretivo se dar até nos três anos após a calagem (LI *et al.*, 2019), cujo efeito residual pode ser superior a 5 anos (VELOSO *et al.*, 2020).

Nas variáveis de crescimento aos 180 dias após o transplântio das mudas, Vieira. (2020), encontrou valores maiores em pitaia vermelha do que os apresentados no presente estudo com pitaia amarela, exceto para o SCC, em que a autora obteve variação de 207,69 a 270,75 cm, enquanto neste estudo os valores são maiores, variando de 216,12 a 347,30 cm

(TABELA 3). Tal fato pode demonstrar a eficiência na capacidade de crescimento da pitiaia amarela a pleno sol.

Para o SCC, o valor médio dos tratamentos aqui encontrado (296,2 cm) foi superior aos 238,3 cm observados por Lima *et al.* (2019) aos 180 dias com pitiaia vermelha (*Hylocereus* sp.), em um estudo que avaliou o crescimento e o acúmulo de nutrientes.

Ainda em relação ao SCC, os valores médios do presente estudo (296,2) foram superiores aos encontrados por Weiss *et al.* (2009), em pesquisa que avaliou o efeito do CO₂ sobre o crescimento da pitiaia amarela (*Selenicereus Megalantus*) (atualmente denominada *Hylocereus Megalantus*), obtendo médias de 169 cm sem a adição de CO₂ e, 257 cm, com a adição de CO₂.

O número de cladódios nesta pesquisa variou de 3,25 a 5,25 unidades (TABELA 3), sendo menor do que o número de cladódios encontrados por Vieira (2020), que observou variação entre 5,5 e 8 unidades em pitiaia vermelha. Já Almeida *et al.* (2014), ao avaliarem o efeito do N e K no crescimento de mudas de pitiaia [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose], encontraram variações de 2 a 11 unidades. A pitiaia amarela, nos primeiros meses de cultivo, parece investir mais energia para crescer em comprimento do que no surgimento de novos cladódios.

Com relação ao diâmetro e a espessura, as plantas mostraram comportamento semelhante em função dos tratamentos (TABELA 3). O espessamento em iguais proporções pode estar relacionado a forma de produção a pleno sol, em que a planta tenta proteger o aparato fotossintético de danos irreversíveis, permitindo a proteção das células contra a seca (GONÇALVES *et al.*, 2010), funcionando como mecanismo fotoprotetor (ALMEIDA *et al.*, 2018).

Na avaliação de crescimento realizada aos 270 dias, também não houve diferença significativa entre as doses de calcário em qualquer das variáveis analisadas. Três meses após a primeira avaliação, a diferença do número de cladódios foi baixa, porém, foi possível observar aumento nos valores de NA e SCC, quando comparados a avaliação realizada aos 180 dias (TABELA 4).

Tabela 4 – 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 270 dias do transplântio das mudas.

| Doses t ha ⁻¹ | NC | NA | SCC (cm) | DC (mm) | EC (mm) |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0,0 | 4,5 | 407,6 | 605,0 | 32,8 | 4,5 |
| 0,48 | 4,4 | 373,7 | 402,0 | 30,8 | 4,4 |
| 0,96 | 4,3 | 343,8 | 496,3 | 31,4 | 4,3 |
| 1,44 | 4,3 | 287,6 | 461,8 | 29,6 | 4,3 |
| 1,92 | 6,1 | 316,5 | 512,5 | 36,9 | 6,1 |
| F | 1,8 ^{ns} | 2,3 ^{ns} | 3,9 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 1,8 ^{ns} |
| CV (%) | 24,2 | 21,1 | 15,0 | 15,2 | 24,2 |

Na análise de 270 dias, os coeficientes de variação estiveram entre 15,2 e 24,2 %, indicando boa precisão experimental (TABELA 4). As maiores diferenças em relação à primeira avaliação foram no NA, em que a variação entre os valores foi de 131,2 a 231,3 e passou a ser de 287,6 a 407, 6; no SCC, a variação passou de 216,1 a 347,3 cm para 402,0 a 605,0 entre a primeira e a segunda avaliação. Weiss *et al.* (2009) encontraram que o maior alongamento da pitaia amarela aconteceu entre 6 meses e 1 ano, evidenciando que nesse período as plantas ainda estão investindo em crescimento.

Esse crescimento acentuado no presente estudo se deu pelo alongamento acelerado dos cladódios laterais (cladódios produtivos), acompanhado do aumento do número de aréolas. Isso evidencia a boa capacidade de desenvolvimento das estruturas produtivas, podendo influenciar de forma positiva a futura produção de frutos.

Semelhante ao que aconteceu aos 180 e 270 dias, a avaliação de crescimento aos 360 dias também não apresentou diferença significativa para as variáveis analisadas em função dos tratamentos com calagem, exceto para a Taxa de Crescimento Absoluto do Número de Cladódios (TABELA 5).

Tabela 5 – Número de cladódios por planta (NC), taxa de crescimento absoluto do número de cladódios (TCA NC), taxa de crescimento relativo do número de cladódios (TCR NC), número de aréolas por planta (NA), somatório do comprimento dos cladódios (SCC), taxa de crescimento absoluto do somatório do comprimento dos cladódios (TCA SCC), taxa de crescimento relativo do somatório do comprimento dos cladódios (TCR SCC), diâmetro médio dos cladódios (DC), espessura média dos cladódios (EC), aos 360 dias do transplântio das mudas.

| Doses t ha ⁻¹ | NC | TCA NC (Cladódio mês ⁻¹) | TCR NC (cladódio cladódio ⁻¹ mês ⁻¹) | SCC (cm) | TCA SCC (cm mês ⁻¹) | TCR SCC (cm cm ⁻¹ mês ⁻¹) | NA | DC (mm) | EC (mm) |
|-----------------------------|-------------------|---|--|-------------------|------------------------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0,0 | 10,8 | 0,7 | 0,09 | 651,5 | 60,6 | 0,1 | 483,7 | 30,9 | 5,7 |
| 0,48 | 8,3 | 0,6 | 0,13 | 540,5 | 48,5 | 0,1 | 377,6 | 34,2 | 5,4 |
| 0,96 | 11,1 | 1,2 | 0,19 | 648,8 | 58,3 | 0,1 | 481,1 | 34,6 | 5,4 |
| 1,44 | 11,1 | 1,2 | 0,18 | 677,3 | 72,8 | 0,1 | 460,5 | 32,4 | 5,2 |
| 1,92 | 12,0 | 1,3 | 0,18 | 662,0 | 52,8 | 0,1 | 546,7 | 36,7 | 6,4 |
| F | 1,6 ^{ns} | 4,7** | 3,5 ^{ns} | 1,7 ^{ns} | 1,5 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 2,2 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 0,6 ^{ns} |
| CV (%) | 20,2 | 28,58 | 29,2 | 13,0 | 25,3 | 25,6 | 17,2 | 17,3 | 19,3 |

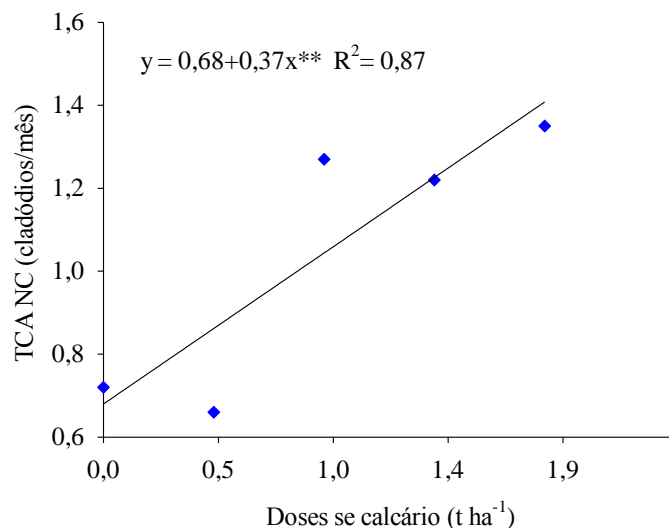
Foi possível observar que na avaliação aos 360 dias após transplante das mudas, os valores de NC, NA e SCC continuaram aumentando ao longo do tempo. Essas três variáveis tiveram incremento em relação às duas avaliações anteriores, 180 e 270 dias, indicando que as plantas ainda estavam em pleno crescimento, apesar da notável maturação dos primeiros cladódios laterais que surgiram até a última avaliação.

A ausência de significância TCR e TCA do SCC (TABELA 4) é reflexo dos resultados encontrados nas análises do SCC tanto aos 180, quanto aos 360 dias após o transplante das mudas, em que não foram observadas diferenças em função das doses de calcário.

Apesar de não ter havido diferença significativa na TCR do NC (TABELA 4), a calagem promoveu aumento no TCA do NC. A dose mais elevada ($1,94 \text{ t ha}^{-1}$) proporcionou o maior valor, que praticamente dobrou em relação a dose de 0 t ha^{-1} (tratamento controle) (FIGURA 4).

Tal resultado pode ser explicado pela melhoria do ambiente radicular proporcionado pela calagem, facilitando a absorção de nutrientes, dentre os quais o Ca, que teve sua concentração aumentada no solo, seguido do incremento do teor na planta em função da calagem (TABELA 7). O cálcio é muito importante na construção dos tecidos da planta e, junto com o aporte de N, deve ter contribuído para facilitar o crescimento absoluto do número de cladódios. Pode-se especular que essa diferença seria ainda mais acentuada no segundo e terceiro anos de cultivo.

Figura 4: Taxa de Crescimento Absoluto do Número de Cladódios (TCA NC), em função das doses de calcário. Os pontos são médias de quatro repetições.



Para o NA, Jiang, Lin e Lee (2011), avaliando a composição do dossel de pitaia amarela (*Selenicereus megalanthus*) com quatro anos de idade, encontraram a média aproximada de 55 aréolas por cladódio. No presente estudo, a média de aréolas por cladódio aos 360 dias foi de 43,95, inferior ao estudo anterior e, já era visível no campo, a emissão de muitos cladódios novos e que demorariam para atingir a maturação. Essa observação indica que a planta teria potencial para crescer ainda mais.

O que fortalece a ideia de que a ausência de significância na grande maioria das variáveis analisadas nas três avaliações de crescimento pode ser explicada pelo fato de que as plantas de pitaia amarela estão no primeiro ano após a implantação e, é possível que nesse período, não tenha havido tempo suficiente para que ocorresse diferenciação. Apesar da ausência de significância para os parâmetros biométricos, é possível que haja diferença quando o pomar alcançar a época da primeira produção.

Outra possibilidade é que a pitaia amarela, por ser uma cultura relativamente nova e não ter cultivares advindas do melhoramento genético, pode tornar mais difícil o controle sobre os aspectos produtivos que já são bem difundidos em outras culturas. Esse pode ser um dos motivos pelos quais a planta possa apresentar diferentes respostas, inclusive ausência de resposta a curto prazo em experimentos com calagem ou com adubação.

6.3 Análise de fluorescência de clorofila *a*

A análise de fluorescência de clorofila *a*, realizada aos 360 dias após o transplante das mudas, revelaram que não houve diferença significativa para a fluorescência inicial (F_0), a fluorescência máxima (F_m), a Razão F_v/F_0 , a eficiência quântica potencial do PSII (F_v/F_m), a eficiência quântica efetiva do PSII (Y), a Quenching fotoquímico (q_P), a Quenching não fotoquímico (q_N), o coeficiente do “quenching” não fotoquímico (NPQ) e a Taxa de Transporte de Elétrons (ETR) (TABELA 6).

Tabela 6 – Fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), Razão F_v/F_0 , eficiência quântica potencial do PSII (F_v/F_m), eficiência quântica efetiva do PSII (Y), Quenching fotoquímico (q_P), Quenching não fotoquímico (q_N), coeficiente do “quenching” não fotoquímico (NPQ) e Taxa de Transporte de Elétrons (ETR)

| Doses $t\ ha^{-1}$ | F_0 | F_m | F_v/F_0 | F_v/F_m | Y | q_P | q_N | NPQ | ETR |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0,0 | 138,5 | 435,7 | 2,1 | 0,6 | 0,15 | 0,99 | 0,99 | 2,89 | 7,64 |
| 0,48 | 133,0 | 323,5 | 1,4 | 0,5 | 0,14 | 0,99 | 0,99 | 2,48 | 7,31 |
| 0,96 | 143,5 | 398,7 | 1,7 | 0,6 | 0,15 | 0,99 | 0,98 | 2,66 | 7,90 |
| 1,44 | 127,5 | 380,7 | 1,9 | 0,6 | 0,17 | 0,99 | 0,98 | 2,32 | 8,51 |
| 1,92 | 136,2 | 369,2 | 1,7 | 0,6 | 0,17 | 0,99 | 0,97 | 2,23 | 8,84 |
| F | 0,3 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | 0,6 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 0,6 ^{ns} | 0,44 ^{ns} | 0,70 ^{ns} | 0,14 ^{ns} | 0,63 ^{ns} |
| CV (%) | 15,1 | 22,4 | 34,96 | 12,6 | 19,1 | 2,6 | 1,5 | 14,5 | 19,29 |

ns indica não significativo.

Para as variáveis de fluorescência de clorofila *a* analisadas, os coeficientes de variação apresentaram oscilação entre 2,63 e 19,29 (TABELA 6), demonstrando boa precisão experimental, exceto para F_v/F_0 , que demonstrou menor precisão. A fluorescência basal F_0 representa a energia liberada pelas moléculas de clorofila *a* da antena do fotossistema II (PSII), antes dos elétrons migrarem para o centro de reação P_{680} (PSII) e, é a fluorescência quando Q_A (quinona receptora primária de elétrons do PS2) está totalmente oxidada (KONRAD *et al.*, 2005; VIEIRA *et al.*, 2010).

Para F_0 , os tratamentos com doses de calcário não diferiram do tratamento controle (TABELA 6). É comum que F_0 não mostre diferença em função dos tratamentos, já que esse parâmetro independe de eventos fotoquímicos que antecedam o transporte de elétrons (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Entretanto, quando diferem, pode ser indicativo de danos ao PSII.

A variável F_m , é a fluorescência não mais em um nível basal, mas sim, em um nível máximo, ou seja, é a máxima capacidade energética das clorofilas (CAPELIM *et al.*, 2018). A razão entre F_m , em que toda Q_A está reduzida e F_0 , em que toda Q_A está oxidada, é aproximadamente 5 a 6 em tecidos fotossintetizantes saudáveis (CAMPOSTRINE, 2001) e, no presente estudo, essa razão média foi de 2,8. É preciso considerar que o rendimento da fluorescência da clorofila pode ser variável, também, em células intactas, dependendo do ambiente em que a planta se desenvolve (MOUGET; TREMBLIN, 2002).

A baixa razão média entre F_m e F_0 no presente trabalho (2,8) pode ser explicada,

em parte, pela forma como as pitaias foram conduzidas: no caso, a céu aberto (a pleno sol). A avaliação da fluorescência foi realizada no período em que a insolação é bastante acentuada (outubro), e isso pode ter exposto as plantas a algum tipo de estresse, evidenciado pela baixa razão F_v/F_m em todos os tratamentos, sendo importante considerar que as plantas dessa espécie são nativas de regiões sombreadas, onde se desenvolvem sob temperatura mais amenas que a do Ceará (NOBEL; De la BARRERA, 2004).

A razão F_v/F_m é uma estimativa que informa sobre o rendimento quântico potencial do PSII em termos de fotossíntese, ou seja, é um parâmetro para identificar perturbações no sistema fotossintético causadas por estresses ambientais e/ou bióticos (KONRAD et al, 2005; BAKER; ROSENQVST, 2004).

Para a maioria das plantas cultivadas e não estressadas a razão F_v/F_m normalmente está em torno de $0,832 \pm 0,004$ (CAMPOSTRINE, 2001) em tecidos saudáveis e, no presente estudo, a média dessa razão foi de 0,58, indicando que todas as plantas estavam passando por estresse luminoso.

Andrade *et al.* (2016) compararam diferentes níveis de sombreamento no cultivo da pitaita vermelha (*Hylocereus* sp.); os autores perceberam que em ambiente sombreado as plantas apresentaram razão F_v/F_m variando entre 0,77 e 0,83; já no tratamento com maior radiação incidente essa razão caiu para 0,59, valor muito próximo ao encontrado neste estudo. Isso fortalece a ideia de que as pitaias estavam estressadas em função da alta radiação solar.

Com a ausência de significância em F_v/F_m era esperado também que não houvesse diferença na taxa de transporte de elétrons (ETR) (TABELA 6), uma vez que a razão F_v/F_m representa a quantidade de fótons absorvidos convertida em transporte de elétrons.

Para a eficiência quântica efetiva do PSII (Y), a não significância também era esperada, já que esse parâmetro tem relação direta com os valores de F_v/F_m . Já a razão F_v/F_0 é outro parâmetro importante de identificação do estresse em plantas, pois indica o rendimento quântico máximo do PSII.

No presente estudo, a média da razão F_v/F_0 foi de 1,8. Oliveira *et al.* (2019), avaliando o efeito do sombreamento no cultivo de pitaita vermelha (*Hylocereus* sp.), observaram que as plantas expostas a maior radiação (mais estressadas) resultaram em menor F_v/F_0 (3,5). Os valores médios encontrados no presente estudo são menores do que aqueles obtidos pelos autores, evidenciando algum tipo de estresse advindo da alta irradiância.

O gênero *Hylocereus* é representado por plantas semi-epífitas, que preferem crescer em ambiente sombreado, sendo a variedade *Hylocereus megalanthus* bastante sensível ao estresse por altas temperaturas, o que pode ocasionar danos na estrutura do PSII.

(OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Essa resposta pode, provavelmente, estar ligada ao fato de que a quantidade de energia incidente nos cladódios é maior que a capacidade desses órgãos de utilizar essa energia para realizar a fotossíntese (MENEZZES SILVA *et al.*, 2011), evitando que a planta alcance seu melhor rendimento. Além disso, o estresse luminoso sofrido pelas plantas pode causar aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (ROS).

O quenching fotoquímico (qP) representa a energia que é aproveitada pela etapa fotoquímica (TAIZ *et al.*, 2017), que quantifica a capacidade fotoquímica do PSII, correspondendo à fração de centros de reação PSII abertos (AZEVEDO NETO *et al.*, 2011). Os resultados de qP indicam que os tratamentos com doses de calcário não ocasionaram diferenças na quantidade de energia utilizada pela fase fotoquímica. No presente estudo, a média dos valores de qP foi de 0,99 (TABELA 6), resultados muito próximos aos encontrados por Oliveira *et al.* (2020), com valores próximos a 1 para a pitiaia vermelha em tratamento com maior radiação solar.

Os organismos fotossintetizantes possuem, ainda, outros mecanismos complexos de regulação/dissipação de energia e reparo. O mecanismo de fotoproteção pode ser visto como uma válvula de segurança, liberando o excesso de energia antes que possa danificar o organismo (TAIZ *et al.*, 2017) e, os parâmetros qN e NPQ representam as formas de dissipação da energia que não é aproveitada na etapa fotoquímica. Os de valores qN e NPQ encontrados no presente estudo são considerados altos (TABELA 6).

Com maiores intensidades luminosas é comum que as plantas apresentem elevada dissipação de energia na forma de calor; assim, as cadeias de transporte de elétrons se tornam saturadas e aumenta o acúmulo de prótons, justificando o incremento de qN e NPQ e, conseqüentemente, qP (Oliveira *et al.*, 2020).

De maneira geral, a ausência de diferença nas variáveis de fluorescência já era esperada, cujos resultados são condizentes com os encontrados nas análises de crescimento, em que não foram observadas diferenças em função das doses de calcário. Isso demonstra que as plantas se desenvolveram de forma semelhante no primeiro ano de crescimento, assim como foi observado em campo. Não sendo a calagem um fator determinante para o surgimento ou atenuação de algum estresse nas plantas no tempo avaliado que foi um ano (360 dias).

Apesar das análises de fluorescência apontarem para um possível estresse de causa ambiental, a pitiaia amarela parece apresentar boa estratégia de aclimação no semiárido e, a calagem e a adubação realizados podem ter influenciado de forma positiva

nesse sentido, melhorando as condições do solo em que as plantas se desenvolvem, não demonstrando limitação ao crescimento quando cultivadas a pleno sol.

6.4 Nutrição das plantas

As doses de calcário não promoveram diferenças significativas nos teores dos macronutrientes N, P, K, Mg e S, nem nos teores dos micronutrientes B, Cu, Mn, Zn e, também, no elemento Na. Porém, houve influência do corretivo de solo sobre os teores de Ca e Fe (TABELA 5). Para o Ca, os resultados foram explicados pela regressão linear e, para Fe, os resultados podem ser demonstrados por uma regressão quadrática (FIGURA 7).

Tabela 7 – Teores de nutrientes (+Na) nos cladódios maduros da pitiaia amarela, em função das doses de calcário

| Doses t ha ⁻¹ | g kg ⁻¹ | | | | | | mg kg ⁻¹ | | | | | |
|-----------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|
| | N | P | K | Ca | Mg | S | Na | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
| 0,0 | 21,6 | 2,6 | 24,3 | 10,5 | 3,7 | 2,4 | 0,3 | 34,9 | 5,3 | 67,0 | 153,3 | 240,0 |
| 0,48 | 22,5 | 2,9 | 23,5 | 10,1 | 3,5 | 2,2 | 0,2 | 32,1 | 5,0 | 51,8 | 123,1 | 180,7 |
| 0,96 | 19,7 | 4,0 | 22,2 | 14,3 | 4,0 | 2,3 | 0,3 | 32,4 | 4,6 | 41,8 | 148,6 | 234,1 |
| 1,44 | 21,0 | 3,7 | 22,7 | 14,3 | 4,1 | 2,2 | 0,2 | 33,8 | 4,6 | 43,6 | 156,6 | 233,0 |
| 1,92 | 19,2 | 3,4 | 21,8 | 15,6 | 4,4 | 2,1 | 0,2 | 36,4 | 4,5 | 51,2 | 155,6 | 214,1 |
| F | 1,6 ^{ns} | 1,3 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 3,2* | 1,3 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 1,4 ^{ns} | 0,1 ^{ns} | 1,1 ^{ns} | 4,6** | 1,9 ^{ns} | 1,3 ^{ns} |
| CV (%) | 10,0 | 30,0 | 14,4 | 22,3 | 14,5 | 14,7 | 26,4 | 23,9 | 13,8 | 17,9 | 13,6 | 18,6 |

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

Para a análise dos teores de elementos nos cladódios, a maioria dos valores dos coeficientes de variação mostrou boa precisão experimental, exceto para o P (TABELA 7). No presente estudo, apesar de não ser possível calcular o acúmulo em g planta^{-1} , por não terem sido obtidos dados de biomassa da parte aérea, é possível ter a resposta da ordem de acúmulo, já que nos resultados de crescimento não foram encontradas diferenças em termos estatísticos, o que torna possível inferir que também não haveria diferença na matéria seca da parte aérea.

Portanto, neste caso específico, o teor pode explicar a ordem de acúmulo dos nutrientes, não em $\text{g e mg planta}^{-1}$, mas em g e mg kg^{-1} ; dessa forma, a presença de nutrientes na pitaia seguiu a ordem: $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S} > \text{Zn} > (\text{elemento Na}) > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{B} > \text{Cu}$. Lima *et al.* (2019) encontraram a seguinte ordem de acúmulo em pitaia vermelha: $\text{K} > \text{Ca} > \text{N} > \text{P} > \text{Mg} > \text{S} > (\text{elemento Na}) > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{B} > \text{Cu}$. Já Moreira *et al.* (2016) relataram acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitaia vermelha (*Hylocereus undatus*) da seguinte forma: $\text{K} > \text{Ca} > \text{N} > \text{S} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu}$.

No presente estudo, pode-se destacar o N, que na pitaia amarela foi o segundo elemento mais requerido pelas plantas, não seguindo a ordem encontrada por outros autores. Em campo, foi possível perceber crescimento acelerado das plantas, crescimento esse que tem relação direta com o teor de N, já que esse é o elemento com maior atuação no crescimento.

Lima *et al.* (2021), trabalhando com a espécie *Hylocereus setaceus* observaram, aos 360 dias de cultivo, a seguinte ordem de acúmulo: $\text{K} > \text{Ca} > \text{N} > \text{P} > \text{Mg} > \text{S} > (\text{elemento Na}) > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{B} > \text{Cu}$. Nesse estudo o elemento Mg foi menos requerido pelas plantas do que o P; em nosso estudo, porém, o Mg foi requerido em maiores quantidades. Essa resposta pode ter tido influência da calagem, que aumentou as concentrações de magnésio no solo, possibilitando maior acúmulo nas plantas.

A calagem não influenciou nos teores de N e K (TABELA 7); os teores médios desses nutrientes nos cladódios foram, respectivamente, $20,8 \text{ g kg}^{-1}$ e $22,9 \text{ g kg}^{-1}$, sendo próximos aos encontrados por Vieira (2020) em trabalho com calagem em pitaia vermelha, 360 dias após o transplante das mudas, em cladódios florescendo, observando valores variando entre $14 \text{ e } 19 \text{ g kg}^{-1}$ para N e $16 \text{ e } 20 \text{ g kg}^{-1}$ para K.

Os teores de N e K determinados no presente estudo estão acima dos considerados satisfatórios por Moreira *et al.* (2020), que relataram melhores rendimentos da pitaia vermelha com teores de $16,0 \text{ g kg}^{-1}$ de N e 18 g kg^{-1} de K. Para o K, além desses estudos

citados, existem outros que indicam o potássio como o nutriente mais requerido pelas pitaias; o maior acúmulo desse elemento pode ser explicado pela importância que o mesmo desempenha nas plantas, participando da catálise de várias enzimas, além de ser importante na fotossíntese. Além disso, a pitaita não apresenta bom sabor na ausência ou em baixos níveis de potássio (PIO *et al.*, 2020).

Almeida *et al.* (2014), avaliando a interação N-K no crescimento de mudas de pitaita *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, perceberam que as plantas atingem melhores rendimentos com 20 - 25 g kg⁻¹ de N. Para N, os valores do presente estudo estão de acordo com o indicado pelos autores.

Apesar de haver diferença entre as espécies, os resultados indicam que o N é um dos elementos mais requeridos pela pitaita amarela no primeiro ano de cultivo. O elevado aporte de N pode ser explicado, também, pelo que foi visto em campo, com o crescimento acelerado das plantas e pela análise de crescimento realizada aos 360 dias, em que houve incremento considerável de aproximadamente 115% no somatório do comprimento de cladódios, em relação a avaliação realizada aos 180 dias. Além de ser importante para o crescimento das plantas, o N é constituinte das moléculas de proteína, ácidos nucleicos e outros componentes das células vegetais (PIO *et al.*, 2020).

Para P, o valor médio aqui encontrado foi de 3,3 g kg⁻¹, semelhante aos observados por Vieira (2020) que verificaram variação de 2 a 4 g kg⁻¹ e, maior que o determinado por Moreira *et al.* (2020) que indicou o valor de 1,13 g kg⁻¹ como satisfatório para o melhor rendimento da cultura. Desse modo, no presente estudo, a planta possivelmente está bem suprida nesse elemento, sendo que o P faz parte de compostos importantes nas células vegetais, além de ser componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético como ATP, além do DNA e no RNA (TAIZ *et al.*, 2017).

O teor de Mg não foi influenciado pelas doses de calcário (TABELA 7); comportamento semelhante foi verificado por Vieira (2020) em pitaita vermelha. O teor médio desse elemento foi de 3,94, sendo um pouco maior do que o encontrado por Moreira *et al.* (2020) que observou melhores rendimentos na pitaita vermelha com o teor de 2,4 g kg⁻¹ de Mg.

As doses de calcário também não afetaram o teor de S (TABELA 7); esse elemento teve valor menor do que o considerado suficiente por Moreira *et al.* (2020). Os teores de micronutrientes B, Cu, Mn e Zn também não foram influenciados pela calagem (TABELA 5), porém, os valores médios estão próximos aos encontrados por Vieira (2020).

É preciso considerar que, mesmo se tratando da pitaiá, podem existir diferenças nos teores nutricionais adequados para cada espécie, sendo vários os fatores que podem influenciar o conteúdo de nutrientes nas plantas, com destaque para as condições edafoclimáticas e para os aspectos ligados à cultura, como a idade, a capacidade produtiva, o ciclo da frutífera (ROZANE *et al.*, 2014; AULAR; NATALE, 2013), dentre outros como o órgão (parte da planta) analisado.

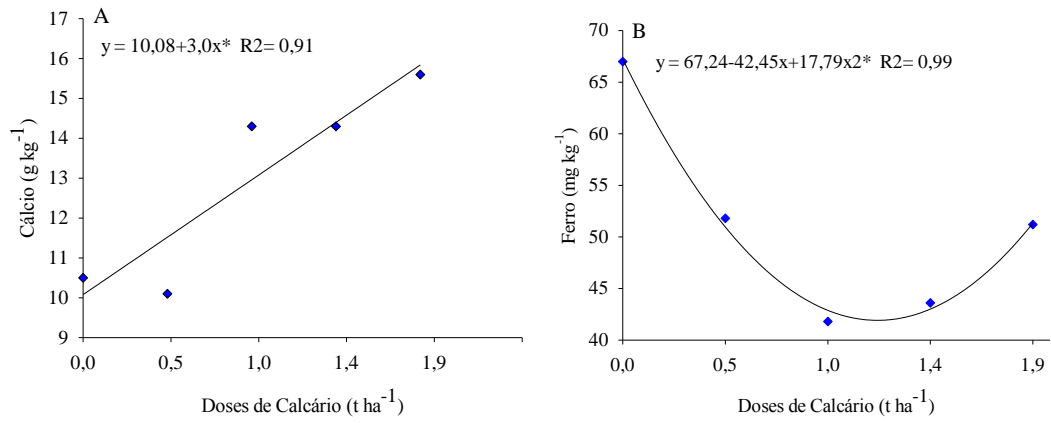
Apesar disso, os valores próximos aos encontrados por outros autores podem indicar o bom aporte de nutrientes para as plantas no presente estudo. Nesse contexto, a calagem pode ter influenciado de forma positiva o balanço nutricional, uma vez que o ambiente radicular é melhorado com a aplicação de corretivos (ALVAREZ; RIBEIRO, 1999).

A calagem promoveu aumento no teor de Ca nas plantas; a dose de 1,9 t há⁻¹ (TABELA 7), que corresponde a ao valor de saturação por bases de 82%, foi a que proporcionou o maior V%, havendo aumento próximo a 50% em relação a dose de 0 t ha⁻¹ (tratamento controle) (FIGURA 4 A).

Tal comportamento é semelhante ao encontrado por Vieira (2020), que observaram incremento de 40% no teor de Ca, da menor para a maior dose do corretivo em pitaiá vermelha. O comportamento linear dos teores de Ca nas plantas é uma resposta do aumento da disponibilidade desse elemento no solo ocasionado pela prática da calagem.

Para Fe, a calagem proporcionou a resposta quadrática, ocorrendo diminuição do teor, atingindo o valor mínimo na dose aproximada de 1,25 t há⁻¹ (FIGURA 4 B). As doses de 0,48 e 1,44 t há⁻¹ proporcionaram valores próximos aos encontrados por Moreira *et al.* (2020). Apesar da análise de solo demonstrar resultados não condizentes com a calagem em relação ao Fe, por ter havido aumento nas concentrações em função dos tratamentos com calcário, o teor nos cladódios mostra a resposta esperada em função dos tratamentos, já que, essa prática diminui a concentração do Fe no solo; assim, há diminuição do teor na planta, o que pode ser positivo, uma vez que o elemento em altas quantidades pode trazer toxidez.

Figura 5 – Teores de Ca (A) e Fe (B) nos cladódios da pitaia amarela ao final do 1º ano de cultivo (360 dias), em resposta às doses de calcário. Os dados representados são médias de quatro repetições.



7 CONCLUSÃO

A calagem proporciona melhorias químicas no solo para o cultivo da pitaia amarela (*Hylocereus megalanthus*). O maior teor de Ca nos cladódios foi encontrado na saturação por bases aproximada de 82 %. Os teores considerados satisfatórios de Fe nos cladódios foram encontrados nas saturações por bases aproximadas de 45 e 82%. Os valores médios dos teores de N (20,8 g kg⁻¹), P (3,3 g kg⁻¹), K (22,9 g kg⁻¹), S (2,4 g kg⁻¹), B (33,92 mg kg⁻¹), Cu (4,8 mg kg⁻¹), Mn (147,4 mg kg⁻¹), Zn (220,3 mg kg⁻¹) foram satisfatórios para o primeiro ano de cultivo. A calagem não afetou os parâmetros de crescimento, os parâmetros de fluorescência de clorofila *a*, nem a maioria dos teores de nutrientes nos cladódios.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**, Boletim Técnico 6, São Paulo, ANDA, 2005, 24p.
- 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@ambiente Online**, Boa Vista, v. 10, p. 65-76, 2016.
- 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.
- ALVA, H. A.; BALAM, W. J.G.; ROSA, W. S. Z.; SALAS, L. F. R.; MAGAÑA, E. R.; CANTO, A. R.; ZEPEDA, J. G.; RAMÍREZ, D. N. B. ROSALES, R. R. Pitahaya (*Hylocereus undatus*) plan de manejo agroecológico para su cultivo em a región de Halachó-Maxcanú, **Universidad Autónoma Chapingo**, Yucatán, p. 48-15, 2018.
- ALVAREZ, V., V.H.; RIBEIRO A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. p. 25-32.
- ANDRADE, J.L.; RENGIFO, E.; RICALDE, M.F.; SIMÁ, J.L.; CERVERA, J.C.; SOTO, G.V. Microambientes de luz, crecimiento y fotosíntesis de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) en un agrosistema de Yucatán, México. **Agrociencia**, v.40, p. 687-97, 2006.
- AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, p. 1214-1231, 2013.
- BAKER, N.R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.55, p.1607-1621, 2004.
- BERNARDI, A.C.C.; MACHADO, P.L.O.A.; FREITAS, P.L.; COELHO, M.R.; LEANDRO, W.M. Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2003. 22p. (Documentos, 46).
- CAMPOSTRINE, E. **Fluorescência de clorofila a: Considerações teóricas e aplicações práticas**. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Apostila, 2001.

CAPELIN, D.; DANELUZZI, G.S.; OLIVEIRA, R.F.; SILVA, F.B. DA.; SILVA A.M. DA.; MACEDO, F. DA C.O.; SILVA, A.R.; QUEIROZ, M.V.; BROETTO, F. Fluorescência da clorofila a: aspectos gerais e protocolo de medida para LI-6400/LI-6400XT. **FEPAP**, Botucatu, p.110, 2018.

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. 23-38, 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.

CRUZ, J. A. M.; HERRERA, G. R.; LARRAMENDE, R. L.; PÉREZ, R. O.; FLORES, M. Á. F.; HERNÁNDEZ, F. G.; Revisión bibliográfica. Pitahaya (*Hylocereus spp.*). Un Recurso Fitogenético Con Historia Y Futuro Para El Trópico Seco Mexicano. **Cultivos Tropicales**, Mayabeque, v. 36, p. 67-76, 2015.

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

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

FREIRE, L.R.; BALIEIRO, F.C.; ZONTA, E.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; LIMA, E.; GUERRA, J.G.M.; FERREIRA, M.B.C; LEAL, M.A.A.; CAMPOS, D.V.B.; POLIDORO, J.C. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: EMBRAPA, Seropédica, RJ. Editora Universidade Rural, 2013. 430p.

GERUM, A. F. A. A.; SANTOS, G. S.; SANTANA, M. A.; SOUZA, J. S.; CARDOSO, C. E. L. Fruticultura tropical: potenciais riscos e seus impactos. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Documents (INFOTECA-E)**, Cruz das Almas, 2019. p. 9-27.

GONÇALVES, J. F. C.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. G. Análise dos transientes da fluorescência da clorofila a de plantas jovens de *Carapa guianensis* e de *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 4, p. 89-98, 2010.

HOLLAND, J. E.; BENNETT, A. E.; NEWTON, A. C.; WHITE, P. J.; MCKENZIE, B. M.; GEORGE, T.S.; PAKEMAN, R. J.; BAILEY, J. S.; FORNARA, D.A.; HAYES, R.C. Liming impacts on soils, crops and biodiversity in the UK: A review, **Science of The Total Environment**, v.610, p.316-332, 2018. (não achei o lugar)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Resultados do Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 fev. 2020.

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.

- KIST, B. B.; CARVALHO, C. de; TREICHEL, M.; SANTOS, C. E. dos. **Anuário brasileiro da fruticultura**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, Santa Cruz, 2019. 88 p.
- KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 339-347, 2005.
- LI, Y.; CUI, S.; CHANG, S.X.; ZHANG, Q. Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis. **Journal of soils and sediments**, Germany, v. 19, n. 3, p. 1393-1406, 2019.
- LÓPEZ, H.; GUIDO, A. **Guía tecnológica 6: Cultivo de la Pitahaya**. NI. Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria, Managua, 28p, 2002.
- 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, e-030, 2019.
- LIMA, D. C.; MENDES, N. V. B.; DIÓGENES, M. F. S.; CORRÊA, M. C. M.; NATALE, W.; TANIGUCHI, C. A. K. Initial growth and nutrient accumulation in pitaya plants at different phenological stages. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 34, n. 3, p. 720 –727, 2021.
- MELLO, F. R. **Avaliação das características físico-químicas e atividade antioxidante da pitaita e determinação do potencial do mesocarpo como corante natural para alimentos**. 2014. 100 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- MENEZES SILVA, P. E., SANTIAGO, E. F., MARQUES DA SILVA, E., RONDON SÚAREZ, Y., & DE MENEZES DALOSO, D. Fluorescência da clorofila-a e variação da simetria como ferramentas de investigação de plantas sob estresse. **Idesia (Arica)**, Chile, v. 29, n. 3, p. 45-52, 2011.
- 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.
- MORA, D. P. Manejo fitosanitario del cultivo de la pitahaya *Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel). In: RALF BAUER. **Medidas para la temporada invernal**, ICA, Bogotá, Colombia, Impresión Produmedios, 2012. p.28.
- MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; FERNANDES, D. R.; OLIVEIRA, J. Adubação fosfatada no crescimento e nos teores de nutrientes em cladódios de pitaita vermelha. **Agrarian**, Dourados, v. 13, p. 377-384, 2020.
- MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; FERNANDES, D. R.; SILVA, E. B.; 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.; RAMOS, J. D.; SILVA, F. O. R.; MARQUES, V. B. **Cultivo da pitiaia: implantação**. Boletim técnico, Lavras, n. 92, 2012. p. 1-16.

MOUGET, J.; TREMBLIN, G. Suitability of the fluorescence monitoring system (FMS, Hansatech) for measurement of photosynthetic characteristics in algae. **Aquatic Botany**, Brest, v.74, p.219-231, 2002.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS, J. D. Goiabeira. In: CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; 2009. p. 104-24.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A.; HERNANDES, A. Resposta da caramboleira à calagem. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1136-1145, 2008.

NATALE, W.; ROZANE, D. E. **Análise de solo, folhas e adubação de frutíferas**. São Paulo: UNESP, 2018. 114 p.

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

NETO, A. D. A.; PEREIRA, P. P. A.; COSTA, D. P.; SANTOS A. C. C. Fluorescência da clorofila como ferramenta possível para a seleção de tolerância à salinidade em girassol. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza v.42, p.893-897, 2011.

NOBEL, P.S.; DE LA BARRERA, E. CO₂ uptake by the cultivated hemiepiphytic cactus, *Hylocereus undatus*. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.144, p.1-8, 2004.

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**, Areia, v. 8, p. 90-98, 2014.

OLIVEIRA, Milena Maria Tomaz de. **Sombreamento na fisiologia, produção e qualidade e efeito da temperatura nos aspectos moleculares da pitiaia**. 121 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

OLIVEIRA, M. M. T., ALBANO-MACHADO, F. G., PENHA, D. M., NATALE, W., ALVES, R. E., & DE CORREA, M. C. M. Potencialidades e uso do sombreamento na cultura da pitahaya: uma revisão. **Atena editora**, Fortaleza, p. 1-388, 2020.

OLIVEIRA, M.M.T.; SHUHUA, L.; KUMBHA, D.S.; ZURGIL, U.; RAVEH, E.; TELZUR, N.; Performance of *Hylocereus* (Cactaceae) species and interspecific hybrids under high-temperature stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, Berseba, v. 153, p. 30-39, 2020.

PIO, L. A. S.; RODRIGUES, M. A.; SILVA, F. O. R. **O agronegócio da pitiaia**. 1. Ed. Lavras: Abrappitaia, 2020. 320 p.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória: Incaper, 2013. 104 p.

PRO ECUADOR. **Análisis Sectorial: Pitahaya**. Quito: Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, 2016. p. 1-12.

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. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Fundação IAC, 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 Agronômicas, 160).

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

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.

SILVA, A. V.; SILVA FILHO, J. F.; WANGEN, D. R. B.; SANTOS, A. R. P. Aplicação de doses de corretivo líquido na correção da acidez do solo. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, Goiânia, v.10, p.156-164, 2019.

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, P. E. M.; SANTIAGO, E. E.; SILVA, E. M.; SÚAREZ, Y. R.; DALOSO, D. M. Fluorescência da clorofila-a e variação da simetria como ferramentas de investigação de plantas sob estresse. **Idesia**, Arica, v. 29, n. 3, p. 45-52, 2011.

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.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TOSTES, N. V.; FAGUNDES, M. C. P.; RAMOS, J. D.; SANTOS, V. A.; ALMEIDA, L. G. F.; SILVA, F. O. R.; RUFINI, J. C. M.; SILVA, A. D.; COMETTI, I. R.; MOREIRA, R. A. Germinação *in vitro* de grãos de pólen de pitaiá submetidos a diferentes concentrações de ácido bórico. *in*: ZUFFO, A. M. **A produção do Conhecimento nas Ciências Agrárias e Ambientais 3**. Ponta Grossa: Atena, 2019. p.236-241.

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.

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).

VELOSO, C. A. C.; BOTELHO, S. M.; RODRIGUES, J. E. L. F.; SILVA, A.R.; Correção da acidez do solo. In: BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2020. p. 121 - 131.

VIDAL, M. D.; XIMENES, L. J. **Comportamento recente da fruticultura nordestina: área, valor da produção e comercialização**. Caderno Setorial ETENE-Banco do Nordeste, v.1, p. 18-26, 2016. p. 18-26.

VIEIRA, D. A. de P.; T. de A.; STACCIARINI-SERAPHIN, E.; TEIXEIRA, J. B. Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.2, p.360-368, 2010.

VIEIRA, I. G. **Calagem para o cultivo da pitaiá vermelha em região tropical**. 2021. 67 f. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

WEISS, I.; MIZRAHI, Y.; RAVEH, E. Effect of elevated CO₂ on vegetative and reproductive growth characteristics of the CAM plants *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus*, **Scientia Horticulturae**, Beer-Sheva, v. 123, p. 531-536, 2010.

WELBANK, P. J. The effects of competition with *Agropyron repens* and of nitrogen and water supply on the nitrogen content of *Impatiens parviflora*. **Annals of Botany**, Londres, v. 26, n. 103, p. 361-373, 1962.